Autonome Provinz Bozen - Provincia Autonoma di Bolzano
Stadtgemeinde Bozen - Comune di Bolzano

STÄDTEBAULICHER AUFWERTUNGSPLAN - ZONE PERATHONERSTRASSE - SÜDTIROLERSTRASSE
PIANO DI RIQUALIFICAZIONE URBANISTICA - ZONA VIA PERATHONER - ALTO ADIGE

WaltherPark

TUNNEL UND STRASSEN
TUNNEL DI ACCESSO E SISTEMAZIONI VIARIE

Proprietà
Eigentümer

Città di Bolzano - Stadt Bozen
vicolo Gumer 7 - 39100 Bolzano - Bozen

Projektausführerin
Soggetto Attuattore

WaltherPark s.p.a.
SIGNA eine Gesellschaft der SIGNA Gruppe | una Società del Gruppo SIGNA

General Contractor
Projektmanagement

ICM Italia General Contractor Srl
Waltherplatz | piazza Walther n. 22 | 39100 Bolzano - Bozen

Generalplaner
Progettista generale

DMA
ITALIA srl
Waltherplatz | piazza Walther n. 22 | 39100 Bolzano - Bozen

Planungsteam
Team di Progettazione

ATA engineering
AE 13.00432

plan punkt
Handwerkerstraße Süd, 1
I - 39044 NEUMARKT (BZ)
Tel. 0471-811511
Email: info@planpunkt.net
MwSt.Nr. 02610700219

in.ge.na.
ingenieurwesen • geologia • naturraumplanung
ingegneria • geologia • natura e pianificazione

Büro für Verkehrs- und Raumplanung

Snøhetta

Stefan Bernard Landschaftsarchitekten
Monumentenstraße 33-34 | Aufgang A
D-10829 Berlin

area 7 architetti associati

INGENIEURTEAM STUDIO DI INGEGNERIA BERGMEISTER

SECURPLAN

Geologia e Ambiente
Geologie und Umweltschutz

Projektant Tragwerk Tunnel:
Progettista strutturale Tunnel:

Stempel Gemeinde

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI BOLZANO
Dr. Ing. RUDI BERTAGNOLLI
Nr. 1333
INGENIEURKAMMER
DER PROVINZ BOZEN

Prot. 0099756 del 29/05/2019

Planungsphase | Fase

AUSFÜHRUNGSPROJEKT - PROGETTO ESECUTIVO

Planinhalt | Descr. Tav.

Erläuterungs- und Statikbericht: Bohrpfahl- und Mikropfahlwände
Relazione illustrativa e di calcolo: paratie di pali trivellati e micropali

Plankodierung | Cod.

-

Planart | Tipologia

Statisches Projekt: Tunnel / Progetto strutturale: tunnel

Index

-

Maßstab - Scala:

Format | Formato:

Datum - Data : 27.05.2019 - Rev. 01

Gez : AZ

Plannummer - nr. Tav.:

D1.01.1a-b TK technischw Berichte.dwg

D1.01.1a

D1.01.1a Erläuterungs- und Statikbericht

D1.01.1a Relazione illusrativa e di calcolo

INHALTSVERZEICHNIS

A VORBEMERKUNG .....

B GESETZE UND NORMEN, EDV-PROGRAMME .....

B.1 GESETZE UND NORMEN .....

B.2 EDV-PROGRAMME .....

C MATERIALIEN .....

C.1 STAHLSTRUKTUREN .....

C.1.1 Profilstahl S 355 J2 .....

C.1.2 Profilstahl S 275 .....

C.2 STAHLBETONSTRUKTUREN .....

C.2.1 Beton für Platten und Wände Rck>45 MPa (C 35/45) 7

C.2.2 Beton für Fundamente und andere Stahlbetonteile Rck>30 MPa (C 25/30) .....

C.2.3 Beton für Bohrpfähle Rck>30 MPa (C 25/30) 7

C.2.4 Stabstahl gerippt B 450 C .....

C.2.5 Baustahlmatten B 450 A .....

D GEOTECHNISCHE PARAMETER .....

D.1 GEOTECHNISCHE KENNGRÖßEN .....

D.1.1 Niveau R von OK bis 2-4m .....

D.1.2 Niveau A1 von 2-4m .....

D.2 SEISMISCHE KENNGRÖßEN .....

D.2.1 Standortkenngrößen .....

D.2.2 Grundbeschleunigung ULS .....

E LASTANNAHMEN BESTEHENDE GEBÄUDE .....

E.1 LASTEN IM BEST. FUNDAMENT FÜR GEBÄUDE 1 (5 GESCHOSSE + DG + 1 KG) .....

E.2 LASTEN IM BEST. FUNDAMENT FÜR GEBÄUDE 2 (7 GESCHOSSE + 2 KG) .....

E.3 LASTEN IM BEST. FUNDAMENT FÜR GEBÄUDE 3 (5 GESCHOSSE + DG + 1 KG) .....

E.4 LASTEN IM BEST. FUNDAMENT FÜR GEBÄUDE 4 (8 GESCHOSSE + 1 KG) .....

F BERECHNUNGEN .....

INDICE

A PREMESSA .....

B NORMATIVA DI RIFERIMENTO E SOFTWARE DI CALCOLO .....

B.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....

B.2 SOFTWARE DI CALCOLO .....

C MATERIALI UTILIZZATI .....

C.1 STRUTTURE IN ACCIAIO .....

C.1.1 Acciaio da carpenteria metallica S 355 J2 .....

C.1.2 Acciaio da carpenteria metallica S 275 .....

C.2 STRUTTURE IN C.A. .....

C.2.1 Calcestruzzo per solette ed elevazioni Rck>45 MPa (C 35/45) .....

C.2.2 Calcestruzzo per fondazioni ed altre parti strutturali Rck>30 MPa (C 25/30) .....

C.2.3 Calcestruzzo per pali Rck>30 MPa (C 25/30) ...

C.2.4 Acciaio in barre ad aderenza migliorata B 450 C 8

C.2.5 Reti elettrosaldate B 450 A .....

D PARAMETRI GEOTECNICI .....

D.1 PARAMETRI GEOTECNICI .....

D.1.1 Livello R da p.c. fino a 2-4m .....

D.1.2 Livello A1 da 2-4m .....

D.2 PARAMETRI SISMICI .....

D.2.1 Parametri del sito .....

D.2.2 Accelerazione base al suolo per opere ordinarie allo SLV .....

E CARICHI EDIFICI ESISTENTI .....

E.1 CARICHI AGENTI IN FONDAZIONE PER EDIFICIO 1 (5 PIANI + SOTTOTETTO + 1 INTERRATO) .....

E.2 CARICHI AGENTI IN FONDAZIONE PER EDIFICIO 2 (7 PIANI + 2 INTERRATI) .....

E.3 CARICHI AGENTI IN FONDAZIONE PER EDIFICIO 3 (5 PIANI + SOTTOTETTO + 1 INTERRATO) .....

E.4 CARICHI AGENTI IN FONDAZIONE PER EDIFICIO 4 (8 PIANI + 1 INTERRATO) .....

F CALCOLI .....

D1.01.1a Erläuterungs- und Statikbericht

D1.01.1a Relazione illusrativa e di calcolo

A VORBEMERKUNG

Im gegenständlichen Bericht wird die statische Berechnung der provvisorischen und permanenten Stützwerke des Tunnels in der Südtirolerstraße im Rahmen des Ausführungsprojektes durchgeführt. Für die Realisierung der Gallerie wird zum Großteil die Technik „top down" angewandt.

Gegenstand des gegenständliche Berichtes ist ausschließlich die statische und geotechnische Berechnung der Bohrpfahlwände, welche mittels großkalibrige Bohrpfähle CAP in Stahlbeton ausgeführt werden. Die Bohrpfahlwände bestehen aus tangierende Pfähle (benutzte Durchmesser 90 und 75cm und in kleineren Bereichen 50cm). Es werden auch die provisorischen Mikropfahlwände zur Baugrubensicherung gerechnet

A PREMESSA

Nella presente relazione si affronta il calcolo strutturale delle opere di sostegno provvisorie e permanenti relative al tunnel di via Alto Adige nell'ambito del progetto esecutivo. La costruzione della galleria artificiale è prevista per buona parte per mezzo della tecnologia "top-down".

Oggetto di questa relazione è il calcolo statico e geotecnico delle paratie di sostegno, che costituiscono le pareti del tunnel, costituite da pali trivellati CAP accostati (pali tangenti) di grosso calibro (diametri utilizzati 90 e 75cm e per brevi tratti 50cm). Il calcolo riguarda anche le opere di sostegno provvisorie costituite da paratie di micropali tirantate.

B GESETZE UND NORMEN, EDV-PROGRAMME

B.1 Gesetze und Normen

NTC 2008 D.M. 14 gennaio 2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni";

Circolare Esplicativa Norme Tecniche per le Costruzioni n. 617 del 2 febbraio 2009;

Riferimenti di progettazione

Quando non in contrasto con la normativa adottata, si assumono come riferimenti di progettazione le seguenti norme:

UNI EN 1992-1 e ss: Eurocodice 2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo;

UNI EN 1993-1 e ss: Eurocodice 3: Progettazione delle strutture in acciaio;

UNI EN 1997-1 e ss: Eurocodice 7: Progettazione Geotecnica;

UNI EN 1998-1 e ss: Eurocodice 8: Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture;

CNR UNI 10011 - Costruzioni in acciaio: Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione

B.2 EDV-Programme

Im Zuge der statischen Berechnung wurden folgende EDV-Programme genutzt:

- PAC 12.0 – Aztec Informatica
- FEM-2D PLAXIS V8 Professional

B NORMATIVA DI RIFERIMENTO E SOFTWARE DI CALCOLO

B.1 Normativa di riferimento

NTC 2008 D.M. 14 gennaio 2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni";

Circolare Esplicativa Norme Tecniche per le Costruzioni n. 617 del 2 febbraio 2009;

Riferimenti di progettazione

Quando non in contrasto con la normativa adottata, si assumono come riferimenti di progettazione le seguenti norme:

UNI EN 1992-1 e ss: Eurocodice 2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo;

UNI EN 1993-1 e ss: Eurocodice 3: Progettazione delle strutture in acciaio;

UNI EN 1997-1 e ss: Eurocodice 7: Progettazione Geotecnica;

UNI EN 1998-1 e ss: Eurocodice 8: Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture;

CNR UNI 10011 - Costruzioni in acciaio: Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione

B.2 Software di calcolo

Nei calcoli sono stati utilizzati i seguenti software:

- PAC 12.0 – Aztec Informatica
- FEM-2D PLAXIS V8 Professional

D1.01.1a Erläuterungs- und Statikbericht

(Plaxis b.v.)

- Dlubal RFEM 5 (www.dlubal.de)
- mb Worksuite - mb AEC Software GmbH – Version 2019

D1.01.1a Relazione illusrativa e di calcolo

(Plaxis b.v.)

- Dlubal RFEM 5 (www.dlubal.de)
- mb Worksuite - mb AEC Software GmbH – versione 2019

C MATERIALIEN

C.1 Stahlstrukturen

C.1.1 Profilstahl S 355 J2

Stahl mit mechanischen Eigenschaften nach EN 10025 wie von DM angegeben 14-01-2008.

ftk = 510.0 MPa charakteristische Zugfestigkeit

fyk = 355 MPa charakteristische Streckgrenze

fyd = fyt / γM0 = 338 ; γM0 =1.05 für die Nachweis der Trägfähigkeit ULS

fyd = fyt / γM1 = 322 ; γM1 =1.10 für die Nachweis der Knicksicherheit ULS

C.1.2 Profilstahl S 275

ftk = 430.0 MPa charakteristische Zugfestigkeit

fyk = 275 MPa charakteristische Streckgrenze

fyd = fyt / γM0 = 261,9 ; γM0 =1.05 für die Nachweis der Trägfähigkeit ULS

fyd = fyt / γM1 = 250 ; γM1 =1.10 für die

C MATERIALI UTILIZZATI

C.1 Strutture in acciaio

C.1.1 Acciaio da carpenteria metallica S 355 J2

L Acciaio con caratteristiche meccaniche rispondenti alla EN 10025 come indicato dal D.M. 14-01-2008.

ftk = 510.0 MPa tensione caratteristica di rottura

fyk = 355 MPa tensione caratteristica di snervamento

fyd = fyt / γM0 = 338 ; γM0 =1.05 per le verifiche a resistrenza

fyd = fyt / γM1 = 322 ; γM1 =1.10 per le verifiche di stabilità delle membrature ponti

C.1.2 Acciaio da carpenteria metallica S 275

ftk = 430.0 MPa tensione caratteristica di rottura

fyk = 275 MPa tensione caratteristica di snervamento

fyd = fyt / γM0 = 261,9 ; γM0 =1.05 per le verifiche a resistrenza

fyd = fyt / γM1 = 250 ; γM1 =1.10 per le

C.2 Stahlbetonstrukturen

C.2.1 Beton für Platten und Wände Rck>45 MPa (C 35/45)

Rck > 45.0 MPa charakteristische Würfeldruckfestigkeit des Betons im Alter vom 28d

fck > 37.0 MPa charakteristische Zylinderdruckfestigkeit des Betons im Alter vom 28d

C.2.2 Beton für Fundamente und andere Stahlbetonteile Rck>30 MPa (C 25/30)

Rck > 30.0 MPa charakteristische Würfeldruckfestigkeit des Betons im Alter vom 28d

fck > 25.0 MPa charakteristische Zylinderdruckfestigkeit des Betons im Alter vom 28d

C.2.3 Beton für Bohrpfähle Rck>30 MPa (C 25/30)

Rck > 30.0 MPa charakteristische Würfeldruckfestigkeit des Betons im Alter vom 28d

fck > 25.0 MPa charakteristische Zylinderdruckfestigkeit des Betons im Alter vom 28d

C.2 Strutture in c.a.

C.2.1 Calcestruzzo per solette ed elevazioni Rck>45 MPa (C 35/45)

Rck > 45.0 MPa resistenza caratteristica cubica a 28 giorni

fck > 37.0 MPa resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni

C.2.2 Calcestruzzo per fondazioni ed altre parti strutturali Rck>30 MPa (C 25/30)

Rck > 30.0 MPa resistenza caratteristica cubica a 28 giorni

fck > 25.0 MPa resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni

C.2.3 Calcestruzzo per pali Rck>30 MPa (C 25/30)

Rck > 30.0 MPa resistenza caratteristica cubica a 28 giorni

fck > 25.0 MPa resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni

C.2.4 Stabstahl gerippt B 450 C

B 450 C (im Werk kontrolliert)

fyk = 450.0 MPa charakteristische Streckgrenze

fyd = fyk / 1.15 = 391 MPa Bemessungswert der Streckgrenze

ES = 210 000 MPa Elastizitätsmodul

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit:

σS = 0.80 x fyk = 360 MPa

C.2.4 Acciaio in barre ad aderenza migliorata B 450 C

B 450 C (controllato in stabilimento)

fyk = 450.0 MPa tensione caratteristica di snervamento

fyd = fyk / 1.15 = 391 MPa resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni

ES = 210 000 MPa modulo elastico

Stato limite di esercizio SLE:

σS = 0.80 x fyk = 360 MPa

C.2.5 Baustahlmatten B 450 A

B 450 A (im Werk kontrolliert)

fyk = 450.0 MPa charakteristische Streckgrenze

fyd = fyk / 1.15 = 391 MPa Bemessungswert der Streckgrenze

ES = 210 000 MPa Elastizitätsmodul

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit:

σS = 0.80 x fyk = 360 MPa

C.2.5 Reti elettrosaldate B 450 A

B 450 A (controllato in stabilimento)

fyk = 450.0 MPa tensione caratteristica di snervamento

fyd = fyk / 1.15 = 391 MPa tensione di calcolo

ES = 210 000 MPa modulo elastico

Stato limite di esercizio SLE:

σS = 0.80 x fyk = 360 MPa

D GEOTECHNISCHE PARAMETER

D.1 Geotechnische Kenngrößen

Die geotechnischen Parameter wurden aus folgenden Unterlagen des Ausführungsprojektes abgeleitet:

B7.1: Geologischer Bericht

B7.2: Geotechnischer Bericht

D.1.1 Niveau R von OK bis 2-4m

Schluffiger Sand und sandiger Schluff

$\Phi' =$	30,0	°
$c' =$	0,0	N/mm²
$\gamma =$	18,5	kN/mm³
$\gamma_{sat} =$	20,0	kN/m³

D.1.2 Niveau A1 von 2-4m

Sand und Kies

$\Phi' =$	38,0	°
$c' =$	0,0	N/mm²
$\gamma =$	19,0	kN/mm³
$\gamma_{sat} =$	20,0	kN/m³

D PARAMETRI GEOTECNICI

D.1 Parametri geotecnici

I parametri geotecnici sono stati ricavati dai seguenti documenti esecutivi:

B7.1: Relazione geologia

B7.2: Relazione geotecnica

D.1.1 Livello R da p.c. fino a 2-4m

Sabbie limose e limi sabbiosi

$\Phi' =$	30,0	°
$c' =$	0,0	N/mm²
$\gamma =$	18,5	kN/mm³
$\gamma_{sat} =$	20,0	kN/m³

D.1.2 Livello A1 da 2-4m

Ghiaie e sabbie

$\Phi' =$	38,0	°
$c' =$	0,0	N/mm²
$\gamma =$	19,0	kN/mm³
$\gamma_{sat} =$	20,0	kN/m³

D.2 Seismische Kenngrößen

D.2.1 Standortkenngrößen

Standort: Bozen

Längengrad: 11,3541

Breitengrad: 46,4951

Lebensdauer V_N: > 100 Jahre

Lebensdauer V_R: V_N x C_U = 100 Jahre

Bedeutungskategorie: II

Grenzzustand: ULS

D.2.2 Grundbeschleunigung ULS

TR =	949	s
ag =	0,614	m/s²
F0 =	2,692	
T*c =	0,382	

Antwortspektrum:

T1

Baugrundklasse:

B

D.2 Parametri Sismici

D.2.1 Parametri del sito

Sito: Bolzano

Longitudine: 11,3541

Latitudine: 46,4951

Vita nominale V_N: > 100 anni

Vita di riferimento V_R: V_N x C_U = 100 anni

Classi d'uso: II

Stati limite: SLV

D.2.2 Accelerazione base al suolo per opere ordinarie allo SLV

Coefficiente di amplificazione topografica:

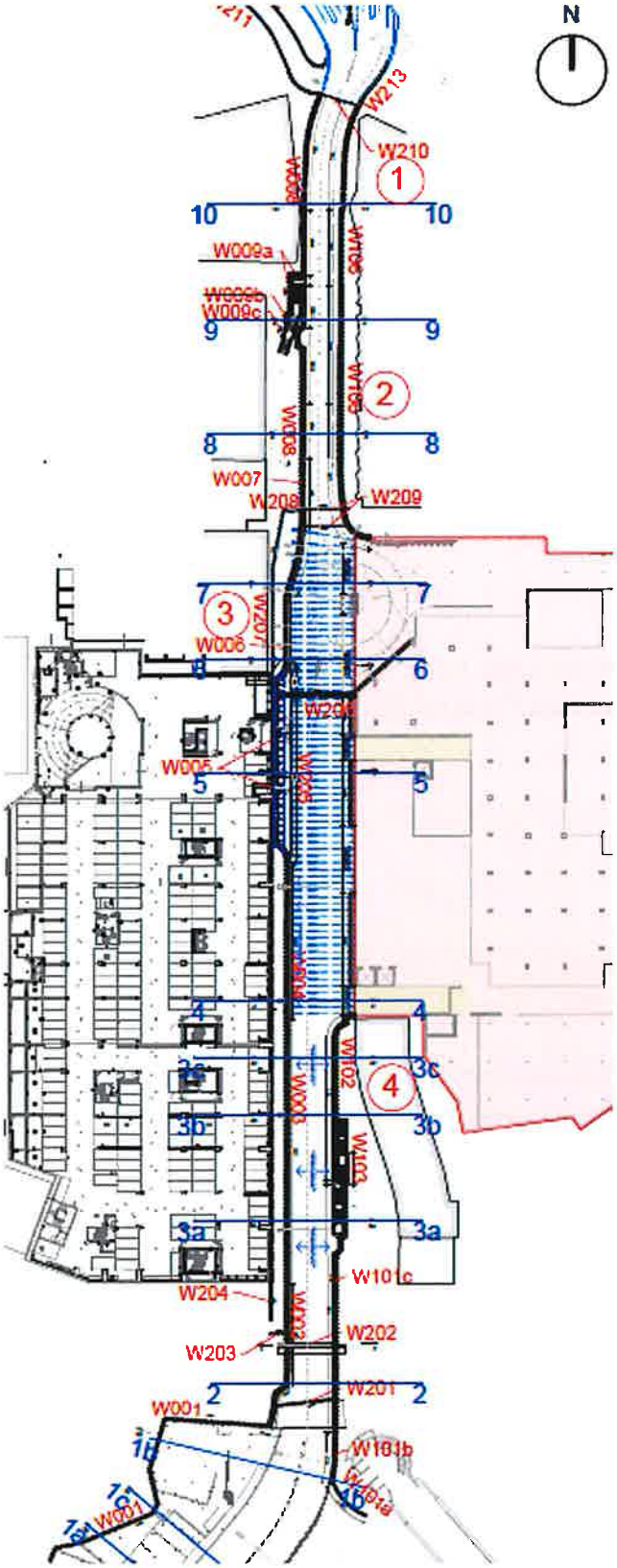
T1

Categoria del sottosuolo:

B

E LASTANNAHMEN BESTEHENDE GEBÄUDE

E CARICHI EDIFICI ESISTENTI



E.1 Lasten im best. Fundament für Gebäude 1 (5 Geschosse + DG + 1 KG)

E.1 Carichi agenti in fondazione per edificio 1 (5 piani + sotto-tetto + 1 interrato)

LASTANNAHME

ANALISI DEI CARICHI

	H Geschoss =	3,50	m
Eigengewicht Decke	g1 =	5,00	kN/m²
Ständige Lasten auf Decke	g2 =	2,00	kN/m²
Eigengewicht Aussenmauer	g3 =	11,20	kN/m
Eigengewicht Dach	q1 =	2,00	kN/m²
Nutzlast Decke	q1 =	2,00	kN/m²
Schnee	q2 =	1,60	kN/m²
	n° Geschosse =	**6**	
	Spannweite Decke =	6,00	m

LASTEN IM FUNDAMENT - RAND

CARICHI IN FONDAZIONE PARETE PERIMETRALE

	Breite Streifenfunda-ment =	1,50	m
	g =	**132,80**	kN/m²
	q =	**27,20**	kN/m²
Aufgerundet / arrotondato	g =	**140,00**	kN/m²
Aufgerundet / arrotondato	q =	**30,00**	kN/m²

LASTEN IM FUNDAMENT - INNEN

CARICHI IN FONDAZIONE PARETE INTERNA

	Breite Streifenfundament =	1,50	m
	g =	**176,00**	kN/m²
	q =	**54,40**	kN/m²

E.2 Lasten im best. Fundament für Gebäude 2 (7 Geschosse + 2 KG)

E.2 Carichi agenti in fondazione per edificio 2 (7 piani + 2 interrati)

LASTANNAHME

ANALISI DEI CARICHI

	H Geschoss =	3,50	m
Eigengewicht Decke	g1 =	5,00	kN/m²
Ständige Lasten auf Decke	g2 =	2,00	kN/m²
Eigengewicht Aussenmauer	g3 =	11,20	kN/m
Nutzlast Decke	q1 =	2,00	kN/m²
Schnee	q2 =	1,60	kN/m²
	n° Geschosse =	**9**	
	Spannweite Decke =	6,00	m

LASTEN IM FUNDAMENT - RAND

CARICHI IN FONDAZIONE PARETE PERIMETRALE

	Breite Streifenfundament =	1,50	m
	g =	**193,20**	kN/m²
	q =	**35,20**	kN/m²
Aufgerundet / arrotondato	g =	**200,00**	kN/m²
Aufgerundet / arrotondato	q =	**35,00**	kN/m²

LASTEN IM FUNDAMENT - INNEN

CARICHI IN FONDAZIONE PARETE INTERNA

	Breite Streifenfundament =	1,50	m
	g =	**252,00**	kN/m²
	q =	**70,40**	kN/m²

E.3 Lasten im best. Fundament für Gebäude 3 (5 Geschosse + DG + 1 KG)

E.3 Carichi agenti in fondazione per edificio 3 (5 piani + sotto-tetto + 1 interrato)

LASTANNAHME
ANALISI DEI CARICHI

	H Geschoss =	3,50	m
Eigengewicht Decke	g1 =	5,00	kN/m²
Ständige Lasten auf Decke	g2 =	2,00	kN/m²
Eigengewicht Aussenmauer	g3 =	11,20	kN/m
Eigengewicht Dach	q1 =	2,00	kN/m²
Nutzlast Decke	q1 =	2,00	kN/m²
Schnee	q2 =	1,60	kN/m²
	n° Geschosse =	**6**	
	Spannweite Decke =	6,00	m

LASTEN IM FUNDAMENT - RAND
CARICHI IN FONDAZIONE PARETE PERIMETRALE

	Breite Streifenfundament =	1,50	m
	g =	**132,80**	kN/m²
	q =	**27,20**	kN/m²
Aufgerundet / arrotondato	g =	**140,00**	kN/m²
Aufgerundet / arrotondato	q =	**30,00**	kN/m²

LASTEN IM FUNDAMENT - INNEN
CARICHI IN FONDAZIONE PARETE INTERNA

	Breite Streifenfundament =	1,50	m
	g =	**176,00**	kN/m²
	q =	**54,40**	kN/m²

E.4 Lasten im best. Fundament für Gebäude 4 (8 Geschosse + 1 KG)

E.4 Carichi agenti in fondazione per edificio 4 (8 piani + 1 interrato)

LASTANNAHME

ANALISI DEI CARICHI

	H Geschoss =	3,50	m
Eigengewicht Decke	g1 =	5,00	kN/m²
Ständige Lasten auf Decke	g2 =	2,00	kN/m²
Eigengewicht Aussenmauer	g3 =	11,20	kN/m
Nutzlast Decke	q1 =	2,00	kN/m²
Schnee	q2 =	1,60	kN/m²
	n° Geschosse =	**9**	
	Spannweite Decke =	6,00	m

LASTEN IM FUNDAMENT - RAND

CARICHI IN FONDAZIONE PARETE PERIMETRALE

	Breite Streifenfundament =	1,50	m
	g =	**183,60**	kN/m²
	q =	**35,20**	kN/m²
Aufgerundet / arrotondato	g =	**200,00**	kN/m²
Aufgerundet / arrotondato	q =	**35,00**	kN/m²

LASTEN IM FUNDAMENT - INNEN

CARICHI IN FONDAZIONE PARETE INTERNA

	Breite Streifenfundament =	1,50	m
	g =	**252,00**	kN/m²
	q =	**70,40**	kN/m²

F BERECHNUNGEN

F CALCOLI

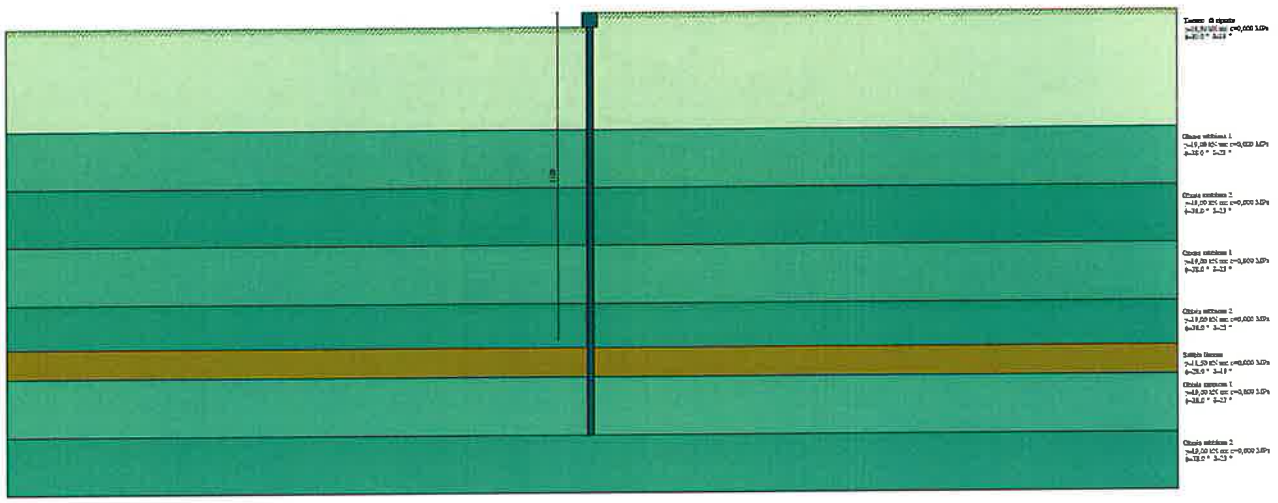
F.1 BERECHNUNGEN PROVISORISCHE MIKRO-PFAHLWÄNDE

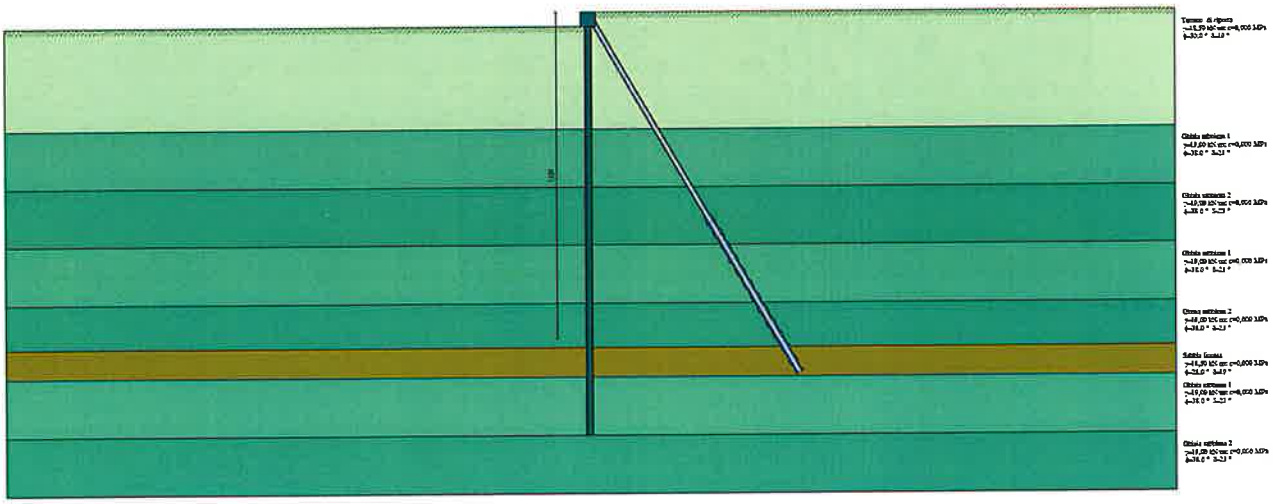
F.1 CALCOLI PARATIE PROVVISORIE DI MICROPALI

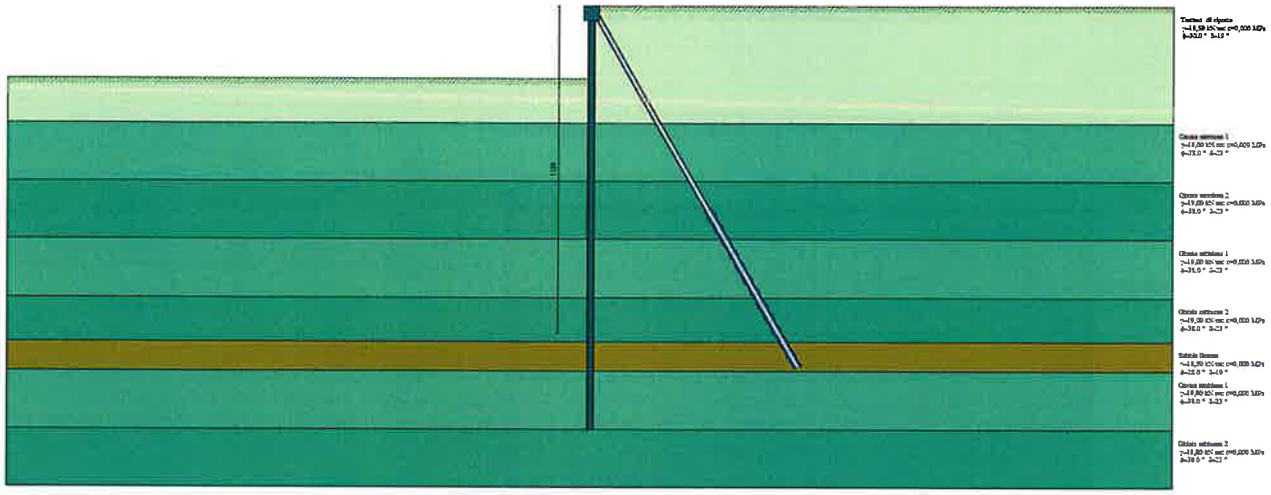
F.1.1 WAND W201-202

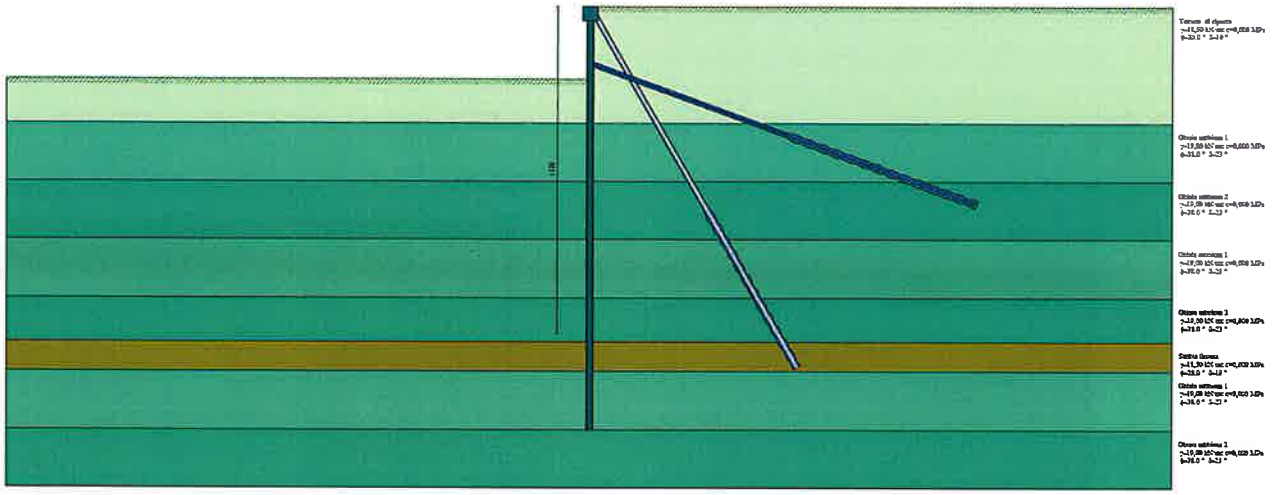
F.1.1 PARETE W201-202

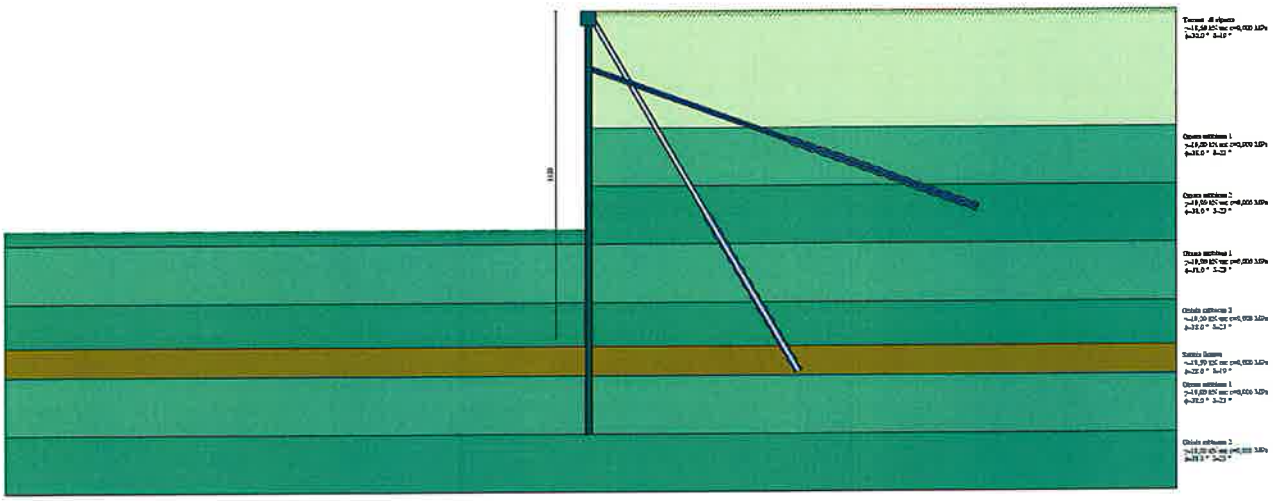
FASI DI ESECUZIONE PALIFICATA – PHASEN ERRICHTUNG BOHRPFAHLWAND

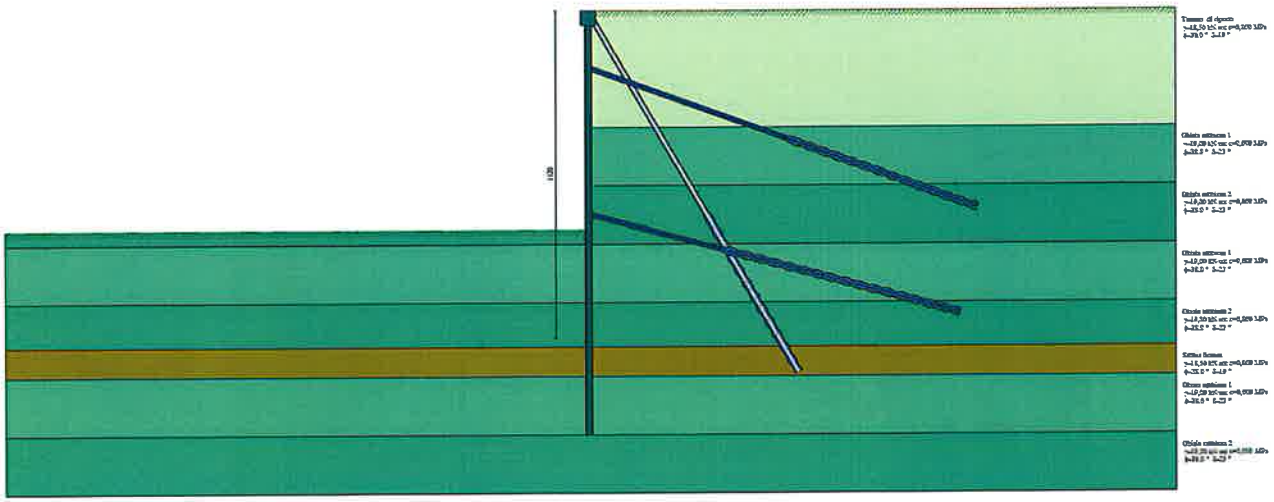


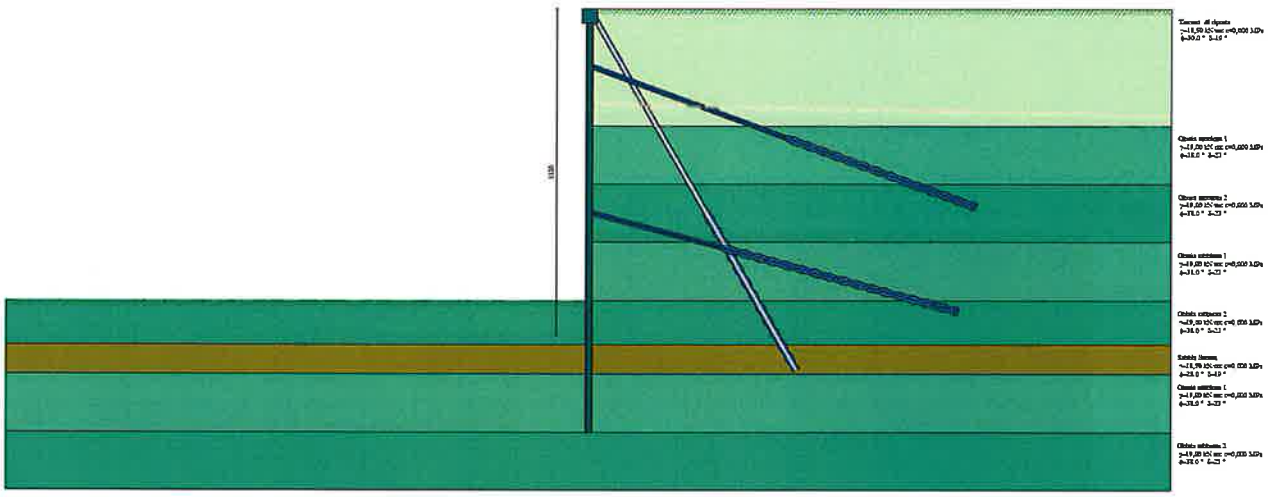


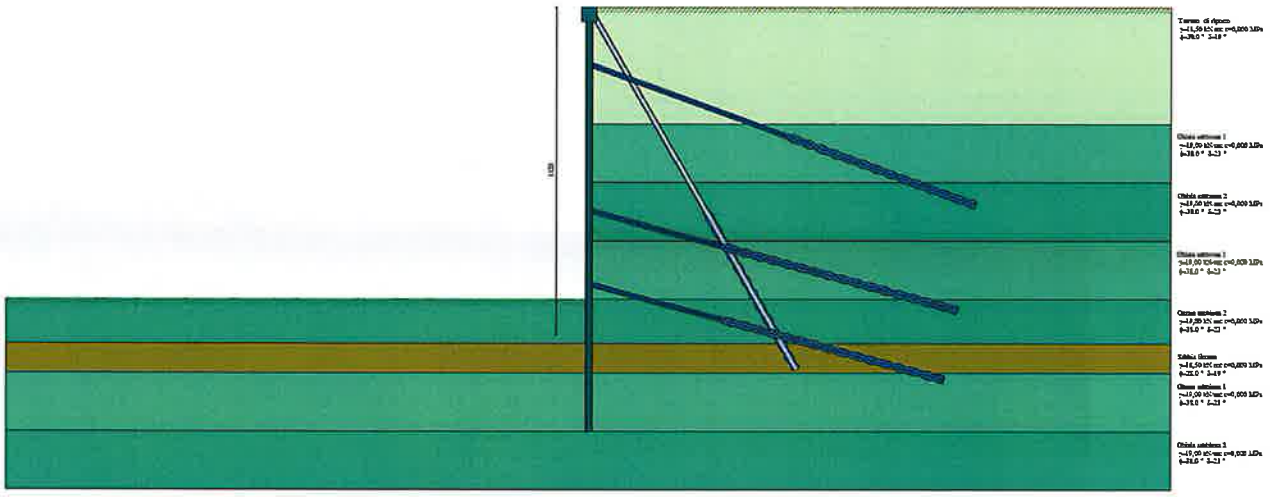






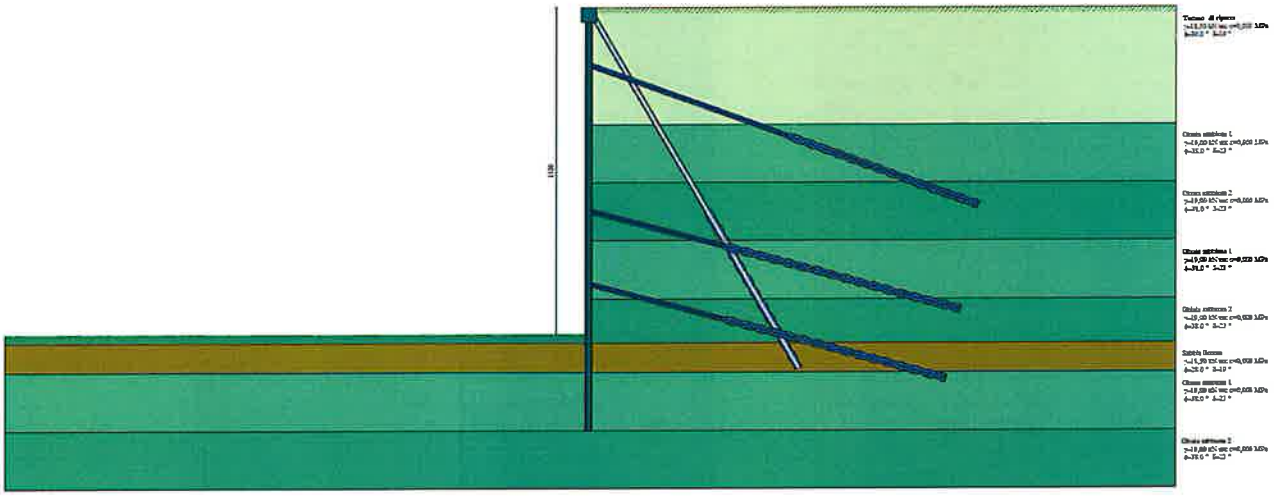




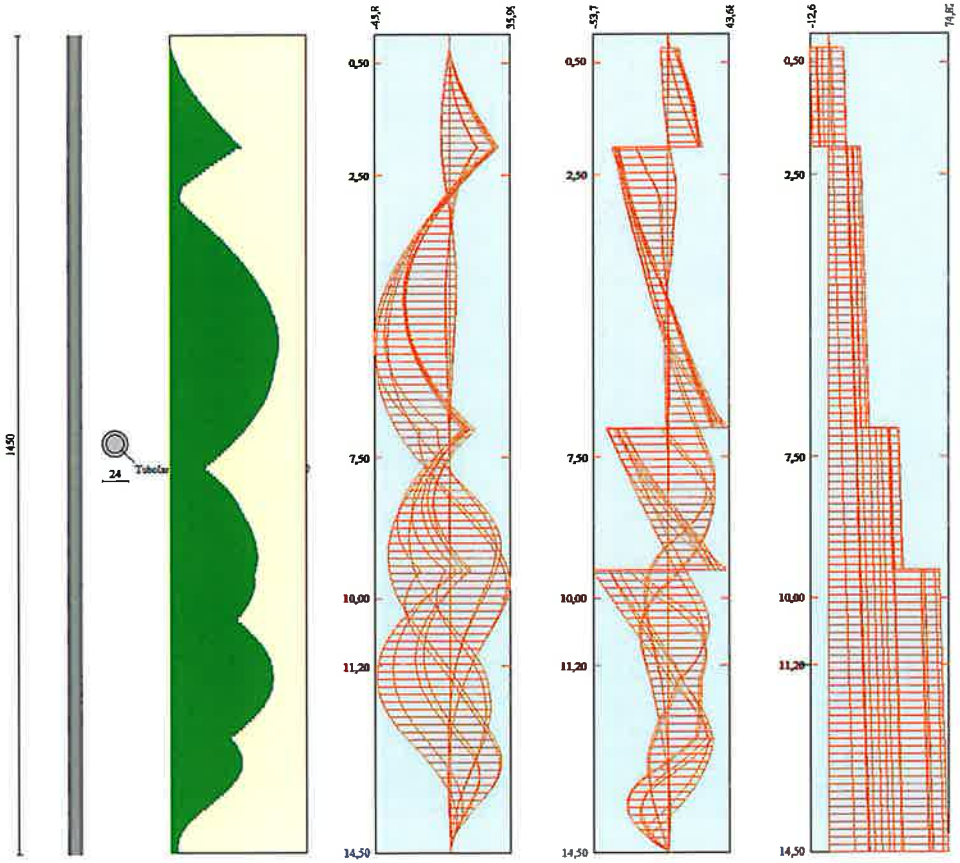


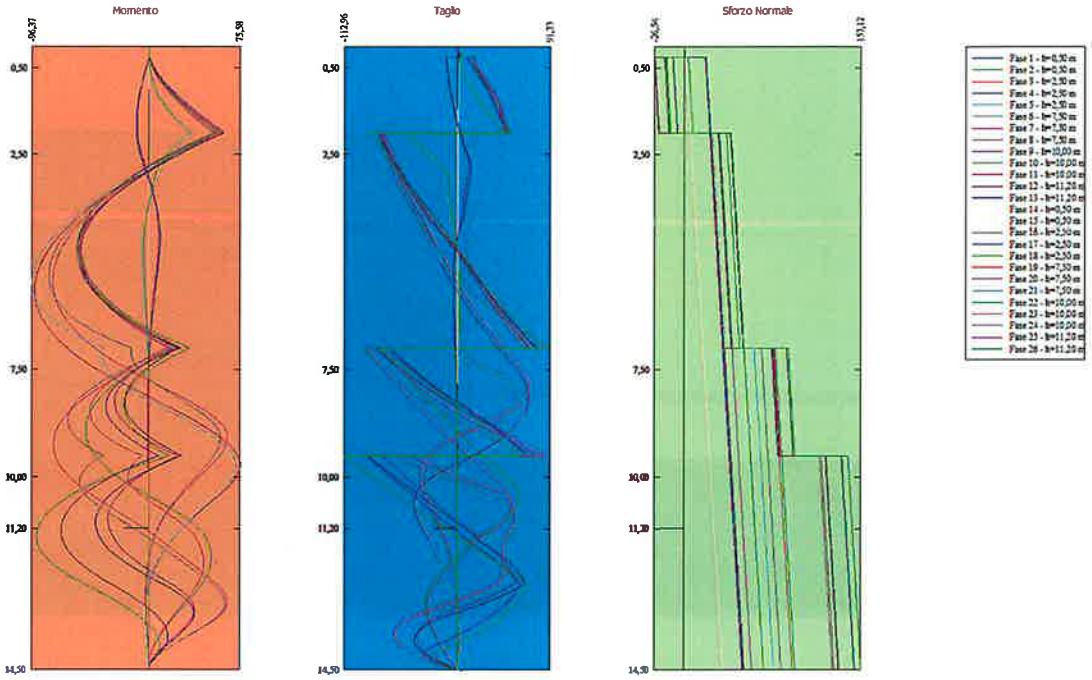
Tunnel - PROGETTO STRUTTURALE

D1.01.1a Erläuterungs- und Statikbericht

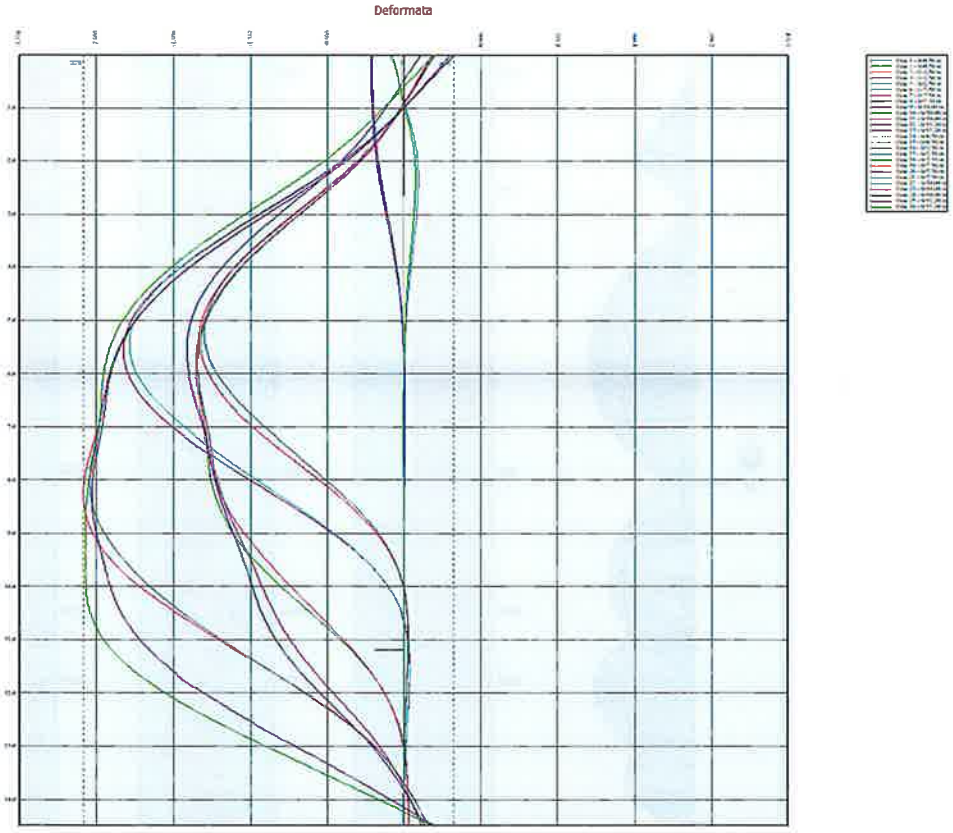


VERIFICA DI RESISTENZA - TRAGFÄHIGKEITSNACHWEIS





DEFORMAZIONI - VERFORMUNGEN



Progetto:
Ditta:
Comune:
Progettista:
Direttore dei Lavori:
Impresa:

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Richiami teorici

Metodo di analisi

Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.
Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.
Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).
Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).
Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.
Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

K_{am} diagramma della spinta attiva agente da monte
K_{av} diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
K_{pm} diagramma della spinta passiva agente da monte
K_{pv} diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$D_m = K_{pm} - K_{av}$ e $D_v = K_{pv} - K_{am}$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.
Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione
si può agire con tre modalità :
1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su tan(ϕ) e sulla coesione

Calcolo della spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).
La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).
I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:
- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio *(W)*, carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura *(R e C)* e resistenza per coesione lungo la parete *(A)*;
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.
Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata *z*. Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana).
Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con *W* il peso del cuneo e con *C* il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W*C$$

Indicando con *S* la spinta calcolata in condizioni statiche e con S_s la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa(diagramma triangolare con vertice in alto).

Tiranti di ancoraggio

Le paratie possono essere tirantate, con tiranti attivi o con tiranti passivi, realizzati entrambi tramite perforazione e iniezione del foro con malta in pressione previa sistemazione delle armature opportune.
I tiranti attivi, contrariamente ai tiranti passivi, sono sottoposti ad uno sforzo di pretensione prendendo il contrasto sulla struttura stessa. Il tiro finale sul tirante attivo dipende sia dalla pretensione che dalla deformazione della struttura oltre che dalle cadute di tensione. Nel caso di tiranti passivi il tiro dipende unicamente dalla deformabilità della struttura. L'armatura dei tiranti attivi è costituita da trefoli ad alta resistenza (trefoli per c.a.p.), viceversa i tiranti passivi possono essere armati con trefoli o con tondini o, in alcuni casi, con profilati tubolari. La capacità di resistenza dei tiranti è legata all'attrito e all'aderenza fra superficie del tirante e terreno.

Calcolo della lunghezza di ancoraggio

La lunghezza di ancoraggio (fondazione) del tirante si calcola determinando la lunghezza massima atta a soddisfare le tre seguenti condizioni:

1. Lunghezza necessaria per garantire l'equilibrio fra tensione tangenziale che si sviluppa fra la superficie laterale del tirante ed il terreno e lo sforzo applicato al tirante;
2. Lunghezza necessaria a garantire l'aderenza malta-armatura;
3. Lunghezza necessaria a garantire la resistenza della malta.

Siano **N** lo sforzo nel tirante, δ l'angolo d'attrito tirante-terreno, $\mathbf{c_a}$ l'adesione tirante-terreno, γ il peso di volume del terreno, **D** ed $\mathbf{L_f}$ il diametro e la lunghezza di ancoraggio (o lunghezza efficace) del tirante ed **H** la profondità media al di sotto del piano campagna abbiamo la relazione

$$N = \pi\, D\, L_f\, \gamma\, H\, K_s\, tg\, \delta + \pi\, D\, L_f\, c_a$$

da cui si ricava la lunghezza di ancoraggio L_f

$$L_f = \frac{N}{\pi\, D\, \gamma\, H\, K_s\, tg\, \delta + \pi\, D\, c_a}$$

$\mathbf{K_s}$ rappresenta il coefficiente di spinta che si assume pari al coefficiente di spinta a riposo

$$K_s = K_0 = 1 - \sin \phi$$

Per quanto riguarda la seconda condizione, la lunghezza necessaria atta a garantire l'aderenza malta-armatura è data dalla relazione

$$L_f = \frac{N}{\pi\, d\, \tau_{c0}\, \omega}$$

dove **d** è la somma dei diametri dei trefoli disposti nel tirante, τ_{c0} è la resistenza tangenziale limite della malta ed ω è un coefficiente correttivo dipendente dal numero di trefoli (ω **= 1 - 0.075 [n trefoli - 1]**).
Per quanto riguarda la verifica della terza condizione si impone che la tensione tangenziale limite tirante-terreno non possa superare la tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo $\mathbf{f1_{bd}}$.
Alla lunghezza efficace determinata prendendo il massimo valore di $\mathbf{L_f}$ si deve aggiungere la lunghezza di franco **L** che rappresenta la lunghezza del tratto che compreso fra la paratia e la superficie di ancoraggio.
La lunghezza totale del tirante sarà quindi data da

$$L_t = L_f + L$$

Nel caso di tiranti attivi, cioè tiranti soggetti ad uno stato di pretensione, bisogna considerare le cadute di tensione. A tale scopo è stato introdotto il coefficiente di caduta di tensione, β, che rappresenta il rapporto fra lo sforzo $\mathbf{N_0}$ al momento del tiro e lo sforzo **N** in esercizio

$$\beta = N_0 / N$$

Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.
La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_f l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L, area A_f, inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s. La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.
I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k, è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo [F/L^3]. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se (m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale (b=100 cm) occorre ricavare l'area equivalente, A_m, della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con E_m il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in Kg/cm^2), l'equivalenza, in termini di rigidezza, si esprime come

$$A_m = 10000 \times \frac{k\,\Delta_m}{E_m}$$

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma ***PAC***). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max}; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max}. Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p0, fino a raggiungere il carico totale p. Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassemblaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).
Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la

pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).
Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tendendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidezza della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s=s_0+K(u-u_0)$$

Le modalità di analisi sono più complicate nel caso di tiranti attivi in quanto è importante conoscere la modalità di tiro: infatti il tirante può essere tesato prima dello scavo, oppure tesato alla fine della corrispondente fase di scavo, oppure al termine di tutto lo scavo. Nella fase in cui il tirante è tesato verra inserita una molla con uno stato di pretensione pari allo sforzo di tesatura. Nelle fasi successive il tirante verrà considerato come una semplice molla che 'ricorda', naturalmente, lo sforzo della fase precedente.
Ovviamente si otterranno soluzioni differenti in funzione della modalità di tiro selezionata.
Nel caso di tiranti attivi, inoltre, è analizzata un fase ulteriore (a lungo termine) nella quale il tiro iniziale è depurato delle cadute di tensione.
In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.
È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.
In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\Sigma_i \left(\frac{c_i b_i}{\cos\alpha_i} + [W_i \cos\alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg}\phi_i \right)}{\Sigma_i W_i \sin\alpha_i}$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i_{esima} rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i_{esima} e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.
Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = \Delta_i/\cos\alpha_i$).
Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava η. Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato e è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di micropali**		
Altezza fuori terra	11,20	[m]
Profondità di infissione	3,30	[m]
Altezza totale della paratia	14,50	[m]
Lunghezza paratia	10,00	[m]
Numero di file di micropali	1	
Interasse fra i micropali della fila	0,45	[m]
Diametro dei micropali	24,00	[cm]
Numero totale di micropali	21	
Numero di micropali per metro lineare	2.10	
Diametro esterno del tubolare	168,30	[mm]
Spessore del tubolare	8,00	[mm]

Geometria cordoli

Simbologia adottata
n° numero d'ordine del cordolo
Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo
B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio
A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm^3]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		*[cm]*	*[cm]*	*[cmq]*	*[cm^3]*
1	0,00	Calcestruzzo	50,00	50,00	--	--
2	2,00	Calcestruzzo	--	--	64,40	382,00
3	7,00	Calcestruzzo	--	--	64,00	382,00
4	9,50	Calcestruzzo	--	--	64,00	382,00

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento
(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X	Y	A
	[m]	*[m]*	*[°]*
2	20,00	0,00	0.00

Profilo di valle - Fase n° 1

N°	X	Y	A
	[m]	*[m]*	*[°]*
1	-20,00	-0,50	--
2	0,00	-0,50	0.00

Profilo di valle - Fase n° 3

N°	X	Y	A

	[m]	[m]	[°]
1	-20,00	-2,50	--
2	0,00	-2,50	0.00

Profilo di valle - Fase n° 6

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-20,00	-7,50	--
2	0,00	-7,50	0.00

Profilo di valle - Fase n° 9

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-20,00	-10,00	--
2	0,00	-10,00	0.00

Profilo di valle - Fase n° 12

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-20,00	-11,20	--
2	0,00	-11,20	0.00

Descrizione terreni

Simbologia adottata
n° numero d'ordine
Descrizione Descrizione del terreno
γ peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s peso di volume saturo del terreno espresso [kN/mc]
ϕ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c coesione del terreno espressa in [MPa]

N°	Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c
		[kN/mc]	[kN/mc]	[°]	[°]	[MPa]
1	Terreno di riporto	18,500	20,000	30.00	19.00	0,0000
2	Ghiaia sabbiosa 1	19,000	20,000	38.00	23.00	0,0000
3	Ghiaia sabbiosa 2	19,000	20,000	38.00	23.00	0,0000
4	Sabbia limosa	18,500	19,000	28.00	19.00	0,0000

Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix

Simbologia adottata
α_{min}, α_{med} coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato
fs_{min}, fs_{med} tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [MPa]

N°	Descrizione	α_{min}	fs_{min}	α_{med}	fs_{med}
1	Terreno di riporto	1.25	0,0500	1.25	0,0500
2	Ghiaia sabbiosa 1	1.30	0,2000	1.30	0,2250
3	Ghiaia sabbiosa 2	1.30	0,2000	1.30	0,2250
4	Sabbia limosa	1.15	0,0500	1.15	0,0500

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata
n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm^2/cm
α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)
Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp [m]	α_M [°]	α_V [°]	K_{w_x} kg/cmq/cm	K_{w_y} kg/cmq/cm	Terreno M	Terreno V
1	4,00	0.00	0.00	0.67	0.67	Terreno di riporto	Terreno di riporto
2	2,00	0.00	0.00	2.51	2.51	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1
3	2,00	0.00	0.00	3.53	3.53	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2
4	2,00	0.00	0.00	4.56	4.56	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1
5	1,50	0.00	0.00	5.45	5.45	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2
6	1,00	0.00	0.00	3.70	3.70	Sabbia limosa	Sabbia limosa
7	2,00	0.00	0.00	6.85	6.85	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1
8	2,00	0.00	0.00	7.87	7.87	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2

Caratteristiche materiali utilizzati

Calcestruzzo

Peso specifico	24,52	[kN/mc]
Classe di Resistenza	C20/25	
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	25,0	[MPa]
Tensione di progetto a compressione σ_c	8,5	[MPa]

Acciaio

Tipo	S 275	
Tensione di snervamento f_{yk}	275,0	[MPa]

Caratteristiche acciaio cordoli in c.a.

Tipo	B450C	
Tensione di snervamento f_{yk}	450,0	[MPa]

Caratteristiche acciaio cordoli in acciaio.

Tipo	S 275	
Tensione di snervamento f_{yk}	275,0	[MPa]

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate
Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

F_x	Forza orizzontale espressa in [kN], positiva da monte verso valle
F_y	Forza verticale espressa in [kN], positiva verso il basso
M	Momento espresso in [kNm], positivo ribaltante
Q_i, Q_f	Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kN/mq]
V_i, V_s	Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kN/mq], positivi da monte verso valle
R	Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kN]

Condizione n° 1					
Carico distribuito sul profilo	X_i = 0,00	X_f = 20,00	Q_i = 33,00	Q_f = 33,00	

Caratteristiche tiranti di ancoraggio

Tipologia tiranti n° 1 - Tirante passivo

Calcolo tiranti: VERIFICA
Per il calcolo dei tiranti è stato utilizzato il metodo di BUSTAMANTE-DOIX
Tiranti passivi armati con tubolare

Malta utilizzata per i tiranti

Classe di Resistenza	C20/25	
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	25,0	[MPa]

Acciaio utilizzato per i tiranti

Tipo	S 275	
Tensione di snervamento f_{yk}	275,0	[MPa]

Tipologia tiranti n° 2 - Tirante attivo

Calcolo tiranti: VERIFICA
Per il calcolo dei tiranti è stato utilizzato il metodo di BUSTAMANTE-DOIX
Tiranti attivi armati con trefoli
Coefficiente cadute di tensione 1,30
Malta utilizzata per i tiranti
Classe di Resistenza C20/25
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck} 25,0 [MPa]
Acciaio utilizzato per i tiranti
Tipo Precomp
Tensione di snervamento f_{yk} 1569,1 [MPa]

Descrizione tiranti di ancoraggio (Armatura trefoli)

Simbologia adottata - Caratteristiche geometriche
N numero d'ordine della fila
Y ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
I interasse tra le file di tiranti espressa in [m]
alfa inclinazione dei tiranti della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
D diametro della perforazione espresso in [cm]
Cesp coeff. di espansione laterale
ALL allineamento dei tiranti della fila (CENTRATI o SFALSATI)
nr numero di tiranti della fila
Lt lunghezza totale del tirante espresso in [m]
Lf lunghezza di fondazione del tirante espresso in [m]

Simbologia adottata - Caratteristiche armatura e di interazione con il terreno
N numero d'ordine della fila
At area del singolo trefolo espressa in [cmq]
nt numero di trefoli del tirante
T tiro iniziale espresso in [kN]

Caratteristiche geometriche

N	Y	I	Alfa	D	Cesp	ALL	nr	Lt	Lf
	[m]	[m]		[cm]				[m]	[m]
2	2,00	1,80	20.00	16,00	1.25	Centrati	5	14,00	7,00
3	7,00	1,80	15.00	16,00	1.25	Centrati	5	13,00	8,50
4	9,50	1,35	15.00	16,00	1.25	Centrati	7	12,50	8,00

Caratteristiche armatura e di interazione con il terreno

N	At	nt	T
	[cmq]		[kN]
2	1,39	3	200,00
3	1,39	3	200,00
4	1,39	3	200,00

Descrizione tiranti di ancoraggio (Armatura tondini)

Simbologia adottata
Simbologia adottata - Caratteristiche geometriche
N numero d'ordine della fila
Y ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
I interasse tra le file di tiranti espressa in [m]
alfa inclinazione dei tiranti della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
D diametro della perforazione espresso in [cm]
Cesp coeff. di espansione laterale
ALL allineamento dei tiranti della fila (CENTRATI o SFALSATI)
nr numero di tiranti della fila
Lt lunghezza totale del tirante espresso in [m]
Lf lunghezza di fondazione del tirante espresso in [m]

Simbologia adottata - Caratteristiche armatura e di interazione con il terreno

N numero d'ordine della fila
Dt diametro esterno del tubolare espresso in [mm]
St spessore del tubolare espresso in [mm]

Caratteristiche geometriche

N	Y	I	Alfa	D	Cesp	ALL	nr	Lt	Lf
	[m]	[m]		[cm]				[m]	[m]
1	0,25	1,35	60.00	18,00	1.25	Sfalsati	6	14,00	6,34

Caratteristiche armatura e di interazione con il terreno

N	Dt	St
	[mm]	[mm]
1	88,80	4,00

Fasi di scavo

Simbologia adottata
n° identificativo della fase nell'elenco definito
Fase Descrizione dell'i-esima fase
Tempo Tempo in cui avviene la fase di scavo

n°	Fase	Tempo
1	Scavo fino alla profondità di 0.50 metri	0
2	Inserimento tirante 1 (X=0.25) [Hscavo=0.50]	1
3	Scavo fino alla profondità di 2.50 metri	2
4	Inserimento tirante 2 (X=2.00) [Hscavo=2.50]	3
5	Tesatura tirante 2 N=20394 [Hscavo=2.50]	4
6	Scavo fino alla profondità di 7.50 metri	5
7	Inserimento tirante 3 (X=7.00) [Hscavo=7.50]	6
8	Tesatura tirante 3 N=20394 [Hscavo=7.50]	7
9	Scavo fino alla profondità di 10.00 metri	8
10	Inserimento tirante 4 (X=9.50) [Hscavo=10.00]	9
11	Tesatura tirante 4 N=20394 [Hscavo=10.00]	10
12	Scavo fino alla profondità di 11.20 metri	11
13	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=11.20]	12

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo :
Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

			Statici		Sismici	
Carichi	Effetto		A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{Gfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

		Statici		Sismici	
Parametri		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tane'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00	1.00	1.00

TIRANTI DI ANCORAGGIO

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti

Resistenza		**Tiranti**
Laterale	γ_{st}	1,20

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti.

Numero di verticali indagate	1	ξ_3=1,80	ξ_4=1,80

Verifica materiali . Stato Limite Ultimo

Impostazioni verifiche SLE

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio - Metodo dell'inclinazione variabile del traliccio

$V_{Rd}=[0.18*k*(100.0*\rho_l*fck)^{1/3}/\gamma_c+0.15*\sigma_{cp}]*bw*d>(vmin+0.15*\sigma_{cp})*b_w*d$

$V_{Rsd}=0.9*d*A_{sw}/s*fyd*(ctg\alpha+ctg\theta)*sin\alpha$

$V_{Rcd}=0.9*d*b_w*\alpha_c*fcd'*(ctg(\theta)+ctg(\alpha)/(1.0+ctg\theta^2)$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b_w	larghezza minima sezione [mm]
σ_{cp}	tensione media di compressione [N/mmq]
ρ_l	rapporto geometrico di armatura
A_{sw}	area armatuta trasversale [mmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α_c	coefficiente maggiorativo, funzione di fcd e σ_{cp}

$fcd'=0.5*fcd$

$k=1+(200/d)^{1/2}$

$vmin=0.035*k^{3/2}*fck^{1/2}$

Impostazioni di analisi

Analisi per Fasi di Scavo.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Impostazioni analisi per fasi di scavo:

Analisi per coefficienti tipo A1-M1

Analisi per coefficienti tipo A2-M2

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva Ka e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Non sono state analizzate Combinazioni/Fasi sismiche.

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per fasi di scavo
La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.
Essa è discretizzata in 224 elementi fuori terra e 66 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.
Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	11,20	[m]
Profondità di infissione	3,30	[m]
Altezza totale della paratia	14,50	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Pa Spinta attiva, espressa in [kN]
Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]
Pw Spinta della falda, espressa in [kN]
Pp Resistenza passiva, espressa in [kN]
Pc Controspinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	Pa [kN]	Y_{Pa} [m]	Is [kN]	Y_{Is} [m]	Pw [kN]	Y_{Pw} [m]	Pp [kN]	Y_{Pp} [m]	Pc [kN]	Y_{Pc} [m]
1	[A1-M1]	0,93	0,35	--	--	--	--	-1,22	1,51	0,28	5,32
2	[A1-M1]	0,93	0,35	--	--	--	--	-1,22	1,51	0,28	5,32
3	[A1-M1]	23,36	1,75	--	--	--	--	-17,25	3,99	4,35	7,01
4	[A1-M1]	23,36	1,75	--	--	--	--	-17,25	3,99	4,35	7,01
5	[A1-M1]	74,36	1,60	--	--	--	--	-2,76	7,42	23,93	3,75
6	[A1-M1]	182,36	4,33	--	--	--	--	-109,18	9,00	38,35	11,32
7	[A1-M1]	182,33	4,33	--	--	--	--	-109,28	9,00	38,39	11,32
8	[A1-M1]	254,32	5,00	--	--	--	--	-92,47	9,09	46,82	10,41
9	[A1-M1]	315,09	5,98	--	--	--	--	-93,66	11,62	31,80	13,90
10	[A1-M1]	315,08	5,98	--	--	--	--	-93,67	11,62	31,80	13,90
11	[A1-M1]	418,38	6,81	--	--	--	--	-82,52	11,75	51,97	12,34
12	[A1-M1]	461,13	7,32	--	--	--	--	-98,02	13,02	39,74	14,25
13	[A1-M1]	494,71	7,30	--	--	--	--	-109,23	13,08	42,40	14,27
1	[A2-M2]	0,93	0,36	--	--	--	--	-1,21	1,53	0,29	5,33
2	[A2-M2]	0,93	0,36	--	--	--	--	-1,21	1,53	0,29	5,33
3	[A2-M2]	23,78	1,81	--	--	--	--	-17,65	4,15	4,66	7,07
4	[A2-M2]	23,78	1,81	--	--	--	--	-17,65	4,15	4,66	7,07
5	[A2-M2]	76,16	1,67	--	--	--	--	-2,22	7,35	21,62	3,57
6	[A2-M2]	183,40	4,52	--	--	--	--	-116,21	9,62	45,30	11,95
7	[A2-M2]	183,38	4,52	--	--	--	--	-116,22	9,62	45,32	11,95
8	[A2-M2]	258,71	5,17	--	--	--	--	-109,29	9,70	60,28	10,81
9	[A2-M2]	329,47	6,13	--	--	--	--	-119,07	12,80	62,05	14,22
10	[A2-M2]	329,43	6,13	--	--	--	--	-119,05	12,80	62,06	14,22
11	[A2-M2]	438,44	6,95	--	--	--	--	-118,71	12,86	87,47	13,06
12	[A2-M2]	488,99	7,49	--	--	--	--	-94,88	13,47	32,44	14,39
13	[A2-M2]	531,98	7,47	--	--	--	--	-92,04	13,56	23,52	14,41

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kN]
Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kN]
Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kN]
Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kN]

n°	Tipo	Rc	Y_{Rc}	Rt	Y_{Rt}	Rv	Y_{Rv}	Rp	Y_{Rp}
1	[A1-M1]	0,00	0,00	0,00	0,00	--	--	--	--

n°	Tipo	Rc	Y_{Rc}	Rt	Y_{Rt}	Rv	Y_{Rv}	Rp	Y_{Rp}
2	[A1-M1]	0,00	0,00	0,00	0,25	--	--	--	--
3	[A1-M1]	0,00	0,00	10,46	0,25	--	--	--	--
4	[A1-M1]	0,00	0,00	10,46	0,25	--	--	--	--
5	[A1-M1]	0,00	0,00	95,53	1,97	--	--	--	--
6	[A1-M1]	0,00	0,00	111,46	2,16	--	--	--	--
7	[A1-M1]	0,00	0,00	111,66	2,17	--	--	--	--
8	[A1-M1]	0,00	0,00	208,69	4,40	--	--	--	--
9	[A1-M1]	0,00	0,00	253,56	4,89	--	--	--	--
10	[A1-M1]	0,00	0,00	253,59	4,89	--	--	--	--
11	[A1-M1]	0,00	0,00	387,91	6,50	--	--	--	--
12	[A1-M1]	0,00	0,00	403,23	6,63	--	--	--	--
13	[A1-M1]	0,00	0,00	427,44	6,52	--	--	--	--
1	[A2-M2]	0,00	0,00	0,00	0,00	--			--
2	[A2-M2]	0,00	0,00	0,00	0,25	--	--	--	--
3	[A2-M2]	0,00	0,00	10,79	0,25	--	--	--	--
4	[A2-M2]	0,00	0,00	10,80	0,25	--	--	--	--
5	[A2-M2]	0,00	0,00	95,55	1,97	--	--	--	--
6	[A2-M2]	0,00	0,00	112,55	2,24	--	--	--	--
7	[A2-M2]	0,00	0,00	112,71	2,24	--	--	--	--
8	[A2-M2]	0,00	0,00	209,75	4,43	--	--	--	--
9	[A2-M2]	0,00	0,00	272,91	5,07	--	--	--	--
10	[A2-M2]	0,00	0,00	273,00	5,07	--	--	--	--
11	[A2-M2]	0,00	0,00	407,28	6,54	--	--	--	--
12	[A2-M2]	0,00	0,00	427,16	6,69	--	--	--	--
13	[A2-M2]	0,00	0,00	464,16	6,62	--	--	--	--

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pp Portanza di punta, espressa in [kN]

n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pp
1	[A1-M1]	0,55	0,60	3,68	0.71	0.02	181,53
2	[A1-M1]	0,55	0,60	3,68	0.71	0.02	181,53
3	[A1-M1]	2,76	4,05	5,52	3.73	0.27	181,53
4	[A1-M1]	2,76	4,05	5,52	3.73	0.27	181,53
5	[A1-M1]	2,76	6,95	5,96	0.00	0.32	181,53
6	[A1-M1]	7,87	8,95	10,03	21.28	3.21	181,53
7	[A1-M1]	7,87	8,95	10,03	21.28	3.22	181,53
8	[A1-M1]	7,87	8,95	8,10	0.00	2.78	181,53
9	[A1-M1]	10,49	11,45	12,98	46.15	5.39	181,53
10	[A1-M1]	10,49	11,45	12,98	46.15	5.39	181,53
11	[A1-M1]	10,49	11,45	10,72	2.20	4.42	181,53
12	[A1-M1]	12,48	13,05	13,76	56.72	11.34	181,53
13	[A1-M1]	12,49	13,20	13,82	61.19	13.16	181,53
1	[A2-M2]	0,58	0,65	3,69	1.07	0.03	83,13
2	[A2-M2]	0,58	0,65	3,69	1.07	0.03	83,13
3	[A2-M2]	2,92	4,05	5,59	5.81	0.49	83,13
4	[A2-M2]	2,92	4,05	5,59	5.81	0.49	83,13
5	[A2-M2]	2,92	6,85	5,89	0.00	0.50	83,13
6	[A2-M2]	8,14	9,80	10,63	32.62	6.47	83,13
7	[A2-M2]	8,14	9,80	10,63	32.62	6.47	83,13
8	[A2-M2]	8,14	9,80	8,40	2.84	5.86	83,13
9	[A2-M2]	10,86	13,10	13,68	69.23	21.09	83,13
10	[A2-M2]	10,86	13,10	13,68	46.15	21.09	83,13
11	[A2-M2]	10,86	13,15	11,04	36.26	13.61	83,13
12	[A2-M2]	12,51	13,95	14,15	83.58	29.88	83,13
13	[A2-M2]	12,51	14,05	14,23	86.57	33.95	83,13

Risultati tiranti

Caratteristiche dei tiranti utilizzati

Simbologia adottata

Y ordinata della fila rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
nt numero di tiranti della fila
N sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kN]
L lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]
L_f lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]
Ld lunghezza totale definita del tirante espressa in [m]
Ld_f lunghezza di fondazione definita del tirante espressa in [m]
FS Fattore di sicurezza. Rapporto tra lunghezza di fondazione definita e lunghezza di fondazione di progetto.
A_f area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]
Rt/ml reazione a metro lineare del tirante della fila espresso in [kN]
σ_f tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [MPa]
u spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]
R1, R2, R3 resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-armatura, resistenza malta) espressa in [kN]

Caratteristiche armatura file tiranti

3 file di tiranti attivi armati con trefoli
1 file di tiranti passivi armati con tubolare

n°	Tipologia	Y [m]	nt	A_f [cmq]	L [m]	L_f [m]	Ld [m]	Ld_f [m]	FS
1	Tirante passivo	0,25	6	10,66	8,20	0,50	14,00	6,34	12.67
2	Tirante attivo	2,00	5	4,17	12,10	5,06	14,00	7,00	1.38
3	Tirante attivo	7,00	5	4,17	10,40	5,85	13,00	8,50	1.45
4	Tirante attivo	9,50	7	4,17	10,90	6,40	12,50	8,00	1.25

Fase n° 1 [A1-M1] - non sono presenti tiranti

Fase n° 2 [A1-M1] - n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N [kN]	Rt/ml [kN]	σ_f [MPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
1	Tirante passivo	0,00	0,0000	0,000	0,01954	38475	186595	501622

Fase n° 3 [A1-M1] - n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N [kN]	Rt/ml [kN]	σ_f [MPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
1	Tirante passivo	34,87	20,9227	32,724	0,27865	38475	186595	501622

Fase n° 4 [A1-M1] - n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N [kN]	Rt/ml [kN]	σ_f [MPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
1	Tirante passivo	34,87	20,9233	32,724	0,27866	38475	186595	501622
2	Tirante attivo	0,00	0,0002	0,001	0,22331	43805	40924	492533

Fase n° 5 [A1-M1] - n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N [kN]	Rt/ml [kN]	σ_f [MPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
1	Tirante passivo	5,20	3,1218	4,883	0,08401	38475	186595	501622
2	Tirante attivo	200,00	100,0002	479,617	-0,11602	43805	40924	492533

Fase n° 6 [A1-M1] - n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N [kN]	Rt/ml [kN]	σ_f [MPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
1	Tirante passivo	-33,68	-20,2094	-31,608	-0,19735	38475	186595	501622
2	Tirante attivo	258,74	129,3707	620,483	0,39189	43805	40924	492533

Fase n° 7 [A1-M1] - n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante passivo	-33,73	-20,2405	-31,657	-0,19770	38475	186595	501622
2	Tirante attivo	258,86	129,4324	620,779	0,39297	43805	40924	492533
3	Tirante attivo	0,31	0,1567	0,752	1,31193	53059	49693	598075

Fase n° 8 [A1-M1] - n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante passivo	-34,33	-20,5988	-32,217	-0,19025	38475	186595	501622
2	Tirante attivo	260,18	130,0909	623,937	0,40684	43805	40924	492533
3	Tirante attivo	200,31	100,1567	480,368	1,20894	53059	49693	598075

Fase n° 9 [A1-M1] - n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante passivo	-33,78	-20,2681	-31,700	-0,18100	38475	186595	501622
2	Tirante attivo	256,41	128,2037	614,886	0,37523	43805	40924	492533
3	Tirante attivo	296,55	148,2772	711,162	1,73188	53059	49693	598075

Fase n° 10 [A1-M1] - n° 4 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante passivo	-33,78	-20,2686	-31,701	-0,18101	38475	186595	501622
2	Tirante attivo	256,41	128,2031	614,883	0,37522	43805	40924	492533
3	Tirante attivo	296,58	148,2906	711,226	1,73202	53059	49693	598075
4	Tirante attivo	0,02	0,0173	0,059	1,30279	31234	46770	562894

Fase n° 11 [A1-M1] - n° 4 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante passivo	-34,89	-20,9340	-32,741	-0,17839	38475	186595	501622
2	Tirante attivo	256,30	128,1478	614,618	0,37645	43805	40924	492533
3	Tirante attivo	295,49	147,7457	708,612	1,72775	53059	49693	598075
4	Tirante attivo	200,02	140,0173	479,676	1,19072	31234	46770	562894

Fase n° 12 [A1-M1] - n° 4 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante passivo	-35,00	-20,9973	-32,840	-0,17799	38475	186595	501622
2	Tirante attivo	256,44	128,2207	614,967	0,37795	43805	40924	492533
3	Tirante attivo	291,78	145,8881	699,703	1,70778	53059	49693	598075
4	Tirante attivo	225,28	157,6986	540,249	1,32793	31234	46770	562894

Fase n° 13 [A1-M1] - n° 4 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante passivo	-20,70	-12,4214	-19,427	-0,06831	38475	186595	501622
2	Tirante attivo	275,51	137,7551	660,696	0,54527	43805	40924	492533
3	Tirante attivo	298,37	149,1843	715,512	1,74445	53059	49693	598075
4	Tirante attivo	236,79	165,7519	567,838	1,39098	31234	46770	562894

Fase n° 1 [A2-M2] - non sono presenti tiranti

Fase n° 2 [A2-M2] - n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante passivo	0,00	0,0003	0,000	0,01979	46170	186595	501622

Fase n° 3 [A2-M2] - n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante passivo	35,97	21,5833	33,757	0,28708	46170	186595	501622

Fase n° 4 [A2-M2] - n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante passivo	35,98	21,5905	33,768	0,28717	46170	186595	501622
2	Tirante attivo	0,01	0,0031	0,015	0,23922	52566	40924	492533

Fase n° 5 [A2-M2] - n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante passivo	5,27	3,1599	4,942	0,08473	46170	186595	501622
2	Tirante attivo	200,01	100,0031	479,631	-0,09487	52566	40924	492533

Fase n° 6 [A2-M2] - n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante passivo	-51,20	-30,7182	-48,044	-0,32550	46170	186595	501622
2	Tirante attivo	272,25	136,1226	652,866	0,52905	52566	40924	492533

Fase n° 7 [A2-M2] - n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante passivo	-51,23	-30,7374	-48,074	-0,32571	46170	186595	501622
2	Tirante attivo	272,37	136,1844	653,162	0,53012	52566	40924	492533
3	Tirante attivo	0,21	0,1071	0,514	2,01245	63671	49693	598075

Fase n° 8 [A2-M2] - n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante passivo	-51,79	-31,0722	-48,598	-0,31797	46170	186595	501622
2	Tirante attivo	273,68	136,8385	656,300	0,54392	52566	40924	492533
3	Tirante attivo	200,21	100,1071	480,130	1,91255	63671	49693	598075

Fase n° 9 [A2-M2] - n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante passivo	-50,94	-30,5659	-47,806	-0,30445	46170	186595	501622
2	Tirante attivo	268,44	134,2179	643,731	0,50005	52566	40924	492533
3	Tirante attivo	335,58	167,7878	804,738	2,64806	63671	49693	598075

Fase n° 10 [A2-M2] - n° 4 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_t	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante passivo	-50,95	-30,5677	-47,809	-0,30446	46170	186595	501622
2	Tirante attivo	268,43	134,2160	643,722	0,50002	52566	40924	492533
3	Tirante attivo	335,67	167,8365	804,971	2,64859	63671	49693	598075
4	Tirante attivo	0,07	0,0455	0,156	2,53685	37481	46770	562894

Fase n° 11 [A2-M2] - n° 4 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_t	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante passivo	-52,06	-31,2341	-48,851	-0,30186	46170	186595	501622
2	Tirante attivo	268,33	134,1638	643,471	0,50131	52566	40924	492533
3	Tirante attivo	334,51	167,2534	802,175	2,64390	63671	49693	598075
4	Tirante attivo	200,07	140,0455	479,772	2,42733	37481	46770	562894

Fase n° 12 [A2-M2] - n° 4 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_t	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante passivo	-52,20	-31,3219	-48,988	-0,30142	46170	186595	501622
2	Tirante attivo	268,53	134,2674	643,968	0,50341	52566	40924	492533
3	Tirante attivo	329,19	164,5926	789,413	2,61526	63671	49693	598075
4	Tirante attivo	233,19	163,2315	559,203	2,60726	37481	46770	562894

Fase n° 13 [A2-M2] - n° 4 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_t	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante passivo	-32,15	-19,2885	-30,168	-0,14781	46170	186595	501622
2	Tirante attivo	290,33	145,1648	696,234	0,69508	52566	40924	492533
3	Tirante attivo	334,15	167,0737	801,313	2,64345	63671	49693	598075
4	Tirante attivo	260,31	182,2182	624,249	2,75532	37481	46770	562894

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]
N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)
T taglio massimo e minimo espresso in [kN]

n°	Tipo	M	Y_M	T	Y_T	N	Y_N	
		[kNm]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	
1	[A1-M1]	0,72	1,90	0,93	0,55	33,77	14,50	MAX
--	--	-0,03	6,80	-0,27	3,65	0,00	0,00	MIN
2	[A1-M1]	0,72	1,90	0,93	0,55	33,77	14,50	MAX
--	--	-0,03	6,80	-0,27	3,65	0,00	0,00	MIN
3	[A1-M1]	8,62	4,40	12,90	2,75	51,89	14,50	MAX
--	--	-9,64	1,75	-10,25	0,25	0,00	0,00	MIN
4	[A1-M1]	8,62	4,40	12,90	2,75	51,89	14,50	MAX
--	--	-9,64	1,75	-10,25	0,25	0,00	0,00	MIN
5	[A1-M1]	36,09	2,00	46,91	2,00	70,68	14,50	MAX
--	--	-5,41	4,80	-47,06	2,00	0,00	0,00	MIN
6	[A1-M1]	65,09	9,10	70,84	7,85	60,52	14,50	MAX
--	--	-78,80	5,45	-73,72	2,00	-16,92	0,25	MIN
7	[A1-M1]	65,16	9,10	70,87	7,85	60,55	14,50	MAX
--	--	-78,90	5,45	-73,78	2,00	-16,95	0,25	MIN
8	[A1-M1]	58,82	9,10	91,73	7,00	86,35	14,50	MAX

n°	Tipo	M [kNm]	Y_M [m]	T [kN]	Y_T [m]	N [kN]	Y_N [m]	
--	--	-82,40	5,30	-75,25	2,00	-17,26	0,25	MIN
9	[A1-M1]	56,85	2,00	68,99	7,00	98,45	14,50	MAX
--	--	-55,38	4,75	-74,23	7,00	-16,97	0,25	MIN
10	[A1-M1]	56,85	2,00	68,99	7,00	98,45	14,50	MAX
--	--	-55,38	4,75	-74,24	7,00	-16,97	0,25	MIN
11	[A1-M1]	57,16	2,00	88,50	9,50	133,95	14,50	MAX
--	--	-55,56	4,75	-76,30	7,00	-17,55	0,25	MIN
12	[A1-M1]	57,13	2,00	77,65	9,50	138,02	14,50	MAX
--	--	-56,47	4,80	-74,67	9,50	-17,60	0,25	MIN
13	[A1-M1]	54,12	2,00	78,61	7,00	151,64	14,50	MAX
--	--	-58,62	4,75	-88,42	9,50	-10,17	0,25	MIN
1	[A2-M2]	0,73	1,90	0,93	0,55	33,77	14,50	MAX
--	--	-0,03	6,80	-0,27	3,65	0,00	0,00	MIN
2	[A2-M2]	0,73	1,90	0,93	0,55	33,77	14,50	MAX
--	--	-0,03	6,80	-0,27	3,65	0,00	0,00	MIN
3	[A2-M2]	9,21	4,45	12,99	2,90	52,46	14,50	MAX
--	--	-10,39	1,80	-10,59	0,25	0,00	0,00	MIN
4	[A2-M2]	9,21	4,45	12,99	2,90	52,47	14,50	MAX
--	--	-10,39	1,80	-10,59	0,25	0,00	0,00	MIN
5	[A2-M2]	34,29	2,00	45,51	2,00	70,71	14,50	MAX
--	--	-4,36	4,75	-48,46	2,00	0,00	0,00	MIN
6	[A2-M2]	75,55	9,70	70,90	8,10	53,73	14,50	MAX
--	--	-93,97	5,65	-78,18	2,00	-26,02	0,25	MIN
7	[A2-M2]	75,58	9,70	70,90	8,10	53,76	14,50	MAX
--	--	-94,04	5,65	-78,24	2,00	-26,04	0,25	MIN
8	[A2-M2]	71,76	9,75	85,82	7,00	79,57	14,50	MAX
--	--	-96,37	5,45	-79,66	2,00	-26,33	0,25	MIN
9	[A2-M2]	65,02	12,90	72,40	7,00	96,63	14,50	MAX
--	--	-78,21	9,25	-89,67	7,00	-25,89	0,25	MIN
10	[A2-M2]	65,03	12,90	72,41	7,00	96,66	14,50	MAX
--	--	-78,21	9,25	-89,70	7,00	-25,89	0,25	MIN
11	[A2-M2]	62,65	12,95	73,72	9,50	132,14	14,50	MAX
--	--	-66,39	8,70	-91,63	7,00	-26,47	0,25	MIN
12	[A2-M2]	61,16	2,00	78,21	7,00	137,42	14,50	MAX
--	--	-71,82	11,25	-89,14	9,50	-26,54	0,25	MIN
13	[A2-M2]	57,64	2,00	85,13	7,00	157,12	14,50	MAX
--	--	-92,58	11,40	-112,96	9,50	-16,12	0,25	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U [cm]	Y_U [m]	V [cm]	Y_V [m]	
1	[A1-M1]	0,0219	0,00	0,0085	0,00	MAX
--	--	-0,0005	4,75	0,0000	0,00	MIN
2	[A1-M1]	0,0219	0,00	0,0085	0,00	MAX
--	--	-0,0005	4,75	0,0000	0,00	MIN
3	[A1-M1]	0,2816	0,00	0,0175	0,00	MAX
--	--	-0,0063	6,50	0,0000	0,00	MIN
4	[A1-M1]	0,2816	0,00	0,0175	0,00	MAX
--	--	-0,0063	6,50	0,0000	0,00	MIN
5	[A1-M1]	0,1181	0,00	0,0248	0,00	MAX
--	--	-0,1234	2,35	0,0000	0,00	MIN
6	[A1-M1]	1,7709	5,35	0,0200	2,00	MAX
--	--	-0,2676	0,00	0,0000	0,00	MIN
7	[A1-M1]	1,7736	5,35	0,0200	2,00	MAX
--	--	-0,2681	0,00	0,0000	0,00	MIN
8	[A1-M1]	1,7351	5,25	0,0268	2,00	MAX
--	--	-0,2617	0,00	0,0000	0,00	MIN
9	[A1-M1]	1,7907	5,85	0,0299	2,00	MAX
--	--	-0,2469	0,00	0,0000	0,00	MIN
10	[A1-M1]	1,7908	5,85	0,0299	2,00	MAX
--	--	-0,2469	0,00	0,0000	0,00	MIN
11	[A1-M1]	1,8010	5,85	0,0359	2,00	MAX
--	--	-0,2439	0,00	0,0000	0,00	MIN
12	[A1-M1]	1,7929	5,80	0,0365	2,00	MAX

n°	Tipo	U	Y_U	V	Y_V	
		[cm]	[m]	[cm]	[m]	
--	--	-0,2437	0,00	0,0000	0,00	MIN
13	[A1-M1]	1,8870	5,55	0,0418	2,00	MAX
--	--	-0,1828	14,50	0,0000	0,00	MIN
1	[A2-M2]	0,0222	0,00	0,0085	0,00	MAX
--	--	-0,0005	4,75	0,0000	0,00	MIN
2	[A2-M2]	0,0222	0,00	0,0085	0,00	MAX
--	--	-0,0005	4,75	0,0000	0,00	MIN
3	[A2-M2]	0,2888	0,00	0,0178	0,00	MAX
--	--	-0,0067	6,55	0,0000	0,00	MIN
4	[A2-M2]	0,2888	0,00	0,0178	0,00	MAX
--	--	-0,0067	6,55	0,0000	0,00	MIN
5	[A2-M2]	0,1153	0,00	0,0248	0,00	MAX
--	--	-0,1004	2,30	0,0000	0,00	MIN
6	[A2-M2]	2,4314	5,55	0,0171	2,00	MAX
--	--	-0,4321	0,00	0,0000	0,00	MIN
7	[A2-M2]	2,4334	5,55	0,0171	2,00	MAX
--	--	-0,4325	0,00	0,0000	0,00	MIN
8	[A2-M2]	2,3848	5,45	0,0238	2,00	MAX
--	--	-0,4258	0,00	0,0000	0,00	MIN
9	[A2-M2]	2,7750	8,25	0,0282	2,00	MAX
--	--	-0,4044	0,00	0,0000	0,00	MIN
10	[A2-M2]	2,7755	8,25	0,0282	2,00	MAX
--	--	-0,4044	0,00	0,0000	0,00	MIN
11	[A2-M2]	2,7224	8,05	0,0342	2,00	MAX
--	--	-0,4015	0,00	0,0000	0,00	MIN
12	[A2-M2]	2,7029	8,30	0,0351	2,00	MAX
--	--	-0,4013	0,00	0,0000	0,00	MIN
13	[A2-M2]	2,7592	8,90	0,0422	2,00	MAX
--	--	-0,2586	14,50	0,0000	0,00	MIN

Stabilità globale

Metodo di Fellenius
Numero di cerchi analizzati 100

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
(X_C; Y_C) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X_V; Y_V) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X_M; Y_M) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS Coefficiente di sicurezza

n°	Tipo	(X_C, Y_C)	R	(X_V, Y_V)	(X_M, Y_M)	FS
		[m]	[m]	[m]	[m]	
1	[A2-M2]	(0,00; 2,90)	17,40	(-17,07; -0,47)	(17,17; 0,00)	46.29
2	[A2-M2]	(0,00; 2,90)	17,40	(-17,07; -0,47)	(17,17; 0,00)	46.29
3	[A2-M2]	(0,00; 1,45)	15,95	(-15,46; -2,47)	(15,89; 0,00)	8.69
4	[A2-M2]	(0,00; 1,45)	15,95	(-15,46; -2,47)	(15,89; 0,00)	8.69
5	[A2-M2]	(0,00; 1,45)	15,95	(-15,46; -2,47)	(15,89; 0,00)	8.69
6	[A2-M2]	(-1,45; 0,00)	14,57	(-13,95; -7,49)	(13,12; 0,00)	2.34
7	[A2-M2]	(-1,45; 0,00)	14,57	(-13,95; -7,49)	(13,12; 0,00)	2.34
8	[A2-M2]	(-1,45; 0,00)	14,57	(-13,95; -7,49)	(13,12; 0,00)	2.39
9	[A2-M2]	(-2,90; 0,00)	14,79	(-13,80; -9,99)	(11,89; 0,00)	1.62
10	[A2-M2]	(-2,90; 0,00)	14,79	(-13,80; -9,99)	(11,89; 0,00)	1.62
11	[A2-M2]	(-2,90; 0,00)	14,79	(-13,80; -9,99)	(11,89; 0,00)	1.73
12	[A2-M2]	(-2,90; 0,00)	14,79	(-12,57; -11,19)	(11,89; 0,00)	1.47
13	[A2-M2]	(-2,90; 0,00)	14,79	(-12,57; -11,19)	(11,89; 0,00)	1.36

Fase n° 13 - [A2-M2]

Numero di strisce 51

Simbologia adottata
Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
Le strisce sono numerate da monte verso valle

N°	numero d'ordine della striscia
W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
L	sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]
Ctn, Ctt	contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kN]

Caratteristiche delle strisce

N°	W	α(°)	Wsinα	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kN]					*[MPa]*	*[MPa]*	*[kN]*
1	1,7384	-39.61	-1,1083	0,63	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
2	5,1973	-37.22	-3,1436	0,61	23.04	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
3	8,3463	-34.90	-4,7753	0,59	23.04	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
4	11,2426	-32.65	-6,0648	0,57	27.52	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
5	13,9526	-30.45	-7,0705	0,56	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
6	16,4522	-28.30	-7,7993	0,55	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
7	18,7389	-26.19	-8,2706	0,54	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
8	20,8243	-24.12	-8,5102	0,53	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
9	22,7186	-22.08	-8,5415	0,52	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
10	24,4304	-20.08	-8,3864	0,51	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
11	25,9667	-18.09	-8,0648	0,51	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
12	27,3340	-16.13	-7,5958	0,50	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
13	28,5374	-14.19	-6,9973	0,50	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
14	29,5814	-12.27	-6,2862	0,49	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
15	30,4698	-10.36	-5,4789	0,49	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
16	31,2056	-8.46	-4,5910	0,49	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
17	31,7914	-6.57	-3,6378	0,49	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
18	32,2291	-4.69	-2,6343	0,48	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
19	32,5201	-2.81	-1,5950	0,48	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
20	32,6654	-0.94	-0,5342	0,48	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
21	32,6654	0.94	0,5337	0,48	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
22	32,5202	2.81	1,5945	0,48	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
23	32,2292	4.69	2,6338	0,48	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
24	31,7916	6.57	3,6374	0,49	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
25	31,2059	8.46	4,5906	0,49	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
26	30,4702	10.36	5,4785	0,49	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
27	145,0324	12.25	30,7791	0,49	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
28	144,0246	14.15	35,1971	0,49	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
29	142,8652	16.05	39,5084	0,49	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
30	141,5501	17.98	43,6971	0,50	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
31	140,0742	19.93	47,7464	0,51	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
32	138,4319	21.90	51,6388	0,51	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
33	136,6165	23.90	55,3554	0,52	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
34	134,6200	25.93	58,8762	0,53	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
35	132,4333	28.00	62,1794	0,54	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
36	130,0456	30.11	65,2411	0,55	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
37	127,4527	32.27	68,0398	0,56	27.52	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
38	124,6874	34.47	70,5744	0,58	23.04	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
39	121,6905	36.74	72,7927	0,59	23.04	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
40	118,4170	39.08	74,6440	0,61	27.52	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
41	114,7822	41.49	76,0457	0,63	32.01	0,0000	0,0000	(-3,23; 0,52) (81,93; 54,24)
42	110,8081	44.00	76,9781	0,66	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
43	106,4605	46.63	77,3838	0,69	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
44	101,6829	49.38	77,1840	0,73	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
45	96,3992	52.30	76,2772	0,78	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00) (57,25; 23,94)
46	90,5024	55.43	74,5266	0,84	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
47	83,8331	58.84	71,7371	0,92	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
48	76,1335	62.62	67,6065	1,03	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
49	66,9301	66.98	61,6018	1,22	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
50	55,1157	72.39	52,5315	1,57	32.01	0,0000	0,0000	(42,39; 2,23)
51	32,0512	82.72	31,7925	3,75	24.79	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)

Resistenza a taglio paratia= 0,0000 [kN]
ΣW_i= 3449,4653 [kN]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$= 1427,3175 [kN]
$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i$= 1713,2664 [kN]
$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i$= 0,0000 [kN]

Descrizione armatura micropali e caratteristiche sezione

Diametro del micropalo	24,00 cm
Area della sezione trasversale	452,39 cmq
Diametro esterno del tubolare	168,30 mm
Spessore del tubolare	8,00 mm
Area della sezione tubolare	40,29 cmq
Inerzia della sezione tubolare	1297,27 cm^4

Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kNm]
N	sforzo normale espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
Nu	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T	taglio espresso in [kN]
V_{Rd}	taglio resistente espresso in [kN]
FS_T	fattore di sicurezza a taglio

N°	Tipo	Y [m]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	[A1-M1]	14,45	0,00	16,03	0,00	-963,40	60.11
2	[A1-M1]	14,45	0,00	16,03	0,00	-963,40	60.11
3	[A1-M1]	1,75	-4,59	10,57	-58,91	135,65	12.83
4	[A1-M1]	1,75	-4,59	10,57	-58,91	135,65	12.83
5	[A1-M1]	2,00	17,19	3,51	57,41	11,71	3.34
6	[A1-M1]	5,45	-37,52	18,78	-57,62	28,84	1.54
7	[A1-M1]	5,45	-37,57	18,78	-57,62	28,80	1.53
8	[A1-M1]	5,30	-39,24	18,57	-57,60	27,26	1.47
9	[A1-M1]	2,00	27,07	-6,14	56,51	-12,82	2.09
10	[A1-M1]	2,00	27,07	-6,14	56,51	-12,82	2.09
11	[A1-M1]	2,00	27,22	-6,41	56,48	-13,31	2.08
12	[A1-M1]	2,00	27,20	-6,44	56,48	-13,37	2.08
13	[A1-M1]	4,75	-27,92	22,58	-57,84	46,78	2.07
1	[A2-M2]	14,45	0,00	16,03	0,00	-963,40	60.11
2	[A2-M2]	14,45	0,00	16,03	0,00	-963,40	60.11
3	[A2-M2]	1,80	-4,95	10,90	-58,83	129,57	11.89
4	[A2-M2]	1,80	-4,95	10,90	-58,83	129,61	11.89
5	[A2-M2]	2,00	16,33	3,52	57,42	12,38	3.52
6	[A2-M2]	5,65	-44,75	15,77	-57,52	20,27	1.29
7	[A2-M2]	5,65	-44,78	15,77	-57,52	20,26	1.28
8	[A2-M2]	5,45	-45,89	15,52	-57,51	19,44	1.25
9	[A2-M2]	9,25	-37,24	40,19	-58,03	62,63	1.56
10	[A2-M2]	9,25	-37,24	40,20	-58,03	62,63	1.56
11	[A2-M2]	8,70	-31,61	39,23	-58,14	72,15	1.84
12	[A2-M2]	11,25	-34,20	61,83	-58,55	105,86	1.71
13	[A2-M2]	11,40	-44,09	71,38	-58,41	94,58	1.32

N°	Tipo	Y [m]	T [kNm]	Tr [kN]	FS_T
1	[A1-M1]	0,00	0,00	556,22	1000.00
2	[A1-M1]	0,00	0,00	556,22	1000.00
3	[A1-M1]	2,75	6,14	556,22	90.55
4	[A1-M1]	2,75	6,14	556,22	90.55
5	[A1-M1]	2,00	-22,41	556,22	24.82
6	[A1-M1]	2,00	-35,10	556,22	15.85
7	[A1-M1]	2,00	-35,13	556,22	15.83
8	[A1-M1]	7,00	43,68	556,22	12.73
9	[A1-M1]	7,00	-35,35	556,22	15.73
10	[A1-M1]	7,00	-35,35	556,22	15.73
11	[A1-M1]	9,50	42,14	556,22	13.20
12	[A1-M1]	9,50	36,98	556,22	15.04
13	[A1-M1]	9,50	-42,11	556,22	13.21
1	[A2-M2]	0,00	0,00	556,22	1000.00

N°	Tipo	Y	T	Tr	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	
2	[A2-M2]	0,00	0,00	556,22	1000.00
3	[A2-M2]	2,90	6,19	556,22	89.92
4	[A2-M2]	2,90	6,19	556,22	89.91
5	[A2-M2]	2,00	-23,08	556,22	24.10
6	[A2-M2]	2,00	-37,23	556,22	14.94
7	[A2-M2]	2,00	-37,26	556,22	14.93
8	[A2-M2]	7,00	40,86	556,22	13.61
9	[A2-M2]	7,00	-42,70	556,22	13.03
10	[A2-M2]	7,00	-42,72	556,22	13.02
11	[A2-M2]	7,00	-43,63	556,22	12.75
12	[A2-M2]	9,50	-42,45	556,22	13.10
13	[A2-M2]	9,50	-53,79	556,22	10.34

Verifica armatura paratia (Inviluppo)

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M momento flettente espresso in [kNm]
N sforzo normale espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
Nu sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
FS fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T taglio espresso in [kN]
V_{Rd} taglio resistente espresso in [kN]
FS_T fattore di sicurezza a taglio

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
1	[A1-M1]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.00	0,00	556,22	1000.00
1	[A1-M1]	0,05	0,00	0,06	2,50	1373,12	1000.00	0,00	556,22	1000.00
1	[A1-M1]	0,10	0,00	0,11	7,32	1342,52	1000.00	0,56	556,22	984.79
13	[A2-M2]	0,15	0,06	0,17	59,13	154,57	929.09	0,86	556,22	646.86
13	[A2-M2]	0,20	0,11	0,22	58,64	113,88	513.39	1,16	556,22	478.10
8	[A2-M2]	0,25	0,05	-12,54	3,50	-904,61	72.16	8,02	556,22	69.39
8	[A2-M2]	0,30	0,46	-12,48	21,79	-596,83	47.82	8,30	556,22	67.03
8	[A2-M2]	0,35	0,88	-12,43	31,11	-440,07	35.42	8,63	556,22	64.42
8	[A2-M2]	0,40	1,32	-12,37	36,77	-344,81	27.87	9,03	556,22	61.58
8	[A2-M2]	0,45	1,78	-12,31	40,59	-280,66	22.79	9,49	556,22	58.63
8	[A2-M2]	0,50	2,27	-12,26	43,33	-234,45	19.12	10,00	556,22	55.65
7	[A2-M2]	0,55	2,79	-12,07	45,54	-197,27	16.35	10,56	556,22	52.68
7	[A2-M2]	0,60	3,33	-12,01	47,16	-170,16	14.17	11,17	556,22	49.78
7	[A2-M2]	0,65	3,90	-11,95	48,45	-148,40	12.41	11,84	556,22	46.97
7	[A2-M2]	0,70	4,51	-11,90	49,51	-130,55	10.97	12,57	556,22	44.27
7	[A2-M2]	0,75	5,16	-11,84	50,40	-115,68	9.77	13,31	556,22	41.80
7	[A2-M2]	0,80	5,84	-11,79	51,14	-103,16	8.75	14,02	556,22	39.66
7	[A2-M2]	0,85	6,56	-11,73	51,77	-92,56	7.89	14,71	556,22	37.80
7	[A2-M2]	0,90	7,32	-11,68	52,31	-83,50	7.15	15,38	556,22	36.17
7	[A2-M2]	0,95	8,10	-11,62	52,77	-75,71	6.51	16,01	556,22	34.74
7	[A2-M2]	1,00	8,92	-11,57	53,17	-68,98	5.96	16,61	556,22	33.48
7	[A2-M2]	1,05	9,76	-11,51	53,52	-63,11	5.48	17,19	556,22	32.36
7	[A2-M2]	1,10	10,64	-11,46	53,83	-57,98	5.06	17,73	556,22	31.36
7	[A2-M2]	1,15	11,54	-11,40	54,09	-53,46	4.69	18,25	556,22	30.48
7	[A2-M2]	1,20	12,46	-11,34	54,33	-49,47	4.36	18,73	556,22	29.69
7	[A2-M2]	1,25	13,41	-11,29	54,54	-45,92	4.07	19,18	556,22	28.99
7	[A2-M2]	1,30	14,38	-11,23	54,73	-42,76	3.81	19,61	556,22	28.37
7	[A2-M2]	1,35	15,37	-11,18	54,90	-39,93	3.57	19,99	556,22	27.82
7	[A2-M2]	1,40	16,38	-11,12	55,05	-37,39	3.36	20,35	556,22	27.34
7	[A2-M2]	1,45	17,40	-11,07	55,19	-35,09	3.17	20,67	556,22	26.91
7	[A2-M2]	1,50	18,44	-11,01	55,31	-33,02	3.00	20,95	556,22	26.55
7	[A2-M2]	1,55	19,50	-10,96	55,42	-31,14	2.84	21,21	556,22	26.23
7	[A2-M2]	1,60	20,56	-10,90	55,52	-29,43	2.70	21,45	556,22	25.93
7	[A2-M2]	1,65	21,64	-10,85	55,61	-27,87	2.57	21,70	556,22	25.63
7	[A2-M2]	1,70	22,73	-10,79	55,70	-26,44	2.45	21,96	556,22	25.33
7	[A2-M2]	1,75	23,84	-10,73	55,78	-25,12	2.34	22,37	556,22	24.86
7	[A2-M2]	1,80	24,96	-10,68	55,85	-23,90	2.24	22,92	556,22	24.26
7	[A2-M2]	1,85	26,09	-10,62	55,92	-22,77	2.14	23,48	556,22	23.69
7	[A2-M2]	1,90	27,24	-10,57	55,98	-21,72	2.06	24,05	556,22	23.13
7	[A2-M2]	1,95	28,40	-10,51	56,04	-20,75	1.97	24,63	556,22	22.59

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
7	[A2-M2]	2,00	29,57	-10,46	56,09	-19,84	1.90	-39,75	556,22	13.99
6	[A2-M2]	2,05	27,72	11,78	57,57	24,45	2.08	-39,16	556,22	14.20
6	[A2-M2]	2,10	25,88	11,83	57,59	26,32	2.23	-38,56	556,22	14.43
6	[A2-M2]	2,15	24,06	11,89	57,61	28,46	2.39	-37,95	556,22	14.66
6	[A2-M2]	2,20	22,26	11,94	57,64	30,93	2.59	-37,34	556,22	14.90
6	[A2-M2]	2,25	20,47	12,00	57,68	33,81	2.82	-36,72	556,22	15.15
6	[A2-M2]	2,30	18,70	12,05	57,72	37,21	3.09	-36,09	556,22	15.41
11	[A2-M2]	2,35	16,98	11,58	57,75	39,36	3.40	-35,57	556,22	15.64
11	[A2-M2]	2,40	15,33	11,63	57,80	43,85	3.77	-35,20	556,22	15.80
11	[A2-M2]	2,45	13,71	11,69	57,87	49,34	4.22	-34,82	556,22	15.97
11	[A2-M2]	2,50	12,10	11,74	57,95	56,23	4.79	-34,44	556,22	16.15
11	[A2-M2]	2,55	10,52	11,80	58,06	65,09	5.52	-34,05	556,22	16.34
11	[A2-M2]	2,60	8,97	11,85	58,20	76,93	6.49	-33,65	556,22	16.55
11	[A2-M2]	2,65	7,44	11,91	58,40	93,51	7.85	-33,24	556,22	16.73
11	[A2-M2]	2,70	5,93	11,96	58,70	118,37	9.89	-32,82	556,22	16.95
5	[A1-M1]	2,75	5,50	20,62	59,41	222,85	10.81	-32,40	556,22	17.17
5	[A1-M1]	2,80	5,12	20,68	59,37	239,74	11.59	-31,97	556,22	17.40
5	[A1-M1]	2,85	4,76	20,74	59,32	258,30	12.46	-31,53	556,22	17.64
5	[A1-M1]	2,90	4,42	20,79	59,26	278,92	13.42	-31,08	556,22	17.89
13	[A1-M1]	2,95	-4,95	20,59	-59,35	246,98	12.00	-30,63	556,22	18.16
13	[A1-M1]	3,00	-6,24	20,64	-59,47	196,75	9.53	-30,17	556,22	18.44
13	[A1-M1]	3,05	-7,50	20,70	-59,24	163,55	7.90	-29,70	556,22	18.73
13	[A1-M1]	3,10	-8,72	20,75	-58,96	140,34	6.76	-29,22	556,22	19.03
13	[A1-M1]	3,15	-9,90	20,81	-58,76	123,44	5.93	-28,74	556,22	19.36
8	[A2-M2]	3,20	-10,97	13,02	-58,10	68,98	5.30	-28,24	556,22	19.69
8	[A2-M2]	3,25	-12,37	13,08	-58,01	61,34	4.69	-27,74	556,22	20.05
8	[A2-M2]	3,30	-13,74	13,13	-57,94	55,37	4.22	-27,23	556,22	20.42
8	[A2-M2]	3,35	-15,09	13,19	-57,88	50,58	3.84	-26,72	556,22	20.82
8	[A2-M2]	3,40	-16,41	13,24	-57,83	46,66	3.52	-26,19	556,22	21.23
8	[A2-M2]	3,45	-17,71	13,30	-57,79	43,40	3.26	-25,66	556,22	21.67
8	[A2-M2]	3,50	-18,98	13,35	-57,76	40,64	3.04	-25,12	556,22	22.14
8	[A2-M2]	3,55	-20,22	13,41	-57,73	38,28	2.85	-24,58	556,22	22.63
8	[A2-M2]	3,60	-21,44	13,47	-57,71	36,25	2.69	-24,02	556,22	23.15
8	[A2-M2]	3,65	-22,62	13,52	-57,69	34,47	2.55	-23,46	556,22	23.71
8	[A2-M2]	3,70	-23,78	13,58	-57,67	32,92	2.42	-22,89	556,22	24.30
8	[A2-M2]	3,75	-24,91	13,63	-57,65	31,54	2.31	-22,31	556,22	24.93
8	[A2-M2]	3,80	-26,01	13,69	-57,64	30,32	2.22	-21,72	556,22	25.60
8	[A2-M2]	3,85	-27,09	13,74	-57,62	29,24	2.13	-21,13	556,22	26.32
8	[A2-M2]	3,90	-28,13	13,80	-57,61	28,26	2.05	-20,53	556,22	27.09
8	[A2-M2]	3,95	-29,14	13,85	-57,60	27,39	1.98	-19,92	556,22	27.92
8	[A2-M2]	4,00	-30,12	13,91	-57,59	26,60	1.91	-19,31	556,22	28.81
8	[A2-M2]	4,05	-31,07	13,96	-57,58	25,88	1.85	-18,85	556,22	29.50
8	[A2-M2]	4,10	-32,00	14,02	-57,58	25,22	1.80	-18,38	556,22	30.26
8	[A2-M2]	4,15	-32,91	14,08	-57,57	24,62	1.75	-17,90	556,22	31.07
8	[A2-M2]	4,20	-33,79	14,13	-57,56	24,07	1.70	-17,41	556,22	31.96
8	[A2-M2]	4,25	-34,65	14,19	-57,56	23,56	1.66	-16,90	556,22	32.91
8	[A2-M2]	4,30	-35,48	14,24	-57,55	23,10	1.62	-16,38	556,22	33.96
8	[A2-M2]	4,35	-36,29	14,30	-57,54	22,67	1.59	-15,85	556,22	35.10
8	[A2-M2]	4,40	-37,07	14,35	-57,54	22,28	1.55	-15,30	556,22	36.35
8	[A2-M2]	4,45	-37,82	14,41	-57,54	21,92	1.52	-14,74	556,22	37.73
8	[A2-M2]	4,50	-38,54	14,46	-57,53	21,59	1.49	-14,17	556,22	39.25
8	[A2-M2]	4,55	-39,24	14,52	-57,53	21,29	1.47	-13,58	556,22	40.95
8	[A2-M2]	4,60	-39,90	14,57	-57,52	21,01	1.44	-12,98	556,22	42.85
8	[A2-M2]	4,65	-40,53	14,63	-57,52	20,76	1.42	-12,37	556,22	44.98
8	[A2-M2]	4,70	-41,14	14,69	-57,52	20,53	1.40	-11,74	556,22	47.40
8	[A2-M2]	4,75	-41,71	14,74	-57,52	20,33	1.38	-11,09	556,22	50.16
8	[A2-M2]	4,80	-42,25	14,80	-57,51	20,14	1.36	-10,49	556,22	53.00
8	[A2-M2]	4,85	-42,75	14,85	-57,51	19,98	1.35	-9,94	556,22	55.98
8	[A2-M2]	4,90	-43,22	14,91	-57,51	19,84	1.33	-9,37	556,22	59.36
8	[A2-M2]	4,95	-43,66	14,96	-57,51	19,71	1.32	-8,80	556,22	63.20
8	[A2-M2]	5,00	-44,06	15,02	-57,51	19,60	1.31	-8,22	556,22	67.63
8	[A2-M2]	5,05	-44,42	15,07	-57,51	19,52	1.29	-7,64	556,22	72.78
8	[A2-M2]	5,10	-44,74	15,13	-57,51	19,44	1.29	7,24	556,22	76.81
8	[A2-M2]	5,15	-45,03	15,18	-57,51	19,39	1.28	8,01	556,22	69.43
8	[A2-M2]	5,20	-45,28	15,24	-57,50	19,36	1.27	8,75	556,22	63.55
8	[A2-M2]	5,25	-45,48	15,30	-57,50	19,34	1.26	9,46	556,22	58.79
8	[A2-M2]	5,30	-45,65	15,35	-57,50	19,34	1.26	10,14	556,22	54.88
8	[A2-M2]	5,35	-45,77	15,41	-57,50	19,35	1.26	10,77	556,22	51.62
8	[A2-M2]	5,40	-45,85	15,46	-57,51	19,39	1.25	11,40	556,22	48.80
8	[A2-M2]	5,45	-45,89	15,52	-57,51	19,44	1.25	12,03	556,22	46.25
8	[A2-M2]	5,50	-45,88	15,57	-57,51	19,52	1.25	12,66	556,22	43.93
8	[A2-M2]	5,55	-45,83	15,63	-57,51	19,61	1.25	13,39	556,22	41.55
8	[A2-M2]	5,60	-45,73	15,68	-57,51	19,72	1.26	14,24	556,22	39.06
8	[A2-M2]	5,65	-45,58	15,74	-57,51	19,86	1.26	15,10	556,22	36.84
8	[A2-M2]	5,70	-45,38	15,79	-57,51	20,02	1.27	15,96	556,22	34.85
8	[A2-M2]	5,75	-45,13	15,85	-57,51	20,20	1.27	16,83	556,22	33.05

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rd}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
8	[A2-M2]	5,80	-44,84	15,91	-57,52	20,40	1.28	17,71	556,22	31.41
7	[A2-M2]	5,85	-44,55	15,99	-57,52	20,65	1.29	18,59	556,22	29.92
7	[A2-M2]	5,90	-44,41	16,05	-57,52	20,79	1.30	19,47	556,22	28.56
7	[A2-M2]	5,95	-44,23	16,10	-57,52	20,94	1.30	20,37	556,22	27.31
7	[A2-M2]	6,00	-44,02	16,16	-57,53	21,12	1.31	21,27	556,22	26.16
7	[A2-M2]	6,05	-43,77	16,21	-57,53	21,31	1.31	22,17	556,22	25.09
7	[A2-M2]	6,10	-43,49	16,27	-57,53	21,52	1.32	23,08	556,22	24.10
7	[A2-M2]	6,15	-43,17	16,33	-57,53	21,76	1.33	24,00	556,22	23.17
7	[A2-M2]	6,20	-42,82	16,38	-57,54	22,01	1.34	24,92	556,22	22.32
7	[A2-M2]	6,25	-42,43	16,44	-57,54	22,29	1.36	25,85	556,22	21.51
7	[A2-M2]	6,30	-42,01	16,49	-57,54	22,59	1.37	26,79	556,22	20.76
7	[A2-M2]	6,35	-41,54	16,55	-57,55	22,92	1.39	27,73	556,22	20.06
7	[A2-M2]	6,40	-41,04	16,60	-57,55	23,28	1.40	28,68	556,22	19.40
7	[A2-M2]	6,45	-40,51	16,66	-57,56	23,67	1.42	29,63	556,22	18.77
7	[A2-M2]	6,50	-39,93	16,71	-57,56	24,09	1.44	30,59	556,22	18.18
7	[A2-M2]	6,55	-39,32	16,77	-57,57	24,55	1.46	31,55	556,22	17.63
7	[A2-M2]	6,60	-38,67	16,82	-57,57	25,05	1.49	32,52	556,22	17.10
6	[A2-M2]	6,65	-37,99	16,88	-57,58	25,58	1.52	33,50	556,22	16.60
6	[A2-M2]	6,70	-37,26	16,93	-57,59	26,17	1.55	34,48	556,22	16.13
6	[A2-M2]	6,75	-36,50	16,99	-57,59	26,81	1.58	35,47	556,22	15.68
6	[A2-M2]	6,80	-35,69	17,04	-57,60	27,51	1.61	37,09	556,22	15.00
6	[A2-M2]	6,85	-34,85	17,10	-57,61	28,27	1.65	38,73	556,22	14.36
6	[A2-M2]	6,90	-33,97	17,15	-57,62	29,10	1.70	40,37	556,22	13.78
6	[A2-M2]	6,95	-33,05	17,21	-57,63	30,02	1.74	42,03	556,22	13.24
6	[A2-M2]	7,00	-32,08	17,27	-57,65	31,02	1.80	43,68	556,22	12.73
6	[A2-M2]	7,05	-31,08	17,32	-57,66	32,14	1.86	-42,77	556,22	13.00
6	[A2-M2]	7,10	-30,03	17,38	-57,67	33,37	1.92	-41,89	556,22	13.28
6	[A2-M2]	7,15	-28,95	17,43	-57,69	34,74	1.99	-40,99	556,22	13.57
6	[A2-M2]	7,20	-27,82	17,49	-57,71	36,28	2.07	-40,08	556,22	13.88
6	[A2-M2]	7,25	-26,65	17,54	-57,73	38,01	2.17	-39,14	556,22	14.21
6	[A2-M2]	7,30	-25,43	17,60	-57,75	39,96	2.27	-38,19	556,22	14.56
6	[A2-M2]	7,35	-24,18	17,65	-57,78	42,19	2.39	-37,22	556,22	14.94
6	[A2-M2]	7,40	-22,88	17,71	-57,81	44,74	2.53	-36,22	556,22	15.35
6	[A2-M2]	7,45	-21,54	17,76	-57,85	47,71	2.69	-35,21	556,22	15.80
6	[A2-M2]	7,50	-20,16	17,82	-57,89	51,18	2.87	-34,25	556,22	16.24
6	[A2-M2]	7,55	-18,73	17,88	-57,94	55,30	3.09	-33,37	556,22	16.67
6	[A2-M2]	7,60	-17,26	17,93	-58,00	60,25	3.36	-32,49	556,22	17.12
6	[A2-M2]	7,65	-15,75	17,99	-58,07	66,30	3.69	32,62	556,22	17.05
11	[A2-M2]	7,70	-15,71	38,12	-59,00	143,20	3.76	33,08	556,22	16.81
11	[A2-M2]	7,75	-17,17	38,18	-58,85	130,87	3.43	33,42	556,22	16.64
11	[A2-M2]	7,80	-18,57	38,23	-58,73	120,91	3.16	33,64	556,22	16.53
11	[A2-M2]	7,85	-19,91	38,29	-58,63	112,73	2.94	33,75	556,22	16.48
11	[A2-M2]	7,90	-21,20	38,35	-58,55	105,91	2.76	33,68	556,22	16.51
11	[A2-M2]	7,95	-22,42	38,40	-58,48	100,17	2.61	33,52	556,22	16.59
11	[A2-M2]	8,00	-23,57	38,46	-58,42	95,30	2.48	33,53	556,22	16.59
11	[A2-M2]	8,05	-24,66	38,51	-58,37	91,14	2.37	33,68	556,22	16.52
11	[A2-M2]	8,10	-25,68	38,57	-58,33	87,59	2.27	33,76	556,22	16.48
11	[A2-M2]	8,15	-26,63	38,62	-58,29	84,56	2.19	33,75	556,22	16.48
11	[A2-M2]	8,20	-27,49	38,68	-58,26	81,96	2.12	33,68	556,22	16.52
11	[A2-M2]	8,25	-28,28	38,73	-58,23	79,75	2.06	33,54	556,22	16.58
11	[A2-M2]	8,30	-29,00	38,79	-58,21	77,87	2.01	33,33	556,22	16.69
11	[A2-M2]	8,35	-29,63	38,84	-58,19	76,30	1.96	33,05	556,22	16.83
11	[A2-M2]	8,40	-30,17	38,90	-58,17	75,00	1.93	32,71	556,22	17.01
11	[A2-M2]	8,45	-30,64	38,96	-58,16	73,96	1.90	32,30	556,22	17.22
10	[A2-M2]	8,50	-31,36	39,37	-58,15	73,00	1.85	31,82	556,22	17.48
10	[A2-M2]	8,55	-32,11	39,42	-58,13	71,37	1.81	31,27	556,22	17.79
10	[A2-M2]	8,60	-32,81	39,48	-58,11	69,92	1.77	30,65	556,22	18.15
10	[A2-M2]	8,65	-33,46	39,53	-58,10	68,64	1.74	30,18	556,22	18.43
10	[A2-M2]	8,70	-34,06	39,59	-58,08	67,51	1.71	29,64	556,22	18.76
10	[A2-M2]	8,75	-34,61	39,64	-58,07	66,51	1.68	29,02	556,22	19.17
10	[A2-M2]	8,80	-35,11	39,70	-58,06	65,65	1.65	28,31	556,22	19.65
10	[A2-M2]	8,85	-35,56	39,75	-58,05	64,90	1.63	27,51	556,22	20.22
10	[A2-M2]	8,90	-35,95	39,81	-58,05	64,27	1.61	26,63	556,22	20.88
10	[A2-M2]	8,95	-36,30	39,87	-58,04	63,75	1.60	25,67	556,22	21.67
10	[A2-M2]	9,00	-36,59	39,92	-58,03	63,32	1.59	24,63	556,22	22.58
10	[A2-M2]	9,05	-36,83	39,98	-58,03	63,00	1.58	25,80	556,22	21.56
10	[A2-M2]	9,10	-37,01	40,03	-58,03	62,76	1.57	27,25	556,22	20.41
10	[A2-M2]	9,15	-37,14	40,09	-58,03	62,63	1.56	28,66	556,22	19.41
10	[A2-M2]	9,20	-37,22	40,14	-58,03	62,58	1.56	30,01	556,22	18.53
10	[A2-M2]	9,25	-37,24	40,20	-58,03	62,63	1.56	31,31	556,22	17.77
10	[A2-M2]	9,30	-37,21	40,25	-58,03	62,77	1.56	33,01	556,22	16.85
10	[A2-M2]	9,35	-37,13	40,31	-58,03	63,00	1.56	35,28	556,22	15.77
10	[A2-M2]	9,40	-36,99	40,36	-58,03	63,33	1.57	37,56	556,22	14.81
9	[A2-M2]	9,45	-36,80	40,42	-58,04	63,75	1.58	39,85	556,22	13.96
9	[A2-M2]	9,50	-36,55	40,47	-58,05	64,28	1.59	-53,79	556,22	10.34
9	[A2-M2]	9,55	-36,24	40,53	-58,05	64,91	1.60	-52,47	556,22	10.60

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
7	[A2-M2]	9,60	35,68	20,16	57,66	32,59	1.62	-51,14	556,22	10.88
7	[A2-M2]	9,65	35,89	20,22	57,66	32,49	1.61	-49,81	556,22	11.17
7	[A2-M2]	9,70	35,99	20,28	57,66	32,48	1.60	-48,47	556,22	11.47
7	[A2-M2]	9,75	35,99	20,33	57,66	32,57	1.60	-47,13	556,22	11.80
7	[A2-M2]	9,80	35,88	20,39	57,67	32,76	1.61	-45,78	556,22	12.15
7	[A2-M2]	9,85	35,66	20,44	57,67	33,06	1.62	-44,42	556,22	12.52
7	[A2-M2]	9,90	35,34	20,50	57,67	33,45	1.63	-43,06	556,22	12.92
7	[A2-M2]	9,95	34,93	20,55	57,68	33,94	1.65	-41,69	556,22	13.34
7	[A2-M2]	10,00	34,44	20,61	57,69	34,52	1.68	-40,32	556,22	13.80
7	[A2-M2]	10,05	33,86	20,66	57,70	35,21	1.70	-38,93	556,22	14.29
7	[A2-M2]	10,10	33,21	20,72	57,71	36,00	1.74	-37,55	556,22	14.81
7	[A2-M2]	10,15	32,49	20,77	57,72	36,90	1.78	-36,15	556,22	15.39
7	[A2-M2]	10,20	31,71	20,83	57,73	37,92	1.82	-34,75	556,22	16.00
7	[A2-M2]	10,25	30,88	20,89	57,74	39,06	1.87	-33,35	556,22	16.68
7	[A2-M2]	10,30	30,00	20,94	57,76	40,32	1.93	-31,94	556,22	17.42
7	[A2-M2]	10,35	29,08	21,00	57,77	41,71	1.99	-30,52	556,22	18.22
13	[A2-M2]	10,40	-29,61	70,27	-58,96	139,93	1.99	29,26	556,22	19.01
13	[A2-M2]	10,45	-31,03	70,33	-58,88	133,46	1.90	29,43	556,22	18.90
13	[A2-M2]	10,50	-32,37	70,38	-58,81	127,86	1.82	29,41	556,22	18.91
13	[A2-M2]	10,55	-33,65	70,44	-58,75	122,99	1.75	29,28	556,22	19.00
13	[A2-M2]	10,60	-34,85	70,49	-58,70	118,73	1.68	29,02	556,22	19.16
13	[A2-M2]	10,65	-35,98	70,55	-58,66	115,00	1.63	28,66	556,22	19.41
13	[A2-M2]	10,70	-37,04	70,60	-58,62	111,73	1.58	28,17	556,22	19.75
13	[A2-M2]	10,75	-38,03	70,66	-58,58	108,86	1.54	27,56	556,22	20.18
13	[A2-M2]	10,80	-38,94	70,72	-58,55	106,34	1.50	27,04	556,22	20.57
13	[A2-M2]	10,85	-39,78	70,77	-58,53	104,13	1.47	27,10	556,22	20.52
13	[A2-M2]	10,90	-40,54	70,83	-58,50	102,21	1.44	27,28	556,22	20.39
13	[A2-M2]	10,95	-41,23	70,88	-58,48	100,54	1.42	27,45	556,22	20.26
13	[A2-M2]	11,00	-41,85	70,94	-58,47	99,11	1.40	27,52	556,22	20.21
13	[A2-M2]	11,05	-42,39	70,99	-58,45	97,90	1.38	27,49	556,22	20.23
13	[A2-M2]	11,10	-42,85	71,05	-58,44	96,89	1.36	27,37	556,22	20.32
13	[A2-M2]	11,15	-43,24	71,10	-58,43	96,08	1.35	27,15	556,22	20.49
13	[A2-M2]	11,20	-43,55	71,16	-58,42	95,45	1.34	26,84	556,22	20.72
13	[A2-M2]	11,25	-43,79	71,21	-58,42	94,99	1.33	26,44	556,22	21.04
13	[A2-M2]	11,30	-43,96	71,27	-58,41	94,70	1.33	25,94	556,22	21.44
13	[A2-M2]	11,35	-44,06	71,33	-58,41	94,57	1.33	25,36	556,22	21.93
13	[A2-M2]	11,40	-44,09	71,38	-58,41	94,58	1.32	24,69	556,22	22.53
13	[A2-M2]	11,45	-44,05	71,44	-58,41	94,72	1.33	23,95	556,22	23.23
13	[A2-M2]	11,50	-43,96	71,49	-58,42	95,00	1.33	23,70	556,22	23.47
13	[A2-M2]	11,55	-43,79	71,55	-58,42	95,45	1.33	23,70	556,22	23.47
13	[A2-M2]	11,60	-43,53	71,60	-58,43	96,12	1.34	23,70	556,22	23.47
13	[A2-M2]	11,65	-43,17	71,66	-58,44	97,01	1.35	23,70	556,22	23.47
13	[A2-M2]	11,70	-42,72	71,71	-58,45	98,12	1.37	23,70	556,22	23.47
13	[A2-M2]	11,75	-42,19	71,77	-58,47	99,46	1.39	23,70	556,22	23.47
13	[A2-M2]	11,80	-41,57	71,82	-58,49	101,06	1.41	23,70	556,22	23.47
13	[A2-M2]	11,85	-40,87	71,88	-58,51	102,91	1.43	23,70	556,22	23.47
13	[A2-M2]	11,90	-40,08	71,94	-58,54	105,06	1.46	23,70	556,22	23.47
13	[A2-M2]	11,95	-39,22	71,99	-58,57	107,51	1.49	23,88	556,22	23.30
13	[A2-M2]	12,00	-38,28	72,05	-58,60	110,30	1.53	24,99	556,22	22.26
13	[A2-M2]	12,05	-37,26	72,10	-58,64	113,47	1.57	26,03	556,22	21.37
13	[A2-M2]	12,10	-36,17	72,16	-58,68	117,06	1.62	27,00	556,22	20.60
13	[A2-M2]	12,15	-35,01	72,21	-58,73	121,13	1.68	27,90	556,22	19.94
13	[A2-M2]	12,20	-33,78	72,27	-58,79	125,75	1.74	28,73	556,22	19.36
13	[A2-M2]	12,25	-32,49	72,32	-58,85	131,01	1.81	29,49	556,22	18.86
13	[A2-M2]	12,30	-31,13	72,38	-58,92	137,01	1.89	30,17	556,22	18.43
13	[A2-M2]	12,35	-29,70	72,43	-59,00	143,88	1.99	30,79	556,22	18.06
13	[A2-M2]	12,40	-28,22	72,49	-59,10	151,81	2.09	31,35	556,22	17.74
13	[A2-M2]	12,45	-26,68	72,55	-59,21	161,00	2.22	31,84	556,22	17.47
10	[A2-M2]	12,50	27,00	43,81	58,41	94,78	2.16	32,53	556,22	17.10
10	[A2-M2]	12,55	27,91	43,86	58,38	91,74	2.09	32,23	556,22	17.26
10	[A2-M2]	12,60	28,71	43,92	58,35	89,25	2.03	31,89	556,22	17.44
10	[A2-M2]	12,65	29,40	43,97	58,32	87,24	1.98	31,48	556,22	17.67
10	[A2-M2]	12,70	29,96	44,03	58,30	85,68	1.95	31,01	556,22	17.94
10	[A2-M2]	12,75	30,41	44,09	58,29	84,52	1.92	30,46	556,22	18.26
10	[A2-M2]	12,80	30,72	44,14	58,28	83,74	1.90	29,85	556,22	18.63
10	[A2-M2]	12,85	30,91	44,20	58,28	83,32	1.89	29,18	556,22	19.06
10	[A2-M2]	12,90	30,97	44,25	58,27	83,28	1.88	28,43	556,22	19.56
10	[A2-M2]	12,95	30,88	44,31	58,28	83,61	1.89	27,62	556,22	20.14
10	[A2-M2]	13,00	30,66	44,36	58,29	84,33	1.90	26,74	556,22	20.80
10	[A2-M2]	13,05	30,30	44,42	58,30	85,47	1.92	25,79	556,22	21.57
10	[A2-M2]	13,10	29,79	44,47	58,32	87,06	1.96	24,77	556,22	22.45
10	[A2-M2]	13,15	29,13	44,53	58,35	89,18	2.00	23,69	556,22	23.48
10	[A2-M2]	13,20	28,32	44,58	58,38	91,89	2.06	22,53	556,22	24.68
10	[A2-M2]	13,25	27,38	44,64	58,42	95,24	2.13	21,32	556,22	26.09
10	[A2-M2]	13,30	26,33	44,70	58,47	99,27	2.22	-23,18	556,22	24.00
10	[A2-M2]	13,35	25,17	44,75	58,53	104,07	2.33	-24,91	556,22	22.33

n°	Tipo	Y	M	[illegible]	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
10	[A2-M2]	13,40	23,92	44,81	58,59	109,75	2.45	-26,35	556,22	21.11
10	[A2-M2]	13,45	22,60	44,86	58,67	116,45	2.60	-27,51	556,22	20.22
10	[A2-M2]	13,50	21,23	44,92	58,77	124,35	2.77	-28,41	556,22	19.58
10	[A2-M2]	13,55	19,81	44,97	58,88	133,69	2.97	-29,04	556,22	19.15
10	[A2-M2]	13,60	18,36	45,03	59,02	144,77	3.22	-29,42	556,22	18.91
10	[A2-M2]	13,65	16,88	45,08	59,17	158,00	3.50	-29,55	556,22	18.82
10	[A2-M2]	13,70	15,41	45,14	59,37	173,93	3.85	-29,44	556,22	18.89
10	[A2-M2]	13,75	13,94	45,19	59,48	192,92	4.27	-29,10	556,22	19.11
11	[A2-M2]	13,80	12,44	62,15	59,06	295,02	4.75	-28,53	556,22	19.50
11	[A2-M2]	13,85	11,03	62,21	58,63	330,60	5.31	-27,73	556,22	20.06
11	[A2-M2]	13,90	9,66	62,26	58,05	374,30	6.01	-26,71	556,22	20.82
11	[A2-M2]	13,95	8,33	62,32	56,90	425,67	6.83	-25,48	556,22	21.83
11	[A2-M2]	14,00	7,06	62,37	55,19	487,49	7.82	-24,04	556,22	23.14
11	[A2-M2]	14,05	5,86	62,43	52,60	559,99	8.97	-22,38	556,22	24.85
11	[A2-M2]	14,10	4,75	62,48	48,97	644,63	10.32	-20,52	556,22	27.11
12	[A2-M2]	14,15	3,63	65,05	43,20	773,50	11.89	-18,46	556,22	30.13
12	[A2-M2]	14,20	2,86	65,10	38,42	874,26	13.43	-16,20	556,22	34.34
13	[A2-M2]	14,25	1,81	74,54	26,75	1098,54	14.74	-13,73	556,22	40.51
13	[A2-M2]	14,30	1,27	74,60	20,50	1204,75	16.15	-11,63	556,22	47.83
13	[A2-M2]	14,35	0,78	74,65	13,55	1303,00	17.45	-9,11	556,22	61.06
13	[A2-M2]	14,40	0,37	74,71	6,76	1346,10	18.02	-5,97	556,22	93.24
13	[A2-M2]	14,45	0,10	74,76	1,90	1376,88	18.42	-2,20	556,22	253.22

Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione M_u-N_u della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	R_{bk} = 25,0 [MPa])
Tensione caratteristica cilindrica del cls (0.83xR_{bk})	R_{ck} = 212 (Kg/cm^2)
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	ψ= 0.85
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	f_{yk} = 275,0 [MPa])
Coefficiente di sicurezza cls	γ_r = 1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	γ_s = 1.15
Resistenza di calcolo del cls($\psi R_{ck}/\gamma_c$)	R^*_c = 120 (Kg/cm^2)
Resistenza di calcolo dell'acciaio(f_{yk}/γ_s)	R^*_s = 2438 (Kg/cm^2)
Modulo elastico dell'acciaio	E_s = 2100000 (Kg/cm^2)
Deformazione ultima del calcestruzzo	ε_{cu} = 0.0035(0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	ε_{ck} = 0.0020(0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	ε_{yu} = 0.0100(1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico (R^*_s/E_s)	ε_{yk} = 0.0009(0.12%)

Legame costitutivo del calcestruzzo

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:
Tratto parabolico: $0<=\varepsilon_c<=\varepsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R^*_c(2\varepsilon_c\varepsilon_{ck}-\varepsilon_c^2)}{\varepsilon_{ck}^2}$$

Tratto rettangolare: $\varepsilon_{ck}<\varepsilon_c<=\varepsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R^*_c$$

Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:
$\sigma_s = E_s\varepsilon_s$ per $0<=\varepsilon_s<=\varepsilon_{sy}$
$\sigma_s = R^*_s$ per $\varepsilon_{sy}<\varepsilon_s<=\varepsilon_{su}$

Tratto armatura 1

N°	N_u [kN]	M_u [kNm]
1	-963,4035	0,0000
2	0,0000	57,2717
3	185,1935	59,5020
4	277,7902	59,2743
5	370,3870	58,1389
6	462,9837	56,0570
7	555,5804	52,7862
8	648,1772	48,8174
9	740,7739	44,7201
10	833,3707	40,4055
11	925,9674	35,9012
12	1018,5641	31,1401
13	1111,1609	26,0520
14	1203,7576	20,5612
15	1296,3544	14,5996
16	1388,9511	0,0000
17	1388,9511	0,0000
18	1296,3544	-14,5996
19	1203,7576	-20,5612
20	1111,1609	-26,0520
21	1018,5641	-31,1401
22	925,9674	-35,9012
23	833,3707	-40,4055
24	740,7739	-44,7201
25	648,1772	-48,8174
26	555,5804	-52,7862

N°	N_u [kN]	M_u [kNm]
27	462,9837	-56,0570
28	370,3870	-58,1389
29	277,7902	-59,2743
30	185,1935	-59,5020
31	0,0000	-57,2717
32	-963,4035	0,0000

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale
T_h taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale
M_v momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale
T_v taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=50,00 [cm]	H=50,00 [cm]		
A_{fv}=8,04 [cmq]	A_{fh}=4,02 [cmq]	Staffe ϕ10/20	Nbh=2 - Nbv=2
M_h=2,46 [kNm]	M_{uh}=140,53 [kNm]	FS=57.14	
T_h=7,29 [kN]	T_{Rh}=260,00 [kN]	FS_T=35.68	
M_v=4,26 [kNm]	M_{uv}=140,53 [kNm]	FS=32.99	
T_v=12,62 [kN]	T_R=260,00 [kN]	FS_{Tv}=20.60	

Cordolo N° 2 (X=2,00 m) (Cordolo in acciaio)

A=64,40 [cmq]	W=382,00 [cm^3]		
M_h=55,25 [kNm]	T_h=122,77 [kN]	M_v=20,11 [kNm]	T_v=44,68 [kN]
σ_f = 144,623 [MPa]	τ_f = 19,064 [MPa]	σ_{id} = 148,345 [MPa]	

Cordolo N° 3 (X=7,00 m) (Cordolo in acciaio)

A=64,00 [cmq]	W=382,00 [cm^3]		
M_h=65,66 [kNm]	T_h=145,91 [kN]	M_v=17,59 [kNm]	T_v=39,10 [kN]
σ_f = 171,879 [MPa]	τ_f = 22,798 [MPa]	σ_{id} = 176,356 [MPa]	

Cordolo N° 4 (X=9,50 m) (Cordolo in acciaio)

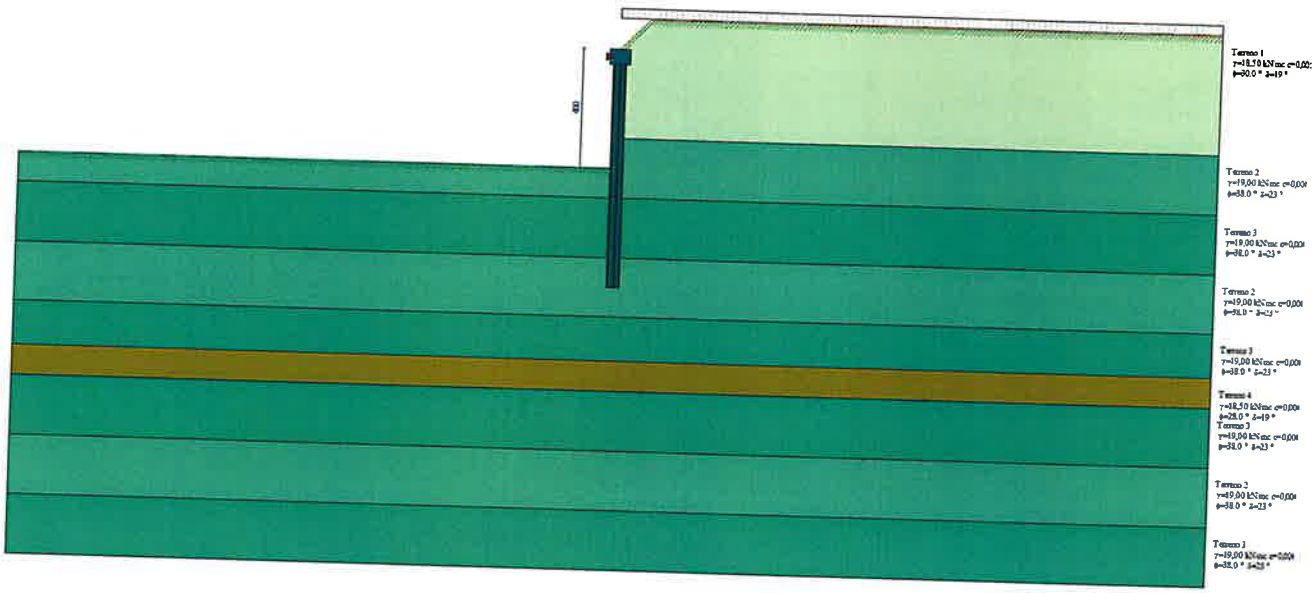
A=64,00 [cmq]	W=382,00 [cm^3]		
M_h=40,10 [kNm]	T_h=118,81 [kN]	M_v=10,74 [kNm]	T_v=31,83 [kN]
σ_f = 104,966 [MPa]	τ_f = 18,563 [MPa]	σ_{id} = 109,780 [MPa]	

Indice

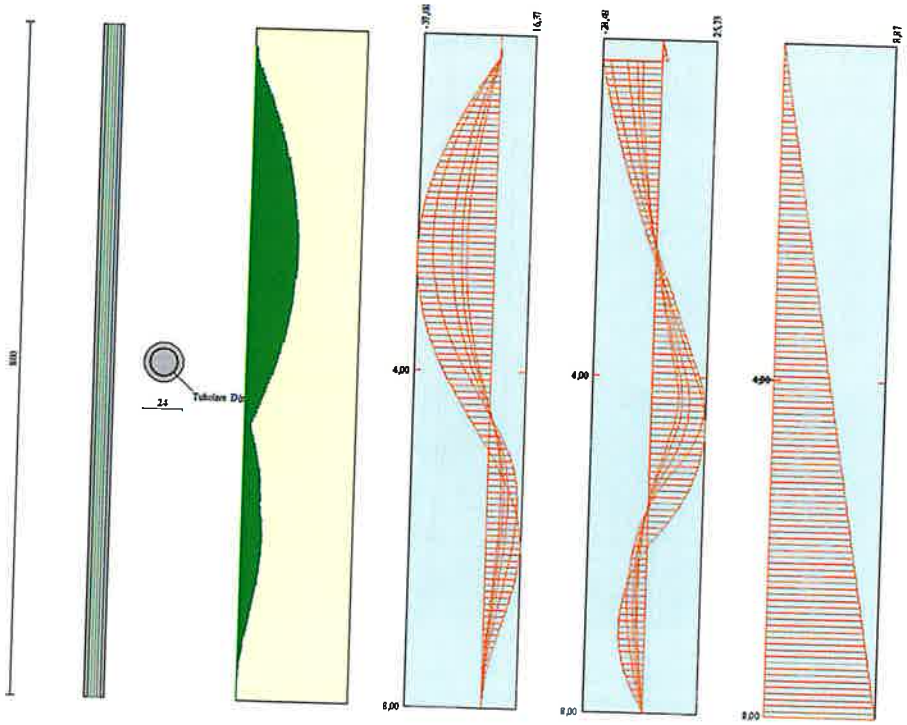
Normative di riferimento	2
Richiami teorici	3
Metodo di analisi	3
Calcolo della profondità di infissione	3
Calcolo della spinte	3
Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)	3
Spinta in presenza di sisma	3
Tiranti di ancoraggio	4
Analisi ad elementi finiti	5
Schematizzazione del terreno	5
Modalità di analisi e comportamento elasto plastico del terreno	5
Analisi per fasi di scavo	6
Verifica alla stabilità globale	6
Dati	7
Geometria paratia	7
Geometria cordoli	7
Geometria profilo terreno	7
Descrizione terreni	8
Descrizione stratigrafia	8
Caratteristiche materiali utilizzati	9
Condizioni di carico	9
Caratteristiche tiranti di ancoraggio	9
Descrizione tiranti di ancoraggio (Armatura trefoli)	10
Descrizione tiranti di ancoraggio (Armatura tondini)	10
Fasi di scavo	11
Impostazioni di progetto	11
Impostazioni di analisi	12
Impostazioni analisi sismica	12
Analisi della paratia	13
Forze agenti sulla paratia	13
Risultati tiranti	14
Caratteristiche dei tiranti utilizzati	14
Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia	18
Spostamenti massimi e minimi della paratia	19
Stabilità globale	20
Descrizione armatura micropali e caratteristiche sezione	22
Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)	22
Verifica armatura paratia (Inviluppo)	23
Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni	28
Verifica sezione cordoli	29

F.1.2 WAND W203-204

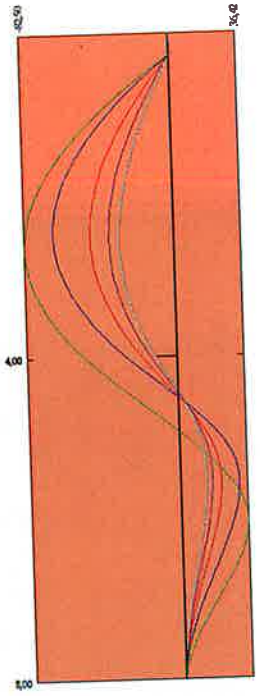
F.1.2 PARETE W203-204



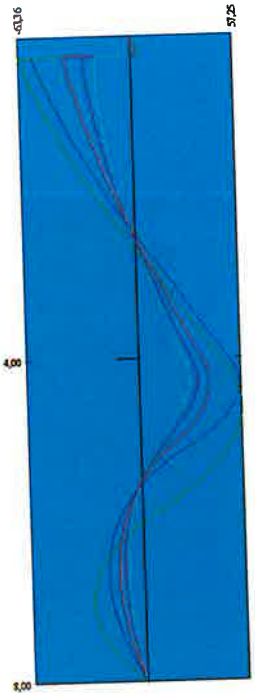
VERIFICA DI RESISTENZA - TRAGFÄHIGKEITSNACHWEIS



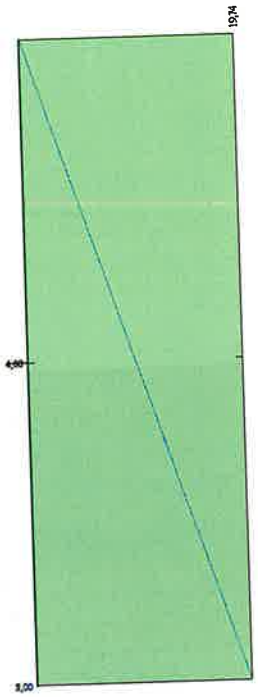
Momento



Taglio

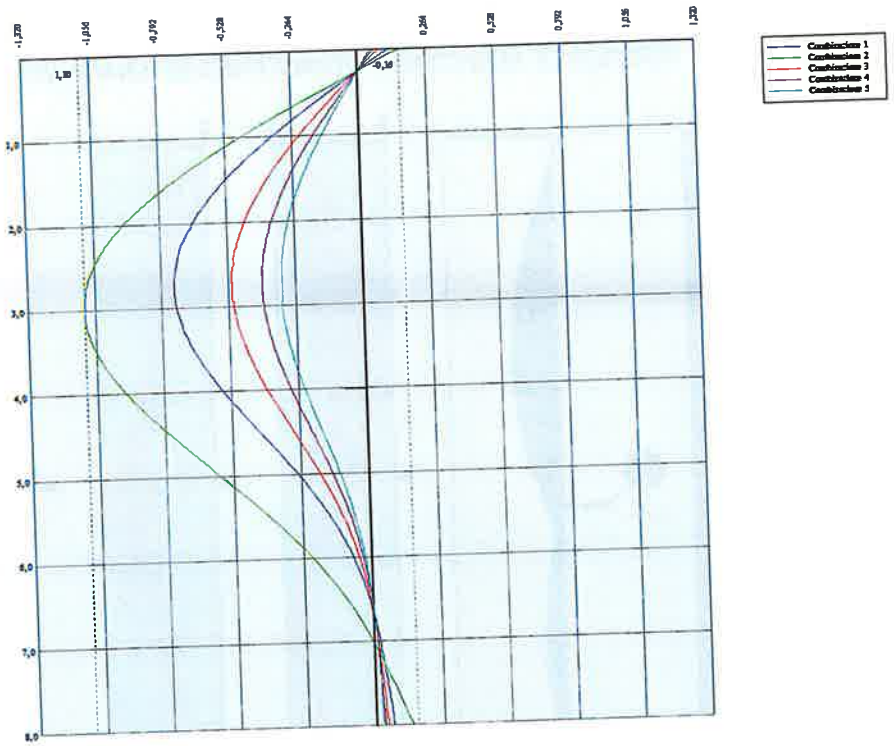


Sforzo Normale



DEFORMAZIONI - VERFORMUNGEN

Deformata



Progetto:
Ditta:
Comune:
Progettista:
Direttore dei Lavori:
Impresa:

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Richiami teorici

Metodo di analisi

Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.
Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.
Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).
Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).
Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.
Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

K_{am} diagramma della spinta attiva agente da monte
K_{av} diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
K_{pm} diagramma della spinta passiva agente da monte
K_{pv} diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$D_m = K_{pm} - K_{av}$ e $D_v = K_{pv} - K_{am}$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.
Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione
si può agire con tre modalità :
1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su tan(ϕ) e sulla coesione

Calcolo della spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).
La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).
I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:
- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio *(W)*, carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura *(R e C)* e resistenza per coesione lungo la parete *(A)*;
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.
Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata *z*. Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana).
Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con *W* il peso del cuneo e con *C* il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W*C$$

Indicando con *S* la spinta calcolata in condizioni statiche e con S_s la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa(diagramma triangolare con vertice in alto).

Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.
La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_f l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L, area A_f, inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s. La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.
I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k, è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo [F/L^3]. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se (m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale (b=100 cm) occorre ricavare l'area equivalente, A_m, della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con E_m il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in Kg/cm^2), l'equivalenza, in termini di rigidezza, si esprime come

$$A_m = 10000 \times \frac{k\,\Delta_m}{E_m}$$

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma ***PAC***). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max}; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max}. Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso

di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p0, fino a raggiungere il carico totale p. Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassemblaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).
Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).
Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tendendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidezza della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s=s_0+K(u-u_0)$$

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.
È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare. In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\Sigma_i \left(\frac{c_i b_i}{\cos\alpha_i} + [W_i \cos\alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg}\phi_i \right)}{\Sigma_i W_i \sin\alpha_i}$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i_{esima} rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i_{esima} e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.
Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i/\cos\alpha_i$).
Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava η. Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato e è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di micropali**

Altezza fuori terra	4,00	[m]
Profondità di infissione	4,00	[m]
Altezza totale della paratia	8,00	[m]
Lunghezza paratia	40,00	[m]
Numero di file di micropali	2	
Interasse fra le file di micropali	0,20	[m]
Interasse fra i micropali della fila	0,90	[m]
Diametro dei micropali	24,00	[cm]
Numero totale di micropali	89	
Numero di micropali per metro lineare	2.23	
Diametro esterno del tubolare	168,30	[mm]
Spessore del tubolare	8,00	[mm]

Geometria cordoli

Simbologia adottata

n° numero d'ordine del cordolo
Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo

B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio

A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm^3]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		[cm]	[cm]	[cmq]	[cm^3]
1	0,00	Calcestruzzo	70,00	50,00	--	--

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
2	1,00	1,00	45.00
3	20,00	1,00	0.00

Profilo di valle

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-20,00	-4,00	0.00
2	0,00	-4,00	45.00

Descrizione terreni

Simbologia adottata
n° numero d'ordine
Descrizione Descrizione del terreno
γ peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s peso di volume saturo del terreno espresso [kN/mc]
ϕ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c coesione del terreno espressa in [MPa]

N°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [MPa]
1	Terreno 1	18,500	20,000	30.00	19.00	0,0050
2	Terreno 2	19,000	20,000	38.00	23.00	0,0000
3	Terreno 3	19,000	20,000	38.00	23.00	0,0000
4	Terreno 4	18,500	19,000	28.00	19.00	0,0000

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata
n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm^2/cm
α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)
Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp [m]	α_M [°]	α_V [°]	Kw_M kg/cmq/cm	Kw_V kg/cmq/cm	Terreno M	Terreno V
1	3,00	0.00	0.00	0.66	0.66	Terreno 1	Terreno 1
2	2,00	0.00	0.00	2.01	2.01	Terreno 2	Terreno 2
3	2,00	0.00	0.00	3.03	3.03	Terreno 3	Terreno 3
4	2,00	0.00	0.00	4.06	4.06	Terreno 2	Terreno 2
5	1,50	0.00	0.00	4.95	4.95	Terreno 3	Terreno 3
6	1,00	0.00	0.00	3.39	3.39	Terreno 4	Terreno 4
7	2,00	0.00	0.00	6.35	6.35	Terreno 3	Terreno 3
8	2,00	0.00	0.00	7.37	7.37	Terreno 2	Terreno 2
9	2,00	0.00	0.00	8.40	8.40	Terreno 3	Terreno 3

Caratteristiche materiali utilizzati

Calcestruzzo

Peso specifico	24,52	[kN/mc]
Classe di Resistenza	C25/30	
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	30,0	[MPa]
Tensione di progetto a compressione σ_c	9,7	[MPa]

Acciaio

Tipo	B450C	
Tensione di snervamento f_{yk}	450,0	[MPa]

Caratteristiche acciaio cordoli in c.a.

Tipo	B450C	
Tensione di snervamento f_{yk}	450,0	[MPa]

Caratteristiche acciaio cordoli in acciaio.

Tipo	Fe 430	
Tensione di snervamento f_{yk}	274,6	[MPa]

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate
Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
F_x Forza orizzontale espressa in [kN], positiva da monte verso valle
F_y Forza verticale espressa in [kN], positiva verso il basso
M Momento espresso in [kNm], positivo ribaltante

Q_i, Q_f Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kN/mq]
V_i, V_s Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kN/mq], positivi da monte verso valle
R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kN]

Condizione n° 1					
Carico distribuito sul profilo	X_i = 0,00	X_f = 20,00	Q_i = 33,00	Q_f = 33,00	

Vincoli lungo l'altezza della paratia

Simbologia adottata

n° numero d'ordine del vincolo
Y ordinata del vincolo rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
V_x Vincolo in direzione orizzontale
K_x Rigidezza vincolo in direzione orizzontale espresso in [Kg/cm]
V_r Vincolo alla rotazione
K_r Rigidezza vincolo alla rotazione espresso in [Kgm/°]

N°	Y	V_x	K_x	V_r	K_r
	[m]		*[Kg/cm]*		*[Kgm/°]*
1	0,25	V. RIGIDO	--	LIBERO	--

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 [A1-M1]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.30	
Condizione 1 (Variabili)	1.50	1.00

Combinazione n° 2 [A2-M2]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.30	1.00

Combinazione n° 3 [SLER]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.00	1.00

Combinazione n° 4 [SLEF]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.00	0.50

Combinazione n° 5 [SLEQ]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.00	0.20

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo :
Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

			Statici		Sismici	
Carichi	Effetto		A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{G1fav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{G1sfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{G2fav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{G2sfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

		Statici		Sismici	
Parametri		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.60

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Peso dell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

TIRANTI DI ANCORAGGIO

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti

Resistenza		**Tiranti**
Laterale	γ_{st}	1,20

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti.

Numero di verticali indagate 1 ξ_3=1,80 ξ_4=1,80

Verifica materiali : Stato Limite Ultimo

Impostazioni verifiche SLE

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio - Metodo dell'inclinazione variabile del traliccio

$V_{Rd}=[0.18*k*(100.0*\rho_l*fck)^{1/3}/\gamma_c+0.15*\sigma_{cp}]*bw*d>(vmin+0.15*\sigma_{cp})*b_w*d$

$V_{Rsd}=0.9*d*A_{sw}/s*fyd*(ctg\alpha+ctg\theta)*sin\alpha$

$V_{Rcd}=0.9*d*b_w*\alpha_c*fcd'*(ctg(\theta)+ctg(\alpha)/(1.0+ctg\theta^2)$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b_w	larghezza minima sezione [mm]
σ_{cp}	tensione media di compressione [N/mmq]
ρ_l	rapporto geometrico di armatura
A_{sw}	area armatuta trasversale [mmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α_c	coefficiente maggiorativo, funzione di fcd e σ_{cp}

$fcd'=0.5*fcd$

$k=1+(200/d)^{1/2}$

$vmin=0.035*k^{3/2}*fck^{1/2}$

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali	Molto aggressive
Armatura ad aderenza migliorata	
Sensibilità delle armature	Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure	w_1 = 0.20
	w_2 = 0.30
	w_3 = 0.40
Metodo di calcolo aperture delle fessure	NTC 2008 - I° Formulazione
Verifica delle tensioni	
Combinazione di carico	Rara $\sigma_c < 0.60\ f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.70\ f_{yk}$
	Quasi permanente $\sigma_c < 0.45\ f_{ck}$

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva Ka e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Non sono state analizzate Combinazioni/Fasi sismiche.

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico
La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.
Essa è discretizzata in 80 elementi fuori terra e 80 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.
Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	4,00	[m]
Profondità di infissione	4,00	[m]
Altezza totale della paratia	8,00	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Pa Spinta attiva, espressa in [kN]
Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]
Pw Spinta della falda, espressa in [kN]
Pp Resistenza passiva, espressa in [kN]
Pc Controspinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	Pa [kN]	Y_{Pa} [m]	Is [kN]	Y_{Is} [m]	Pw [kN]	Y_{Pw} [m]	Pp [kN]	Y_{Pp} [m]	Pc [kN]	Y_{Pc} [m]
1	[A1-M1]	117,26	2,29	--	--	--	--	-75,70	5,30	19,66	7,54
2	[A2-M2]	126,45	2,37	--	--	--	--	-85,17	5,83	27,92	7,67
3	[SLER]	81,11	2,34	--	--	--	--	-53,54	5,27	13,60	7,54
4	[SLEF]	60,35	2,53	--	--	--	--	-43,20	5,20	10,48	7,52
5	[SLEQ]	48,49	2,69	--	--	--	--	-36,94	5,16	8,65	7,52

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kN]
Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kN]
Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kN]
Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kN]

n°	Tipo	Rc	Y_{Rc}	Rt	Y_{Rt}	Rv	Y_{Rv}	Rp	Y_{Rp}
1	[A1-M1]	0,00	0,00	--	--	-61,22	0,25	--	--
2	[A2-M2]	0,00	0,00	--	--	-69,20	0,25	--	--
3	[SLER]	0,00	0,00	--	--	-41,17	0,25	--	--
4	[SLEF]	0,00	0,00	--	--	-27,63	0,25	--	--
5	[SLEQ]	0,00	0,00	--	--	-20,20	0,25	--	--

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pp Portanza di punta, espressa in [kN]

n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pp
1	[A1-M1]	4,35	5,10	6,67	25.93	5.76	219,95

n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pp
2	[A2-M2]	4,62	5,90	7,03	48.15	14.31	100,94
3	[SLER]	4,33	5,05	6,66	22.22	5.38	219,95
4	[SLEF]	4,29	5,05	6,62	18.52	4.52	219,95
5	[SLEQ]	4,26	5,05	6,61	17.28	4.02	219,95

Risultati vincoli

Simbologia adottata

n°	Indice del vincolo
Y	posizione del vincolo rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
R_x/ml	reazione in direzione orizzontale a metro lineare, positiva verso valle, espressa in [kN]
R_θ/ml	reazione momento a metro lineare, positiva antioraria, espressa in [kNm]
u	spostamento orizzontale, positivo verso valle, espresso in [cm]

Combinazione n° 1

n°	Y	R_x	R_θ	u
1	0,25	-61,2178	--	0,00

Combinazione n° 2

n°	Y	R_x	R_θ	u
1	0,25	-69,1991	--	0,00

Combinazione n° 3

n°	Y	R_x	R_θ	u
1	0,25	-41,1696	--	0,00

Combinazione n° 4

n°	Y	R_x	R_θ	u
1	0,25	-27,6338	--	0,00

Combinazione n° 5

n°	Y	R_x	R_θ	u
1	0,25	-20,1980	--	0,00

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M	momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]
N	sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)
T	taglio massimo e minimo espresso in [kN]

n°	Tipo	M	Y_M	T	Y_T	N	Y_N

		[kNm]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	
1	[A1-M1]	32,05	5,60	56,04	4,30	19,74	8,00	MAX
--	--	-66,56	2,45	-55,29	0,25	0,00	0,00	MIN
2	[A2-M2]	36,42	6,05	57,25	4,60	19,74	8,00	MAX
--	--	-82,50	2,65	-63,36	0,25	0,00	0,00	MIN
3	[SLER]	22,33	5,55	39,94	4,30	19,74	8,00	MAX
--	--	-46,09	2,50	-37,34	0,25	0,00	0,00	MIN
4	[SLEF]	17,45	5,50	32,72	4,25	19,74	8,00	MAX
--	--	-35,97	2,50	-26,93	0,25	0,00	0,00	MIN
5	[SLEQ]	14,52	5,50	28,29	4,25	19,74	8,00	MAX
--	--	-29,89	2,55	-19,87	0,60	0,00	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y_u	V	Y_v	
		[cm]	[m]	[cm]	[m]	
1	[A1-M1]	0,7431	2,75	0,0025	0,00	MAX
--	--	-0,1189	0,00	0,0000	0,00	MIN
2	[A2-M2]	1,1001	3,00	0,0025	0,00	MAX
--	--	-0,1617	0,00	0,0000	0,00	MIN
3	[SLER]	0,5125	2,75	0,0025	0,00	MAX
--	--	-0,0818	0,00	0,0000	0,00	MIN
4	[SLEF]	0,3944	2,75	0,0025	0,00	MAX
--	--	-0,0629	0,00	0,0000	0,00	MIN
5	[SLEQ]	0,3250	2,75	0,0025	0,00	MAX
--	--	-0,0513	0,00	0,0000	0,00	MIN

Stabilità globale

Metodo di Fellenius
Numero di cerchi analizzati 100

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
$(X_C; Y_C)$ Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
$(X_V; Y_V)$ Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
$(X_M; Y_M)$ Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS Coefficiente di sicurezza

n°	Tipo	(X_C, Y_C)	R	(X_V, Y_V)	(X_M, Y_M)	FS
		[m]	[m]	[m]	[m]	
2	[A2-M2]	(-1,60; 0,00)	8,16	(-8,72; -3,99)	(6,50; -0,95)	1.71

Combinazione n° 2

Numero di strisce 51

Simbologia adottata
Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
Le strisce sono numerate da monte verso valle
N° numero d'ordine della striscia
W peso della striscia espresso in [kN]
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]

b	larghezza della striscia espressa in [m]
L	sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]
Ctn, Ctt	contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kN]

Caratteristiche delle strisce

N°	W	α(°)	Wsinα	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kN]					[MPa]	[MPa]	[kN]
1	1,3331	-58.72	-1,1393	0,58	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
2	3,9660	-54.85	-3,2428	0,52	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
3	6,2583	-51.33	-4,8861	0,48	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
4	8,2867	-48.06	-6,1639	0,45	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
5	10,1005	-44.99	-7,1405	0,43	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
6	11,7338	-42.07	-7,8623	0,41	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
7	13,2113	-39.29	-8,3651	0,39	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
8	14,5515	-36.61	-8,6772	0,37	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
9	15,7688	-34.02	-8,8217	0,36	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
10	16,8746	-31.51	-8,8182	0,35	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
11	17,8780	-29.06	-8,6835	0,34	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
12	18,7864	-26.67	-8,4322	0,34	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
13	19,6059	-24.33	-8,0774	0,33	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
14	20,3416	-22.03	-7,6307	0,32	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
15	20,9977	-19.77	-7,1029	0,32	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
16	21,5777	-17.54	-6,5038	0,32	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
17	22,0847	-15.34	-5,8426	0,31	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
18	22,5210	-13.16	-5,1279	0,31	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
19	22,8887	-11.00	-4,3681	0,31	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
20	23,1895	-8.86	-3,5708	0,30	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
21	23,4246	-6.73	-2,7436	0,30	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
22	23,5950	-4.60	-1,8940	0,30	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
23	23,7014	-2.49	-1,0290	0,30	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
24	23,7444	-0.38	-0,1557	0,30	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
25	23,7240	1.74	0,7188	0,30	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
26	23,6401	3.85	1,5875	0,30	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
27	23,4926	5.97	2,4435	0,30	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
28	23,2806	8.10	3,2794	0,30	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
29	23,0034	10.24	4,0882	0,31	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
30	57,7973	12.37	12,3842	0,30	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
31	59,0170	14.51	14,7844	0,31	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
32	60,1703	16.66	17,2539	0,31	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
33	60,9473	18.84	19,6856	0,31	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
34	60,4628	21.05	21,7204	0,32	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
35	59,7858	23.30	23,6440	0,32	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
36	59,0311	25.58	25,4850	0,33	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
37	58,1941	27.90	27,2330	0,33	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
38	57,2698	30.28	28,8762	0,34	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
39	56,2519	32.72	30,4020	0,35	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
40	55,1325	35.22	31,7956	0,36	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
41	53,9025	37.80	33,0403	0,37	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
42	52,5498	40.48	34,1165	0,39	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
43	51,0596	43.27	35,0006	0,41	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
44	49,4124	46.20	35,6635	0,43	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
45	47,5819	49.29	36,0686	0,45	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
46	45,5316	52.59	36,1669	0,49	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
47	43,2076	56.17	35,8903	0,53	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
48	40,5247	60.11	35,1355	0,59	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
49	37,3303	64.62	33,7273	0,69	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
50	33,3246	70.09	31,3331	0,87	24.79	0,0040	0,0000	(0,00; 0,00)
51	27,2061	78.24	26,6352	1,45	24.79	0,0040	0,0000	(0,00; 0,00)

Resistenza a taglio paratia= 0,0000 [kN]
ΣW_i= 1649,2528 [kN]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$= 501,8801 [kN]
$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i$= 849,0344 [kN]
$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i$= 9,2753 [kN]

Descrizione armatura micropali e caratteristiche sezione

Diametro del micropalo	24,00 cm
Area della sezione trasversale	452,39 cmq

Diametro esterno del tubolare	168,30 mm
Spessore del tubolare	8,00 mm
Area della sezione tubolare	40,29 cmq
Inerzia della sezione tubolare	1297,27 cm^4

Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M momento flettente espresso in [kNm]
N sforzo normale espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
Nu sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
FS fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T taglio espresso in [kN]
V_{Rd} taglio resistente espresso in [kN]
FS_T fattore di sicurezza a taglio

N°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	[A1-M1]	2,45	-29,91	2,72	-84,96	7,72	2.84
2	[A2-M2]	2,65	-37,08	2,94	-84,96	6,73	2.29

N°	Tipo	Y	T	Tr	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	
1	[A1-M1]	4,30	25,19	910,18	36.14
2	[A2-M2]	0,25	-28,48	910,18	31.96

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ_f tensione normale nell'armatura, espressa in [MPa]
τ_f tensione tangenziale nell'armatura, espresso in [MPa]
σ_{id} tensione ideale ($\sigma_{id} = (\sigma_f^2 + 3\,\tau_f^2)^{0.5}$) nella sezione del tubolare, espressa in [MPa]

N°	Tipo	σ_f	$Y(\sigma_f)$	τ_f	$Y(\tau_f)$	σ_{id}	$Y(\sigma_{id})$
		[MPa]	[m]	[MPa]	[m]	[MPa]	[m]
3	[SLER]	135,045	2,50	8,910	4,30	135,045	2,50
4	[SLEF]	105,547	2,50	7,300	4,25	105,547	2,50
5	[SLEQ]	87,851	2,55	6,312	4,25	87,851	2,55

Verifica armatura paratia (Inviluppo)

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M momento flettente espresso in [kNm]
N sforzo normale espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
Nu sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
FS fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T taglio espresso in [kN]
V_{Rd} taglio resistente espresso in [kN]
FS_T fattore di sicurezza a taglio

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
1	[A1-M1]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.00	0,00	910,18	1000.00
1	[A1-M1]	0,05	0,01	0,06	83,19	376,85	1000.00	0,56	910,18	1000.00

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rd}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
1	[A1-M1]	0,10	0,06	0,11	85,00	169,66	1000.00	1,16	910,18	786.89
1	[A1-M1]	0,15	0,13	0,17	84,98	110,81	666.07	1,71	910,18	533.19
1	[A1-M1]	0,20	0,23	0,22	84,98	83,43	376.09	2,21	910,18	411.86
1	[A1-M1]	0,25	0,35	0,28	84,97	67,65	243.98	-28,48	910,18	31.96
2	[A2-M2]	0,30	-1,07	0,33	-84,96	26,40	79.35	-28,05	910,18	32.44
2	[A2-M2]	0,35	-2,46	0,39	-84,96	13,39	34.50	-27,63	910,18	32.95
2	[A2-M2]	0,40	-3,83	0,44	-84,96	9,83	22.16	-27,19	910,18	33.47
2	[A2-M2]	0,45	-5,18	0,50	-84,96	8,18	16.40	-26,75	910,18	34.03
2	[A2-M2]	0,50	-6,51	0,55	-84,96	7,24	13.06	-26,30	910,18	34.61
2	[A2-M2]	0,55	-7,81	0,61	-84,96	6,64	10.88	-25,84	910,18	35.23
2	[A2-M2]	0,60	-9,09	0,67	-84,96	6,22	9.35	-25,37	910,18	35.87
2	[A2-M2]	0,65	-10,35	0,72	-84,96	5,92	8.21	-24,90	910,18	36.56
2	[A2-M2]	0,70	-11,58	0,78	-84,96	5,70	7.34	-24,42	910,18	37.28
2	[A2-M2]	0,75	-12,79	0,83	-84,96	5,53	6.64	-23,93	910,18	38.04
2	[A2-M2]	0,80	-13,97	0,89	-84,96	5,39	6.08	-23,43	910,18	38.84
2	[A2-M2]	0,85	-15,13	0,94	-84,96	5,29	5.61	-22,93	910,18	39.70
2	[A2-M2]	0,90	-16,27	1,00	-84,96	5,21	5.22	-22,42	910,18	40.60
2	[A2-M2]	0,95	-17,37	1,05	-84,96	5,15	4.89	-21,90	910,18	41.57
2	[A2-M2]	1,00	-18,46	1,11	-84,96	5,11	4.60	-21,37	910,18	42.59
2	[A2-M2]	1,05	-19,51	1,16	-84,96	5,07	4.35	-20,84	910,18	43.68
2	[A2-M2]	1,10	-20,54	1,22	-84,96	5,05	4.14	-20,30	910,18	44.84
2	[A2-M2]	1,15	-21,54	1,28	-84,96	5,03	3.94	-19,75	910,18	46.09
2	[A2-M2]	1,20	-22,51	1,33	-84,96	5,02	3.77	-19,19	910,18	47.42
2	[A2-M2]	1,25	-23,46	1,39	-84,96	5,02	3.62	-18,63	910,18	48.86
2	[A2-M2]	1,30	-24,38	1,44	-84,96	5,03	3.49	-18,06	910,18	50.40
2	[A2-M2]	1,35	-25,26	1,50	-84,96	5,04	3.36	-17,48	910,18	52.07
2	[A2-M2]	1,40	-26,12	1,55	-84,96	5,05	3.25	-16,90	910,18	53.87
2	[A2-M2]	1,45	-26,95	1,61	-84,96	5,07	3.15	-16,30	910,18	55.83
2	[A2-M2]	1,50	-27,75	1,66	-84,96	5,09	3.06	-15,70	910,18	57.97
2	[A2-M2]	1,55	-28,52	1,72	-84,96	5,12	2.98	-15,09	910,18	60.30
2	[A2-M2]	1,60	-29,26	1,77	-84,96	5,15	2.90	-14,48	910,18	62.86
2	[A2-M2]	1,65	-29,97	1,83	-84,96	5,19	2.83	-13,86	910,18	65.68
2	[A2-M2]	1,70	-30,65	1,89	-84,96	5,23	2.77	-13,23	910,18	68.81
2	[A2-M2]	1,75	-31,29	1,94	-84,96	5,27	2.71	-12,59	910,18	72.29
2	[A2-M2]	1,80	-31,91	2,00	-84,96	5,32	2.66	-11,95	910,18	76.19
2	[A2-M2]	1,85	-32,49	2,05	-84,96	5,37	2.62	-11,29	910,18	80.59
2	[A2-M2]	1,90	-33,04	2,11	-84,96	5,42	2.57	-10,64	910,18	85.58
2	[A2-M2]	1,95	-33,55	2,16	-84,96	5,48	2.53	-9,97	910,18	91.30
2	[A2-M2]	2,00	-34,03	2,22	-84,96	5,54	2.50	-9,30	910,18	97.92
2	[A2-M2]	2,05	-34,48	2,27	-84,96	5,60	2.46	-8,61	910,18	105.66
2	[A2-M2]	2,10	-34,90	2,33	-84,96	5,67	2.43	-7,93	910,18	114.84
2	[A2-M2]	2,15	-35,27	2,38	-84,96	5,74	2.41	-7,23	910,18	125.90
2	[A2-M2]	2,20	-35,62	2,44	-84,96	5,82	2.39	-6,53	910,18	139.46
2	[A2-M2]	2,25	-35,93	2,50	-84,96	5,90	2.36	-5,82	910,18	156.50
2	[A2-M2]	2,30	-36,20	2,55	-84,96	5,99	2.35	-5,10	910,18	178.54
2	[A2-M2]	2,35	-36,44	2,61	-84,96	6,08	2.33	-4,37	910,18	208.15
2	[A2-M2]	2,40	-36,64	2,66	-84,96	6,17	2.32	-3,64	910,18	250.05
2	[A2-M2]	2,45	-36,80	2,72	-84,96	6,27	2.31	-2,90	910,18	313.84
2	[A2-M2]	2,50	-36,93	2,77	-84,96	6,38	2.30	-2,15	910,18	422.78
2	[A2-M2]	2,55	-37,02	2,83	-84,96	6,49	2.30	-1,40	910,18	650.94
2	[A2-M2]	2,60	-37,07	2,88	-84,96	6,61	2.29	1,98	910,18	460.71
2	[A2-M2]	2,65	-37,08	2,94	-84,96	6,73	2.29	2,73	910,18	333.52
2	[A2-M2]	2,70	-37,05	2,99	-84,96	6,87	2.29	3,49	910,18	260.79
2	[A2-M2]	2,75	-36,99	3,05	-84,96	7,01	2.30	4,26	910,18	213.72
2	[A2-M2]	2,80	-36,88	3,11	-84,96	7,15	2.30	5,04	910,18	180.77
2	[A2-M2]	2,85	-36,74	3,16	-84,96	7,31	2.31	5,82	910,18	156.42
2	[A2-M2]	2,90	-36,55	3,22	-84,96	7,48	2.32	6,61	910,18	137.70
2	[A2-M2]	2,95	-36,33	3,27	-84,96	7,65	2.34	7,41	910,18	122.87
2	[A2-M2]	3,00	-36,06	3,33	-84,96	7,84	2.36	8,21	910,18	110.83
2	[A2-M2]	3,05	-35,76	3,38	-84,96	8,04	2.38	8,87	910,18	102.60
2	[A2-M2]	3,10	-35,42	3,44	-84,96	8,25	2.40	9,54	910,18	95.38
2	[A2-M2]	3,15	-35,05	3,49	-84,96	8,47	2.42	10,22	910,18	89.03
2	[A2-M2]	3,20	-34,64	3,55	-84,96	8,70	2.45	10,91	910,18	83.43
2	[A2-M2]	3,25	-34,20	3,60	-84,96	8,96	2.48	11,60	910,18	78.47
2	[A2-M2]	3,30	-33,71	3,66	-84,96	9,22	2.52	12,30	910,18	74.03
2	[A2-M2]	3,35	-33,20	3,72	-84,96	9,51	2.56	13,00	910,18	70.03
2	[A2-M2]	3,40	-32,64	3,77	-84,96	9,82	2.60	13,70	910,18	66.42
2	[A2-M2]	3,45	-32,05	3,83	-84,96	10,14	2.65	14,41	910,18	63.15
2	[A2-M2]	3,50	-31,42	3,88	-84,96	10,50	2.70	15,13	910,18	60.16
2	[A2-M2]	3,55	-30,75	3,94	-84,96	10,88	2.76	15,85	910,18	57.42
2	[A2-M2]	3,60	-30,05	3,99	-84,96	11,29	2.83	16,58	910,18	54.90
2	[A2-M2]	3,65	-29,31	4,05	-84,96	11,74	2.90	17,31	910,18	52.58
2	[A2-M2]	3,70	-28,53	4,10	-84,96	12,22	2.98	18,05	910,18	50.44
2	[A2-M2]	3,75	-27,71	4,16	-84,96	12,75	3.07	18,79	910,18	48.45
2	[A2-M2]	3,80	-26,85	4,21	-84,96	13,34	3.16	19,53	910,18	46.59
2	[A2-M2]	3,85	-25,95	4,27	-84,96	13,98	3.27	20,29	910,18	44.87

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
2	[A2-M2]	3,90	-25,01	4,33	-84,96	14,69	3.40	21,04	910,18	43.25
2	[A2-M2]	3,95	-24,04	4,38	-84,96	15,48	3.53	21,81	910,18	41.74
2	[A2-M2]	4,00	-23,02	4,44	-84,96	16,37	3.69	22,57	910,18	40.32
2	[A2-M2]	4,05	-21,97	4,49	-84,96	17,37	3.87	23,29	910,18	39.08
2	[A2-M2]	4,10	-20,87	4,55	-84,96	18,51	4.07	23,89	910,18	38.10
2	[A2-M2]	4,15	-19,75	4,60	-84,96	19,80	4.30	24,38	910,18	37.33
2	[A2-M2]	4,20	-18,59	4,66	-84,96	21,29	4.57	24,76	910,18	36.76
2	[A2-M2]	4,25	-17,41	4,71	-84,96	23,01	4.88	25,03	910,18	36.37
2	[A2-M2]	4,30	-16,20	4,77	-84,96	25,01	5.24	25,19	910,18	36.14
2	[A2-M2]	4,35	-14,97	4,82	-84,96	27,38	5.68	25,17	910,18	36.15
2	[A2-M2]	4,40	-13,72	4,88	-84,96	30,21	6.19	25,09	910,18	36.28
2	[A2-M2]	4,45	-12,46	4,94	-84,97	33,65	6.82	25,35	910,18	35.91
2	[A2-M2]	4,50	-11,19	4,99	-84,97	37,90	7.59	25,54	910,18	35.64
2	[A2-M2]	4,55	-9,91	5,05	-84,97	43,27	8.57	25,67	910,18	35.46
2	[A2-M2]	4,60	-8,63	5,10	-84,97	50,26	9.85	25,73	910,18	35.37
2	[A2-M2]	4,65	-7,34	5,16	-84,97	59,71	11.58	25,70	910,18	35.42
2	[A2-M2]	4,70	-6,05	5,21	-84,97	73,17	14.04	25,60	910,18	35.55
1	[A1-M1]	4,75	5,56	5,27	84,98	80,49	15.28	25,44	910,18	35.78
1	[A1-M1]	4,80	6,62	5,32	84,97	68,38	12.84	25,22	910,18	36.09
1	[A1-M1]	4,85	7,62	5,38	84,97	60,00	11.15	24,93	910,18	36.51
1	[A1-M1]	4,90	8,57	5,43	84,97	53,91	9.92	24,59	910,18	37.02
1	[A1-M1]	4,95	9,45	5,49	84,97	49,36	8.99	24,19	910,18	37.63
1	[A1-M1]	5,00	10,27	5,55	84,97	45,87	8.27	23,71	910,18	38.40
1	[A1-M1]	5,05	11,02	5,60	84,97	43,18	7.71	23,15	910,18	39.32
1	[A1-M1]	5,10	11,69	5,66	84,97	41,12	7.27	22,53	910,18	40.39
1	[A1-M1]	5,15	12,27	5,71	84,97	39,55	6.92	21,86	910,18	41.64
1	[A1-M1]	5,20	12,78	5,77	84,97	38,35	6.65	21,12	910,18	43.09
1	[A1-M1]	5,25	13,20	5,82	84,97	37,47	6.43	20,32	910,18	44.78
1	[A1-M1]	5,30	13,56	5,88	84,97	36,83	6.27	19,46	910,18	46.77
1	[A1-M1]	5,35	13,85	5,93	84,97	36,40	6.13	18,53	910,18	49.11
1	[A1-M1]	5,40	14,07	5,99	84,97	36,16	6.04	17,54	910,18	51.89
1	[A1-M1]	5,45	14,24	6,04	84,97	36,07	5.97	16,49	910,18	55.21
1	[A1-M1]	5,50	14,35	6,10	84,97	36,13	5.92	15,37	910,18	59.23
1	[A1-M1]	5,55	14,40	6,16	84,97	36,32	5.90	14,18	910,18	64.17
1	[A1-M1]	5,60	14,40	6,21	84,97	36,64	5.90	12,94	910,18	70.35
1	[A1-M1]	5,65	14,36	6,27	84,97	37,07	5.92	11,63	910,18	78.28
2	[A2-M2]	5,70	14,39	6,32	84,97	37,34	5.91	10,25	910,18	88.78
2	[A2-M2]	5,75	14,90	6,38	84,97	36,37	5.70	8,81	910,18	103.27
2	[A2-M2]	5,80	15,34	6,43	84,97	35,63	5.54	7,31	910,18	124.49
2	[A2-M2]	5,85	15,70	6,49	84,97	35,10	5.41	5,74	910,18	158.44
2	[A2-M2]	5,90	15,99	6,54	84,97	34,77	5.31	-5,16	910,18	176.37
2	[A2-M2]	5,95	16,20	6,60	84,97	34,62	5.25	-5,69	910,18	159.95
2	[A2-M2]	6,00	16,32	6,65	84,97	34,64	5.21	-6,17	910,18	147.48
2	[A2-M2]	6,05	16,37	6,71	84,97	34,83	5.19	-6,61	910,18	137.78
2	[A2-M2]	6,10	16,35	6,77	84,97	35,17	5.20	-7,00	910,18	130.11
2	[A2-M2]	6,15	16,25	6,82	84,97	35,66	5.23	-7,34	910,18	123.96
2	[A2-M2]	6,20	16,10	6,88	84,97	36,29	5.28	-7,65	910,18	119.00
2	[A2-M2]	6,25	15,89	6,93	84,97	37,07	5.35	-7,92	910,18	114.98
2	[A2-M2]	6,30	15,63	6,99	84,97	38,00	5.44	-8,15	910,18	111.74
2	[A2-M2]	6,35	15,31	7,04	84,97	39,08	5.55	-8,34	910,18	109.15
2	[A2-M2]	6,40	14,95	7,10	84,97	40,34	5.68	-8,50	910,18	107.10
2	[A2-M2]	6,45	14,55	7,15	84,97	41,78	5.84	-8,77	910,18	103.74
2	[A2-M2]	6,50	14,11	7,21	84,97	43,41	6.02	-9,45	910,18	96.32
2	[A2-M2]	6,55	13,64	7,26	84,97	45,26	6.23	-10,05	910,18	90.54
2	[A2-M2]	6,60	13,14	7,32	84,97	47,35	6.47	-10,59	910,18	85.98
2	[A2-M2]	6,65	12,61	7,38	84,97	49,71	6.74	-11,05	910,18	82.36
2	[A2-M2]	6,70	12,05	7,43	84,97	52,38	7.05	-11,45	910,18	79.49
2	[A2-M2]	6,75	11,48	7,49	84,97	55,40	7.40	-11,78	910,18	77.24
2	[A2-M2]	6,80	10,89	7,54	84,97	58,83	7.80	-12,05	910,18	75.51
2	[A2-M2]	6,85	10,29	7,60	84,97	62,74	8.26	-12,26	910,18	74.22
2	[A2-M2]	6,90	9,68	7,65	84,97	67,20	8.78	-12,41	910,18	73.32
2	[A2-M2]	6,95	9,06	7,71	84,97	72,33	9.38	-12,51	910,18	72.78
2	[A2-M2]	7,00	8,43	7,76	84,98	78,26	10.08	-12,55	910,18	72.54
2	[A2-M2]	7,05	7,80	7,82	84,98	85,15	10.89	-12,52	910,18	72.69
2	[A2-M2]	7,10	7,18	7,87	84,98	93,24	11.84	-12,42	910,18	73.27
2	[A2-M2]	7,15	6,56	7,93	84,98	102,79	12.96	-12,25	910,18	74.29
2	[A2-M2]	7,20	5,94	7,99	84,98	114,19	14.30	-12,01	910,18	75.77
2	[A2-M2]	7,25	5,34	8,04	84,99	127,91	15.91	-11,70	910,18	77.76
2	[A2-M2]	7,30	4,76	8,10	84,99	144,64	17.86	-11,33	910,18	80.34
2	[A2-M2]	7,35	4,19	8,15	84,99	165,32	20.28	-10,89	910,18	83.60
2	[A2-M2]	7,40	3,65	8,21	85,00	191,31	23.31	-10,38	910,18	87.68
2	[A2-M2]	7,45	3,13	8,26	85,01	224,58	27.18	-9,81	910,18	92.79
2	[A2-M2]	7,50	2,64	8,32	85,02	268,16	32.24	-9,17	910,18	99.23
2	[A2-M2]	7,55	2,18	8,37	84,18	323,56	38.64	-8,47	910,18	107.42
2	[A2-M2]	7,60	1,75	8,43	82,81	397,74	47.18	-7,71	910,18	118.04
2	[A2-M2]	7,65	1,37	8,48	80,03	495,85	58.44	-6,89	910,18	132.19

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
2	[A2-M2]	7,70	1,03	8,54	75,79	631,38	73.93	-6,00	910,18	151.75
2	[A2-M2]	7,75	0,73	8,60	69,49	823,58	95.81	-5,05	910,18	180.29
2	[A2-M2]	7,80	0,47	8,65	59,84	1094,86	126.56	-4,04	910,18	225.49
2	[A2-M2]	7,85	0,27	8,71	45,09	1448,70	166.39	-2,96	910,18	307.20
2	[A2-M2]	7,90	0,12	8,76	25,54	1821,53	207.89	-1,83	910,18	498.14
2	[A2-M2]	7,95	0,03	8,82	7,25	2031,25	230.37	-0,31	910,18	1000.00

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ_f tensione normale nell'armatura, espressa in [MPa]
τ_f tensione tangenziale nell'armatura, espresso in [MPa]
σ_{id} tensione ideale ($\sigma_{id} = (\sigma_f^2 + 3\,\tau_f^2)^{0.5}$) nella sezione del tubolare, espressa in [MPa]

Y	σ_{id}	n° - Tipo	σ_f	n° - Tipo	τ_f	n° - Tipo
[m]	[MPa]		[MPa]		[MPa]	
0,00	0,000	3 - [SLER]	0,000	4 - [SLEF]	0,000	3 - [SLER]
0,05	0,317	3 - [SLER]	0,065	3 - [SLER]	0,179	3 - [SLER]
0,10	0,695	3 - [SLER]	0,260	3 - [SLER]	0,372	3 - [SLER]
0,15	1,111	3 - [SLER]	0,577	3 - [SLER]	0,549	3 - [SLER]
0,20	1,586	3 - [SLER]	1,003	3 - [SLER]	0,709	3 - [SLER]
0,25	14,512	3 - [SLER]	1,529	3 - [SLER]	8,332	3 - [SLER]
0,30	14,756	3 - [SLER]	4,021	3 - [SLER]	8,197	3 - [SLER]
0,35	16,808	3 - [SLER]	9,347	3 - [SLER]	8,065	3 - [SLER]
0,40	20,041	3 - [SLER]	14,587	3 - [SLER]	7,934	3 - [SLER]
0,45	23,925	3 - [SLER]	19,742	3 - [SLER]	7,803	3 - [SLER]
0,50	28,143	3 - [SLER]	24,810	3 - [SLER]	7,670	3 - [SLER]
0,55	32,524	3 - [SLER]	29,791	3 - [SLER]	7,535	3 - [SLER]
0,60	36,972	3 - [SLER]	34,682	3 - [SLER]	7,396	3 - [SLER]
0,65	41,433	3 - [SLER]	39,482	3 - [SLER]	7,255	3 - [SLER]
0,70	45,872	3 - [SLER]	44,188	3 - [SLER]	7,110	3 - [SLER]
0,75	50,267	3 - [SLER]	48,799	3 - [SLER]	6,962	3 - [SLER]
0,80	54,602	3 - [SLER]	53,312	3 - [SLER]	6,812	3 - [SLER]
0,85	58,867	3 - [SLER]	57,726	3 - [SLER]	6,658	3 - [SLER]
0,90	63,053	3 - [SLER]	62,039	3 - [SLER]	6,502	3 - [SLER]
0,95	67,153	3 - [SLER]	66,249	3 - [SLER]	6,342	3 - [SLER]
1,00	71,163	3 - [SLER]	70,353	3 - [SLER]	6,180	3 - [SLER]
1,05	75,077	3 - [SLER]	74,351	3 - [SLER]	6,015	3 - [SLER]
1,10	78,891	3 - [SLER]	78,239	3 - [SLER]	5,846	3 - [SLER]
1,15	82,603	3 - [SLER]	82,016	3 - [SLER]	5,675	3 - [SLER]
1,20	86,209	3 - [SLER]	85,681	3 - [SLER]	5,501	3 - [SLER]
1,25	89,705	3 - [SLER]	89,230	3 - [SLER]	5,323	3 - [SLER]
1,30	93,090	3 - [SLER]	92,663	3 - [SLER]	5,143	3 - [SLER]
1,35	96,361	3 - [SLER]	95,977	3 - [SLER]	4,960	3 - [SLER]
1,40	99,515	3 - [SLER]	99,171	3 - [SLER]	4,774	3 - [SLER]
1,45	102,550	3 - [SLER]	102,242	3 - [SLER]	4,585	3 - [SLER]
1,50	105,463	3 - [SLER]	105,188	3 - [SLER]	4,393	3 - [SLER]
1,55	108,253	3 - [SLER]	108,009	3 - [SLER]	4,198	3 - [SLER]
1,60	110,917	3 - [SLER]	110,701	3 - [SLER]	4,000	3 - [SLER]
1,65	113,454	3 - [SLER]	113,263	3 - [SLER]	3,800	3 - [SLER]
1,70	115,860	3 - [SLER]	115,692	3 - [SLER]	3,596	3 - [SLER]
1,75	118,134	3 - [SLER]	117,988	3 - [SLER]	3,389	3 - [SLER]
1,80	120,274	3 - [SLER]	120,148	3 - [SLER]	3,180	3 - [SLER]
1,85	122,278	3 - [SLER]	122,170	3 - [SLER]	2,968	3 - [SLER]
1,90	124,144	3 - [SLER]	124,052	3 - [SLER]	2,752	3 - [SLER]
1,95	125,869	3 - [SLER]	125,793	3 - [SLER]	2,534	3 - [SLER]
2,00	127,453	3 - [SLER]	127,390	3 - [SLER]	2,313	3 - [SLER]
2,05	128,892	3 - [SLER]	128,841	3 - [SLER]	2,089	3 - [SLER]
2,10	130,185	3 - [SLER]	130,145	3 - [SLER]	1,862	3 - [SLER]
2,15	131,331	3 - [SLER]	131,300	3 - [SLER]	1,632	3 - [SLER]
2,20	132,326	3 - [SLER]	132,304	3 - [SLER]	1,399	3 - [SLER]
2,25	133,170	3 - [SLER]	133,155	3 - [SLER]	1,163	3 - [SLER]
2,30	133,860	3 - [SLER]	133,850	3 - [SLER]	0,924	3 - [SLER]
2,35	134,394	3 - [SLER]	134,389	3 - [SLER]	0,688	5 - [SLEQ]
2,40	134,771	3 - [SLER]	134,769	3 - [SLER]	0,527	5 - [SLEQ]
2,45	134,989	3 - [SLER]	134,988	3 - [SLER]	0,362	5 - [SLEQ]
2,50	135,045	3 - [SLER]	135,045	3 - [SLER]	0,195	5 - [SLEQ]
2,55	134,938	3 - [SLER]	134,937	3 - [SLER]	0,313	3 - [SLER]
2,60	134,666	3 - [SLER]	134,663	3 - [SLER]	0,569	3 - [SLER]
2,65	134,228	3 - [SLER]	134,220	3 - [SLER]	0,828	3 - [SLER]
2,70	133,621	3 - [SLER]	133,607	3 - [SLER]	1,090	3 - [SLER]

Y	σ_{id}	n° - Tipo	σ_x	n° - Tipo	τ_x	n° - Tipo
[m]	[MPa]		[MPa]		[MPa]	
2,75	132,843	3 - [SLER]	132,822	3 - [SLER]	1,355	3 - [SLER]
2,80	131,893	3 - [SLER]	131,863	3 - [SLER]	1,623	3 - [SLER]
2,85	130,770	3 - [SLER]	130,728	3 - [SLER]	1,894	3 - [SLER]
2,90	129,470	3 - [SLER]	129,416	3 - [SLER]	2,167	3 - [SLER]
2,95	127,994	3 - [SLER]	127,924	3 - [SLER]	2,443	3 - [SLER]
3,00	126,338	3 - [SLER]	126,250	3 - [SLER]	2,722	3 - [SLER]
3,05	124,513	3 - [SLER]	124,407	3 - [SLER]	2,963	3 - [SLER]
3,10	122,531	3 - [SLER]	122,405	3 - [SLER]	3,209	3 - [SLER]
3,15	120,390	3 - [SLER]	120,241	3 - [SLER]	3,457	3 - [SLER]
3,20	118,089	3 - [SLER]	117,914	3 - [SLER]	3,708	3 - [SLER]
3,25	115,627	3 - [SLER]	115,423	3 - [SLER]	3,960	3 - [SLER]
3,30	113,002	3 - [SLER]	112,766	3 - [SLER]	4,214	3 - [SLER]
3,35	110,215	3 - [SLER]	109,943	3 - [SLER]	4,471	3 - [SLER]
3,40	107,265	3 - [SLER]	106,951	3 - [SLER]	4,729	3 - [SLER]
3,45	104,150	3 - [SLER]	103,791	3 - [SLER]	4,989	3 - [SLER]
3,50	100,870	3 - [SLER]	100,459	3 - [SLER]	5,251	3 - [SLER]
3,55	97,425	3 - [SLER]	96,956	3 - [SLER]	5,515	3 - [SLER]
3,60	93,815	3 - [SLER]	93,279	3 - [SLER]	5,781	3 - [SLER]
3,65	90,040	3 - [SLER]	89,428	3 - [SLER]	6,049	3 - [SLER]
3,70	86,100	3 - [SLER]	85,402	3 - [SLER]	6,319	3 - [SLER]
3,75	81,996	3 - [SLER]	81,198	3 - [SLER]	6,591	3 - [SLER]
3,80	77,731	3 - [SLER]	76,816	3 - [SLER]	6,865	3 - [SLER]
3,85	73,305	3 - [SLER]	72,254	3 - [SLER]	7,141	3 - [SLER]
3,90	68,724	3 - [SLER]	67,512	3 - [SLER]	7,419	3 - [SLER]
3,95	63,992	3 - [SLER]	62,587	3 - [SLER]	7,699	3 - [SLER]
4,00	59,118	3 - [SLER]	57,479	3 - [SLER]	7,980	3 - [SLER]
4,05	54,110	3 - [SLER]	52,193	3 - [SLER]	8,242	3 - [SLER]
4,10	48,994	3 - [SLER]	46,751	3 - [SLER]	8,461	3 - [SLER]
4,15	43,812	3 - [SLER]	41,179	3 - [SLER]	8,637	3 - [SLER]
4,20	38,620	3 - [SLER]	35,506	3 - [SLER]	8,771	3 - [SLER]
4,25	33,485	3 - [SLER]	29,760	3 - [SLER]	8,862	3 - [SLER]
4,30	28,507	3 - [SLER]	23,968	3 - [SLER]	8,910	3 - [SLER]
4,35	23,815	3 - [SLER]	18,161	3 - [SLER]	8,895	3 - [SLER]
4,40	19,675	3 - [SLER]	12,363	3 - [SLER]	8,837	3 - [SLER]
4,45	16,510	3 - [SLER]	6,604	3 - [SLER]	8,736	3 - [SLER]
4,50	14,966	3 - [SLER]	6,047	5 - [SLEQ]	8,593	3 - [SLER]
4,55	16,243	3 - [SLER]	9,803	5 - [SLEQ]	8,407	3 - [SLER]
4,60	19,027	3 - [SLER]	13,920	4 - [SLEF]	8,179	3 - [SLER]
4,65	22,667	3 - [SLER]	18,075	4 - [SLEF]	7,908	3 - [SLER]
4,70	26,705	3 - [SLER]	23,240	3 - [SLER]	7,595	3 - [SLER]
4,75	30,876	3 - [SLER]	28,216	3 - [SLER]	7,238	3 - [SLER]
4,80	35,023	3 - [SLER]	32,959	3 - [SLER]	6,840	3 - [SLER]
4,85	39,048	3 - [SLER]	37,441	3 - [SLER]	6,401	3 - [SLER]
4,90	42,890	3 - [SLER]	41,637	3 - [SLER]	5,943	3 - [SLER]
4,95	46,521	3 - [SLER]	45,533	3 - [SLER]	5,506	3 - [SLER]
5,00	49,897	3 - [SLER]	49,144	3 - [SLER]	4,983	3 - [SLER]
5,05	52,961	3 - [SLER]	52,414	3 - [SLER]	4,384	3 - [SLER]
5,10	55,686	3 - [SLER]	55,292	3 - [SLER]	3,815	3 - [SLER]
5,15	58,076	3 - [SLER]	57,799	3 - [SLER]	3,275	3 - [SLER]
5,20	60,143	3 - [SLER]	59,952	3 - [SLER]	2,763	3 - [SLER]
5,25	61,897	3 - [SLER]	61,771	3 - [SLER]	2,279	3 - [SLER]
5,30	63,353	3 - [SLER]	63,274	3 - [SLER]	1,822	3 - [SLER]
5,35	64,523	3 - [SLER]	64,478	3 - [SLER]	1,391	3 - [SLER]
5,40	65,422	3 - [SLER]	65,400	3 - [SLER]	0,985	3 - [SLER]
5,45	66,066	3 - [SLER]	66,057	3 - [SLER]	0,604	3 - [SLER]
5,50	66,467	3 - [SLER]	66,466	3 - [SLER]	0,247	3 - [SLER]
5,55	66,641	3 - [SLER]	66,641	3 - [SLER]	0,273	5 - [SLEQ]
5,60	66,602	3 - [SLER]	66,598	3 - [SLER]	0,474	4 - [SLEF]
5,65	66,362	3 - [SLER]	66,352	3 - [SLER]	0,688	3 - [SLER]
5,70	65,937	3 - [SLER]	65,916	3 - [SLER]	0,957	3 - [SLER]
5,75	65,338	3 - [SLER]	65,305	3 - [SLER]	1,206	3 - [SLER]
5,80	64,578	3 - [SLER]	64,531	3 - [SLER]	1,435	3 - [SLER]
5,85	63,671	3 - [SLER]	63,607	3 - [SLER]	1,646	3 - [SLER]
5,90	62,626	3 - [SLER]	62,545	3 - [SLER]	1,839	3 - [SLER]
5,95	61,457	3 - [SLER]	61,357	3 - [SLER]	2,015	3 - [SLER]
6,00	60,173	3 - [SLER]	60,055	3 - [SLER]	2,174	3 - [SLER]
6,05	58,786	3 - [SLER]	58,648	3 - [SLER]	2,317	3 - [SLER]
6,10	57,305	3 - [SLER]	57,148	3 - [SLER]	2,446	3 - [SLER]
6,15	55,741	3 - [SLER]	55,564	3 - [SLER]	2,560	3 - [SLER]
6,20	54,102	3 - [SLER]	53,905	3 - [SLER]	2,660	3 - [SLER]
6,25	52,398	3 - [SLER]	52,181	3 - [SLER]	2,747	3 - [SLER]
6,30	50,637	3 - [SLER]	50,400	3 - [SLER]	2,821	3 - [SLER]
6,35	48,827	3 - [SLER]	48,571	3 - [SLER]	2,884	3 - [SLER]
6,40	46,976	3 - [SLER]	46,700	3 - [SLER]	2,935	3 - [SLER]
6,45	45,092	3 - [SLER]	44,797	3 - [SLER]	2,974	3 - [SLER]
6,50	43,182	3 - [SLER]	42,867	3 - [SLER]	3,004	3 - [SLER]

Y	σ_{id}	n° - Tipo	σ_t	n° - Tipo	τ_t	n° - Tipo
[m]	[MPa]		[MPa]		[MPa]	
6,55	41,252	3 - [SLER]	40,919	3 - [SLER]	3,024	3 - [SLER]
6,60	39,310	3 - [SLER]	38,957	3 - [SLER]	3,034	3 - [SLER]
6,65	37,360	3 - [SLER]	36,989	3 - [SLER]	3,035	3 - [SLER]
6,70	35,410	3 - [SLER]	35,020	3 - [SLER]	3,027	3 - [SLER]
6,75	33,465	3 - [SLER]	33,056	3 - [SLER]	3,011	3 - [SLER]
6,80	31,530	3 - [SLER]	31,103	3 - [SLER]	2,987	3 - [SLER]
6,85	29,611	3 - [SLER]	29,165	3 - [SLER]	2,956	3 - [SLER]
6,90	27,712	3 - [SLER]	27,247	3 - [SLER]	2,918	3 - [SLER]
6,95	25,838	3 - [SLER]	25,355	3 - [SLER]	2,872	3 - [SLER]
7,00	23,991	3 - [SLER]	23,492	3 - [SLER]	2,811	3 - [SLER]
7,05	22,180	3 - [SLER]	21,669	3 - [SLER]	2,733	3 - [SLER]
7,10	20,418	3 - [SLER]	19,897	3 - [SLER]	2,647	3 - [SLER]
7,15	18,711	3 - [SLER]	18,182	3 - [SLER]	2,553	3 - [SLER]
7,20	17,064	3 - [SLER]	16,528	3 - [SLER]	2,451	3 - [SLER]
7,25	15,481	3 - [SLER]	14,940	3 - [SLER]	2,341	3 - [SLER]
7,30	13,966	3 - [SLER]	13,424	3 - [SLER]	2,225	3 - [SLER]
7,35	12,525	3 - [SLER]	11,985	3 - [SLER]	2,101	3 - [SLER]
7,40	11,161	3 - [SLER]	10,626	3 - [SLER]	1,970	3 - [SLER]
7,45	9,877	3 - [SLER]	9,353	3 - [SLER]	1,833	3 - [SLER]
7,50	8,677	3 - [SLER]	8,169	3 - [SLER]	1,689	3 - [SLER]
7,55	7,564	3 - [SLER]	7,079	3 - [SLER]	1,538	3 - [SLER]
7,60	6,541	3 - [SLER]	6,088	3 - [SLER]	1,381	3 - [SLER]
7,65	5,611	3 - [SLER]	5,200	3 - [SLER]	1,218	3 - [SLER]
7,70	4,776	3 - [SLER]	4,418	3 - [SLER]	1,048	3 - [SLER]
7,75	4,040	3 - [SLER]	3,747	3 - [SLER]	0,872	3 - [SLER]
7,80	3,407	3 - [SLER]	3,191	3 - [SLER]	0,689	3 - [SLER]
7,85	2,888	3 - [SLER]	2,755	3 - [SLER]	0,500	3 - [SLER]
7,90	2,499	3 - [SLER]	2,442	3 - [SLER]	0,305	3 - [SLER]
7,95	2,264	3 - [SLER]	2,256	3 - [SLER]	0,104	3 - [SLER]

Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione M_u-N_u della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	R_{bk} = 30,0 [MPa])
Tensione caratteristica cilindrica del cls (0.83xR_{bk})	R_{ck} = 254 (Kg/cm^2)
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	ψ= 0.85
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	f_{yk} = 450,0 [MPa])
Coefficiente di sicurezza cls	γ_c = 1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	γ_s = 1.15
Resistenza di calcolo del cls($\psi R_{ck}/\gamma_c$)	R^*_c = 144 (Kg/cm^2)
Resistenza di calcolo dell'acciaio(f_{yk}/γ_s)	R^*_s = 3990 (Kg/cm^2)
Modulo elastico dell'acciaio	E_s = 2100000 (Kg/cm^2)
Deformazione ultima del calcestruzzo	ε_{cu} = 0.0035(0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	ε_{ck} = 0.0020(0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	ε_{yu} = 0.0100(1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico (R^*_s/E_s)	ε_{yk} = 0.0015(0.19%)

Legame costitutivo del calcestruzzo

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:
Tratto parabolico: $0<=\varepsilon_c<=\varepsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R^*_c(2\varepsilon_c\varepsilon_{ck}-\varepsilon_c^2)}{\varepsilon_{ck}^2}$$

Tratto rettangolare: $\varepsilon_{ck}<\varepsilon_c<=\varepsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R^*_c$$

Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:
$\sigma_s = E_s\varepsilon_s$ per $0<=\varepsilon_s<=\varepsilon_{sy}$
$\sigma_s = R^*_s$ per $\varepsilon_{sy}<\varepsilon_s<=\varepsilon_{su}$

Tratto armatura 1

N°	N_u [kN]	M_u [kNm]
1	-1576,4785	0,0000
2	0,0000	84,9580
3	278,2847	85,0193
4	417,4271	82,4424
5	556,5695	78,1586
6	695,7119	73,7502
7	834,8542	69,1100
8	973,9966	64,2969
9	1113,1390	59,1628
10	1252,2814	53,6725
11	1391,4237	47,7538
12	1530,5661	41,2795
13	1669,7085	34,1198
14	1808,8509	26,2871
15	1947,9932	18,0587
16	2087,1356	0,0000
17	2087,1356	0,0000
18	1947,9932	-18,0587
19	1808,8509	-26,2871
20	1669,7085	-34,1198
21	1530,5661	-41,2795
22	1391,4237	-47,7538
23	1252,2814	-53,6725
24	1113,1390	-59,1628
25	973,9966	-64,2969
26	834,8542	-69,1100

N°	N_u [kN]	M_u [kNm]
27	695,7119	-73,7502
28	556,5695	-78,1586
29	417,4271	-82,4424
30	278,2847	-85,0193
31	0,0000	-84,9580
32	-1576,4785	0,0000

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale
T_h taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale
M_v momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale
T_v taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

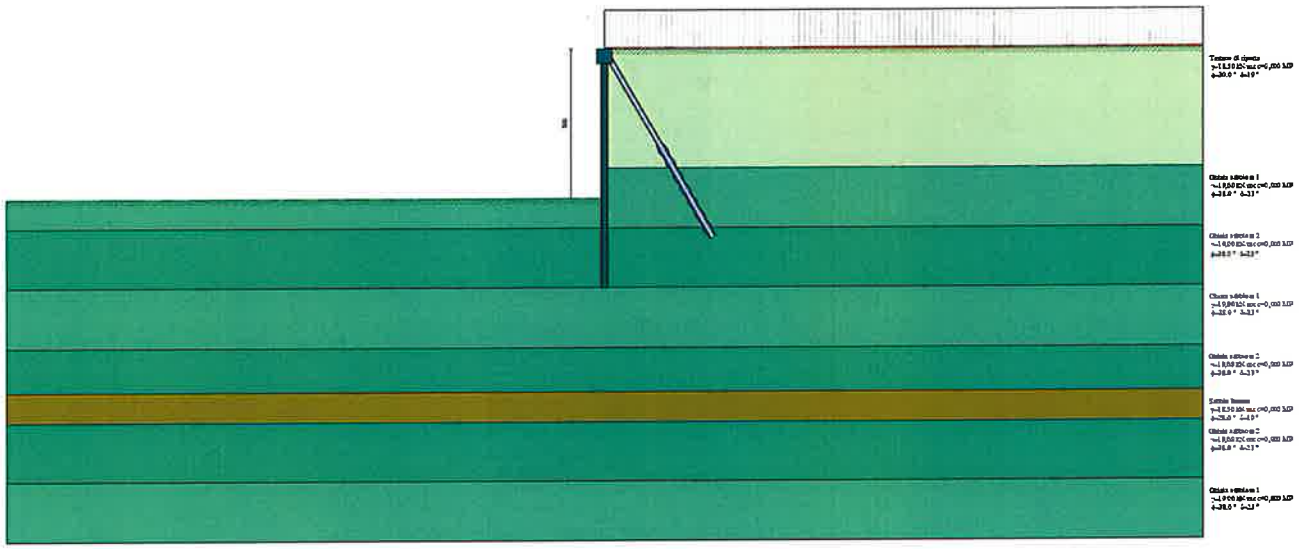
B=70,00 [cm] H=50,00 [cm]
A_{fv}=12,06 [cmq] A_{fh}=8,04 [cmq] Staffe ϕ10/14 Nbh=2 - Nbv=2
M_h=102,42 [kNm] M_{uh}=302,84 [kNm] FS=2.96
T_h=204,85 [kN] T_{Rh}=371,43 [kN] FS_T=1.81
M_v=3,48 [kNm] M_{uv}=210,55 [kNm] FS=60.59
T_v=7,72 [kN] T_R=371,43 [kN] FS_{Tv}=48.09

Indice

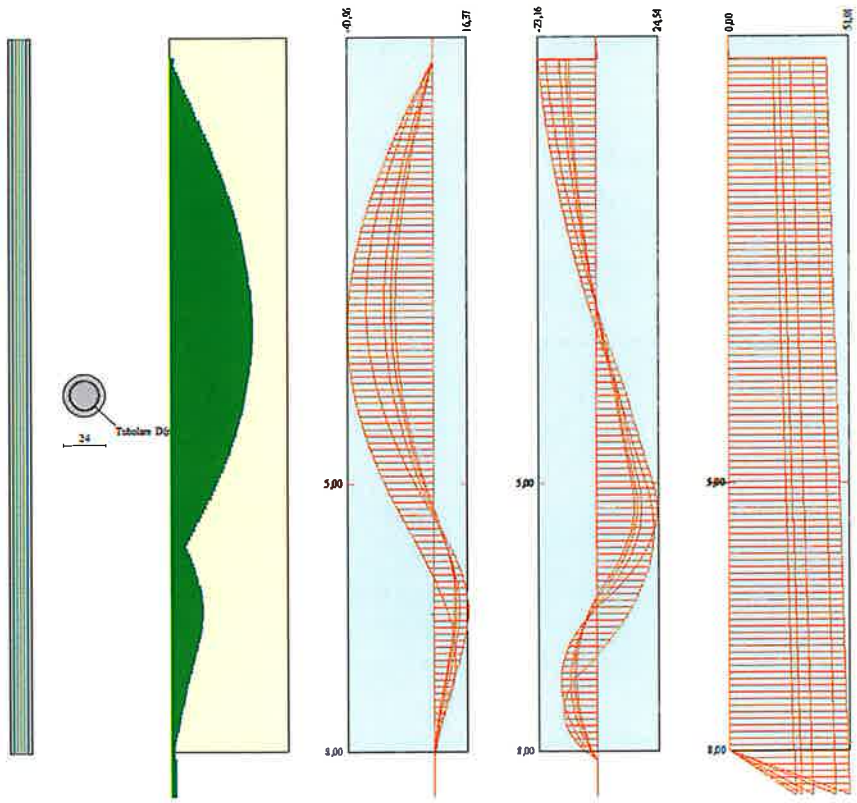
Normative di riferimento	2
Richiami teorici	3
Metodo di analisi	3
Calcolo della profondità di infissione	3
Calcolo della spinte	3
Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)	3
Spinta in presenza di sisma	3
Analisi ad elementi finiti	4
Schematizzazione del terreno	4
Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno	4
Analisi per fasi di scavo	5
Verifica alla stabilità globale	5
Dati	6
Geometria paratia	6
Geometria cordoli	6
Geometria profilo terreno	6
Descrizione terreni	6
Descrizione stratigrafia	7
Caratteristiche materiali utilizzati	7
Condizioni di carico	7
Vincoli lungo l'altezza della paratia	9
Combinazioni di carico	10
Impostazioni di progetto	10
Impostazioni di analisi	11
Impostazioni analisi sismica	12
Analisi della paratia	13
Forze agenti sulla paratia	13
Risultati vincoli	15
Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia	15
Spostamenti massimi e minimi della paratia	16
Stabilità globale	16
Descrizione armatura micropali e caratteristiche sezione	17
Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)	18
Verifica armatura paratia (Inviluppo)	18
Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni	24
Verifica sezione cordoli	25

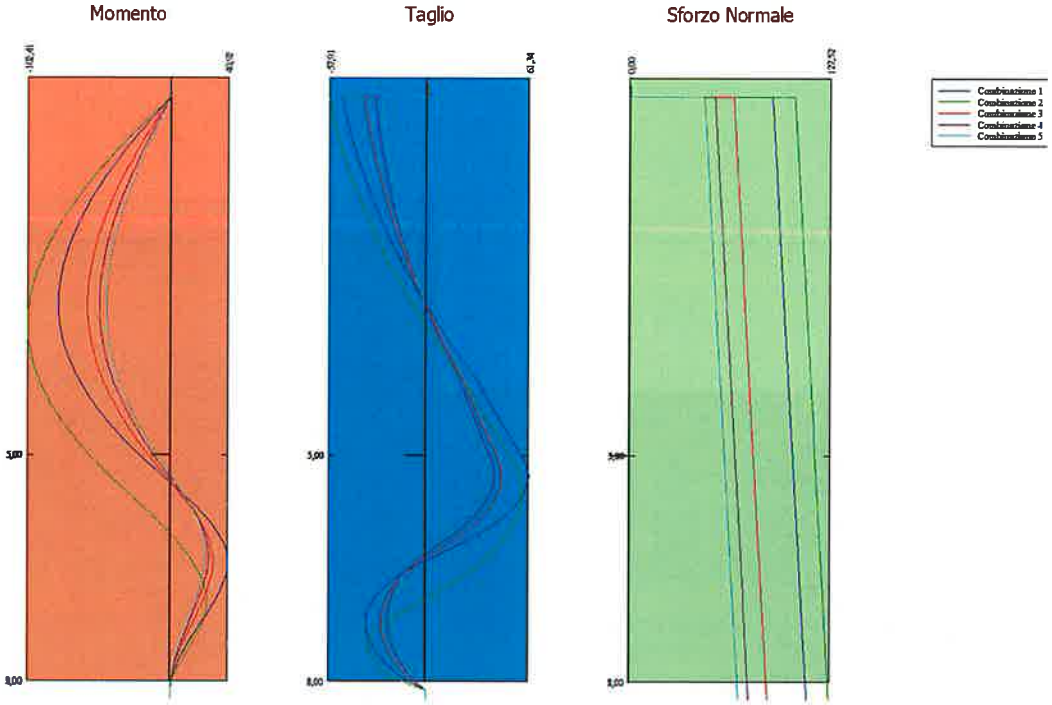
F.1.3 WAND W205

F.1.3 PARETE W205

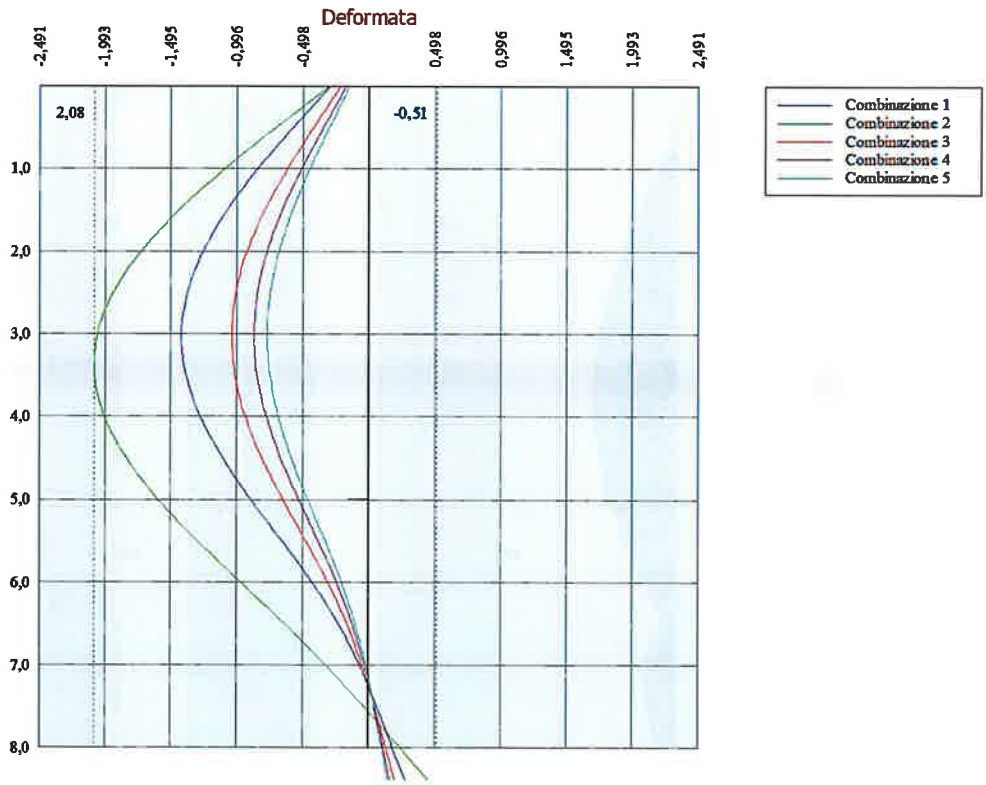


VERIFICA DI RESISTENZA - TRAGFÄHIGKEITSNACHWEIS





DEFORMAZIONI - VERFORMUNGEN



Progetto:
Ditta:
Comune:
Progettista:
Direttore dei Lavori:
Impresa:

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
D.M. 9 Gennaio 1996
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Richiami teorici

Metodo di analisi

Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.
Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.
Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).
Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).
Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.
Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

K_{am} diagramma della spinta attiva agente da monte
K_{av} diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
K_{pm} diagramma della spinta passiva agente da monte
K_{pv} diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$D_m = K_{pm} - K_{av}$ e $D_v = K_{pv} - K_{am}$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.
Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione
si può agire con tre modalità :
1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su tan(ϕ) e sulla coesione

Calcolo della spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).
La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).
I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:
- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio *(W)*, carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura *(R e C)* e resistenza per coesione lungo la parete *(A)*;
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.
Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata *z*. Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana).
Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con *W* il peso del cuneo e con *C* il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W*C$$

Indicando con *S* la spinta calcolata in condizioni statiche e con S_s la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa(diagramma triangolare con vertice in alto).

Tiranti di ancoraggio

Le paratie possono essere tirantate, con tiranti attivi o con tiranti passivi, realizzati entrambi tramite perforazione e iniezione del foro con malta in pressione previa sistemazione delle armature opportune.
I tiranti attivi, contrariamente ai tiranti passivi, sono sottoposti ad uno sforzo di pretensione prendendo il contrasto sulla struttura stessa. Il tiro finale sul tirante attivo dipende sia dalla pretensione che dalla deformazione della struttura oltre che dalle cadute di tensione. Nel caso di tiranti passivi il tiro dipende unicamente dalla deformabilità della struttura. L'armatura dei tiranti attivi è costituita da trefoli ad alta resistenza (trefoli per c.a.p.), viceversa i tiranti passivi possono essere armati con trefoli o con tondini o, in alcuni casi, con profilati tubolari. La capacità di resistenza dei tiranti è legata all'attrito e all'aderenza fra superficie del tirante e terreno.

Calcolo della lunghezza di ancoraggio

La lunghezza di ancoraggio (fondazione) del tirante si calcola determinando la lunghezza massima atta a soddisfare le tre seguenti condizioni:

1. Lunghezza necessaria per garantire l'equilibrio fra tensione tangenziale che si sviluppa fra la superficie laterale del tirante ed il terreno e lo sforzo applicato al tirante;
2. Lunghezza necessaria a garantire l'aderenza malta-armatura;
3. Lunghezza necessaria a garantire la resistenza della malta.

Siano **N** lo sforzo nel tirante, δ l'angolo d'attrito tirante-terreno, $\mathbf{c_a}$ l'adesione tirante-terreno, γ il peso di volume del terreno, **D** ed $\mathbf{L_f}$ il diametro e la lunghezza di ancoraggio (o lunghezza efficace) del tirante ed **H** la profondità media al di sotto del piano campagna abbiamo la relazione

$$N = \pi D L_f \gamma H K_s tg\,\delta + \pi D L_f c_a$$

da cui si ricava la lunghezza di ancoraggio L_f

$$L_f = \frac{N}{\pi D \gamma H K_s tg\,\delta + \pi D c_a}$$

$\mathbf{K_s}$ rappresenta il coefficiente di spinta che si assume pari al coefficiente di spinta a riposo

$$K_s = K_0 = 1 - \sin\phi$$

Per quanto riguarda la seconda condizione, la lunghezza necessaria atta a garantire l'aderenza malta-armatura è data dalla relazione

$$L_f = \frac{N}{\pi d \tau_{c0} \omega}$$

dove **d** è la somma dei diametri dei trefoli disposti nel tirante, τ_{c0} è la resistenza tangenziale limite della malta ed ω è un coefficiente correttivo dipendente dal numero di trefoli (ω **= 1 - 0.075 [n trefoli - 1]**).
Per quanto riguarda la verifica della terza condizione si impone che la tensione tangenziale limite tirante-terreno non possa superare la tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo $\mathbf{f1_{bd}}$.
Alla lunghezza efficace determinata prendendo il massimo valore di $\mathbf{L_f}$ si deve aggiungere la lunghezza di franco **L** che rappresenta la lunghezza del tratto che compreso fra la paratia e la superficie di ancoraggio.
La lunghezza totale del tirante sarà quindi data da

$$L_t = L_f + L$$

Nel caso di tiranti attivi, cioè tiranti soggetti ad uno stato di pretensione, bisogna considerare le cadute di tensione. A tale scopo è stato introdotto il coefficiente di caduta di tensione, β, che rappresenta il rapporto fra lo sforzo $\mathbf{N_0}$ al momento del tiro e lo sforzo **N** in esercizio

$$\beta = N_0 / N$$

Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.
La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_f l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L, area A_f, inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s. La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.
I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k, è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo [F/L^3]. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se (m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale (b=100 cm) occorre ricavare l'area equivalente, A_m, della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con E_m il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in Kg/cm^2), l'equivalenza, in termini di rigidezza, si esprime come

$$A_m = 10000 \times \frac{k\,\Delta_m}{E_m}$$

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma ***PAC***). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max}; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max}. Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p0, fino a raggiungere il carico totale p. Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassemblaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).
Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la

pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).
Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tendendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidezza della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s=s_0+K(u-u_0)$$

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.
È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare. In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\Sigma_i \left(\frac{c_i b_i}{\cos\alpha_i} + [W_i \cos\alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg}\phi_i \right)}{\Sigma_i W_i \sin\alpha_i}$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i_{esima} rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i_{esima} e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.
Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i/\cos\alpha_i$).
Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava η. Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato e è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di micropali**

Altezza fuori terra	5,00	[m]
Profondità di infissione	3,00	[m]
Altezza totale della paratia	8,00	[m]
Lunghezza paratia	10,00	[m]
Numero di file di micropali	1	
Interasse fra i micropali della fila	0,40	[m]
Diametro dei micropali	24,00	[cm]
Numero totale di micropali	25	
Numero di micropali per metro lineare	2.50	
Diametro esterno del tubolare	168,30	[mm]
Spessore del tubolare	8,00	[mm]

Geometria cordoli

Simbologia adottata
n° numero d'ordine del cordolo
Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo
B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio
A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm^3]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		[cm]	[cm]	[cmq]	[cm^3]
1	0,00	Calcestruzzo	50,00	50,00	--	--
2	2,50	Calcestruzzo	--	--	64,40	382,00
3	4,00	Calcestruzzo	--	--	64,00	382,00
4	8,50	Calcestruzzo	--	--	64,40	382,00

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento
(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
2	4,00	0,00	0.00
3	8,00	0,00	0.00
4	20,00	0,00	0.00

Profilo di valle

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-20,00	-5,00	0.00
2	0,00	-5,00	0.00

Descrizione terreni

Simbologia adottata
n° numero d'ordine
Descrizione Descrizione del terreno
γ peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s peso di volume saturo del terreno espresso [kN/mc]
ϕ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c coesione del terreno espressa in [MPa]

N°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [MPa]
1	Terreno di riporto	18,500	20,000	30.00	19.00	0,0000
2	Ghiaia sabbiosa 1	19,000	20,000	38.00	23.00	0,0000
3	Ghiaia sabbiosa 2	19,000	20,000	38.00	23.00	0,0000
4	Sabbia limosa	18,500	19,000	28.00	19.00	0,0000

Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix

Simbologia adottata
α_{min}, α_{med} coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato
fs_{min}, fs_{med} tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [MPa]

N°	Descrizione	α_{min}	fs_{min}	α_{med}	fs_{med}
1	Terreno di riporto	1.30	0,0500	1.30	0,0500
2	Ghiaia sabbiosa 1	1.30	0,2000	1.30	0,2250
3	Ghiaia sabbiosa 2	1.30	0,2000	1.30	0,2250
4	Sabbia limosa	1.15	0,0500	1.15	0,0500

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata
n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm^2/cm
α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)
Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp [m]	α_M [°]	α_V [°]	Kw_M kg/cmq/cm	Kw_V kg/cmq/cm	Terreno M	Terreno V
1	4,00	0.00	0.00	0.67	0.67	Terreno di riporto	Terreno di riporto
2	2,00	0.00	0.00	2.51	2.51	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1
3	2,00	0.00	0.00	3.53	3.53	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2
4	2,00	0.00	0.00	4.56	4.56	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1
5	1,50	0.00	0.00	5.45	5.45	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2
6	1,00	0.00	0.00	3.70	3.70	Sabbia limosa	Sabbia limosa
7	2,00	0.00	0.00	6.85	6.85	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2
8	2,00	0.00	0.00	7.87	7.87	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1

Caratteristiche materiali utilizzati

Calcestruzzo

Peso specifico	24,52	[kN/mc]
Classe di Resistenza	C20/25	
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	25,0	[MPa]
Tensione di progetto a compressione σ_c	8,5	[MPa]

Acciaio

Tipo	S 275	
Tensione di snervamento f_{yk}	275,0	[MPa]

Caratteristiche acciaio cordoli in c.a.

Tipo	B450C	
Tensione di snervamento f_{yk}	450,0	[MPa]

Caratteristiche acciaio cordoli in acciaio.

Tipo	S 275	
Tensione di snervamento f_{yk}	275,0	[MPa]

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate
Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
F_x Forza orizzontale espressa in [kN], positiva da monte verso valle
F_y Forza verticale espressa in [kN], positiva verso il basso
M Momento espresso in [kNm], positivo ribaltante
Q_i, Q_f Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kN/mq]
V_i, V_s Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kN/mq], positivi da monte verso valle
R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kN]

Condizione n° 1					
Carico distribuito sul profilo	X_i = 0,00	X_f = 20,00	Q_i = 16,70	Q_f = 16,70	

Caratteristiche tiranti di ancoraggio

Tipologia tiranti n° 3 - Tipologia tirante 3

Calcolo tiranti: VERIFICA
Per il calcolo dei tiranti è stato utilizzato il metodo di BUSTAMANTE-DOIX
Tiranti passivi armati con tubolare
Malta utilizzata per i tiranti

Classe di Resistenza	C20/25	
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	25,0	[MPa]

Acciaio utilizzato per i tiranti

Tipo	Precomp	
Tensione di snervamento f_{yk}	1569,1	[MPa]

Descrizione tiranti di ancoraggio (Armatura tondini)

Simbologia adottata
Simbologia adottata - Caratteristiche geometriche
N numero d'ordine della fila
Y ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
I interasse tra le file di tiranti espressa in [m]
alfa inclinazione dei tiranti della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
D diametro della perforazione espresso in [cm]
Cesp coeff. di espansione laterale
ALL allineamento dei tiranti della fila (CENTRATI o SFALSATI)
nr numero di tiranti della fila
Lt lunghezza totale del tirante espresso in [m]
Lf lunghezza di fondazione del tirante espresso in [m]

Simbologia adottata - Caratteristiche armatura e di interazione con il terreno
N numero d'ordine della fila
Dt diametro esterno del tubolare espresso in [mm]
St spessore del tubolare espresso in [mm]

Caratteristiche geometriche

N	Y	I	Alfa	D	Cesp	ALL	nr	Lt	Lf
	[m]	[m]		[cm]				[m]	[m]
1	0,25	1,20	60.00	18,00	1.25	Sfalsati	8	7,00	3,66

Caratteristiche armatura e di interazione con il terreno

N	Dt	St
	[mm]	*[mm]*
1	88,90	4,00

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 [A1-M1]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.30	
Condizione 1 (Variabili)	1.50	1.00

Combinazione n° 2 [A2-M2]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.30	1.00

Combinazione n° 3 [SLER]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.00	1.00

Combinazione n° 4 [SLEF]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.00	0.50

Combinazione n° 5 [SLEQ]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.00	0.20

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo :
Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

			Statici		Sismici	
Carichi	Effetto		A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{Gfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

		Statici		Sismici	
Parametri		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.60

		Statici		Sismici	
Parametri		M1	M2	M1	M2
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00	1.00	1.00

TIRANTI DI ANCORAGGIO

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti

Resistenza		**Tiranti**
Laterale	γ_{st}	1,20

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti.

Numero di verticali indagate 1 ξ_{3}=1,80 ξ_{4}=1,80

Verifica materiali : Stato Limite Ultimo

Impostazioni verifiche SLE

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio - Metodo dell'inclinazione variabile del traliccio

$V_{Rd}=[0.18*k*(100.0*\rho_l*fck)^{1/3}/\gamma_c+0.15*\sigma_{cp}]*bw*d>(vmin+0.15*\sigma_{cp})*b_w*d$

$V_{Rsd}=0.9*d*A_{sw}/s*fyd*(ctg\alpha+ctg\theta)*sin\alpha$

$V_{Rcd}=0.9*d*b_w*\alpha_c*fcd'*(ctg(\theta)+ctg(\alpha)/(1.0+ctg\theta^2)$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b_w	larghezza minima sezione [mm]
σ_{cp}	tensione media di compressione [N/mmq]
ρ_l	rapporto geometrico di armatura
A_{sw}	area armatuta trasversale [mmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α_c	coefficiente maggiorativo, funzione di fcd e σ_{cp}

$fcd'=0.5*fcd$

$k=1+(200/d)^{1/2}$

$vmin=0.035*k^{3/2}*fck^{1/2}$

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali	Molto aggressive
Armatura ad aderenza migliorata	
Sensibilità delle armature	Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure	w_1 = 0.20
	w_2 = 0.30
	w_3 = 0.40
Metodo di calcolo aperture delle fessure	NTC 2008 - I° Formulazione
Verifica delle tensioni	
Combinazione di carico	Rara $\sigma_c < 0.60\ f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.70\ f_{yk}$
	Quasi permanente $\sigma_c < 0.45\ f_{ck}$

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva Ka e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Non sono state analizzate Combinazioni/Fasi sismiche.

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico
La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.
Essa è discretizzata in 100 elementi fuori terra e 70 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.
Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	5,00	[m]
Profondità di infissione	3,00	[m]
Altezza totale della paratia	8,00	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Pa Spinta attiva, espressa in [kN]
Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]
Pw Spinta della falda, espressa in [kN]
Pp Resistenza passiva, espressa in [kN]
Pc Controspinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	Pa	Y_{Pa}	Is	Y_{Is}	Pw	Y_{Pw}	Pp	Y_{Pp}	Pc	Y_{Pc}
		[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]
1	[A1-M1]	113,19	3,02	--	--	--	--	-96,61	6,27	35,27	7,85
2	[A2-M2]	118,05	3,09	--	--	--	--	-91,47	6,73	33,44	7,95
3	[SLER]	83,54	3,05	--	--	--	--	-71,87	6,26	26,06	7,84
4	[SLEF]	72,06	3,14	--	--	--	--	-63,70	6,19	22,47	7,83
5	[SLEQ]	65,17	3,21	--	--	--	--	-58,77	6,15	20,34	7,82

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kN]
Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kN]
Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kN]
Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kN]

n°	Tipo	Rc	Y_{Rc}	Rt	Y_{Rt}	Rv	Y_{Rv}	Rp	Y_{Rp}
1	[A1-M1]	0,00	0,00	51,85	0,25	--	--	--	--
2	[A2-M2]	0,00	0,00	60,01	0,25	--	--	--	--
3	[SLER]	0,00	0,00	37,73	0,25	--	--	--	--
4	[SLEF]	0,00	0,00	30,82	0,25	--	--	--	--
5	[SLEQ]	0,00	0,00	26,74	0,25	--	--	--	--

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pp Portanza di punta, espressa in [kN]

n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pp
1	[A1-M1]	5,29	6,30	7,25	38.03	14.00	167,05

n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pp
2	[A2-M2]	5,53	7,10	7,56	60.56	30.20	76,41
3	[SLER]	5,29	6,30	7,24	36.62	13.22	167,05
4	[SLEF]	5,27	6,15	7,20	33.80	11.73	167,05
5	[SLEQ]	5,25	6,10	7,18	30.99	11.04	167,05

Risultati tiranti

Caratteristiche dei tiranti utilizzati

Simbologia adottata

Y ordinata della fila rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
nt numero di tiranti della fila
N sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kN]
L lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]
L_f lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]
Ld lunghezza totale definita del tirante espressa in [m]
Ld_f lunghezza di fondazione definita del tirante espressa in [m]
FS Fattore di sicurezza. Rapporto tra lunghezza di fondazione definita e lunghezza di fondazione di progetto.
A_f area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]
Rt/ml reazione a metro lineare del tirante della fila espresso in [kN]
σ_f tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [MPa]
u spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]
R1, R2, R3 resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-armatura, resistenza malta) espressa in [kN]

Caratteristiche armatura file tiranti

1 file di tiranti passivi armati con tubolare

n°	Tipologia	Y [m]	nt	A_f [cmq]	L [m]	L_f [m]	Ld [m]	Ld_f [m]	FS
1	Tipologia tirante 3	0,25	8	10,67	5,90	2,60	7,00	3,66	1.41

Combinazione n° 1

n°	Tipologia	N [kN]	Rt/ml [kN]	σ_f [MPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
1	Tipologia tirante 3	129,62	103,6997	121,498	0,43625	20476	326566	422770

Combinazione n° 2

n°	Tipologia	N [kN]	Rt/ml [kN]	σ_f [MPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
1	Tipologia tirante 3	150,03	120,0278	140,629	0,50414	24571	326566	422770

Combinazione n° 3

n°	Tipologia	N [kN]	Rt/ml [kN]	σ_f [MPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
1	Tipologia tirante 3	94,32	75,4526	88,403	0,31880	0	326566	422770

Combinazione n° 4

n°	Tipologia	N [kN]	Rt/ml [kN]	σ_f [MPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
1	Tipologia tirante 3	77,04	61,6355	72,214	0,26135	0	326566	422770

Combinazione n° 5

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_t	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tipologia tirante 3	66,85	53,4812	62,660	0,22745	0	326566	422770

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]
N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)
T taglio massimo e minimo espresso in [kN]

n°	Tipo	M	Y_M	T	Y_T	N	Y_N	
		[kNm]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	
1	[A1-M1]	40,92	6,40	61,34	5,25	113,38	8,50	MAX
--	--	-80,37	3,00	-49,88	0,25	0,00	0,00	MIN
2	[A2-M2]	26,06	6,95	58,03	5,50	127,52	8,50	MAX
--	--	-102,41	3,30	-57,91	0,25	0,00	0,00	MIN
3	[SLER]	30,59	6,40	45,81	5,25	88,91	8,50	MAX
--	--	-59,14	3,00	-36,39	0,25	0,00	0,00	MIN
4	[SLEF]	27,35	6,35	41,24	5,25	76,95	8,50	MAX
--	--	-50,72	3,00	-30,07	0,25	0,00	0,00	MIN
5	[SLEQ]	25,27	6,30	38,42	5,25	69,88	8,50	MAX
--	--	-45,86	3,05	-26,34	0,25	0,00	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y_U	V	Y_V	
		[cm]	[m]	[cm]	[m]	
1	[A1-M1]	1,4136	3,05	0,0246	0,00	MAX
--	--	-0,3017	8,50	0,0000	0,00	MIN
2	[A2-M2]	2,0759	3,35	0,0280	0,00	MAX
--	--	-0,5128	8,50	0,0000	0,00	MIN
3	[SLER]	1,0332	3,05	0,0187	0,00	MAX
--	--	-0,2186	8,50	0,0000	0,00	MIN
4	[SLEF]	0,8639	3,00	0,0158	0,00	MAX
--	--	-0,1779	8,50	0,0000	0,00	MIN
5	[SLEQ]	0,7679	3,00	0,0141	0,00	MAX
--	--	-0,1556	8,50	0,0000	0,00	MIN

Stabilità globale

Metodo di Fellenius
Numero di cerchi analizzati 100

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
(X_C; Y_C) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X_V; Y_V) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X_M; Y_M) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS Coefficiente di sicurezza

n°	Tipo	(X_C, Y_C)	R	(X_V, Y_V)	(X_M, Y_M)	FS
		[m]	[m]	[m]	[m]	
2	[A2-M2]	(-1,60; 0,00)	8,16	(-8,06; -4,98)	(6,56; 0,00)	1.61

Combinazione n° 2

Numero di strisce 51

Simbologia adottata
Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
Le strisce sono numerate da monte verso valle

N°	numero d'ordine della striscia
W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
L	sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]
Ctn, Ctt	contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kN]

Caratteristiche delle strisce

N°	W	α(°)	Wsinα	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kN]					[MPa]	[MPa]	[kN]
1	0,8799	-50.74	-0,6813	0,45	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
2	2,7057	-47.64	-1,9994	0,43	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
3	4,3480	-44.72	-3,0595	0,41	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
4	5,8343	-41.94	-3,8993	0,39	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
5	7,1848	-39.28	-4,5483	0,37	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
6	8,4150	-36.71	-5,0301	0,36	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
7	9,5370	-34.23	-5,3641	0,35	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
8	10,5604	-31.81	-5,5671	0,34	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
9	11,4931	-29.46	-5,6532	0,33	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
10	12,3415	-27.17	-5,6350	0,32	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
11	13,1109	-24.92	-5,5236	0,32	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
12	13,8057	-22.71	-5,3292	0,31	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
13	14,4296	-20.53	-5,0609	0,31	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
14	14,9859	-18.39	-4,7273	0,30	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
15	15,4771	-16.27	-4,3361	0,30	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
16	15,9055	-14.17	-3,8950	0,30	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
17	16,2730	-12.10	-3,4108	0,29	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
18	16,5809	-10.04	-2,8903	0,29	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
19	16,8307	-7.99	-2,3400	0,29	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
20	17,0233	-5.96	-1,7662	0,29	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
21	17,1594	-3.93	-1,1749	0,29	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
22	17,2395	-1.90	-0,5721	0,29	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
23	17,2640	0.12	0,0362	0,29	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
24	17,2329	2.14	0,6441	0,29	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
25	17,1461	4.17	1,2458	0,29	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
26	17,0034	6.20	1,8354	0,29	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
27	16,8040	8.23	2,4067	0,29	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
28	16,5474	10.28	2,9538	0,29	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
29	48,7941	12.33	10,4237	0,29	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
30	48,4269	14.39	12,0381	0,29	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
31	48,0003	16.47	13,6101	0,30	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
32	47,5123	18.57	15,1327	0,30	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
33	46,9609	20.70	16,5988	0,30	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
34	46,3435	22.86	18,0007	0,31	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
35	45,6569	25.05	19,3302	0,31	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
36	44,8975	27.28	20,5784	0,32	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
37	44,0611	29.56	21,7355	0,33	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
38	43,1425	31.89	22,7907	0,34	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
39	42,1354	34.28	23,7320	0,35	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
40	41,0322	36.74	24,5455	0,36	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
41	39,8237	39.28	25,2152	0,37	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
42	38,4981	41.92	25,7224	0,38	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
43	37,0407	44.68	26,0442	0,40	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
44	35,4318	47.57	26,1526	0,42	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
45	33,6452	50.63	26,0114	0,45	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)

N°	W	α(°)	Wsinα	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kN]					[MPa]	[MPa]	[kN]
46	31,6439	53.91	25,5721	0,48	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
47	29,3727	57.48	24,7660	0,53	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
48	26,7606	61.43	23,5027	0,60	28.40	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
49	23,6874	65.99	21,6376	0,70	24.79	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
50	19,7343	71.63	18,7285	0,90	24.79	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
51	11,8301	82.40	11,7263	2,16	24.79	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)

Resistenza a taglio paratia= 0,0000 [kN]
ΣW_i= 1238,5508 [kN]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$= 400,2535 [kN]
$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i$= 643,6645 [kN]
$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i$= 0,0000 [kN]

Descrizione armatura micropali e caratteristiche sezione

Diametro del micropalo	24,00 cm
Area della sezione trasversale	452,39 cmq
Diametro esterno del tubolare	168,30 mm
Spessore del tubolare	8,00 mm
Area della sezione tubolare	40,29 cmq
Inerzia della sezione tubolare	1297,27 cm^4

Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M momento flettente espresso in [kNm]
N sforzo normale espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
Nu sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
FS fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T taglio espresso in [kN]
V_{Rd} taglio resistente espresso in [kN]
FS_T fattore di sicurezza a taglio

N°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	[A1-M1]	3,00	-32,15	39,25	-58,13	70,97	1.81
2	[A2-M2]	3,30	-40,96	45,24	-58,04	64,10	1.42

N°	Tipo	Y	T	Tr	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	
1	[A1-M1]	5,25	24,54	556,22	22.67
2	[A2-M2]	5,50	23,21	556,22	23.96

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ_f tensione normale nell'armatura, espressa in [MPa]
τ_f tensione tangenziale nell'armatura, espresso in [MPa]
σ_{id} tensione ideale ($\sigma_{id} = (\sigma_f^2 + 3\,\tau_f^2)^{0.5}$) nella sezione del tubolare, espressa in [MPa]

N°	Tipo	σ_f	Y(σ_f)	τ_f	Y(τ_f)	σ_{id}	Y(σ_{id})
		[MPa]	[m]	[MPa]	[m]	[MPa]	[m]
3	[SLER]	160,763	3,00	9,096	5,25	160,763	3,00
4	[SLEF]	137,724	3,00	8,188	5,25	137,724	3,00
5	[SLEQ]	124,418	3,05	7,630	5,25	124,418	3,05

Verifica armatura paratia (Inviluppo)

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kNm]
N	sforzo normale espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
Nu	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T	taglio espresso in [kN]
V_{Rd}	taglio resistente espresso in [kN]
FS_T	fattore di sicurezza a taglio

n°	Tipo	Y [m]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS	T [kN]	V_{Rdr} [kN]	FS_T
1	[A1-M1]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.00	0,00	556,22	1000.00
1	[A1-M1]	0,05	0,00	0,06	45,99	712,06	1000.00	0,14	556,22	1000.00
1	[A1-M1]	0,10	0,01	0,11	56,72	433,66	1000.00	0,29	556,22	1000.00
1	[A1-M1]	0,15	0,03	0,17	59,04	296,53	1000.00	0,45	556,22	1000.00
2	[A2-M2]	0,20	0,06	0,22	59,45	204,96	923.96	0,66	556,22	841.85
2	[A2-M2]	0,25	0,10	41,86	3,33	1367,82	32.68	-23,16	556,22	24.01
2	[A2-M2]	0,30	-1,05	41,91	-27,30	1088,36	25.97	-22,97	556,22	24.21
2	[A2-M2]	0,35	-2,20	41,97	-41,91	801,14	19.09	-22,78	556,22	24.42
2	[A2-M2]	0,40	-3,33	42,02	-49,71	627,42	14.93	-22,58	556,22	24.64
2	[A2-M2]	0,45	-4,45	42,08	-54,29	513,02	12.19	-22,37	556,22	24.87
2	[A2-M2]	0,50	-5,57	42,13	-56,80	429,97	10.20	-22,15	556,22	25.11
2	[A2-M2]	0,55	-6,67	42,19	-58,17	368,03	8.72	-21,93	556,22	25.36
2	[A2-M2]	0,60	-7,76	42,24	-58,76	319,91	7.57	-21,70	556,22	25.63
2	[A2-M2]	0,65	-8,84	42,30	-59,21	283,36	6.70	-21,47	556,22	25.91
2	[A2-M2]	0,70	-9,91	42,36	-59,33	253,70	5.99	-21,23	556,22	26.20
2	[A2-M2]	0,75	-10,96	42,41	-59,39	229,80	5.42	-20,98	556,22	26.51
2	[A2-M2]	0,80	-12,00	42,47	-59,44	210,28	4.95	-20,73	556,22	26.83
2	[A2-M2]	0,85	-13,03	42,52	-59,48	194,05	4.56	-20,47	556,22	27.18
2	[A2-M2]	0,90	-14,05	42,58	-59,44	180,12	4.23	-20,20	556,22	27.53
2	[A2-M2]	0,95	-15,05	42,63	-59,29	167,92	3.94	-19,93	556,22	27.91
2	[A2-M2]	1,00	-16,04	42,69	-59,17	157,44	3.69	-19,65	556,22	28.31
2	[A2-M2]	1,05	-17,02	42,74	-59,06	148,33	3.47	-19,36	556,22	28.73
2	[A2-M2]	1,10	-17,98	42,80	-58,96	140,36	3.28	-19,07	556,22	29.17
2	[A2-M2]	1,15	-18,92	42,85	-58,88	133,32	3.11	-18,77	556,22	29.64
2	[A2-M2]	1,20	-19,86	42,91	-58,80	127,08	2.96	-18,46	556,22	30.13
2	[A2-M2]	1,25	-20,77	42,97	-58,73	121,49	2.83	-18,15	556,22	30.65
2	[A2-M2]	1,30	-21,67	43,02	-58,67	116,48	2.71	-17,83	556,22	31.19
2	[A2-M2]	1,35	-22,55	43,08	-58,62	111,96	2.60	-17,51	556,22	31.77
2	[A2-M2]	1,40	-23,42	43,13	-58,57	107,86	2.50	-17,17	556,22	32.39
2	[A2-M2]	1,45	-24,27	43,19	-58,53	104,14	2.41	-16,83	556,22	33.04
2	[A2-M2]	1,50	-25,10	43,24	-58,48	100,74	2.33	-16,49	556,22	33.73
2	[A2-M2]	1,55	-25,92	43,30	-58,45	97,63	2.25	-16,14	556,22	34.47
2	[A2-M2]	1,60	-26,72	43,35	-58,41	94,78	2.19	-15,78	556,22	35.25
2	[A2-M2]	1,65	-27,50	43,41	-58,38	92,16	2.12	-15,42	556,22	36.08
2	[A2-M2]	1,70	-28,26	43,46	-58,35	89,75	2.06	-15,04	556,22	36.97
2	[A2-M2]	1,75	-29,00	43,52	-58,33	87,52	2.01	-14,67	556,22	37.93
2	[A2-M2]	1,80	-29,73	43,58	-58,30	85,46	1.96	-14,28	556,22	38.95
2	[A2-M2]	1,85	-30,43	43,63	-58,28	83,56	1.92	-13,89	556,22	40.04
2	[A2-M2]	1,90	-31,11	43,69	-58,26	81,80	1.87	-13,49	556,22	41.22
2	[A2-M2]	1,95	-31,78	43,74	-58,24	80,16	1.83	-13,09	556,22	42.49
2	[A2-M2]	2,00	-32,42	43,80	-58,22	78,64	1.80	-12,68	556,22	43.87
2	[A2-M2]	2,05	-33,05	43,85	-58,20	77,23	1.76	-12,26	556,22	45.36
2	[A2-M2]	2,10	-33,65	43,91	-58,19	75,92	1.73	-11,84	556,22	46.98
2	[A2-M2]	2,15	-34,23	43,96	-58,17	74,71	1.70	-11,41	556,22	48.75
2	[A2-M2]	2,20	-34,79	44,02	-58,16	73,58	1.67	-10,97	556,22	50.69
2	[A2-M2]	2,25	-35,33	44,07	-58,15	72,54	1.65	-10,53	556,22	52.82
2	[A2-M2]	2,30	-35,84	44,13	-58,13	71,57	1.62	-10,08	556,22	55.17
2	[A2-M2]	2,35	-36,34	44,19	-58,12	70,68	1.60	-9,63	556,22	57.78
2	[A2-M2]	2,40	-36,81	44,24	-58,11	69,85	1.58	-9,16	556,22	60.70
2	[A2-M2]	2,45	-37,25	44,30	-58,10	69,09	1.56	-8,69	556,22	63.97
2	[A2-M2]	2,50	-37,68	44,35	-58,10	68,39	1.54	-8,22	556,22	67.67
2	[A2-M2]	2,55	-38,07	44,41	-58,09	67,75	1.53	-7,74	556,22	71.89
2	[A2-M2]	2,60	-38,45	44,46	-58,08	67,17	1.51	-7,25	556,22	76.73
2	[A2-M2]	2,65	-38,80	44,52	-58,07	66,63	1.50	-6,75	556,22	82.36
2	[A2-M2]	2,70	-39,12	44,57	-58,07	66,16	1.48	-6,25	556,22	88.96
2	[A2-M2]	2,75	-39,42	44,63	-58,06	65,73	1.47	-5,74	556,22	96.83

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
2	[A2-M2]	2,80	-39,70	44,68	-58,06	65,35	1.46	-5,23	556,22	106.35
2	[A2-M2]	2,85	-39,95	44,74	-58,05	65,02	1.45	-4,71	556,22	118.12
2	[A2-M2]	2,90	-40,17	44,80	-58,05	64,74	1.45	-4,18	556,22	133.02
2	[A2-M2]	2,95	-40,36	44,85	-58,05	64,50	1.44	-3,65	556,22	152.50
2	[A2-M2]	3,00	-40,53	44,91	-58,05	64,31	1.43	-3,11	556,22	179.04
2	[A2-M2]	3,05	-40,68	44,96	-58,04	64,16	1.43	-2,56	556,22	217.30
2	[A2-M2]	3,10	-40,79	45,02	-58,04	64,06	1.42	-2,01	556,22	277.26
2	[A2-M2]	3,15	-40,88	45,07	-58,04	64,00	1.42	1,59	556,22	349.47
2	[A2-M2]	3,20	-40,93	45,13	-58,04	63,99	1.42	2,16	556,22	257.16
2	[A2-M2]	3,25	-40,96	45,18	-58,04	64,02	1.42	2,74	556,22	202.93
2	[A2-M2]	3,30	-40,96	45,24	-58,04	64,10	1.42	3,33	556,22	167.24
2	[A2-M2]	3,35	-40,94	45,29	-58,05	64,23	1.42	3,92	556,22	141.99
2	[A2-M2]	3,40	-40,88	45,35	-58,05	64,40	1.42	4,52	556,22	123.17
2	[A2-M2]	3,45	-40,79	45,41	-58,05	64,62	1.42	5,12	556,22	108.62
2	[A2-M2]	3,50	-40,67	45,46	-58,05	64,89	1.43	5,73	556,22	97.02
2	[A2-M2]	3,55	-40,52	45,52	-58,06	65,21	1.43	6,35	556,22	87.57
2	[A2-M2]	3,60	-40,35	45,57	-58,06	65,58	1.44	6,98	556,22	79.72
2	[A2-M2]	3,65	-40,14	45,63	-58,07	66,01	1.45	7,61	556,22	73.10
2	[A2-M2]	3,70	-39,89	45,68	-58,07	66,50	1.46	8,25	556,22	67.43
2	[A2-M2]	3,75	-39,62	45,74	-58,08	67,05	1.47	8,89	556,22	62.54
2	[A2-M2]	3,80	-39,32	45,79	-58,09	67,66	1.48	9,55	556,22	58.26
2	[A2-M2]	3,85	-38,98	45,85	-58,09	68,34	1.49	10,21	556,22	54.50
2	[A2-M2]	3,90	-38,61	45,90	-58,10	69,09	1.50	10,87	556,22	51.16
2	[A2-M2]	3,95	-38,20	45,96	-58,11	69,91	1.52	11,54	556,22	48.18
2	[A2-M2]	4,00	-37,77	46,02	-58,12	70,82	1.54	12,22	556,22	45.51
2	[A2-M2]	4,05	-37,30	46,07	-58,14	71,80	1.56	12,69	556,22	43.82
2	[A2-M2]	4,10	-36,81	46,13	-58,15	72,86	1.58	13,18	556,22	42.20
2	[A2-M2]	4,15	-36,30	46,18	-58,16	74,01	1.60	13,68	556,22	40.67
2	[A2-M2]	4,20	-35,75	46,24	-58,18	75,24	1.63	14,18	556,22	39.23
2	[A2-M2]	4,25	-35,19	46,29	-58,19	76,56	1.65	14,68	556,22	37.88
2	[A2-M2]	4,30	-34,59	46,35	-58,21	78,00	1.68	15,19	556,22	36.61
2	[A2-M2]	4,35	-33,97	46,40	-58,23	79,54	1.71	15,71	556,22	35.40
2	[A2-M2]	4,40	-33,32	46,46	-58,25	81,21	1.75	16,23	556,22	34.27
2	[A2-M2]	4,45	-32,65	46,51	-58,27	83,02	1.78	16,76	556,22	33.19
2	[A2-M2]	4,50	-31,95	46,57	-58,30	84,98	1.82	17,29	556,22	32.18
2	[A2-M2]	4,55	-31,22	46,63	-58,32	87,10	1.87	17,82	556,22	31.21
2	[A2-M2]	4,60	-30,46	46,68	-58,35	89,42	1.92	18,36	556,22	30.29
2	[A2-M2]	4,65	-29,68	46,74	-58,38	91,94	1.97	18,91	556,22	29.42
2	[A2-M2]	4,70	-28,86	46,79	-58,41	94,70	2.02	19,46	556,22	28.59
2	[A2-M2]	4,75	-28,02	46,85	-58,45	97,72	2.09	20,01	556,22	27.79
2	[A2-M2]	4,80	-27,15	46,90	-58,49	101,04	2.15	20,57	556,22	27.04
2	[A2-M2]	4,85	-26,25	46,96	-58,53	104,70	2.23	21,14	556,22	26.31
2	[A2-M2]	4,90	-25,32	47,01	-58,58	108,76	2.31	21,71	556,22	25.62
2	[A2-M2]	4,95	-24,36	47,07	-58,64	113,28	2.41	22,28	556,22	24.96
2	[A2-M2]	5,00	-23,38	47,12	-58,70	118,33	2.51	22,86	556,22	24.33
2	[A2-M2]	5,05	-22,36	47,18	-58,77	124,00	2.63	23,39	556,22	23.78
2	[A2-M2]	5,10	-21,31	47,24	-58,84	130,40	2.76	23,83	556,22	23.34
2	[A2-M2]	5,15	-20,25	47,29	-58,93	137,65	2.91	24,16	556,22	23.02
2	[A2-M2]	5,20	-19,16	47,35	-59,03	145,90	3.08	24,40	556,22	22.80
2	[A2-M2]	5,25	-18,05	47,40	-59,14	155,34	3.28	24,54	556,22	22.67
2	[A2-M2]	5,30	-16,92	47,46	-59,27	166,23	3.50	24,52	556,22	22.68
2	[A2-M2]	5,35	-15,78	47,51	-59,43	178,87	3.76	24,41	556,22	22.78
2	[A2-M2]	5,40	-14,64	47,57	-59,48	193,31	4.06	24,20	556,22	22.98
2	[A2-M2]	5,45	-13,48	47,62	-59,44	209,96	4.41	23,90	556,22	23.28
2	[A2-M2]	5,50	-12,32	47,68	-59,39	229,79	4.82	23,49	556,22	23.68
2	[A2-M2]	5,55	-11,16	47,73	-59,33	253,73	5.32	23,19	556,22	23.99
2	[A2-M2]	5,60	-10,00	47,79	-59,21	282,88	5.92	23,11	556,22	24.07
2	[A2-M2]	5,65	-8,85	47,85	-58,78	317,87	6.64	22,97	556,22	24.22
2	[A2-M2]	5,70	-7,70	47,90	-58,24	362,31	7.56	22,77	556,22	24.43
1	[A1-M1]	5,75	8,69	42,30	59,15	287,85	6.80	22,52	556,22	24.70
1	[A1-M1]	5,80	9,69	42,36	59,32	259,27	6.12	22,21	556,22	25.05
1	[A1-M1]	5,85	10,64	42,41	59,38	236,68	5.58	21,84	556,22	25.47
1	[A1-M1]	5,90	11,53	42,47	59,42	218,79	5.15	21,42	556,22	25.96
1	[A1-M1]	5,95	12,37	42,52	59,45	204,42	4.81	20,95	556,22	26.54
1	[A1-M1]	6,00	13,14	42,58	59,48	192,77	4.53	20,42	556,22	27.24
1	[A1-M1]	6,05	13,84	42,63	59,48	183,23	4.30	19,81	556,22	28.08
1	[A1-M1]	6,10	14,46	42,69	59,38	175,26	4.11	19,15	556,22	29.04
1	[A1-M1]	6,15	15,01	42,74	59,31	168,90	3.95	18,44	556,22	30.16
1	[A1-M1]	6,20	15,47	42,80	59,25	163,92	3.83	17,68	556,22	31.47
1	[A1-M1]	6,25	15,84	42,85	59,20	160,18	3.74	16,85	556,22	33.00
1	[A1-M1]	6,30	16,11	42,91	59,17	157,56	3.67	15,97	556,22	34.82
1	[A1-M1]	6,35	16,29	42,97	59,15	156,00	3.63	15,04	556,22	36.99
1	[A1-M1]	6,40	16,37	43,02	59,14	155,45	3.61	14,05	556,22	39.60
1	[A1-M1]	6,45	16,35	43,08	59,15	155,79	3.62	13,00	556,22	42.80
1	[A1-M1]	6,50	16,25	43,13	59,16	156,99	3.64	11,89	556,22	46.79
1	[A1-M1]	6,55	16,07	43,19	59,19	159,02	3.68	10,73	556,22	51.86

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
1	[A1-M1]	6,60	15,82	43,24	59,22	161,86	3.74	9,50	556,22	58.52
1	[A1-M1]	6,65	15,50	43,30	59,27	165,54	3.82	8,23	556,22	67.61
1	[A1-M1]	6,70	15,12	43,35	59,32	170,09	3.92	-8,75	556,22	63.58
1	[A1-M1]	6,75	14,68	43,41	59,39	175,58	4.04	-9,75	556,22	57.04
1	[A1-M1]	6,80	14,19	43,46	59,46	182,08	4.19	-10,64	556,22	52.26
1	[A1-M1]	6,85	13,66	43,52	59,49	189,50	4.35	-11,43	556,22	48.66
1	[A1-M1]	6,90	13,09	43,58	59,47	197,96	4.54	-12,11	556,22	45.93
1	[A1-M1]	6,95	12,49	43,63	59,45	207,74	4.76	-12,69	556,22	43.83
1	[A1-M1]	7,00	11,85	43,69	59,42	219,03	5.01	-13,17	556,22	42.24
1	[A1-M1]	7,05	11,19	43,74	59,39	232,09	5.31	-13,55	556,22	41.06
1	[A1-M1]	7,10	10,52	43,80	59,35	247,19	5.64	-13,83	556,22	40.23
2	[A2-M2]	7,15	9,78	49,51	59,02	298,70	6.03	-14,01	556,22	39.69
2	[A2-M2]	7,20	9,41	49,56	58,88	310,16	6.26	-14,11	556,22	39.43
2	[A2-M2]	7,25	8,96	49,62	58,70	324,91	6.55	-14,11	556,22	39.42
2	[A2-M2]	7,30	8,46	49,68	58,47	343,42	6.91	-14,02	556,22	39.67
2	[A2-M2]	7,35	7,90	49,73	58,19	366,33	7.37	-13,84	556,22	40.19
2	[A2-M2]	7,40	7,30	49,79	57,63	393,05	7.89	-13,57	556,22	40.97
2	[A2-M2]	7,45	6,67	49,84	56,90	425,34	8.53	-13,22	556,22	42.07
2	[A2-M2]	7,50	6,01	49,90	56,00	464,60	9.31	-13,32	556,22	41.75
2	[A2-M2]	7,55	5,35	49,95	54,45	508,54	10.18	-13,37	556,22	41.59
2	[A2-M2]	7,60	4,68	50,01	52,54	561,43	11.23	-13,24	556,22	42.02
2	[A2-M2]	7,65	4,02	50,06	49,93	622,18	12.43	-12,90	556,22	43.10
2	[A2-M2]	7,70	3,37	50,12	46,75	694,81	13.86	-12,38	556,22	44.92
2	[A2-M2]	7,75	2,75	50,17	42,85	780,87	15.56	-11,67	556,22	47.66
2	[A2-M2]	7,80	2,17	50,23	38,07	881,32	17.55	-10,77	556,22	51.66
2	[A2-M2]	7,85	1,63	50,29	32,31	995,80	19.80	-9,67	556,22	57.50
2	[A2-M2]	7,90	1,15	50,34	25,54	1119,86	22.25	-8,39	556,22	66.29
2	[A2-M2]	7,95	0,73	50,40	17,98	1243,88	24.68	-6,92	556,22	80.39
2	[A2-M2]	8,00	0,38	50,45	10,05	1325,24	26.27	-5,02	556,22	110.86
2	[A2-M2]	8,05	0,13	50,51	3,56	1366,38	27.05	-2,63	556,22	211.43
2	[A2-M2]	8,10	0,00	50,56	0,00	-963,40	19.05	0,00	556,22	1000.00
2	[A2-M2]	8,15	0,00	50,62	0,00	-963,40	19.03	0,00	556,22	1000.00
2	[A2-M2]	8,20	0,00	50,67	0,00	-963,40	19.01	0,00	556,22	1000.00
2	[A2-M2]	8,25	0,00	50,73	0,00	-963,40	18.99	0,00	556,22	1000.00
2	[A2-M2]	8,30	0,00	50,78	0,00	-963,40	18.97	0,00	556,22	1000.00
2	[A2-M2]	8,35	0,00	50,84	0,00	-963,40	18.95	0,00	556,22	1000.00
2	[A2-M2]	8,40	0,00	50,90	0,00	-963,40	18.93	0,00	556,22	1000.00
2	[A2-M2]	8,45	0,00	50,95	0,00	-963,40	18.91	0,00	556,22	1000.00

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ_f tensione normale nell'armatura, espressa in [MPa]
τ_f tensione tangenziale nell'armatura, espresso in [MPa]
σ_{id} tensione ideale ($\sigma_{id} = (\sigma_f^2 + 3\,\tau_f^2)^{0.5}$) nella sezione del tubolare, espressa in [MPa]

Y	σ_{id}	n° - Tipo	σ_f	n° - Tipo	τ_f	n° - Tipo
[m]	[MPa]		[MPa]		[MPa]	
0,00	0,000	3 - [SLER]	0,000	5 - [SLEQ]	0,000	3 - [SLER]
0,05	0,087	3 - [SLER]	0,029	3 - [SLER]	0,048	3 - [SLER]
0,10	0,192	3 - [SLER]	0,091	3 - [SLER]	0,098	3 - [SLER]
0,15	0,321	3 - [SLER]	0,186	3 - [SLER]	0,151	3 - [SLER]
0,20	0,477	3 - [SLER]	0,316	3 - [SLER]	0,207	3 - [SLER]
0,25	14,327	3 - [SLER]	6,972	3 - [SLER]	7,226	3 - [SLER]
0,30	16,489	3 - [SLER]	10,857	3 - [SLER]	7,166	3 - [SLER]
0,35	19,812	3 - [SLER]	15,531	3 - [SLER]	7,102	3 - [SLER]
0,40	23,560	3 - [SLER]	20,163	3 - [SLER]	7,036	3 - [SLER]
0,45	27,536	3 - [SLER]	24,751	3 - [SLER]	6,967	3 - [SLER]
0,50	31,635	3 - [SLER]	29,294	3 - [SLER]	6,896	3 - [SLER]
0,55	35,795	3 - [SLER]	33,789	3 - [SLER]	6,822	3 - [SLER]
0,60	39,980	3 - [SLER]	38,235	3 - [SLER]	6,746	3 - [SLER]
0,65	44,166	3 - [SLER]	42,630	3 - [SLER]	6,667	3 - [SLER]
0,70	48,337	3 - [SLER]	46,972	3 - [SLER]	6,585	3 - [SLER]
0,75	52,483	3 - [SLER]	51,261	3 - [SLER]	6,501	3 - [SLER]
0,80	56,594	3 - [SLER]	55,493	3 - [SLER]	6,414	3 - [SLER]
0,85	60,665	3 - [SLER]	59,668	3 - [SLER]	6,325	3 - [SLER]
0,90	64,691	3 - [SLER]	63,784	3 - [SLER]	6,233	3 - [SLER]
0,95	68,667	3 - [SLER]	67,839	3 - [SLER]	6,138	3 - [SLER]
1,00	72,589	3 - [SLER]	71,831	3 - [SLER]	6,041	3 - [SLER]
1,05	76,455	3 - [SLER]	75,759	3 - [SLER]	5,941	3 - [SLER]
1,10	80,260	3 - [SLER]	79,621	3 - [SLER]	5,839	3 - [SLER]

Y [m]	σ_{id} [MPa]	n° - Tipo	σ_r [MPa]	n° - Tipo	τ_r [MPa]	n° - Tipo
1,15	84,004	3 - [SLER]	83,415	3 - [SLER]	5,734	3 - [SLER]
1,20	87,683	3 - [SLER]	87,140	3 - [SLER]	5,626	3 - [SLER]
1,25	91,295	3 - [SLER]	90,793	3 - [SLER]	5,516	3 - [SLER]
1,30	94,837	3 - [SLER]	94,374	3 - [SLER]	5,404	3 - [SLER]
1,35	98,308	3 - [SLER]	97,881	3 - [SLER]	5,288	3 - [SLER]
1,40	101,706	3 - [SLER]	101,311	3 - [SLER]	5,171	3 - [SLER]
1,45	105,029	3 - [SLER]	104,664	3 - [SLER]	5,050	3 - [SLER]
1,50	108,273	3 - [SLER]	107,937	3 - [SLER]	4,927	3 - [SLER]
1,55	111,439	3 - [SLER]	111,128	3 - [SLER]	4,801	3 - [SLER]
1,60	114,524	3 - [SLER]	114,237	3 - [SLER]	4,673	3 - [SLER]
1,65	117,525	3 - [SLER]	117,261	3 - [SLER]	4,542	3 - [SLER]
1,70	120,442	3 - [SLER]	120,199	3 - [SLER]	4,409	3 - [SLER]
1,75	123,272	3 - [SLER]	123,049	3 - [SLER]	4,273	3 - [SLER]
1,80	126,013	3 - [SLER]	125,810	3 - [SLER]	4,135	3 - [SLER]
1,85	128,665	3 - [SLER]	128,479	3 - [SLER]	3,993	3 - [SLER]
1,90	131,224	3 - [SLER]	131,055	3 - [SLER]	3,850	3 - [SLER]
1,95	133,690	3 - [SLER]	133,536	3 - [SLER]	3,703	3 - [SLER]
2,00	136,060	3 - [SLER]	135,921	3 - [SLER]	3,555	3 - [SLER]
2,05	138,333	3 - [SLER]	138,207	3 - [SLER]	3,403	3 - [SLER]
2,10	140,507	3 - [SLER]	140,394	3 - [SLER]	3,249	3 - [SLER]
2,15	142,580	3 - [SLER]	142,479	3 - [SLER]	3,092	3 - [SLER]
2,20	144,551	3 - [SLER]	144,461	3 - [SLER]	2,933	3 - [SLER]
2,25	146,417	3 - [SLER]	146,339	3 - [SLER]	2,771	3 - [SLER]
2,30	148,178	3 - [SLER]	148,109	3 - [SLER]	2,607	3 - [SLER]
2,35	149,831	3 - [SLER]	149,772	3 - [SLER]	2,440	3 - [SLER]
2,40	151,375	3 - [SLER]	151,324	3 - [SLER]	2,270	3 - [SLER]
2,45	152,808	3 - [SLER]	152,765	3 - [SLER]	2,098	3 - [SLER]
2,50	154,129	3 - [SLER]	154,093	3 - [SLER]	1,923	3 - [SLER]
2,55	155,334	3 - [SLER]	155,305	3 - [SLER]	1,746	3 - [SLER]
2,60	156,424	3 - [SLER]	156,401	3 - [SLER]	1,566	3 - [SLER]
2,65	157,396	3 - [SLER]	157,378	3 - [SLER]	1,384	3 - [SLER]
2,70	158,249	3 - [SLER]	158,235	3 - [SLER]	1,199	3 - [SLER]
2,75	158,981	3 - [SLER]	158,971	3 - [SLER]	1,011	3 - [SLER]
2,80	159,589	3 - [SLER]	159,583	3 - [SLER]	0,821	3 - [SLER]
2,85	160,074	3 - [SLER]	160,070	3 - [SLER]	0,628	3 - [SLER]
2,90	160,432	3 - [SLER]	160,430	3 - [SLER]	0,432	3 - [SLER]
2,95	160,662	3 - [SLER]	160,661	3 - [SLER]	0,256	5 - [SLEQ]
3,00	160,763	3 - [SLER]	160,763	3 - [SLER]	0,093	5 - [SLEQ]
3,05	160,732	3 - [SLER]	160,732	3 - [SLER]	0,170	3 - [SLER]
3,10	160,569	3 - [SLER]	160,568	3 - [SLER]	0,375	3 - [SLER]
3,15	160,271	3 - [SLER]	160,268	3 - [SLER]	0,584	3 - [SLER]
3,20	159,837	3 - [SLER]	159,831	3 - [SLER]	0,795	3 - [SLER]
3,25	159,266	3 - [SLER]	159,256	3 - [SLER]	1,008	3 - [SLER]
3,30	158,555	3 - [SLER]	158,541	3 - [SLER]	1,224	3 - [SLER]
3,35	157,703	3 - [SLER]	157,683	3 - [SLER]	1,443	3 - [SLER]
3,40	156,708	3 - [SLER]	156,681	3 - [SLER]	1,665	3 - [SLER]
3,45	155,569	3 - [SLER]	155,535	3 - [SLER]	1,888	3 - [SLER]
3,50	154,284	3 - [SLER]	154,240	3 - [SLER]	2,115	3 - [SLER]
3,55	152,852	3 - [SLER]	152,798	3 - [SLER]	2,344	3 - [SLER]
3,60	151,270	3 - [SLER]	151,204	3 - [SLER]	2,576	3 - [SLER]
3,65	149,538	3 - [SLER]	149,459	3 - [SLER]	2,810	3 - [SLER]
3,70	147,654	3 - [SLER]	147,559	3 - [SLER]	3,047	3 - [SLER]
3,75	145,616	3 - [SLER]	145,504	3 - [SLER]	3,286	3 - [SLER]
3,80	143,422	3 - [SLER]	143,292	3 - [SLER]	3,528	3 - [SLER]
3,85	141,072	3 - [SLER]	140,921	3 - [SLER]	3,773	3 - [SLER]
3,90	138,564	3 - [SLER]	138,389	3 - [SLER]	4,020	3 - [SLER]
3,95	135,896	3 - [SLER]	135,695	3 - [SLER]	4,269	3 - [SLER]
4,00	133,068	3 - [SLER]	132,837	3 - [SLER]	4,521	3 - [SLER]
4,05	130,095	3 - [SLER]	129,840	3 - [SLER]	4,696	3 - [SLER]
4,10	127,008	3 - [SLER]	126,726	3 - [SLER]	4,877	3 - [SLER]
4,15	123,804	3 - [SLER]	123,493	3 - [SLER]	5,062	3 - [SLER]
4,20	120,483	3 - [SLER]	120,139	3 - [SLER]	5,248	3 - [SLER]
4,25	117,042	3 - [SLER]	116,663	3 - [SLER]	5,436	3 - [SLER]
4,30	113,482	3 - [SLER]	113,063	3 - [SLER]	5,626	3 - [SLER]
4,35	109,801	3 - [SLER]	109,338	3 - [SLER]	5,818	3 - [SLER]
4,40	106,000	3 - [SLER]	105,487	3 - [SLER]	6,012	3 - [SLER]
4,45	102,077	3 - [SLER]	101,510	3 - [SLER]	6,207	3 - [SLER]
4,50	98,033	3 - [SLER]	97,404	3 - [SLER]	6,405	3 - [SLER]
4,55	93,867	3 - [SLER]	93,168	3 - [SLER]	6,604	3 - [SLER]
4,60	89,580	3 - [SLER]	88,801	3 - [SLER]	6,805	3 - [SLER]
4,65	85,172	3 - [SLER]	84,303	3 - [SLER]	7,008	3 - [SLER]
4,70	80,644	3 - [SLER]	79,671	3 - [SLER]	7,213	3 - [SLER]
4,75	75,999	3 - [SLER]	74,904	3 - [SLER]	7,420	3 - [SLER]
4,80	71,238	3 - [SLER]	70,002	3 - [SLER]	7,629	3 - [SLER]
4,85	66,366	3 - [SLER]	64,963	3 - [SLER]	7,840	3 - [SLER]
4,90	61,390	3 - [SLER]	59,785	3 - [SLER]	8,052	3 - [SLER]

Y [m]	σ_{id} [MPa]	n° - Tipo	σ_n [MPa]	n° - Tipo	τ_t [MPa]	n° - Tipo
4,95	56,318	3 - [SLER]	54,468	3 - [SLER]	8,266	3 - [SLER]
5,00	51,165	3 - [SLER]	49,010	3 - [SLER]	8,483	3 - [SLER]
5,05	45,947	3 - [SLER]	43,417	3 - [SLER]	8,681	3 - [SLER]
5,10	40,698	3 - [SLER]	37,707	3 - [SLER]	8,841	3 - [SLER]
5,15	35,482	3 - [SLER]	31,904	3 - [SLER]	8,964	3 - [SLER]
5,20	30,388	3 - [SLER]	26,034	3 - [SLER]	9,049	3 - [SLER]
5,25	25,555	3 - [SLER]	20,120	3 - [SLER]	9,096	3 - [SLER]
5,30	21,192	3 - [SLER]	14,191	3 - [SLER]	9,087	3 - [SLER]
5,35	19,191	5 - [SLEQ]	14,093	5 - [SLEQ]	9,040	3 - [SLER]
5,40	22,944	5 - [SLEQ]	19,020	5 - [SLEQ]	8,955	3 - [SLER]
5,45	26,983	5 - [SLEQ]	23,874	5 - [SLEQ]	8,832	3 - [SLER]
5,50	31,142	5 - [SLEQ]	28,631	5 - [SLEQ]	8,672	3 - [SLER]
5,55	35,403	4 - [SLEF]	33,266	5 - [SLEQ]	8,473	3 - [SLER]
5,60	39,857	4 - [SLEF]	37,848	4 - [SLEF]	8,237	3 - [SLER]
5,65	44,231	4 - [SLEF]	42,574	4 - [SLEF]	7,963	3 - [SLER]
5,70	48,894	3 - [SLER]	47,111	4 - [SLEF]	7,652	3 - [SLER]
5,75	53,590	3 - [SLER]	52,076	3 - [SLER]	7,302	3 - [SLER]
5,80	58,108	3 - [SLER]	56,861	3 - [SLER]	6,915	3 - [SLER]
5,85	62,414	3 - [SLER]	61,392	3 - [SLER]	6,492	3 - [SLER]
5,90	66,474	3 - [SLER]	65,648	3 - [SLER]	6,033	3 - [SLER]
5,95	70,262	3 - [SLER]	69,603	3 - [SLER]	5,541	3 - [SLER]
6,00	73,748	3 - [SLER]	73,237	3 - [SLER]	5,003	3 - [SLER]
6,05	76,902	3 - [SLER]	76,520	3 - [SLER]	4,419	3 - [SLER]
6,10	79,693	3 - [SLER]	79,421	3 - [SLER]	3,801	3 - [SLER]
6,15	82,099	3 - [SLER]	81,918	3 - [SLER]	3,148	3 - [SLER]
6,20	84,096	3 - [SLER]	83,988	3 - [SLER]	2,458	3 - [SLER]
6,25	85,660	3 - [SLER]	85,608	3 - [SLER]	1,731	3 - [SLER]
6,30	86,769	3 - [SLER]	86,753	3 - [SLER]	0,985	3 - [SLER]
6,35	87,411	3 - [SLER]	87,410	3 - [SLER]	0,745	5 - [SLEQ]
6,40	87,613	3 - [SLER]	87,611	3 - [SLER]	1,169	5 - [SLEQ]
6,45	87,403	3 - [SLER]	87,387	3 - [SLER]	1,560	5 - [SLEQ]
6,50	86,807	3 - [SLER]	86,767	3 - [SLER]	1,920	5 - [SLEQ]
6,55	85,854	3 - [SLER]	85,781	3 - [SLER]	2,249	5 - [SLEQ]
6,60	84,570	3 - [SLER]	84,458	3 - [SLER]	2,596	4 - [SLEF]
6,65	82,983	3 - [SLER]	82,825	3 - [SLER]	2,951	3 - [SLER]
6,70	81,117	3 - [SLER]	80,911	3 - [SLER]	3,342	3 - [SLER]
6,75	79,000	3 - [SLER]	78,741	3 - [SLER]	3,692	3 - [SLER]
6,80	76,657	3 - [SLER]	76,343	3 - [SLER]	4,003	3 - [SLER]
6,85	74,112	3 - [SLER]	73,742	3 - [SLER]	4,275	3 - [SLER]
6,90	71,391	3 - [SLER]	70,962	3 - [SLER]	4,511	3 - [SLER]
6,95	68,516	3 - [SLER]	68,029	3 - [SLER]	4,709	3 - [SLER]
7,00	65,512	3 - [SLER]	64,966	3 - [SLER]	4,871	3 - [SLER]
7,05	62,401	3 - [SLER]	61,797	3 - [SLER]	4,998	3 - [SLER]
7,10	59,206	3 - [SLER]	58,546	3 - [SLER]	5,091	3 - [SLER]
7,15	55,949	3 - [SLER]	55,233	3 - [SLER]	5,149	3 - [SLER]
7,20	52,651	3 - [SLER]	51,883	3 - [SLER]	5,175	3 - [SLER]
7,25	49,334	3 - [SLER]	48,516	3 - [SLER]	5,167	3 - [SLER]
7,30	46,019	3 - [SLER]	45,154	3 - [SLER]	5,127	3 - [SLER]
7,35	42,725	3 - [SLER]	41,818	3 - [SLER]	5,056	3 - [SLER]
7,40	39,472	3 - [SLER]	38,529	3 - [SLER]	4,952	3 - [SLER]
7,45	36,280	3 - [SLER]	35,307	3 - [SLER]	4,818	3 - [SLER]
7,50	33,167	3 - [SLER]	32,172	3 - [SLER]	4,654	3 - [SLER]
7,55	30,152	3 - [SLER]	29,146	3 - [SLER]	4,459	3 - [SLER]
7,60	27,252	3 - [SLER]	26,247	3 - [SLER]	4,233	3 - [SLER]
7,65	24,484	3 - [SLER]	23,495	3 - [SLER]	3,978	3 - [SLER]
7,70	21,866	3 - [SLER]	20,909	3 - [SLER]	3,693	3 - [SLER]
7,75	19,413	3 - [SLER]	18,510	3 - [SLER]	3,379	3 - [SLER]
7,80	17,142	3 - [SLER]	16,316	3 - [SLER]	3,035	3 - [SLER]
7,85	15,070	3 - [SLER]	14,347	3 - [SLER]	2,662	3 - [SLER]
7,90	13,214	3 - [SLER]	12,621	3 - [SLER]	2,260	3 - [SLER]
7,95	11,599	3 - [SLER]	11,158	3 - [SLER]	1,829	3 - [SLER]
8,00	10,229	3 - [SLER]	9,978	3 - [SLER]	1,301	3 - [SLER]
8,05	9,214	3 - [SLER]	9,141	3 - [SLER]	0,669	3 - [SLER]
8,10	8,718	3 - [SLER]	8,718	3 - [SLER]	0,000	5 - [SLEQ]
8,15	8,731	3 - [SLER]	8,731	3 - [SLER]	0,000	5 - [SLEQ]
8,20	8,745	3 - [SLER]	8,745	3 - [SLER]	0,000	3 - [SLER]
8,25	8,759	3 - [SLER]	8,759	3 - [SLER]	0,000	4 - [SLEF]
8,30	8,773	3 - [SLER]	8,773	3 - [SLER]	0,000	5 - [SLEQ]
8,35	8,786	3 - [SLER]	8,786	3 - [SLER]	0,000	5 - [SLEQ]
8,40	8,800	3 - [SLER]	8,800	3 - [SLER]	0,000	3 - [SLER]
8,45	8,814	3 - [SLER]	8,814	3 - [SLER]	0,000	3 - [SLER]

Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione M_u-N_u della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	R_{bk} = 25,0 [MPa])
Tensione caratteristica cilindrica del cls (0.83xR_{bk})	R_{ck} = 212 (Kg/cm^2)
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	ψ= 0.85
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	f_{yk} = 275,0 [MPa])
Coefficiente di sicurezza cls	γ_c = 1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	γ_s = 1.15
Resistenza di calcolo del cls($\psi R_{ck}/\gamma_c$)	R^*_c = 120 (Kg/cm^2)
Resistenza di calcolo dell'acciaio(f_{yk}/γ_s)	R^*_s = 2438 (Kg/cm^2)
Modulo elastico dell'acciaio	E_s = 2100000 (Kg/cm^2)
Deformazione ultima del calcestruzzo	ε_{cu} = 0.0035(0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	ε_{ck} = 0.0020(0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	ε_{yu} = 0.0100(1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico (R^*_s/E_s)	ε_{yk} = 0.0009(0.12%)

Legame costitutivo del calcestruzzo

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:
Tratto parabolico: $0<=\varepsilon_c<=\varepsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R^*_c(2\varepsilon_c\varepsilon_{ck}-\varepsilon_c^2)}{\varepsilon_{ck}^2}$$

Tratto rettangolare: $\varepsilon_{ck}<\varepsilon_c<=\varepsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R^*_c$$

Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:
$\sigma_s = E_s\varepsilon_s$ per $0<=\varepsilon_s<=\varepsilon_{sy}$
$\sigma_s = R^*_s$ per $\varepsilon_{sy}<\varepsilon_s<=\varepsilon_{su}$

Tratto armatura 1

N°	N_u [kN]	M_u [kNm]
1	-963,4035	0,0000
2	0,0000	57,2717
3	185,1935	59,5020
4	277,7902	59,2743
5	370,3870	58,1389
6	462,9837	56,0570
7	555,5804	52,7862
8	648,1772	48,8174
9	740,7739	44,7201
10	833,3707	40,4055
11	925,9674	35,9012
12	1018,5641	31,1401
13	1111,1609	26,0520
14	1203,7576	20,5612
15	1296,3544	14,5996
16	1388,9511	0,0000
17	1388,9511	0,0000
18	1296,3544	-14,5996
19	1203,7576	-20,5612
20	1111,1609	-26,0520
21	1018,5641	-31,1401
22	925,9674	-35,9012
23	833,3707	-40,4055
24	740,7739	-44,7201
25	648,1772	-48,8174
26	555,5804	-52,7862

N°	N_u [kN]	M_u [kNm]
27	462,9837	-56,0570
28	370,3870	-58,1389
29	277,7902	-59,2743
30	185,1935	-59,5020
31	0,0000	-57,2717
32	-963,4035	0,0000

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale
T_h taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale
M_v momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale
T_v taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=50,00 [cm]	H=50,00 [cm]		
A_{fv}=14,07 [cmq]	A_{fh}=10,05 [cmq]	Staffe ϕ10/20	Nbh=2 - Nbv=2
M_h=10,80 [kNm]	M_{uh}=243,89 [kNm]	FS=22.58	
T_h=36,01 [kN]	T_{Rh}=260,00 [kN]	FS_T=7.22	
M_v=18,71 [kNm]	M_{uv}=243,89 [kNm]	FS=13.03	
T_v=62,37 [kN]	T_R=260,00 [kN]	FS_{Tv}=4.17	

Cordolo N° 2 (X=2,50 m) (Cordolo in acciaio)

A=64,40 [cmq]	W=382,00 [cm^3]		
M_h=4,72 [kNm]	T_h=9,44 [kN]	M_v=0,49 [kNm]	T_v=2,45 [kN]
σ_f = 12,361 [MPa]	τ_f = 1,466 [MPa]	σ_{id} = 12,620 [MPa]	

Cordolo N° 3 (X=4,00 m) (Cordolo in acciaio)

A=64,00 [cmq]	W=382,00 [cm^3]		
M_h=4,72 [kNm]	T_h=9,44 [kN]	M_v=0,49 [kNm]	T_v=2,45 [kN]
σ_f = 12,361 [MPa]	τ_f = 1,476 [MPa]	σ_{id} = 12,623 [MPa]	

Cordolo N° 4 (X=8,50 m) (Cordolo in acciaio)

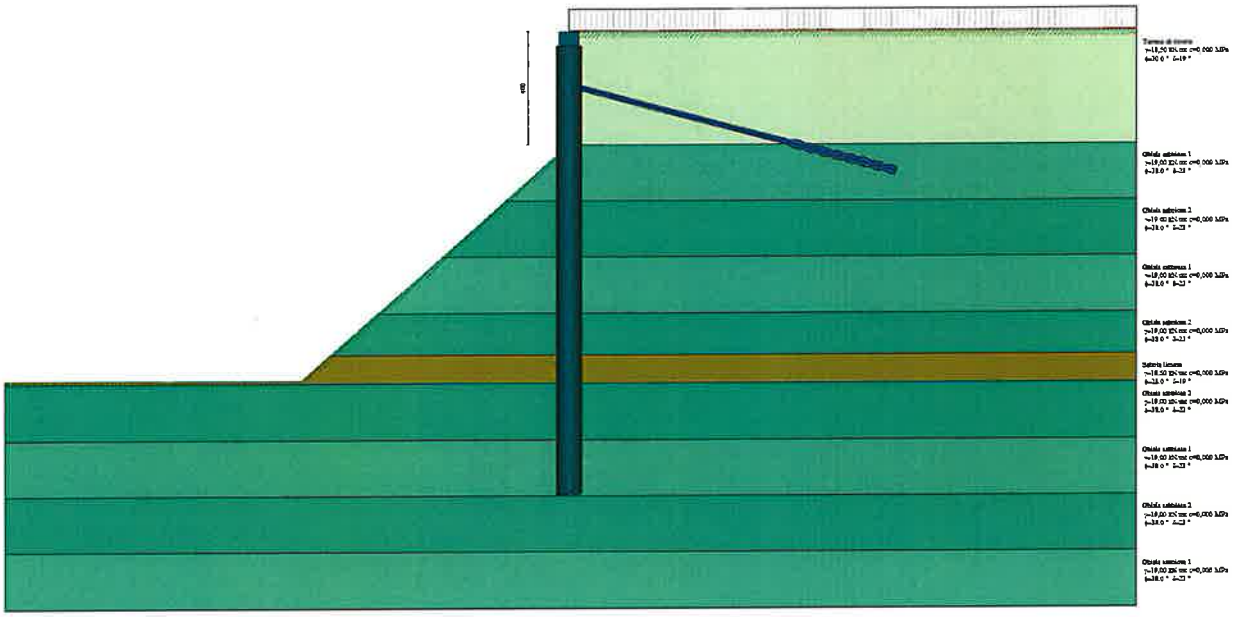
A=64,40 [cmq]	W=382,00 [cm^3]		
M_h=4,72 [kNm]	T_h=9,44 [kN]	M_v=0,49 [kNm]	T_v=2,45 [kN]
σ_f = 12,361 [MPa]	τ_f = 1,466 [MPa]	σ_{id} = 12,620 [MPa]	

Indice

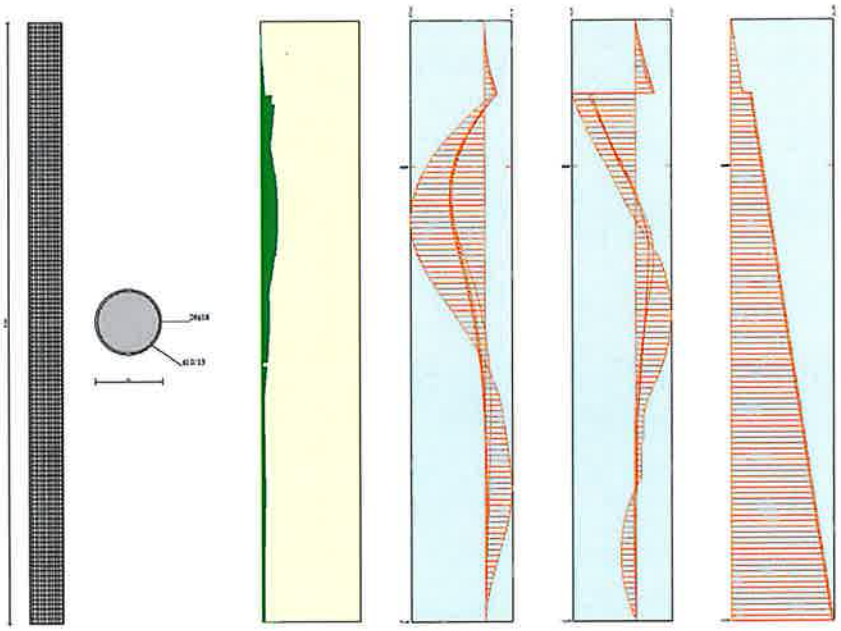
Normative di riferimento	2
Richiami teorici	3
Metodo di analisi	3
Calcolo della profondità di infissione	3
Calcolo della spinte	3
Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)	3
Spinta in presenza di sisma	3
Tiranti di ancoraggio	4
Analisi ad elementi finiti	5
Schematizzazione del terreno	5
Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno	5
Analisi per fasi di scavo	6
Verifica alla stabilità globale	6
Dati	7
Geometria paratia	7
Geometria cordoli	7
Geometria profilo terreno	7
Descrizione terreni	7
Descrizione stratigrafia	8
Caratteristiche materiali utilizzati	8
Condizioni di carico	9
Caratteristiche tiranti di ancoraggio	9
Descrizione tiranti di ancoraggio (Armatura tondini)	9
Combinazioni di carico	11
Impostazioni di progetto	11
Impostazioni di analisi	12
Impostazioni analisi sismica	13
Analisi della paratia	14
Forze agenti sulla paratia	14
Risultati tiranti	15
Caratteristiche dei tiranti utilizzati	15
Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia	16
Spostamenti massimi e minimi della paratia	16
Stabilità globale	16
Descrizione armatura micropali e caratteristiche sezione	18
Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)	18
Verifica armatura paratia (Inviluppo)	19
Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni	24
Verifica sezione cordoli	25

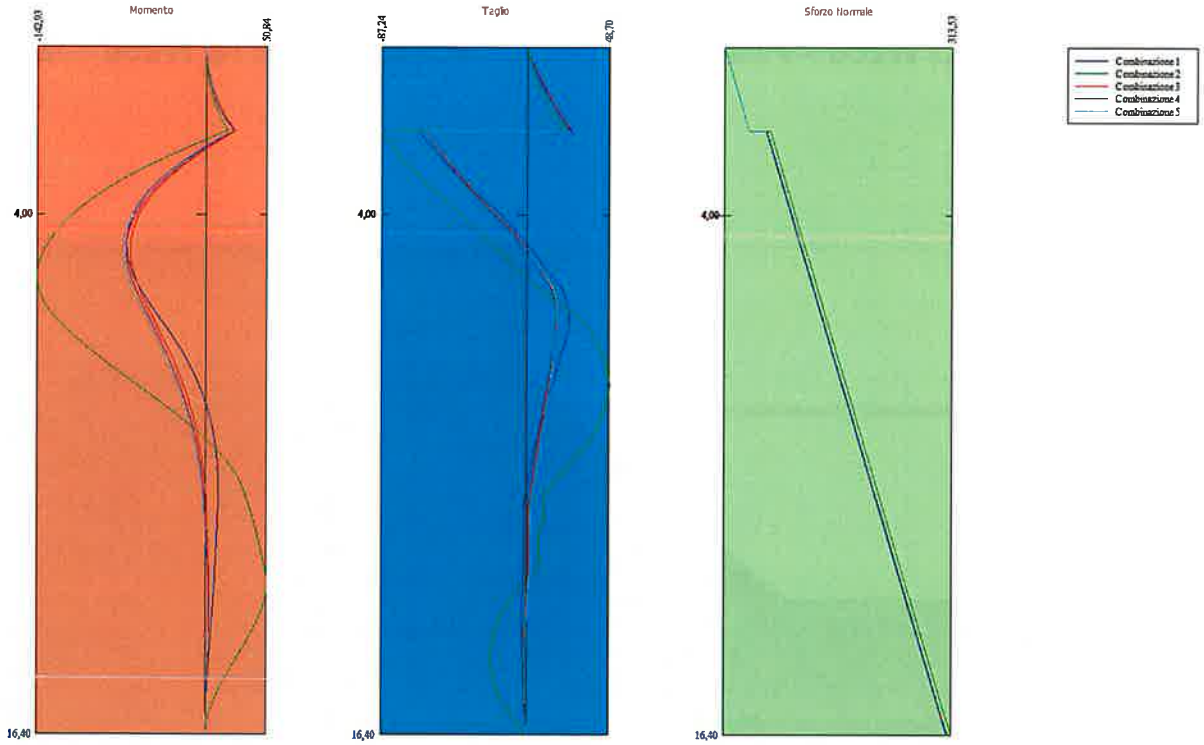
F.1.4 a) WAND W206 – Phase 1

F.1.4 a) PARETE W206 – fase 1

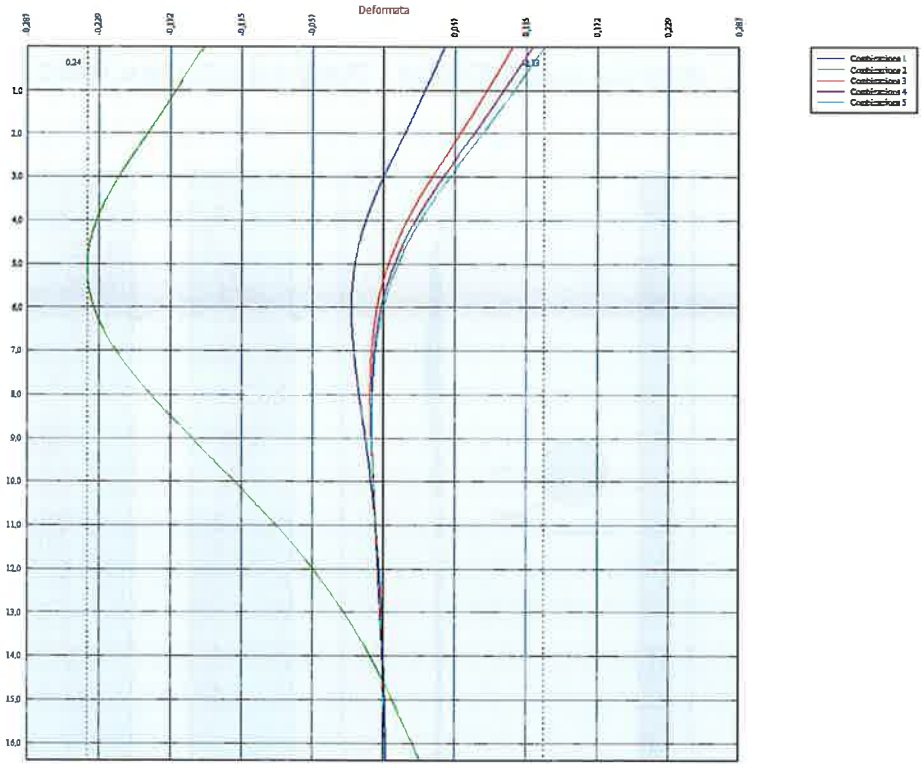


VERIFICA DI RESISTENZA - TRAGFÄHIGKEITSNACHWEIS





DEFORMAZIONI - VERFORMUNGEN



Progetto:
Ditta:
Comune:
Progettista:
Direttore dei Lavori:
Impresa:

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Richiami teorici

Metodo di analisi

Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.
Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.
Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).
Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).
Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.
Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

$\mathbf{K_{am}}$	diagramma della spinta attiva agente da monte
$\mathbf{K_{av}}$	diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
$\mathbf{K_{pm}}$	diagramma della spinta passiva agente da monte
$\mathbf{K_{pv}}$	diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$D_m = K_{pm} - K_{av}$ e $D_v = K_{pv} - K_{am}$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.
Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione
si può agire con tre modalità :
1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su tan(ϕ) e sulla coesione

Calcolo della spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).
La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).
I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:
- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio *(W)*, carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura *(R e C)* e resistenza per coesione lungo la parete *(A)*;
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.
Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata *z*. Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana).
Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con *W* il peso del cuneo e con *C* il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W*C$$

Indicando con *S* la spinta calcolata in condizioni statiche e con S_s la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa(diagramma triangolare con vertice in alto).

Tiranti di ancoraggio

Le paratie possono essere tirantate, con tiranti attivi o con tiranti passivi, realizzati entrambi tramite perforazione e iniezione del foro con malta in pressione previa sistemazione delle armature opportune.
I tiranti attivi, contrariamente ai tiranti passivi, sono sottoposti ad uno sforzo di pretensione prendendo il contrasto sulla struttura stessa. Il tiro finale sul tirante attivo dipende sia dalla pretensione che dalla deformazione della struttura oltre che dalle cadute di tensione. Nel caso di tiranti passivi il tiro dipende unicamente dalla deformabilità della struttura. L'armatura dei tiranti attivi è costituita da trefoli ad alta resistenza (trefoli per c.a.p.), viceversa i tiranti passivi possono essere armati con trefoli o con tondini o, in alcuni casi, con profilati tubolari. La capacità di resistenza dei tiranti è legata all'attrito e all'aderenza fra superficie del tirante e terreno.

Calcolo della lunghezza di ancoraggio

La lunghezza di ancoraggio (fondazione) del tirante si calcola determinando la lunghezza massima atta a soddisfare le tre seguenti condizioni:

1. Lunghezza necessaria per garantire l'equilibrio fra tensione tangenziale che si sviluppa fra la superficie laterale del tirante ed il terreno e lo sforzo applicato al tirante;
2. Lunghezza necessaria a garantire l'aderenza malta-armatura;
3. Lunghezza necessaria a garantire la resistenza della malta.

Siano **N** lo sforzo nel tirante, δ l'angolo d'attrito tirante-terreno, $\mathbf{c_a}$ l'adesione tirante-terreno, γ il peso di volume del terreno, **D** ed $\mathbf{L_f}$ il diametro e la lunghezza di ancoraggio (o lunghezza efficace) del tirante ed **H** la profondità media al di sotto del piano campagna abbiamo la relazione

$$N = \pi D L_f \gamma H K_s \operatorname{tg} \delta + \pi D L_f c_a$$

da cui si ricava la lunghezza di ancoraggio L_f

$$L_f = \frac{N}{\pi D \gamma H K_s \operatorname{tg} \delta + \pi D c_a}$$

$\mathbf{K_s}$ rappresenta il coefficiente di spinta che si assume pari al coefficiente di spinta a riposo

$$K_s = K_0 = 1 - \sin \phi$$

Per quanto riguarda la seconda condizione, la lunghezza necessaria atta a garantire l'aderenza malta-armatura è data dalla relazione

$$L_f = \frac{N}{\pi d \tau_{c0} \omega}$$

dove **d** è la somma dei diametri dei trefoli disposti nel tirante, τ_{c0} è la resistenza tangenziale limite della malta ed ω è un coefficiente correttivo dipendente dal numero di trefoli (ω **= 1 - 0.075 [n trefoli - 1]**).
Per quanto riguarda la verifica della terza condizione si impone che la tensione tangenziale limite tirante-terreno non possa superare la tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo $\mathbf{f1_{bd}}$.
Alla lunghezza efficace determinata prendendo il massimo valore di $\mathbf{L_f}$ si deve aggiungere la lunghezza di franco **L** che rappresenta la lunghezza del tratto che compreso fra la paratia e la superficie di ancoraggio.
La lunghezza totale del tirante sarà quindi data da

$$L_t = L_f + L$$

Nel caso di tiranti attivi, cioè tiranti soggetti ad uno stato di pretensione, bisogna considerare le cadute di tensione. A tale scopo è stato introdotto il coefficiente di caduta di tensione, β, che rappresenta il rapporto fra lo sforzo $\mathbf{N_0}$ al momento del tiro e lo sforzo **N** in esercizio

$$\beta = N_0 / N$$

Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.
La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_f l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L, area A_f, inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s. La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.
I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k, è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo [F/L^3]. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se (m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale (b=100 cm) occorre ricavare l'area equivalente, A_m, della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con E_m il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in Kg/cm^2), l'equivalenza, in termini di rigidezza, si esprime come

$$A_m = 10000 \times \frac{k\,\Delta_m}{E_m}$$

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma ***PAC***). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max}; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max}. Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p0, fino a raggiungere il carico totale p. Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassemblaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).
Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la

pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).
Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tendendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidezza della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s=s_0+K(u-u_0)$$

Le modalità di analisi sono più complicate nel caso di tiranti attivi in quanto è importante conoscere la modalità di tiro: infatti il tirante può essere tesato prima dello scavo, oppure tesato alla fine della corrispondente fase di scavo, oppure al termine di tutto lo scavo. Nella fase in cui il tirante è tesato verra inserita una molla con uno stato di pretensione pari allo sforzo di tesatura. Nelle fasi successive il tirante verrà considerato come una semplice molla che 'ricorda', naturalmente, lo sforzo della fase precedente.
Ovviamente si otterranno soluzioni differenti in funzione della modalità di tiro selezionata.
Nel caso di tiranti attivi, inoltre, è analizzata un fase ulteriore (a lungo termine) nella quale il tiro iniziale è depurato delle cadute di tensione.
In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.
È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare. In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\Sigma_i \left(\frac{c_i b_i}{\cos\alpha_i} + [W_i \cos\alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg}\phi_i \right)}{\Sigma_i W_i \sin\alpha_i}$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i_{esima} rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i_{esima} e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.
Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i/\cos\alpha_i$).
Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava η. Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato e è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	4,00	[m]
Profondità di infissione	12,40	[m]
Altezza totale della paratia	16,40	[m]
Lunghezza paratia	14,40	[m]
Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	0,90	[m]
Diametro dei pali	90,00	[cm]
Numero totale di pali	16	
Numero di pali per metro lineare	1.11	

Geometria cordoli

Simbologia adottata
n° numero d'ordine del cordolo
Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo
B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio
A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm^3]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		[cm]	[cm]	[cmq]	[cm^3]
1	0,00	Calcestruzzo	70,00	50,00	--	--
2	2,00	Calcestruzzo	--	--	74,80	490,00

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento
(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
2	4,00	0,00	0.00
3	20,00	0,00	0.00

Profilo di valle

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-20,00	-12,40	0.00
2	-9,50	-12,40	0.00
3	0,00	-4,00	0.00

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n° numero d'ordine
Descrizione Descrizione del terreno
γ peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s peso di volume saturo del terreno espresso [kN/mc]
ϕ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c coesione del terreno espressa in [MPa]

N°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [MPa]
1	Terreno di riporto	18,500	20,000	30.00	19.00	0,0000
2	Ghiaia sabbiosa 1	19,000	20,000	38.00	23.00	0,0000
3	Ghiaia sabbiosa 2	19,000	20,000	38.00	23.00	0,0000
4	Sabbia limosa	18,500	19,000	28.00	19.00	0,0000

Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix

Simbologia adottata
α_{min}, α_{med} coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato
fs_{min}, fs_{med} tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [MPa]

N°	Descrizione	α_{min}	fs_{min}	α_{med}	fs_{med}
1	Terreno di riporto	1.30	0,0500	1.30	0,0500
2	Ghiaia sabbiosa 1	1.30	0,2000	1.30	0,2250
3	Ghiaia sabbiosa 2	1.30	0,2000	1.30	0,2250
4	Sabbia limosa	1.15	0,0500	1.15	0,0500

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata
n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm^2/cm
α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)
Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp [m]	α_M [°]	α_V [°]	Kw_M kg/cmq/cm	Kw_V kg/cmq/cm	Terreno M	Terreno V
1	4,00	0.00	0.00	0.67	0.67	Terreno di riporto	Terreno di riporto
2	2,00	0.00	0.00	2.51	2.51	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1
3	2,00	0.00	0.00	3.53	3.53	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2
4	2,00	0.00	0.00	4.56	4.56	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1
5	1,50	0.00	0.00	5.45	5.45	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2
6	1,00	0.00	0.00	3.70	3.70	Sabbia limosa	Sabbia limosa
7	2,00	0.00	0.00	6.85	6.85	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2
8	2,00	0.00	0.00	7.87	7.87	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1
9	2,00	0.00	0.00	8.90	8.90	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2
10	2,00	0.00	0.00	9.92	9.92	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1

Caratteristiche materiali utilizzati

Calcestruzzo

Peso specifico	24,52	[kN/mc]
Classe di Resistenza	C20/25	
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	25,0	[MPa]
Tensione di progetto a compressione σ_c	8,5	[MPa]

Acciaio

Tipo	S 355	
Tensione di snervamento f_{yk}	355,0	[MPa]

Caratteristiche acciaio cordoli in c.a.

Tipo	B450C	
Tensione di snervamento f_{yk}	450,0	[MPa]

Caratteristiche acciaio cordoli in acciaio.

Tipo	S 275	
Tensione di snervamento f_{yk}	275,0	[MPa]

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate
Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
F_x Forza orizzontale espressa in [kN], positiva da monte verso valle
F_y Forza verticale espressa in [kN], positiva verso il basso
M Momento espresso in [kNm], positivo ribaltante
Q_i, Q_f Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kN/mq]
V_i, V_s Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kN/mq], positivi da monte verso valle
R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kN]

Condizione n° 1					
Carico distribuito sul profilo	X_i = 0,00	X_f = 20,00	Q_i = 10,00	Q_f = 10,00	

Caratteristiche tiranti di ancoraggio

Tipologia tiranti n° 1 - Tirante attivo (trefoli)

Calcolo tiranti: VERIFICA
Per il calcolo dei tiranti è stato utilizzato il metodo di BUSTAMANTE-DOIX
Tiranti attivi armati con trefoli
Coefficiente cadute di tensione 1,30
Malta utilizzata per i tiranti
Classe di Resistenza C20/25
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck} 25,0 [MPa]
Acciaio utilizzato per i tiranti
Tipo Precomp
Tensione di snervamento f_{yk} 1569,1 [MPa]

Descrizione tiranti di ancoraggio (Armatura trefoli)

Simbologia adottata - Caratteristiche geometriche
N numero d'ordine della fila
Y ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
I interasse tra le file di tiranti espressa in [m]
alfa inclinazione dei tiranti della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
D diametro della perforazione espresso in [cm]
Cesp coeff. di espansione laterale
ALL allineamento dei tiranti della fila (CENTRATI o SFALSATI)
nr numero di tiranti della fila
Lt lunghezza totale del tirante espresso in [m]
Lf lunghezza di fondazione del tirante espresso in [m]

Simbologia adottata - Caratteristiche armatura e di interazione con il terreno
N numero d'ordine della fila
At area del singolo trefolo espressa in [cmq]
nt numero di trefoli del tirante
T tiro iniziale espresso in [kN]

Caratteristiche geometriche

N	Y	I	Alfa	D	Cesp	ALL	nr	Lt	Lf
	[m]	*[m]*		*[cm]*				*[m]*	*[m]*
1	2,00	1,60	15.00	18,00	1.25	Centrati	9	11,50	4,00

Caratteristiche armatura e di interazione con il terreno

N	At	nt	T
	[cmq]		*[kN]*

N	At [cmq]	nt	T [kN]
1	1,84	3	200,00

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 [A1-M1]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.30	
Condizione 1 (Variabili)	1.50	1.00

Combinazione n° 2 [A2-M2]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.30	1.00

Combinazione n° 3 [SLER]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.00	1.00

Combinazione n° 4 [SLEF]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.00	0.50

Combinazione n° 5 [SLEQ]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.00	0.20

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo :
Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

			Statici		Sismici	
Carichi	Effetto		A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{Gfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

		Statici		Sismici	
Parametri		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.60

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00	1.00	1.00

TIRANTI DI ANCORAGGIO

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti

Resistenza		**Tiranti**
Laterale	γ_{st}	1,20

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti.

Numero di verticali indagate 1 ξ_3=1,80 ξ_4=1,80

Verifica materiali : Stato Limite Ultimo

Impostazioni verifiche SLE

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio - Metodo dell'inclinazione variabile del traliccio

$V_{Rd}=[0.18*k*(100.0*\rho_l*fck)^{1/3}/\gamma_c+0.15*\sigma_{cp}]*bw*d>(vmin+0.15*\sigma_{cp})*b_w*d$

$V_{Rsd}=0.9*d*A_{sw}/s*fyd*(ctg\alpha+ctg\theta)*sin\alpha$

$V_{Rcd}=0.9*d*b_w*\alpha_c*fcd'*(ctg(\theta)+ctg(\alpha)/(1.0+ctg\theta^2)$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b_w	larghezza minima sezione [mm]
σ_{cp}	tensione media di compressione [N/mmq]
ρ_l	rapporto geometrico di armatura
A_{sw}	area armatuta trasversale [mmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α_c	coefficiente maggiorativo, funzione di fcd e σ_{cp}

$fcd'=0.5*fcd$

$k=1+(200/d)^{1/2}$

$vmin=0.035*k^{3/2}*fck^{1/2}$

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali	Molto aggressive
Armatura ad aderenza migliorata	
Sensibilità delle armature	Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure	w_1 = 0.20
	w_2 = 0.30
	w_3 = 0.40
Metodo di calcolo aperture delle fessure	NTC 2008 - I° Formulazione
Verifica delle tensioni	
Combinazione di carico	Rara $\sigma_c < 0.60\ f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.70\ f_{yk}$
	Quasi permanente $\sigma_c < 0.45\ f_{ck}$

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva Ka e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Non sono state analizzate Combinazioni/Fasi sismiche.

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico
La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.
Essa è discretizzata in 80 elementi fuori terra e 248 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.
Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	4,00	[m]
Profondità di infissione	12,40	[m]
Altezza totale della paratia	16,40	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Pa Spinta attiva, espressa in [kN]
Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]
Pw Spinta della falda, espressa in [kN]
Pp Resistenza passiva, espressa in [kN]
Pc Controspinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	Pa [kN]	Y_{Pa} [m]	Is [kN]	Y_{Is} [m]	Pw [kN]	Y_{Pw} [m]	Pp [kN]	Y_{Pp} [m]	Pc [kN]	Y_{Pc} [m]
1	[A1-M1]	116,21	3,30	--	--	--	--	-27,75	8,75	2,66	15,52
2	[A2-M2]	158,17	4,24	--	--	--	--	-69,64	11,23	20,97	15,79
3	[SLER]	102,14	3,15	--	--	--	--	-19,23	9,39	4,22	7,77
4	[SLEF]	98,97	3,16	--	--	--	--	-18,93	9,56	6,12	6,65
5	[SLEQ]	97,11	3,17	--	--	--	--	-18,89	9,67	7,35	6,29

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kN]
Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kN]
Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kN]
Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kN]

n°	Tipo	Rc	Y_{Rc}	Rt	Y_{Rt}	Rv	Y_{Rv}	Rp	Y_{Rp}
1	[A1-M1]	0,00	0,00	91,08	2,00	--	--	--	--
2	[A2-M2]	0,00	0,00	109,42	2,00	--	--	--	--
3	[SLER]	0,00	0,00	87,13	2,00	--	--	--	--
4	[SLEF]	0,00	0,00	86,15	2,00	--	--	--	--
5	[SLEQ]	0,00	0,00	85,58	2,00	--	--	--	--

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pp Portanza di punta, espressa in [kN]

n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pp
1	[A1-M1]	6,51	8,05	13,83	35.74	0.61	9579,52

n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pp
2	[A2-M2]	8,09	11,50	14,58	67.47	3.81	4386,75
3	[SLER]	6,49	8,05	14,75	22.09	0.65	9579,52
4	[SLEF]	6,40	8,40	14,87	17.67	0.69	9579,52
5	[SLEQ]	6,35	10,05	14,93	15.26	0.72	9579,52

Risultati tiranti

Caratteristiche dei tiranti utilizzati

Simbologia adottata

Y ordinata della fila rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
nt numero di tiranti della fila
N sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kN]
L lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]
L_f lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]
Ld lunghezza totale definita del tirante espressa in [m]
Ld_f lunghezza di fondazione definita del tirante espressa in [m]
FS Fattore di sicurezza. Rapporto tra lunghezza di fondazione definita e lunghezza di fondazione di progetto.
A_f area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]
Rt/ml reazione a metro lineare del tirante della fila espresso in [kN]
σ_f tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [MPa]
u spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]
R1, R2, R3 resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-armatura, resistenza malta) espressa in [kN]

Caratteristiche armatura file tiranti

1 file di tiranti attivi armati con trefoli

n°	Tipologia	Y [m]	nt	A_f [cmq]	L [m]	L_f [m]	Ld [m]	Ld_f [m]	FS
1	Tirante attivo (trefoli)	2,00	9	5,52	10,20	2,75	11,50	4,00	1.46

Combinazione n° 1

n°	Tipologia	N [kN]	Rt/ml [kN]	σ_f [MPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	150,87	94,2912	273,308	-0,01703	26722	26905	316628

Combinazione n° 2

n°	Tipologia	N [kN]	Rt/ml [kN]	σ_f [MPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	181,25	113,2786	328,344	0,19056	32067	26905	316628

Combinazione n° 3

n°	Tipologia	N [kN]	Rt/ml [kN]	σ_f [MPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	144,32	90,2006	261,451	-0,06176	0	26905	316628

Combinazione n° 4

n°	Tipologia	N [kN]	Rt/ml [kN]	σ_f [MPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	142,71	89,1941	258,534	-0,07276	0	26905	316628

Combinazione n° 5

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	141,75	88,5962	256,801	-0,07930	0	26905	316628

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]
N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)
T taglio massimo e minimo espresso in [kN]

n°	Tipo	M	Y_M	T	Y_T	N	Y_N	
		[kNm]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	
1	[A1-M1]	22,38	2,00	26,28	2,00	308,62	16,40	MAX
--	--	-67,04	4,70	-64,80	2,00	0,00	0,00	MIN
2	[A2-M2]	50,84	12,80	48,70	8,05	313,53	16,40	MAX
--	--	-142,93	5,50	-87,24	2,00	0,00	0,00	MIN
3	[SLER]	24,08	2,00	26,81	2,00	307,56	16,40	MAX
--	--	-63,98	4,80	-60,32	2,00	0,00	0,00	MIN
4	[SLEF]	23,08	2,00	25,72	2,00	307,30	16,40	MAX
--	--	-67,56	4,85	-60,43	2,00	0,00	0,00	MIN
5	[SLEQ]	22,43	2,00	25,05	2,00	307,14	16,40	MAX
--	--	-69,92	4,85	-60,53	2,00	0,00	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y_U	V	Y_V	
		[cm]	[m]	[cm]	[m]	
1	[A1-M1]	0,0258	6,05	0,0126	0,00	MAX
--	--	-0,0489	0,00	0,0000	0,00	MIN
2	[A2-M2]	0,2388	5,10	0,0129	0,00	MAX
--	--	-0,0294	16,40	0,0000	0,00	MIN
3	[SLER]	0,0104	7,95	0,0125	0,00	MAX
--	--	-0,1039	0,00	0,0000	0,00	MIN
4	[SLEF]	0,0095	8,40	0,0125	0,00	MAX
--	--	-0,1197	0,00	0,0000	0,00	MIN
5	[SLEQ]	0,0093	8,60	0,0125	0,00	MAX
--	--	-0,1292	0,00	0,0000	0,00	MIN

Stabilità globale

Metodo di Fellenius
Numero di cerchi analizzati 100

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
(X_C; Y_C) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X_V; Y_V) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X_M; Y_M) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS Coefficiente di sicurezza

n°	Tipo	(X_C, Y_C)	R	(X_V, Y_V)	(X_M, Y_M)	FS
		[m]	[m]	[m]	[m]	
2	[A2-M2]	(-6,56; 0,00)	17,66	(-19,15; -12,39)	(11,10; 0,00)	1.51

Combinazione n° 2

Numero di strisce 52

Simbologia adottata
Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
Le strisce sono numerate da monte verso valle

N°	numero d'ordine della striscia
W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
L	sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]
Ctn, Ctt	contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kN]

Caratteristiche delle strisce

N°	W	α(°)	Wsinα	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kN]					[MPa]	[MPa]	[kN]
1	3,1020	-44.11	-2,1593	0,83	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
2	9,2837	-41.49	-6,1507	0,79	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
3	14,9329	-38.97	-9,3922	0,76	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
4	20,1036	-36.54	-11,9696	0,74	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
5	24,8412	-34.18	-13,9566	0,72	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
6	29,1821	-31.89	-15,4161	0,70	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
7	33,1565	-29.65	-16,4029	0,68	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
8	36,7890	-27.46	-16,9655	0,67	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
9	40,1006	-25.32	-17,1470	0,66	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
10	43,1087	-23.21	-16,9867	0,64	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
11	45,8280	-21.13	-16,5204	0,64	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
12	48,2712	-19.08	-15,7815	0,63	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
13	50,4489	-17.06	-14,8007	0,62	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
14	52,3701	-15.06	-13,6071	0,61	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
15	54,0426	-13.08	-12,2283	0,61	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
16	55,4726	-11.11	-10,6906	0,60	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
17	58,1449	-9.16	-9,2547	0,60	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
18	64,6200	-7.22	-8,1171	0,60	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
19	67,7787	-5.33	-6,2916	0,57	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
20	73,6190	-3.49	-4,4766	0,57	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
21	79,2636	-1.65	-2,2820	0,57	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
22	84,7133	0.18	0,2735	0,57	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
23	89,9683	2.02	3,1711	0,57	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
24	95,0284	3.86	6,3921	0,57	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
25	99,8926	5.70	9,9177	0,57	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
26	104,5591	7.54	13,7288	0,57	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
27	109,0259	9.40	17,8062	0,57	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
28	113,2900	11.26	22,1300	0,58	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
29	117,3478	13.14	26,6799	0,58	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
30	121,1947	15.03	31,4351	0,59	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
31	124,8256	16.94	36,3737	0,59	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
32	128,2340	18.87	41,4729	0,60	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
33	131,4126	20.82	46,7087	0,60	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
34	186,8651	22.83	72,5028	0,63	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
35	183,9931	24.90	77,4772	0,64	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
36	180,8330	27.01	82,1309	0,66	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
37	177,3687	29.16	86,4273	0,67	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
38	173,5814	31.36	90,3264	0,68	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
39	169,4484	33.61	93,7839	0,70	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
40	164,9428	35.91	96,7495	0,72	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
41	160,0317	38.29	99,1658	0,74	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
42	154,6748	40.75	100,9665	0,77	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
43	148,8215	43.30	102,0726	0,80	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
44	142,4753	45.97	102,4374	0,84	23.04	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
45	135,5927	48.77	101,9795	0,89	27.52	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)

N°	W	α(°)	Wsinα	L	φ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kN]					[MPa]	[MPa]	[cm]
46	127,8246	51.74	100,3717	0,94	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
47	119,0904	54.92	97,4604	1,02	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
48	109,2009	58.38	92,9893	1,11	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
49	97,7723	62.22	86,5052	1,25	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
50	84,0987	66.65	77,2100	1,47	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
51	66,5214	72.13	63,3122	1,90	32.01	0,0000	0,0000	(15,36; 0,77)
52	31,9622	82.61	31,6967	4,54	24.79	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)

Resistenza a taglio paratia= 0,0000 [kN]
ΣW_i= 4839,0511 [kN]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$= 1671,0577 [kN]
$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i$= 2512,5108 [kN]
$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i$= 0,0000 [kN]

Descrizione armatura pali e caratteristiche sezione

Diametro del palo	90,00	[cm]
Area della sezione trasversale	6361,73	[cmq]
Copriferro	3,00	[cm]

L'armatura del palo è costituita da 26φ16(A_f=52,28 cmq) longitudinali e staffe φ10/13,0 cm.

Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M momento flettente espresso in [kNm]
N sforzo normale espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
Nu sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
FS fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T taglio espresso in [kN]
V_{Rd} taglio resistente espresso in [kN]
FS_T fattore di sicurezza a taglio

N°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	[A1-M1]	4,55	-60,10	92,93	-891,40	1378,32	14.83
2	[A2-M2]	5,35	-128,42	109,83	-727,50	622,20	5.67

N°	Tipo	Y	T	Tr	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	
1	[A1-M1]	2,00	-58,32	495,62	8.50
2	[A2-M2]	2,00	-78,52	495,62	6.31

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ_c tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
σ_f tensione nell'armatura longitudinale del palo, espressa in [MPa]

N°	Tipo	σ_c	Y(σ_c)	σ_f	Y(σ_f)	A_f
		[MPa]	[m]	[MPa]	[m]	[cmq]
3	[SLER]	1,214	4,80	25,303	4,60	52,28
4	[SLEF]	1,287	4,80	27,671	4,60	52,28
5	[SLEQ]	1,335	4,80	29,233	4,65	52,28

Verifica armatura paratia (Inviluppo)

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kNm]
N	sforzo normale espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
Nu	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T	taglio espresso in [kN]
V_{Rd}	taglio resistente espresso in [kN]
FS_T	fattore di sicurezza a taglio

n°	Tipo	Y [m]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS	T [kN]	V_{Rd} [kN]	FS_T
1	[A1-M1]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.00	0,00	495,62	1000.00
1	[A1-M1]	0,05	0,00	0,78	47,48	7556,31	1000.00	0,27	495,62	1000.00
1	[A1-M1]	0,10	0,03	1,56	130,15	7483,73	1000.00	0,62	495,62	798.75
1	[A1-M1]	0,15	0,07	2,34	213,31	7410,71	1000.00	0,99	495,62	502.11
1	[A1-M1]	0,20	0,13	3,12	296,90	7337,31	1000.00	1,37	495,62	362.55
1	[A1-M1]	0,25	0,20	3,90	380,83	7263,62	1000.00	1,76	495,62	281.57
1	[A1-M1]	0,30	0,30	4,68	465,00	7189,71	1000.00	2,17	495,62	228.79
1	[A1-M1]	0,35	0,42	5,46	549,35	7115,66	1000.00	2,59	495,62	191.71
1	[A1-M1]	0,40	0,56	6,24	620,91	6898,48	1000.00	3,02	495,62	164.27
1	[A1-M1]	0,45	0,72	7,02	683,06	6625,98	944.05	3,46	495,62	143.16
1	[A1-M1]	0,50	0,91	7,80	738,99	6346,06	813.75	3,92	495,62	126.44
1	[A1-M1]	0,55	1,12	8,58	790,88	6079,80	708.74	4,39	495,62	112.88
1	[A1-M1]	0,60	1,35	9,36	836,56	5809,54	620.80	4,87	495,62	101.68
1	[A1-M1]	0,65	1,60	10,14	878,94	5556,38	548.07	5,37	495,62	92.28
1	[A1-M1]	0,70	1,89	10,92	915,71	5303,78	485.79	5,88	495,62	84.29
1	[A1-M1]	0,75	2,19	11,70	949,89	5068,93	433.32	6,40	495,62	77.41
1	[A1-M1]	0,80	2,53	12,48	978,74	4835,34	387.52	6,94	495,62	71.44
1	[A1-M1]	0,85	2,89	13,26	1005,46	4618,38	348.36	7,49	495,62	66.21
1	[A1-M1]	0,90	3,27	14,04	1025,59	4396,43	313.20	8,05	495,62	61.59
1	[A1-M1]	0,95	3,69	14,82	1042,34	4183,98	282.37	8,62	495,62	57.49
1	[A1-M1]	1,00	4,14	15,60	1055,05	3977,58	255.02	9,21	495,62	53.82
1	[A1-M1]	1,05	4,61	16,38	1061,55	3769,06	230.15	9,81	495,62	50.53
1	[A1-M1]	1,10	5,12	17,16	1067,50	3578,32	208.57	10,42	495,62	47.56
1	[A1-M1]	1,15	5,65	17,94	1066,60	3383,06	188.61	11,05	495,62	44.87
1	[A1-M1]	1,20	6,22	18,72	1064,46	3201,34	171.04	11,68	495,62	42.42
1	[A1-M1]	1,25	6,82	19,50	1062,32	3035,13	155.68	12,34	495,62	40.18
1	[A1-M1]	1,30	7,46	20,28	1052,66	2862,14	141.16	13,00	495,62	38.12
1	[A1-M1]	1,35	8,12	21,06	1043,92	2705,55	128.49	13,68	495,62	36.24
1	[A1-M1]	1,40	8,83	21,84	1035,97	2563,18	117.38	14,37	495,62	34.50
1	[A1-M1]	1,45	9,56	22,62	1023,84	2421,69	107.08	15,07	495,62	32.89
1	[A1-M1]	1,50	10,33	23,40	1011,49	2290,19	97.89	15,79	495,62	31.39
1	[A1-M1]	1,55	11,14	24,18	1000,26	2170,61	89.79	16,52	495,62	30.01
1	[A1-M1]	1,60	11,98	24,96	990,01	2061,43	82.60	17,26	495,62	28.72
1	[A1-M1]	1,65	12,87	25,74	976,74	1953,64	75.91	18,01	495,62	27.52
1	[A1-M1]	1,70	13,79	26,51	962,75	1851,63	69.83	18,78	495,62	26.39
1	[A1-M1]	1,75	14,74	27,29	949,97	1758,54	64.43	19,56	495,62	25.34
1	[A1-M1]	1,80	15,74	28,07	938,27	1673,28	59.60	20,35	495,62	24.35
1	[A1-M1]	1,85	16,78	28,85	927,52	1594,92	55.27	21,16	495,62	23.43
1	[A1-M1]	1,90	17,86	29,63	917,61	1522,67	51.38	21,97	495,62	22.55
1	[A1-M1]	1,95	18,98	30,41	904,36	1449,32	47.65	22,81	495,62	21.73
1	[A1-M1]	2,00	20,14	31,19	892,01	1381,62	44.29	-78,52	495,62	6.31
1	[A1-M1]	2,05	17,25	53,94	1066,03	3334,24	61.82	-77,72	495,62	6.38
1	[A1-M1]	2,10	14,39	54,72	1054,12	4007,29	73.24	-76,90	495,62	6.44
1	[A1-M1]	2,15	11,59	55,50	990,13	4742,81	85.46	-76,07	495,62	6.52
1	[A1-M1]	2,20	8,82	56,28	875,04	5581,62	99.18	-75,23	495,62	6.59
1	[A1-M1]	2,25	6,10	57,06	700,24	6544,86	114.71	-74,37	495,62	6.66
2	[A2-M2]	2,30	-6,77	62,26	-707,25	6508,86	104.54	-73,50	495,62	6.74
2	[A2-M2]	2,35	-10,42	63,04	-897,35	5429,93	86.13	-72,61	495,62	6.83
2	[A2-M2]	2,40	-14,03	63,82	-1008,88	4590,55	71.93	-71,71	495,62	6.91
2	[A2-M2]	2,45	-17,59	64,60	-1057,92	3885,57	60.15	-70,79	495,62	7.00
2	[A2-M2]	2,50	-21,10	65,38	-1065,64	3301,18	50.49	-69,86	495,62	7.09
2	[A2-M2]	2,55	-24,57	66,16	-1050,81	2829,03	42.76	-68,91	495,62	7.19
2	[A2-M2]	2,60	-28,00	66,94	-1027,04	2455,68	36.69	-67,95	495,62	7.29
2	[A2-M2]	2,65	-31,37	67,72	-998,93	2156,48	31.84	-66,98	495,62	7.40
2	[A2-M2]	2,70	-34,69	68,50	-972,01	1919,15	28.02	-65,99	495,62	7.51
2	[A2-M2]	2,75	-37,97	69,28	-945,37	1725,00	24.90	-64,98	495,62	7.63
2	[A2-M2]	2,80	-41,19	70,06	-924,41	1572,25	22.44	-63,96	495,62	7.75
2	[A2-M2]	2,85	-44,36	70,84	-903,00	1441,89	20.35	-62,93	495,62	7.88

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
2	[A2-M2]	2,90	-47,48	71,62	-882,88	1331,62	18.59	-61,88	495,62	8.01
2	[A2-M2]	2,95	-50,55	72,40	-866,28	1240,67	17.14	-60,82	495,62	8.15
2	[A2-M2]	3,00	-53,57	73,18	-852,38	1164,48	15.91	-59,74	495,62	8.30
2	[A2-M2]	3,05	-56,52	73,96	-840,58	1099,83	14.87	-58,65	495,62	8.45
2	[A2-M2]	3,10	-59,43	74,74	-830,46	1044,38	13.97	-57,54	495,62	8.61
2	[A2-M2]	3,15	-62,28	75,52	-820,12	994,46	13.17	-56,42	495,62	8.79
2	[A2-M2]	3,20	-65,07	76,30	-808,58	948,09	12.43	-55,28	495,62	8.97
2	[A2-M2]	3,25	-67,81	77,08	-798,54	907,73	11.78	-54,13	495,62	9.16
2	[A2-M2]	3,30	-70,48	77,86	-789,74	872,37	11.20	-52,96	495,62	9.36
2	[A2-M2]	3,35	-73,10	78,64	-781,99	841,20	10.70	-51,78	495,62	9.57
2	[A2-M2]	3,40	-75,66	79,42	-775,12	813,60	10.24	-50,59	495,62	9.80
2	[A2-M2]	3,45	-78,16	80,20	-769,02	789,06	9.84	-49,38	495,62	10.04
2	[A2-M2]	3,50	-80,60	80,98	-763,57	767,15	9.47	-48,15	495,62	10.29
2	[A2-M2]	3,55	-82,97	81,76	-758,69	747,55	9.14	-46,91	495,62	10.57
2	[A2-M2]	3,60	-85,29	82,54	-754,32	729,97	8.84	-45,66	495,62	10.86
2	[A2-M2]	3,65	-87,54	83,32	-750,39	714,18	8.57	-44,39	495,62	11.17
2	[A2-M2]	3,70	-89,73	84,10	-746,86	699,98	8.32	-43,11	495,62	11.50
2	[A2-M2]	3,75	-91,85	84,88	-743,68	687,21	8.10	-41,81	495,62	11.85
2	[A2-M2]	3,80	-93,91	85,66	-740,82	675,72	7.89	-40,49	495,62	12.24
2	[A2-M2]	3,85	-95,90	86,44	-738,25	665,40	7.70	-39,17	495,62	12.65
2	[A2-M2]	3,90	-97,82	87,22	-735,95	656,14	7.52	-37,83	495,62	13.10
2	[A2-M2]	3,95	-99,68	88,00	-733,89	647,85	7.36	-36,47	495,62	13.59
2	[A2-M2]	4,00	-101,47	88,78	-732,05	640,45	7.21	-35,11	495,62	14.12
2	[A2-M2]	4,05	-103,20	89,55	-730,39	633,81	7.08	-34,10	495,62	14.53
2	[A2-M2]	4,10	-104,88	90,33	-728,90	627,81	6.95	-33,07	495,62	14.99
2	[A2-M2]	4,15	-106,51	91,11	-727,56	622,41	6.83	-32,02	495,62	15.48
2	[A2-M2]	4,20	-108,08	91,89	-726,35	617,57	6.72	-30,95	495,62	16.01
2	[A2-M2]	4,25	-109,60	92,67	-725,28	613,26	6.62	-29,88	495,62	16.59
2	[A2-M2]	4,30	-111,07	93,45	-724,33	609,46	6.52	-28,80	495,62	17.21
2	[A2-M2]	4,35	-112,48	94,23	-723,51	606,13	6.43	-27,70	495,62	17.89
2	[A2-M2]	4,40	-113,84	95,01	-722,80	603,27	6.35	-26,59	495,62	18.64
2	[A2-M2]	4,45	-115,14	95,79	-722,19	600,84	6.27	-25,47	495,62	19.46
2	[A2-M2]	4,50	-116,39	96,57	-721,69	598,84	6.20	-24,34	495,62	20.36
2	[A2-M2]	4,55	-117,57	97,35	-721,30	597,24	6.13	-23,20	495,62	21.36
2	[A2-M2]	4,60	-118,71	98,13	-721,00	596,04	6.07	-22,05	495,62	22.48
2	[A2-M2]	4,65	-119,78	98,91	-720,79	595,23	6.02	-20,89	495,62	23.73
2	[A2-M2]	4,70	-120,79	99,69	-720,69	594,79	5.97	-19,71	495,62	25.14
2	[A2-M2]	4,75	-121,75	100,47	-720,67	594,72	5.92	-18,53	495,62	26.75
2	[A2-M2]	4,80	-122,65	101,25	-720,74	595,02	5.88	-17,33	495,62	28.59
2	[A2-M2]	4,85	-123,48	102,03	-720,90	595,67	5.84	-16,12	495,62	30.74
2	[A2-M2]	4,90	-124,26	102,81	-721,16	596,69	5.80	-14,91	495,62	33.25
2	[A2-M2]	4,95	-124,97	103,59	-721,50	598,06	5.77	-13,68	495,62	36.24
2	[A2-M2]	5,00	-125,63	104,37	-721,93	599,79	5.75	-12,43	495,62	39.86
2	[A2-M2]	5,05	-126,22	105,15	-722,45	601,87	5.72	-11,18	495,62	44.32
2	[A2-M2]	5,10	-126,74	105,93	-723,06	604,32	5.70	-9,92	495,62	49.96
2	[A2-M2]	5,15	-127,21	106,71	-723,76	607,14	5.69	-8,64	495,62	57.33
2	[A2-M2]	5,20	-127,61	107,49	-724,55	610,33	5.68	8,88	495,62	55.79
2	[A2-M2]	5,25	-127,94	108,27	-725,44	613,89	5.67	9,76	495,62	50.76
2	[A2-M2]	5,30	-128,21	109,05	-726,42	617,85	5.67	10,64	495,62	46.58
2	[A2-M2]	5,35	-128,42	109,83	-727,50	622,20	5.67	11,51	495,62	43.05
2	[A2-M2]	5,40	-128,56	110,61	-728,69	626,96	5.67	12,38	495,62	40.04
2	[A2-M2]	5,45	-128,63	111,39	-729,98	632,15	5.68	13,24	495,62	37.43
2	[A2-M2]	5,50	-128,63	112,17	-731,38	637,77	5.69	14,10	495,62	35.14
2	[A2-M2]	5,55	-128,57	112,95	-732,89	643,85	5.70	14,98	495,62	33.08
2	[A2-M2]	5,60	-128,44	113,73	-734,52	650,41	5.72	15,89	495,62	31.19
2	[A2-M2]	5,65	-128,24	114,51	-736,28	657,47	5.74	16,81	495,62	29.49
2	[A2-M2]	5,70	-127,97	115,29	-738,16	665,04	5.77	17,70	495,62	28.01
2	[A2-M2]	5,75	-127,63	116,07	-740,18	673,17	5.80	18,50	495,62	26.78
2	[A2-M2]	5,80	-127,21	116,85	-742,35	681,87	5.84	19,17	495,62	25.85
2	[A2-M2]	5,85	-126,73	117,63	-744,67	691,19	5.88	19,72	495,62	25.14
2	[A2-M2]	5,90	-126,18	118,41	-747,15	701,16	5.92	20,16	495,62	24.58
2	[A2-M2]	5,95	-125,55	119,19	-749,80	711,82	5.97	20,54	495,62	24.13
2	[A2-M2]	6,00	-124,85	119,97	-752,64	723,21	6.03	20,90	495,62	23.72
2	[A2-M2]	6,05	-124,08	120,75	-755,67	735,40	6.09	21,20	495,62	23.38
2	[A2-M2]	6,10	-123,23	121,53	-758,91	748,44	6.16	21,47	495,62	23.08
2	[A2-M2]	6,15	-122,31	122,31	-762,38	762,39	6.23	21,72	495,62	22.82
2	[A2-M2]	6,20	-121,31	123,09	-766,10	777,33	6.32	21,94	495,62	22.59
2	[A2-M2]	6,25	-120,24	123,87	-770,08	793,34	6.40	22,22	495,62	22.31
2	[A2-M2]	6,30	-119,09	124,65	-774,35	810,51	6.50	23,74	495,62	20.87
2	[A2-M2]	6,35	-117,86	125,43	-778,94	828,94	6.61	25,28	495,62	19.60
2	[A2-M2]	6,40	-116,56	126,21	-783,87	848,76	6.73	26,83	495,62	18.47
2	[A2-M2]	6,45	-115,18	126,99	-789,17	870,07	6.85	28,31	495,62	17.51
2	[A2-M2]	6,50	-113,73	127,77	-794,86	892,96	6.99	29,62	495,62	16.73
2	[A2-M2]	6,55	-112,22	128,55	-800,96	917,48	7.14	30,75	495,62	16.12
2	[A2-M2]	6,60	-110,66	129,33	-807,48	943,68	7.30	31,67	495,62	15.65
2	[A2-M2]	6,65	-109,06	130,11	-814,44	971,62	7.47	32,47	495,62	15.26

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rd}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
2	[A2-M2]	6,70	-107,42	130,89	-821,85	1001,43	7.65	33,23	495,62	14.92
2	[A2-M2]	6,75	-105,74	131,67	-828,04	1031,10	7.83	33,95	495,62	14.60
2	[A2-M2]	6,80	-104,02	132,45	-833,55	1061,34	8.01	34,65	495,62	14.30
2	[A2-M2]	6,85	-102,27	133,23	-839,42	1093,49	8.21	35,33	495,62	14.03
2	[A2-M2]	6,90	-100,49	134,01	-845,67	1127,74	8.42	35,98	495,62	13.78
2	[A2-M2]	6,95	-98,68	134,79	-852,34	1164,26	8.64	36,60	495,62	13.54
2	[A2-M2]	7,00	-96,83	135,57	-859,46	1203,28	8.88	37,20	495,62	13.32
2	[A2-M2]	7,05	-94,96	136,35	-867,08	1245,03	9.13	37,78	495,62	13.12
2	[A2-M2]	7,10	-93,05	137,13	-875,25	1289,80	9.41	38,33	495,62	12.93
2	[A2-M2]	7,15	-91,12	137,91	-884,02	1337,89	9.70	38,86	495,62	12.75
2	[A2-M2]	7,20	-89,17	138,69	-893,47	1389,65	10.02	39,36	495,62	12.59
2	[A2-M2]	7,25	-87,19	139,47	-903,66	1445,51	10.36	39,84	495,62	12.44
2	[A2-M2]	7,30	-85,18	140,25	-914,69	1505,93	10.74	40,29	495,62	12.30
2	[A2-M2]	7,35	-83,16	141,03	-923,59	1566,28	11.11	40,72	495,62	12.17
2	[A2-M2]	7,40	-81,11	141,80	-932,33	1629,94	11.49	41,12	495,62	12.05
2	[A2-M2]	7,45	-79,05	142,58	-941,77	1698,75	11.91	41,49	495,62	11.95
2	[A2-M2]	7,50	-76,96	143,36	-952,00	1773,34	12.37	41,84	495,62	11.85
2	[A2-M2]	7,55	-74,86	144,14	-963,13	1854,42	12.87	42,16	495,62	11.76
2	[A2-M2]	7,60	-72,75	144,92	-975,26	1942,83	13.41	42,45	495,62	11.68
2	[A2-M2]	7,65	-70,62	145,70	-987,81	2038,07	13.99	42,71	495,62	11.60
2	[A2-M2]	7,70	-68,48	146,48	-996,63	2131,91	14.55	42,95	495,62	11.54
2	[A2-M2]	7,75	-66,33	147,26	-1006,23	2234,15	15.17	43,16	495,62	11.48
2	[A2-M2]	7,80	-64,16	148,04	-1016,72	2345,90	15.85	43,34	495,62	11.44
2	[A2-M2]	7,85	-61,99	148,82	-1028,24	2468,48	16.59	43,50	495,62	11.39
2	[A2-M2]	7,90	-59,81	149,60	-1037,78	2595,64	17.35	43,62	495,62	11.36
2	[A2-M2]	7,95	-57,63	150,38	-1045,13	2727,21	18.14	43,73	495,62	11.33
2	[A2-M2]	8,00	-55,44	151,16	-1053,18	2871,51	19.00	43,80	495,62	11.32
2	[A2-M2]	8,05	-53,25	151,94	-1062,05	3030,37	19.94	43,83	495,62	11.31
2	[A2-M2]	8,10	-51,06	152,72	-1064,24	3183,20	20.84	43,82	495,62	11.31
2	[A2-M2]	8,15	-48,87	153,50	-1066,20	3349,06	21.82	43,79	495,62	11.32
2	[A2-M2]	8,20	-46,68	154,28	-1068,35	3531,05	22.89	43,73	495,62	11.33
2	[A2-M2]	8,25	-44,49	155,06	-1063,51	3706,43	23.90	43,63	495,62	11.36
2	[A2-M2]	8,30	-42,31	155,84	-1057,61	3895,42	25.00	43,51	495,62	11.39
2	[A2-M2]	8,35	-40,14	156,62	-1049,36	4094,91	26.15	43,36	495,62	11.43
2	[A2-M2]	8,40	-37,97	157,40	-1034,19	4287,38	27.24	43,18	495,62	11.48
2	[A2-M2]	8,45	-35,81	158,18	-1017,76	4495,80	28.42	42,96	495,62	11.54
2	[A2-M2]	8,50	-33,66	158,96	-995,35	4700,45	29.57	42,72	495,62	11.60
2	[A2-M2]	8,55	-31,53	159,74	-969,33	4911,72	30.75	42,45	495,62	11.68
2	[A2-M2]	8,60	-29,40	160,52	-940,40	5134,08	31.98	42,15	495,62	11.76
2	[A2-M2]	8,65	-27,30	161,30	-907,29	5361,62	33.24	41,81	495,62	11.85
2	[A2-M2]	8,70	-25,20	162,08	-871,36	5603,40	34.57	41,45	495,62	11.96
2	[A2-M2]	8,75	-23,13	162,86	-830,37	5846,19	35.90	41,06	495,62	12.07
2	[A2-M2]	8,80	-21,08	163,64	-786,24	6103,65	37.30	40,63	495,62	12.20
2	[A2-M2]	8,85	-19,05	164,42	-736,59	6358,33	38.67	40,18	495,62	12.34
2	[A2-M2]	8,90	-17,04	165,20	-683,30	6624,95	40.10	39,69	495,62	12.49
2	[A2-M2]	8,95	-15,05	165,98	-624,32	6883,52	41.47	39,18	495,62	12.65
2	[A2-M2]	9,00	-13,10	166,76	-558,16	7107,92	42.62	38,64	495,62	12.83
2	[A2-M2]	9,05	-11,16	167,54	-478,27	7178,07	42.84	38,07	495,62	13.02
2	[A2-M2]	9,10	-9,26	168,32	-398,72	7247,91	43.06	37,47	495,62	13.23
2	[A2-M2]	9,15	-7,39	169,10	-319,61	7317,37	43.27	36,84	495,62	13.45
2	[A2-M2]	9,20	-5,54	169,88	-241,06	7386,34	43.48	36,17	495,62	13.70
2	[A2-M2]	9,25	-3,74	170,66	-163,18	7454,72	43.68	35,48	495,62	13.97
2	[A2-M2]	9,30	-1,96	171,44	-86,07	7522,43	43.88	34,76	495,62	14.26
1	[A1-M1]	9,35	6,44	167,80	282,11	7350,30	43.80	34,02	495,62	14.57
1	[A1-M1]	9,40	6,70	168,58	291,76	7341,83	43.55	33,25	495,62	14.91
2	[A2-M2]	9,45	3,14	173,78	135,15	7479,34	43.04	32,45	495,62	15.27
2	[A2-M2]	9,50	4,76	174,56	202,46	7420,23	42.51	31,63	495,62	15.67
2	[A2-M2]	9,55	6,34	175,34	266,45	7364,05	42.00	30,78	495,62	16.10
2	[A2-M2]	9,60	7,88	176,12	327,23	7310,68	41.51	29,91	495,62	16.57
2	[A2-M2]	9,65	9,38	176,90	384,90	7260,05	41.04	29,01	495,62	17.08
2	[A2-M2]	9,70	10,83	177,68	439,56	7212,05	40.59	28,10	495,62	17.64
2	[A2-M2]	9,75	12,23	178,46	491,31	7166,62	40.16	27,17	495,62	18.24
2	[A2-M2]	9,80	13,59	179,24	540,23	7123,66	39.74	26,22	495,62	18.90
2	[A2-M2]	9,85	14,90	180,02	584,38	7058,65	39.21	25,25	495,62	19.63
2	[A2-M2]	9,90	16,17	180,80	617,98	6911,34	38.23	24,27	495,62	20.42
2	[A2-M2]	9,95	17,38	181,58	648,64	6776,89	37.32	23,28	495,62	21.29
2	[A2-M2]	10,00	18,54	182,36	676,65	6654,11	36.49	22,27	495,62	22.25
2	[A2-M2]	10,05	19,66	183,14	701,70	6537,37	35.70	21,25	495,62	23.32
2	[A2-M2]	10,10	20,72	183,92	723,75	6424,23	34.93	20,25	495,62	24.48
2	[A2-M2]	10,15	21,73	184,70	743,80	6321,35	34.23	19,24	495,62	25.75
2	[A2-M2]	10,20	22,69	185,48	762,03	6227,84	33.58	18,25	495,62	27.16
2	[A2-M2]	10,25	23,61	186,26	778,58	6142,93	32.98	17,26	495,62	28.71
2	[A2-M2]	10,30	24,47	187,04	793,46	6064,79	32.43	16,29	495,62	30.42
2	[A2-M2]	10,35	25,28	187,82	806,26	5988,98	31.89	15,35	495,62	32.29
2	[A2-M2]	10,40	26,05	188,60	817,83	5920,44	31.39	14,44	495,62	34.33
2	[A2-M2]	10,45	26,77	189,38	828,28	5858,55	30.94	13,57	495,62	36.52

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_r
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
2	[A2-M2]	10,50	27,45	190,16	837,72	5802,64	30.52	12,75	495,62	38.87
2	[A2-M2]	10,55	28,09	190,94	846,25	5752,15	30.13	12,00	495,62	41.29
2	[A2-M2]	10,60	28,69	191,72	853,97	5706,42	29.77	11,33	495,62	43.76
2	[A2-M2]	10,65	29,26	192,50	860,98	5664,88	29.43	10,75	495,62	46.10
2	[A2-M2]	10,70	29,79	193,28	867,40	5626,86	29.11	10,27	495,62	48.24
2	[A2-M2]	10,75	30,31	194,06	873,33	5591,75	28.82	9,94	495,62	49.86
2	[A2-M2]	10,80	30,80	194,83	878,73	5557,82	28.53	9,75	495,62	50.85
2	[A2-M2]	10,85	31,29	195,61	883,66	5523,97	28.24	9,75	495,62	50.85
2	[A2-M2]	10,90	31,78	196,39	888,49	5490,79	27.96	9,75	495,62	50.85
2	[A2-M2]	10,95	32,27	197,17	893,22	5458,27	27.68	9,75	495,62	50.86
2	[A2-M2]	11,00	32,75	197,95	897,86	5426,38	27.41	9,75	495,62	50.86
2	[A2-M2]	11,05	33,24	198,73	902,41	5395,11	27.15	9,74	495,62	50.86
2	[A2-M2]	11,10	33,73	199,51	906,88	5364,44	26.89	9,74	495,62	50.86
2	[A2-M2]	11,15	34,22	200,29	911,26	5334,35	26.63	9,74	495,62	50.86
2	[A2-M2]	11,20	34,70	201,07	915,55	5304,83	26.38	9,74	495,62	50.86
2	[A2-M2]	11,25	35,19	201,85	919,77	5275,86	26.14	9,74	495,62	50.87
2	[A2-M2]	11,30	35,68	202,63	923,91	5247,43	25.90	9,74	495,62	50.87
2	[A2-M2]	11,35	36,16	203,41	927,97	5219,52	25.66	9,74	495,62	50.87
2	[A2-M2]	11,40	36,65	204,19	931,96	5192,11	25.43	9,74	495,62	50.87
2	[A2-M2]	11,45	37,14	204,97	935,88	5165,19	25.20	9,74	495,62	50.87
2	[A2-M2]	11,50	37,63	205,75	939,72	5138,76	24.98	8,30	495,62	59.70
2	[A2-M2]	11,55	38,04	206,53	942,72	5118,20	24.78	7,16	495,62	69.22
2	[A2-M2]	11,60	38,40	207,31	945,05	5102,20	24.61	7,16	495,62	69.22
2	[A2-M2]	11,65	38,76	208,09	947,34	5086,41	24.44	7,16	495,62	69.22
2	[A2-M2]	11,70	39,12	208,87	949,61	5070,85	24.28	7,16	495,62	69.22
2	[A2-M2]	11,75	39,47	209,65	951,71	5054,78	24.11	7,16	495,62	69.22
2	[A2-M2]	11,80	39,83	210,43	953,71	5038,55	23.94	7,16	495,62	69.22
2	[A2-M2]	11,85	40,19	211,21	955,68	5022,53	23.78	7,16	495,62	69.23
2	[A2-M2]	11,90	40,55	211,99	957,63	5006,74	23.62	7,16	495,62	69.23
2	[A2-M2]	11,95	40,91	212,77	959,55	4991,16	23.46	7,16	495,62	69.23
2	[A2-M2]	12,00	41,26	213,55	961,44	4975,80	23.30	7,16	495,62	69.23
2	[A2-M2]	12,05	41,62	214,33	963,31	4960,63	23.14	7,16	495,62	69.23
2	[A2-M2]	12,10	41,98	215,11	965,15	4945,67	22.99	7,16	495,62	69.23
2	[A2-M2]	12,15	42,34	215,89	966,97	4930,91	22.84	7,16	495,62	69.23
2	[A2-M2]	12,20	42,69	216,67	968,76	4916,34	22.69	7,16	495,62	69.23
2	[A2-M2]	12,25	43,05	217,45	970,53	4901,96	22.54	7,16	495,62	69.24
2	[A2-M2]	12,30	43,41	218,23	972,28	4887,76	22.40	7,16	495,62	69.24
2	[A2-M2]	12,35	43,77	219,01	974,01	4873,75	22.25	7,16	495,62	69.24
2	[A2-M2]	12,40	44,13	219,79	975,71	4859,92	22.11	7,16	495,62	69.24
2	[A2-M2]	12,45	44,48	220,57	977,39	4846,26	21.97	7,16	495,62	69.24
2	[A2-M2]	12,50	44,84	221,35	979,05	4832,78	21.83	6,14	495,62	80.71
2	[A2-M2]	12,55	45,15	222,13	980,28	4822,84	21.71	4,86	495,62	102.01
2	[A2-M2]	12,60	45,39	222,91	980,96	4817,25	21.61	3,61	495,62	137.14
2	[A2-M2]	12,65	45,57	223,69	981,14	4815,81	21.53	2,41	495,62	205.90
2	[A2-M2]	12,70	45,69	224,47	980,83	4818,34	21.47	-1,86	495,62	266.94
2	[A2-M2]	12,75	45,76	225,25	980,05	4824,69	21.42	-1,91	495,62	259.85
2	[A2-M2]	12,80	45,76	226,03	978,81	4834,73	21.39	-1,96	495,62	253.48
2	[A2-M2]	12,85	45,71	226,81	977,13	4848,35	21.38	-2,05	495,62	241.69
2	[A2-M2]	12,90	45,61	227,59	975,03	4865,45	21.38	-3,07	495,62	161.21
2	[A2-M2]	12,95	45,45	228,37	972,50	4885,95	21.40	-4,06	495,62	121.99
2	[A2-M2]	13,00	45,25	229,15	969,57	4909,78	21.43	-5,02	495,62	98.81
2	[A2-M2]	13,05	45,00	229,93	966,23	4936,89	21.47	-5,93	495,62	83.52
2	[A2-M2]	13,10	44,70	230,71	962,49	4967,23	21.53	-6,82	495,62	72.70
2	[A2-M2]	13,15	44,36	231,49	958,36	5000,76	21.60	-7,67	495,62	64.64
2	[A2-M2]	13,20	43,98	232,27	953,84	5037,47	21.69	-8,48	495,62	58.43
2	[A2-M2]	13,25	43,56	233,05	948,78	5076,53	21.78	-9,27	495,62	53.49
2	[A2-M2]	13,30	43,09	233,83	942,95	5116,61	21.88	-10,01	495,62	49.49
2	[A2-M2]	13,35	42,59	234,61	936,69	5159,58	21.99	-10,73	495,62	46.19
2	[A2-M2]	13,40	42,06	235,39	930,02	5205,43	22.11	-11,41	495,62	43.42
2	[A2-M2]	13,45	41,48	236,17	922,93	5254,15	22.25	-12,07	495,62	41.07
2	[A2-M2]	13,50	40,88	236,95	915,42	5305,76	22.39	-12,69	495,62	39.07
2	[A2-M2]	13,55	40,25	237,73	907,48	5360,27	22.55	-13,27	495,62	37.34
2	[A2-M2]	13,60	39,58	238,51	899,13	5417,68	22.72	-13,83	495,62	35.83
2	[A2-M2]	13,65	38,89	239,29	890,35	5478,02	22.89	-14,36	495,62	34.52
2	[A2-M2]	13,70	38,17	240,07	881,14	5541,31	23.08	-14,85	495,62	33.36
2	[A2-M2]	13,75	37,43	240,85	871,09	5605,00	23.27	-15,32	495,62	32.35
2	[A2-M2]	13,80	36,66	241,63	860,25	5669,20	23.46	-15,76	495,62	31.46
2	[A2-M2]	13,85	35,88	242,41	848,96	5736,08	23.66	-16,16	495,62	30.67
2	[A2-M2]	13,90	35,07	243,19	837,21	5805,66	23.87	-16,54	495,62	29.97
2	[A2-M2]	13,95	34,24	243,97	825,00	5877,95	24.09	-16,89	495,62	29.35
2	[A2-M2]	14,00	33,40	244,75	812,34	5952,98	24.32	-17,20	495,62	28.81
2	[A2-M2]	14,05	32,54	245,53	799,21	6030,74	24.56	-17,49	495,62	28.33
2	[A2-M2]	14,10	31,66	246,31	785,27	6108,62	24.80	-17,76	495,62	27.91
2	[A2-M2]	14,15	30,78	247,09	770,37	6185,07	25.03	-17,99	495,62	27.55
2	[A2-M2]	14,20	29,88	247,86	755,00	6263,91	25.27	-18,19	495,62	27.24
2	[A2-M2]	14,25	28,97	248,64	739,17	6345,10	25.52	-18,37	495,62	26.98

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
2	[A2-M2]	14,30	28,05	249,42	722,89	6428,65	25.77	-18,52	495,62	26.76
2	[A2-M2]	14,35	27,12	250,20	706,15	6514,53	26.04	-18,65	495,62	26.58
2	[A2-M2]	14,40	26,19	250,98	688,77	6600,95	26.30	-18,74	495,62	26.44
2	[A2-M2]	14,45	25,25	251,76	670,23	6682,26	26.54	-18,81	495,62	26.35
2	[A2-M2]	14,50	24,31	252,54	651,27	6765,37	26.79	-18,86	495,62	26.28
2	[A2-M2]	14,55	23,37	253,32	631,91	6850,24	27.04	-18,88	495,62	26.26
2	[A2-M2]	14,60	22,42	254,10	612,17	6936,80	27.30	-18,86	495,62	26.27
2	[A2-M2]	14,65	21,48	254,88	592,06	7024,98	27.56	-18,82	495,62	26.33
2	[A2-M2]	14,70	20,54	255,66	570,20	7097,34	27.76	-18,75	495,62	26.43
2	[A2-M2]	14,75	19,60	256,44	544,26	7120,12	27.76	-18,65	495,62	26.57
2	[A2-M2]	14,80	18,67	257,22	518,44	7142,79	27.77	-18,52	495,62	26.76
2	[A2-M2]	14,85	17,74	258,00	492,79	7165,32	27.77	-18,36	495,62	26.99
2	[A2-M2]	14,90	16,83	258,78	467,33	7187,67	27.77	-18,17	495,62	27.27
2	[A2-M2]	14,95	15,92	259,56	442,12	7209,80	27.78	-17,96	495,62	27.60
2	[A2-M2]	15,00	15,02	260,34	417,20	7231,69	27.78	-17,71	495,62	27.98
2	[A2-M2]	15,05	14,13	261,12	392,59	7253,29	27.78	-17,44	495,62	28.42
2	[A2-M2]	15,10	13,26	261,90	368,36	7274,57	27.78	-17,13	495,62	28.93
2	[A2-M2]	15,15	12,41	262,68	344,53	7295,49	27.77	-16,80	495,62	29.50
2	[A2-M2]	15,20	11,57	263,46	321,15	7316,02	27.77	-16,44	495,62	30.14
2	[A2-M2]	15,25	10,74	264,24	298,26	7336,12	27.76	-16,05	495,62	30.87
2	[A2-M2]	15,30	9,94	265,02	275,90	7355,76	27.76	-15,64	495,62	31.69
2	[A2-M2]	15,35	9,16	265,80	254,11	7374,89	27.75	-15,19	495,62	32.62
2	[A2-M2]	15,40	8,40	266,58	232,93	7393,48	27.73	-14,72	495,62	33.67
2	[A2-M2]	15,45	7,66	267,36	212,42	7411,49	27.72	-14,22	495,62	34.85
2	[A2-M2]	15,50	6,95	268,14	192,60	7428,90	27.71	-13,69	495,62	36.19
2	[A2-M2]	15,55	6,27	268,92	173,52	7445,65	27.69	-13,14	495,62	37.72
2	[A2-M2]	15,60	5,61	269,70	155,21	7461,72	27.67	-12,55	495,62	39.48
2	[A2-M2]	15,65	4,98	270,48	137,73	7477,07	27.64	-11,94	495,62	41.50
2	[A2-M2]	15,70	4,39	271,26	121,11	7491,66	27.62	-11,31	495,62	43.84
2	[A2-M2]	15,75	3,82	272,04	105,39	7505,47	27.59	-10,64	495,62	46.58
2	[A2-M2]	15,80	3,29	272,82	90,61	7518,45	27.56	-9,95	495,62	49.83
2	[A2-M2]	15,85	2,79	273,60	76,81	7530,56	27.52	-9,23	495,62	53.72
2	[A2-M2]	15,90	2,33	274,38	64,02	7541,79	27.49	-8,48	495,62	58.46
2	[A2-M2]	15,95	1,91	275,16	52,30	7552,09	27.45	-7,70	495,62	64.35
2	[A2-M2]	16,00	1,52	275,94	41,66	7561,42	27.40	-6,90	495,62	71.84
2	[A2-M2]	16,05	1,18	276,72	32,15	7569,77	27.36	-6,07	495,62	81.67
2	[A2-M2]	16,10	0,87	277,50	23,81	7577,10	27.30	-5,21	495,62	95.12
2	[A2-M2]	16,15	0,61	278,28	16,66	7583,37	27.25	-4,33	495,62	114.58
2	[A2-M2]	16,20	0,40	279,06	10,74	7588,57	27.19	-3,41	495,62	145.22
2	[A2-M2]	16,25	0,22	279,84	6,09	7592,66	27.13	-2,47	495,62	200.42
2	[A2-M2]	16,30	0,10	280,62	2,73	7595,61	27.07	-1,51	495,62	329.18
2	[A2-M2]	16,35	0,03	281,40	0,69	7597,40	27.00	-0,51	495,62	969.91

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ_c tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
σ_f tensione nell'armatura longitudinale del palo, espressa in [MPa]

Y	σ_c	n° - Tipo	σ_f	n° - Tipo
[m]	[MPa]		[MPa]	
0,00	0,000	3 - [SLER]	0,000	3 - [SLER]
0,05	0,001	3 - [SLER]	0,017	3 - [SLER]
0,10	0,003	3 - [SLER]	0,037	3 - [SLER]
0,15	0,004	3 - [SLER]	0,061	3 - [SLER]
0,20	0,006	3 - [SLER]	0,089	3 - [SLER]
0,25	0,008	3 - [SLER]	0,120	3 - [SLER]
0,30	0,011	3 - [SLER]	0,155	3 - [SLER]
0,35	0,014	3 - [SLER]	0,193	3 - [SLER]
0,40	0,017	3 - [SLER]	0,236	3 - [SLER]
0,45	0,020	3 - [SLER]	0,282	3 - [SLER]
0,50	0,024	3 - [SLER]	0,333	3 - [SLER]
0,55	0,028	3 - [SLER]	0,390	3 - [SLER]
0,60	0,032	3 - [SLER]	0,454	3 - [SLER]
0,65	0,038	3 - [SLER]	0,525	3 - [SLER]
0,70	0,043	3 - [SLER]	0,603	3 - [SLER]
0,75	0,050	3 - [SLER]	0,691	3 - [SLER]
0,80	0,057	3 - [SLER]	0,787	3 - [SLER]
0,85	0,065	3 - [SLER]	0,893	3 - [SLER]
0,90	0,074	3 - [SLER]	1,009	3 - [SLER]
0,95	0,083	3 - [SLER]	1,134	3 - [SLER]

Y	σ_c	n° - Tipo	σ_f	n° - Tipo
[m]	[MPa]		[MPa]	
1,00	0,093	3 - [SLER]	1,268	3 - [SLER]
1,05	0,104	3 - [SLER]	1,412	3 - [SLER]
1,10	0,116	3 - [SLER]	1,566	3 - [SLER]
1,15	0,129	3 - [SLER]	1,729	3 - [SLER]
1,20	0,142	3 - [SLER]	1,955	3 - [SLER]
1,25	0,156	3 - [SLER]	2,270	3 - [SLER]
1,30	0,171	3 - [SLER]	2,612	3 - [SLER]
1,35	0,187	3 - [SLER]	2,981	3 - [SLER]
1,40	0,203	3 - [SLER]	3,378	3 - [SLER]
1,45	0,220	3 - [SLER]	3,801	3 - [SLER]
1,50	0,238	3 - [SLER]	4,252	3 - [SLER]
1,55	0,257	3 - [SLER]	4,731	3 - [SLER]
1,60	0,276	3 - [SLER]	5,237	3 - [SLER]
1,65	0,297	3 - [SLER]	5,772	3 - [SLER]
1,70	0,318	3 - [SLER]	6,336	3 - [SLER]
1,75	0,340	3 - [SLER]	6,928	3 - [SLER]
1,80	0,362	3 - [SLER]	7,549	3 - [SLER]
1,85	0,386	3 - [SLER]	8,199	3 - [SLER]
1,90	0,410	3 - [SLER]	8,879	3 - [SLER]
1,95	0,435	3 - [SLER]	9,589	3 - [SLER]
2,00	0,461	3 - [SLER]	10,329	3 - [SLER]
2,05	0,379	3 - [SLER]	5,091	3 - [SLER]
2,10	0,320	3 - [SLER]	4,343	3 - [SLER]
2,15	0,265	3 - [SLER]	3,645	3 - [SLER]
2,20	0,218	3 - [SLER]	3,035	3 - [SLER]
2,25	0,180	3 - [SLER]	2,541	3 - [SLER]
2,30	0,151	3 - [SLER]	2,149	3 - [SLER]
2,35	0,123	3 - [SLER]	1,782	3 - [SLER]
2,40	0,096	3 - [SLER]	1,421	3 - [SLER]
2,45	0,115	5 - [SLEQ]	1,674	5 - [SLEQ]
2,50	0,144	5 - [SLEQ]	2,060	5 - [SLEQ]
2,55	0,172	5 - [SLEQ]	2,439	5 - [SLEQ]
2,60	0,202	5 - [SLEQ]	2,841	5 - [SLEQ]
2,65	0,236	5 - [SLEQ]	3,298	5 - [SLEQ]
2,70	0,275	5 - [SLEQ]	3,803	5 - [SLEQ]
2,75	0,316	5 - [SLEQ]	4,344	5 - [SLEQ]
2,80	0,360	5 - [SLEQ]	4,904	5 - [SLEQ]
2,85	0,404	5 - [SLEQ]	5,471	5 - [SLEQ]
2,90	0,448	5 - [SLEQ]	6,036	5 - [SLEQ]
2,95	0,492	5 - [SLEQ]	6,594	5 - [SLEQ]
3,00	0,535	5 - [SLEQ]	7,708	5 - [SLEQ]
3,05	0,577	5 - [SLEQ]	8,852	5 - [SLEQ]
3,10	0,619	5 - [SLEQ]	9,989	5 - [SLEQ]
3,15	0,659	5 - [SLEQ]	11,113	5 - [SLEQ]
3,20	0,699	5 - [SLEQ]	12,219	5 - [SLEQ]
3,25	0,737	5 - [SLEQ]	13,303	5 - [SLEQ]
3,30	0,774	5 - [SLEQ]	14,361	5 - [SLEQ]
3,35	0,810	5 - [SLEQ]	15,393	5 - [SLEQ]
3,40	0,845	5 - [SLEQ]	16,396	5 - [SLEQ]
3,45	0,879	5 - [SLEQ]	17,368	5 - [SLEQ]
3,50	0,912	5 - [SLEQ]	18,308	5 - [SLEQ]
3,55	0,943	5 - [SLEQ]	19,216	5 - [SLEQ]
3,60	0,974	5 - [SLEQ]	20,090	5 - [SLEQ]
3,65	1,003	5 - [SLEQ]	20,929	5 - [SLEQ]
3,70	1,031	5 - [SLEQ]	21,733	5 - [SLEQ]
3,75	1,059	5 - [SLEQ]	22,501	5 - [SLEQ]
3,80	1,085	5 - [SLEQ]	23,233	5 - [SLEQ]
3,85	1,109	5 - [SLEQ]	23,927	5 - [SLEQ]
3,90	1,133	5 - [SLEQ]	24,584	5 - [SLEQ]
3,95	1,155	5 - [SLEQ]	25,204	5 - [SLEQ]
4,00	1,177	5 - [SLEQ]	25,784	5 - [SLEQ]
4,05	1,197	5 - [SLEQ]	26,321	5 - [SLEQ]
4,10	1,215	5 - [SLEQ]	26,810	5 - [SLEQ]
4,15	1,232	5 - [SLEQ]	27,251	5 - [SLEQ]
4,20	1,248	5 - [SLEQ]	27,645	5 - [SLEQ]
4,25	1,262	5 - [SLEQ]	27,993	5 - [SLEQ]
4,30	1,275	5 - [SLEQ]	28,296	5 - [SLEQ]
4,35	1,287	5 - [SLEQ]	28,555	5 - [SLEQ]
4,40	1,297	5 - [SLEQ]	28,771	5 - [SLEQ]
4,45	1,306	5 - [SLEQ]	28,944	5 - [SLEQ]
4,50	1,314	5 - [SLEQ]	29,076	5 - [SLEQ]
4,55	1,320	5 - [SLEQ]	29,167	5 - [SLEQ]
4,60	1,325	5 - [SLEQ]	29,219	5 - [SLEQ]
4,65	1,329	5 - [SLEQ]	29,233	5 - [SLEQ]
4,70	1,332	5 - [SLEQ]	29,208	5 - [SLEQ]
4,75	1,334	5 - [SLEQ]	29,147	5 - [SLEQ]

Y	σ_z	n° - Tipo	σ_r	n° - Tipo
[m]	[MPa]		[MPa]	
4,80	1,335	5 - [SLEQ]	29,049	5 - [SLEQ]
4,85	1,335	5 - [SLEQ]	28,917	5 - [SLEQ]
4,90	1,333	5 - [SLEQ]	28,750	5 - [SLEQ]
4,95	1,331	5 - [SLEQ]	28,551	5 - [SLEQ]
5,00	1,328	5 - [SLEQ]	28,318	5 - [SLEQ]
5,05	1,323	5 - [SLEQ]	28,054	5 - [SLEQ]
5,10	1,318	5 - [SLEQ]	27,759	5 - [SLEQ]
5,15	1,312	5 - [SLEQ]	27,435	5 - [SLEQ]
5,20	1,304	5 - [SLEQ]	27,081	5 - [SLEQ]
5,25	1,296	5 - [SLEQ]	26,699	5 - [SLEQ]
5,30	1,287	5 - [SLEQ]	26,290	5 - [SLEQ]
5,35	1,278	5 - [SLEQ]	25,855	5 - [SLEQ]
5,40	1,267	5 - [SLEQ]	25,393	5 - [SLEQ]
5,45	1,255	5 - [SLEQ]	24,907	5 - [SLEQ]
5,50	1,243	5 - [SLEQ]	24,397	5 - [SLEQ]
5,55	1,230	5 - [SLEQ]	23,864	5 - [SLEQ]
5,60	1,216	5 - [SLEQ]	23,307	5 - [SLEQ]
5,65	1,201	5 - [SLEQ]	22,728	5 - [SLEQ]
5,70	1,186	5 - [SLEQ]	22,126	5 - [SLEQ]
5,75	1,169	5 - [SLEQ]	21,505	5 - [SLEQ]
5,80	1,152	5 - [SLEQ]	20,867	5 - [SLEQ]
5,85	1,135	5 - [SLEQ]	20,219	5 - [SLEQ]
5,90	1,117	5 - [SLEQ]	19,563	5 - [SLEQ]
5,95	1,099	5 - [SLEQ]	18,903	5 - [SLEQ]
6,00	1,081	5 - [SLEQ]	18,240	5 - [SLEQ]
6,05	1,062	5 - [SLEQ]	17,576	5 - [SLEQ]
6,10	1,044	5 - [SLEQ]	16,914	5 - [SLEQ]
6,15	1,025	5 - [SLEQ]	16,253	5 - [SLEQ]
6,20	1,006	5 - [SLEQ]	15,595	5 - [SLEQ]
6,25	0,987	5 - [SLEQ]	14,942	5 - [SLEQ]
6,30	0,968	5 - [SLEQ]	14,295	5 - [SLEQ]
6,35	0,949	5 - [SLEQ]	13,654	5 - [SLEQ]
6,40	0,930	5 - [SLEQ]	13,023	5 - [SLEQ]
6,45	0,911	5 - [SLEQ]	12,401	5 - [SLEQ]
6,50	0,892	5 - [SLEQ]	11,967	5 - [SLEQ]
6,55	0,874	5 - [SLEQ]	11,737	5 - [SLEQ]
6,60	0,855	5 - [SLEQ]	11,509	5 - [SLEQ]
6,65	0,837	5 - [SLEQ]	11,283	5 - [SLEQ]
6,70	0,819	5 - [SLEQ]	11,059	5 - [SLEQ]
6,75	0,801	5 - [SLEQ]	10,837	5 - [SLEQ]
6,80	0,784	5 - [SLEQ]	10,618	5 - [SLEQ]
6,85	0,766	5 - [SLEQ]	10,401	5 - [SLEQ]
6,90	0,749	5 - [SLEQ]	10,188	5 - [SLEQ]
6,95	0,732	5 - [SLEQ]	9,977	5 - [SLEQ]
7,00	0,716	5 - [SLEQ]	9,771	5 - [SLEQ]
7,05	0,700	5 - [SLEQ]	9,568	5 - [SLEQ]
7,10	0,684	5 - [SLEQ]	9,370	5 - [SLEQ]
7,15	0,669	5 - [SLEQ]	9,176	5 - [SLEQ]
7,20	0,654	5 - [SLEQ]	8,987	5 - [SLEQ]
7,25	0,639	5 - [SLEQ]	8,803	5 - [SLEQ]
7,30	0,625	5 - [SLEQ]	8,623	5 - [SLEQ]
7,35	0,612	5 - [SLEQ]	8,449	5 - [SLEQ]
7,40	0,598	5 - [SLEQ]	8,281	5 - [SLEQ]
7,45	0,586	5 - [SLEQ]	8,118	5 - [SLEQ]
7,50	0,573	5 - [SLEQ]	7,961	5 - [SLEQ]
7,55	0,562	5 - [SLEQ]	7,809	5 - [SLEQ]
7,60	0,550	5 - [SLEQ]	7,663	5 - [SLEQ]
7,65	0,539	5 - [SLEQ]	7,523	5 - [SLEQ]
7,70	0,529	5 - [SLEQ]	7,388	5 - [SLEQ]
7,75	0,519	5 - [SLEQ]	7,259	5 - [SLEQ]
7,80	0,509	5 - [SLEQ]	7,135	5 - [SLEQ]
7,85	0,500	5 - [SLEQ]	7,017	5 - [SLEQ]
7,90	0,492	5 - [SLEQ]	6,904	5 - [SLEQ]
7,95	0,483	5 - [SLEQ]	6,795	5 - [SLEQ]
8,00	0,475	5 - [SLEQ]	6,692	5 - [SLEQ]
8,05	0,468	5 - [SLEQ]	6,593	5 - [SLEQ]
8,10	0,461	5 - [SLEQ]	6,499	5 - [SLEQ]
8,15	0,454	5 - [SLEQ]	6,409	5 - [SLEQ]
8,20	0,447	5 - [SLEQ]	6,324	5 - [SLEQ]
8,25	0,441	5 - [SLEQ]	6,243	5 - [SLEQ]
8,30	0,435	5 - [SLEQ]	6,165	5 - [SLEQ]
8,35	0,429	5 - [SLEQ]	6,090	5 - [SLEQ]
8,40	0,424	5 - [SLEQ]	6,018	5 - [SLEQ]
8,45	0,418	5 - [SLEQ]	5,948	5 - [SLEQ]
8,50	0,413	5 - [SLEQ]	5,880	5 - [SLEQ]
8,55	0,408	5 - [SLEQ]	5,813	5 - [SLEQ]

Y	σ_c	n° - Tipo	σ_t	n° - Tipo
[m]	[MPa]		[MPa]	
8,60	0,403	5 - [SLEQ]	5,747	5 - [SLEQ]
8,65	0,398	5 - [SLEQ]	5,683	5 - [SLEQ]
8,70	0,393	5 - [SLEQ]	5,620	5 - [SLEQ]
8,75	0,389	5 - [SLEQ]	5,559	5 - [SLEQ]
8,80	0,384	5 - [SLEQ]	5,499	5 - [SLEQ]
8,85	0,379	5 - [SLEQ]	5,440	5 - [SLEQ]
8,90	0,375	5 - [SLEQ]	5,384	5 - [SLEQ]
8,95	0,371	5 - [SLEQ]	5,328	5 - [SLEQ]
9,00	0,367	5 - [SLEQ]	5,274	5 - [SLEQ]
9,05	0,363	5 - [SLEQ]	5,221	5 - [SLEQ]
9,10	0,359	5 - [SLEQ]	5,170	5 - [SLEQ]
9,15	0,355	5 - [SLEQ]	5,121	5 - [SLEQ]
9,20	0,351	5 - [SLEQ]	5,072	5 - [SLEQ]
9,25	0,347	5 - [SLEQ]	5,025	5 - [SLEQ]
9,30	0,344	5 - [SLEQ]	4,980	5 - [SLEQ]
9,35	0,341	5 - [SLEQ]	4,936	5 - [SLEQ]
9,40	0,337	5 - [SLEQ]	4,893	5 - [SLEQ]
9,45	0,334	5 - [SLEQ]	4,852	5 - [SLEQ]
9,50	0,331	5 - [SLEQ]	4,812	5 - [SLEQ]
9,55	0,328	5 - [SLEQ]	4,774	5 - [SLEQ]
9,60	0,325	5 - [SLEQ]	4,736	5 - [SLEQ]
9,65	0,322	5 - [SLEQ]	4,701	5 - [SLEQ]
9,70	0,319	5 - [SLEQ]	4,666	5 - [SLEQ]
9,75	0,317	5 - [SLEQ]	4,633	5 - [SLEQ]
9,80	0,314	5 - [SLEQ]	4,601	5 - [SLEQ]
9,85	0,312	5 - [SLEQ]	4,571	5 - [SLEQ]
9,90	0,310	5 - [SLEQ]	4,542	5 - [SLEQ]
9,95	0,307	5 - [SLEQ]	4,514	5 - [SLEQ]
10,00	0,305	5 - [SLEQ]	4,487	5 - [SLEQ]
10,05	0,303	5 - [SLEQ]	4,462	5 - [SLEQ]
10,10	0,301	5 - [SLEQ]	4,438	5 - [SLEQ]
10,15	0,300	5 - [SLEQ]	4,416	5 - [SLEQ]
10,20	0,298	5 - [SLEQ]	4,395	5 - [SLEQ]
10,25	0,296	5 - [SLEQ]	4,376	5 - [SLEQ]
10,30	0,295	5 - [SLEQ]	4,358	5 - [SLEQ]
10,35	0,294	5 - [SLEQ]	4,342	5 - [SLEQ]
10,40	0,292	5 - [SLEQ]	4,327	5 - [SLEQ]
10,45	0,291	5 - [SLEQ]	4,313	5 - [SLEQ]
10,50	0,290	5 - [SLEQ]	4,301	5 - [SLEQ]
10,55	0,289	5 - [SLEQ]	4,290	5 - [SLEQ]
10,60	0,288	5 - [SLEQ]	4,281	5 - [SLEQ]
10,65	0,288	5 - [SLEQ]	4,273	5 - [SLEQ]
10,70	0,287	5 - [SLEQ]	4,266	5 - [SLEQ]
10,75	0,286	5 - [SLEQ]	4,260	5 - [SLEQ]
10,80	0,286	5 - [SLEQ]	4,256	5 - [SLEQ]
10,85	0,286	5 - [SLEQ]	4,253	5 - [SLEQ]
10,90	0,285	5 - [SLEQ]	4,252	5 - [SLEQ]
10,95	0,285	5 - [SLEQ]	4,251	5 - [SLEQ]
11,00	0,285	5 - [SLEQ]	4,252	5 - [SLEQ]
11,05	0,285	5 - [SLEQ]	4,254	5 - [SLEQ]
11,10	0,285	5 - [SLEQ]	4,255	5 - [SLEQ]
11,15	0,285	5 - [SLEQ]	4,257	5 - [SLEQ]
11,20	0,285	5 - [SLEQ]	4,258	5 - [SLEQ]
11,25	0,286	3 - [SLER]	4,271	3 - [SLER]
11,30	0,288	3 - [SLER]	4,296	3 - [SLER]
11,35	0,289	3 - [SLER]	4,322	3 - [SLER]
11,40	0,291	3 - [SLER]	4,347	3 - [SLER]
11,45	0,293	3 - [SLER]	4,373	3 - [SLER]
11,50	0,295	3 - [SLER]	4,398	3 - [SLER]
11,55	0,296	3 - [SLER]	4,423	3 - [SLER]
11,60	0,298	3 - [SLER]	4,447	3 - [SLER]
11,65	0,300	3 - [SLER]	4,471	3 - [SLER]
11,70	0,301	3 - [SLER]	4,495	3 - [SLER]
11,75	0,303	3 - [SLER]	4,519	3 - [SLER]
11,80	0,305	3 - [SLER]	4,543	3 - [SLER]
11,85	0,306	3 - [SLER]	4,567	3 - [SLER]
11,90	0,308	3 - [SLER]	4,591	3 - [SLER]
11,95	0,310	3 - [SLER]	4,615	3 - [SLER]
12,00	0,311	3 - [SLER]	4,639	3 - [SLER]
12,05	0,313	3 - [SLER]	4,663	3 - [SLER]
12,10	0,315	3 - [SLER]	4,687	3 - [SLER]
12,15	0,316	3 - [SLER]	4,711	3 - [SLER]
12,20	0,318	3 - [SLER]	4,735	3 - [SLER]
12,25	0,320	3 - [SLER]	4,759	3 - [SLER]
12,30	0,321	3 - [SLER]	4,783	3 - [SLER]
12,35	0,323	3 - [SLER]	4,807	3 - [SLER]

Y [m]	σ_c [MPa]	n° - Tipo	σ_f [MPa]	n° - Tipo
12,40	0,325	3 - [SLER]	4,831	3 - [SLER]
12,45	0,326	3 - [SLER]	4,855	3 - [SLER]
12,50	0,328	3 - [SLER]	4,879	3 - [SLER]
12,55	0,330	3 - [SLER]	4,902	3 - [SLER]
12,60	0,331	3 - [SLER]	4,925	3 - [SLER]
12,65	0,333	3 - [SLER]	4,947	3 - [SLER]
12,70	0,334	3 - [SLER]	4,968	3 - [SLER]
12,75	0,336	3 - [SLER]	4,989	3 - [SLER]
12,80	0,337	3 - [SLER]	5,009	3 - [SLER]
12,85	0,338	3 - [SLER]	5,028	3 - [SLER]
12,90	0,339	3 - [SLER]	5,047	3 - [SLER]
12,95	0,341	3 - [SLER]	5,065	3 - [SLER]
13,00	0,342	3 - [SLER]	5,082	3 - [SLER]
13,05	0,343	3 - [SLER]	5,099	3 - [SLER]
13,10	0,344	3 - [SLER]	5,115	3 - [SLER]
13,15	0,345	3 - [SLER]	5,131	3 - [SLER]
13,20	0,346	3 - [SLER]	5,147	3 - [SLER]
13,25	0,347	3 - [SLER]	5,161	3 - [SLER]
13,30	0,348	3 - [SLER]	5,176	3 - [SLER]
13,35	0,349	3 - [SLER]	5,190	3 - [SLER]
13,40	0,350	3 - [SLER]	5,203	3 - [SLER]
13,45	0,351	3 - [SLER]	5,216	3 - [SLER]
13,50	0,352	3 - [SLER]	5,229	3 - [SLER]
13,55	0,352	3 - [SLER]	5,241	3 - [SLER]
13,60	0,353	3 - [SLER]	5,253	3 - [SLER]
13,65	0,354	3 - [SLER]	5,264	3 - [SLER]
13,70	0,354	3 - [SLER]	5,275	3 - [SLER]
13,75	0,355	3 - [SLER]	5,286	3 - [SLER]
13,80	0,356	3 - [SLER]	5,297	3 - [SLER]
13,85	0,356	3 - [SLER]	5,307	3 - [SLER]
13,90	0,357	3 - [SLER]	5,317	3 - [SLER]
13,95	0,358	3 - [SLER]	5,327	3 - [SLER]
14,00	0,358	3 - [SLER]	5,336	3 - [SLER]
14,05	0,359	3 - [SLER]	5,345	3 - [SLER]
14,10	0,359	3 - [SLER]	5,354	3 - [SLER]
14,15	0,360	3 - [SLER]	5,363	3 - [SLER]
14,20	0,360	3 - [SLER]	5,372	3 - [SLER]
14,25	0,361	3 - [SLER]	5,381	3 - [SLER]
14,30	0,361	3 - [SLER]	5,389	3 - [SLER]
14,35	0,362	3 - [SLER]	5,397	3 - [SLER]
14,40	0,362	3 - [SLER]	5,405	3 - [SLER]
14,45	0,363	3 - [SLER]	5,413	3 - [SLER]
14,50	0,363	3 - [SLER]	5,421	3 - [SLER]
14,55	0,364	3 - [SLER]	5,429	3 - [SLER]
14,60	0,364	3 - [SLER]	5,437	3 - [SLER]
14,65	0,365	3 - [SLER]	5,445	3 - [SLER]
14,70	0,365	3 - [SLER]	5,452	3 - [SLER]
14,75	0,366	3 - [SLER]	5,460	3 - [SLER]
14,80	0,366	3 - [SLER]	5,468	3 - [SLER]
14,85	0,366	3 - [SLER]	5,476	3 - [SLER]
14,90	0,367	3 - [SLER]	5,483	3 - [SLER]
14,95	0,367	3 - [SLER]	5,491	3 - [SLER]
15,00	0,368	3 - [SLER]	5,499	3 - [SLER]
15,05	0,368	3 - [SLER]	5,507	3 - [SLER]
15,10	0,369	3 - [SLER]	5,515	3 - [SLER]
15,15	0,369	3 - [SLER]	5,523	3 - [SLER]
15,20	0,370	3 - [SLER]	5,531	3 - [SLER]
15,25	0,370	3 - [SLER]	5,540	3 - [SLER]
15,30	0,371	3 - [SLER]	5,548	3 - [SLER]
15,35	0,371	3 - [SLER]	5,557	3 - [SLER]
15,40	0,372	3 - [SLER]	5,566	3 - [SLER]
15,45	0,372	3 - [SLER]	5,575	3 - [SLER]
15,50	0,373	3 - [SLER]	5,585	3 - [SLER]
15,55	0,373	3 - [SLER]	5,594	3 - [SLER]
15,60	0,374	3 - [SLER]	5,604	3 - [SLER]
15,65	0,375	3 - [SLER]	5,615	3 - [SLER]
15,70	0,375	3 - [SLER]	5,625	3 - [SLER]
15,75	0,376	3 - [SLER]	5,636	3 - [SLER]
15,80	0,377	3 - [SLER]	5,647	3 - [SLER]
15,85	0,377	3 - [SLER]	5,658	3 - [SLER]
15,90	0,378	3 - [SLER]	5,670	3 - [SLER]
15,95	0,379	3 - [SLER]	5,682	3 - [SLER]
16,00	0,380	3 - [SLER]	5,695	3 - [SLER]
16,05	0,381	3 - [SLER]	5,708	3 - [SLER]
16,10	0,381	3 - [SLER]	5,721	3 - [SLER]
16,15	0,382	3 - [SLER]	5,735	3 - [SLER]

Y	σ_c	n° - Tipo	σ_f	n° - Tipo
[m]	*[MPa]*		*[MPa]*	
16,20	0,383	3 - [SLER]	5,749	3 - [SLER]
16,25	0,384	3 - [SLER]	5,764	3 - [SLER]
16,30	0,385	3 - [SLER]	5,779	3 - [SLER]
16,35	0,386	3 - [SLER]	5,794	3 - [SLER]

Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione M_u-N_u della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	R_{bk} = 25,0 [MPa])
Tensione caratteristica cilindrica del cls (0.83xR_{bk})	R_{ck} = 212 (Kg/cm^2)
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	ψ= 0.85
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	f_{yk} = 355,0 [MPa])
Coefficiente di sicurezza cls	γ_c = 1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	γ_s = 1.15
Resistenza di calcolo del cls($\psi R_{ck}/\gamma_c$)	R^*_c = 120 (Kg/cm^2)
Resistenza di calcolo dell'acciaio(f_{yk}/γ_s)	R^*_s = 3148 (Kg/cm^2)
Modulo elastico dell'acciaio	E_s = 2100000 (Kg/cm^2)
Deformazione ultima del calcestruzzo	ε_{cu} = 0.0035(0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	ε_{ck} = 0.0020(0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	ε_{yu} = 0.0100(1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico (R^*_s/E_s)	ε_{yk} = 0.0011(0.15%)

Legame costitutivo del calcestruzzo

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:
Tratto parabolico: $0<=\varepsilon_c<=\varepsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R^*_c(2\varepsilon_c\varepsilon_{ck}-\varepsilon_c^2)}{\varepsilon_{ck}^2}$$

Tratto rettangolare: $\varepsilon_{ck}<\varepsilon_c<=\varepsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R^*_c$$

Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:
$\sigma_s = E_s\varepsilon_s$ per $0<=\varepsilon_s<=\varepsilon_{sy}$
$\sigma_s = R^*_s$ per $\varepsilon_{sy}<\varepsilon_s<=\varepsilon_{su}$

Tratto armatura 1

N°	N_u [kN]	M_u [kNm]
1	-1613,7405	0,0000
2	0,0000	572,7122
3	1013,0671	824,7456
4	1519,6007	917,1860
5	2026,1342	986,6927
6	2532,6678	1034,2658
7	3039,2013	1062,5459
8	3545,7349	1068,5193
9	4052,2684	1052,7215
10	4558,8020	1012,7937
11	5065,3355	950,4103
12	5571,8691	876,6877
13	6078,4026	791,1575
14	6584,9362	692,4246
15	7091,4697	576,8921
16	7598,0033	0,0000
17	7598,0033	0,0000
18	7091,4697	-576,8921
19	6584,9362	-692,4246
20	6078,4026	-791,1575
21	5571,8691	-876,6877
22	5065,3355	-950,4103
23	4558,8020	-1012,7937
24	4052,2684	-1052,7215
25	3545,7349	-1068,5193
26	3039,2013	-1062,5459

N°	N_u [kN]	M_u [kNm]
27	2532,6678	-1034,2658
28	2026,1342	-986,6927
29	1519,6007	-917,1860
30	1013,0671	-824,7456
31	0,0000	-572,7122
32	-1613,7405	0,0000

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale
T_h taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale
M_v momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale
T_v taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=70,00 [cm] H=50,00 [cm]
A_{fv}=14,07 [cmq] A_{fh}=10,05 [cmq] Staffe ϕ10/14 Nbh=2 - Nbv=2
M_h=64,06 [kNm] M_{uh}=352,80 [kNm] FS=5.51
T_h=128,12 [kN] T_{Rh}=371,43 [kN] FS_T=2.90
M_v=3,48 [kNm] M_{uv}=245,04 [kNm] FS=70.51
T_v=7,72 [kN] T_R=371,43 [kN] FS_{Tv}=48.09

Cordolo N° 2 (X=2,00 m) (Cordolo in acciaio)

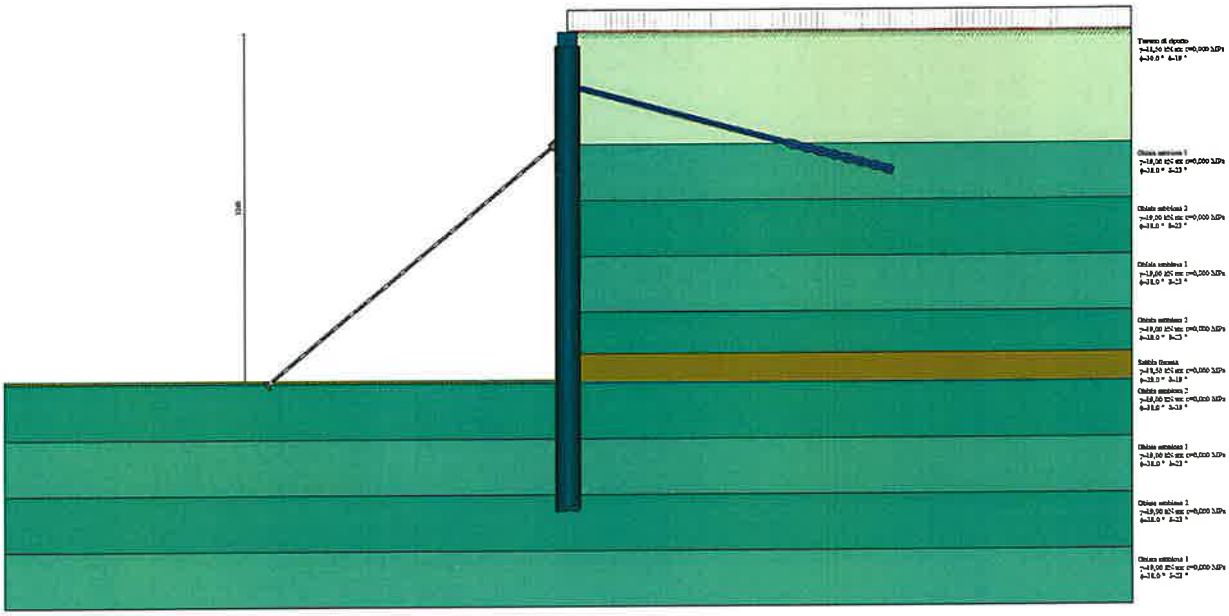
A=74,80 [cmq] W=490,00 [cm^3]
M_h=35,01 [kNm] T_h=87,53 [kN] M_v=9,38 [kNm] T_v=23,45 [kN]
σ_f = 71,457 [MPa] τ_f = 11,703 [MPa] σ_{id} = 74,276 [MPa]

Indice

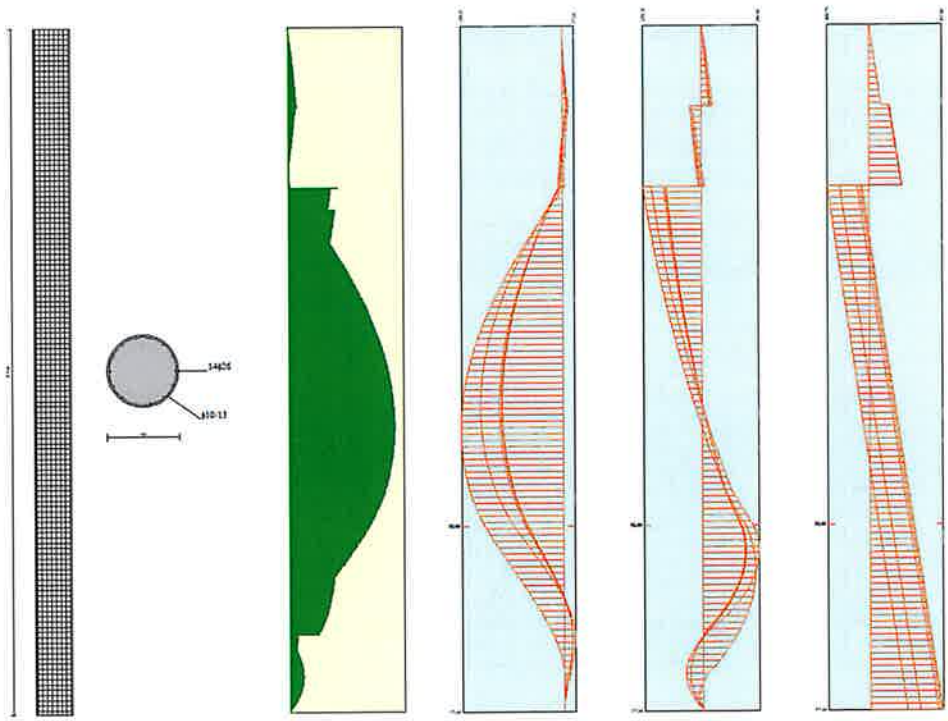
Normative di riferimento	2
Richiami teorici	3
Metodo di analisi	3
Calcolo della profondità di infissione	3
Calcolo della spinte	3
Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)	3
Spinta in presenza di sisma	3
Tiranti di ancoraggio	4
Analisi ad elementi finiti	5
Schematizzazione del terreno	5
Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno	5
Analisi per fasi di scavo	6
Verifica alla stabilità globale	6
Dati	7
Geometria paratia	7
Geometria cordoli	7
Geometria profilo terreno	7
Descrizione terreni	7
Descrizione stratigrafia	8
Caratteristiche materiali utilizzati	8
Condizioni di carico	9
Caratteristiche tiranti di ancoraggio	9
Descrizione tiranti di ancoraggio (Armatura trefoli)	9
Combinazioni di carico	11
Impostazioni di progetto	11
Impostazioni di analisi	12
Impostazioni analisi sismica	13
Analisi della paratia	14
Forze agenti sulla paratia	14
Risultati tiranti	15
Caratteristiche dei tiranti utilizzati	15
Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia	16
Spostamenti massimi e minimi della paratia	16
Stabilità globale	16
Descrizione armatura pali e caratteristiche sezione	18
Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)	18
Verifica armatura paratia (Inviluppo)	19
Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni	29
Verifica sezione cordoli	30

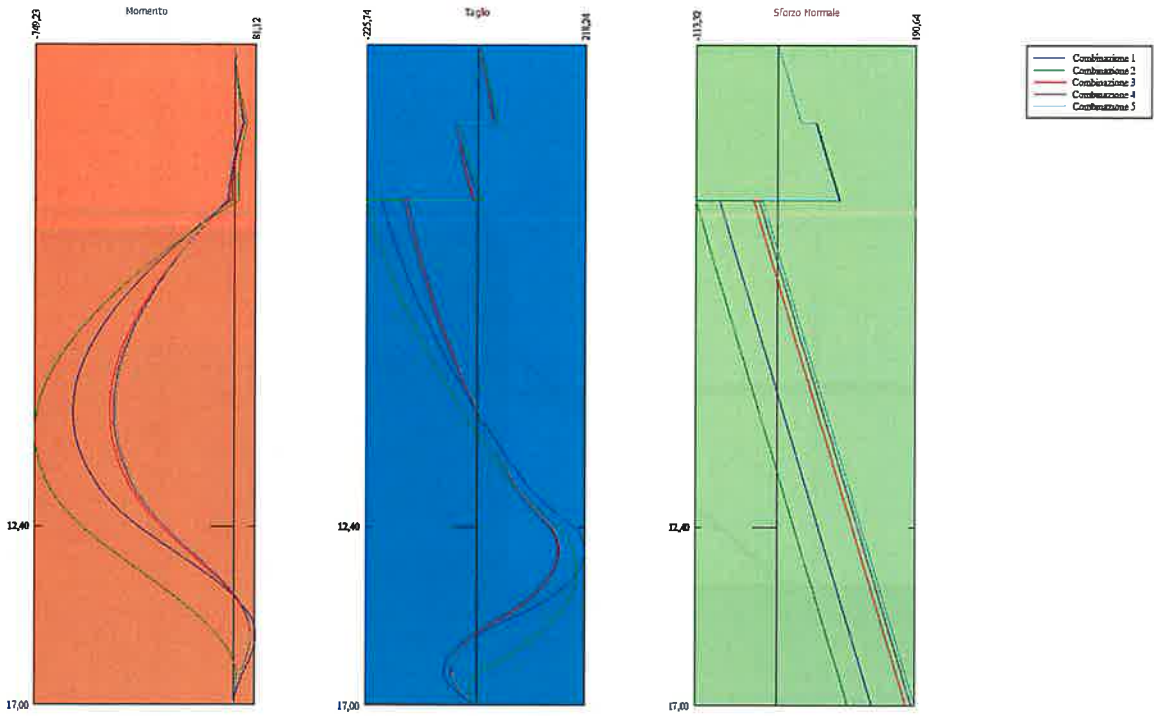
F.1.4 b) WAND W206 – Endphase

F.1.4 b) PARETE W206 – fase finale

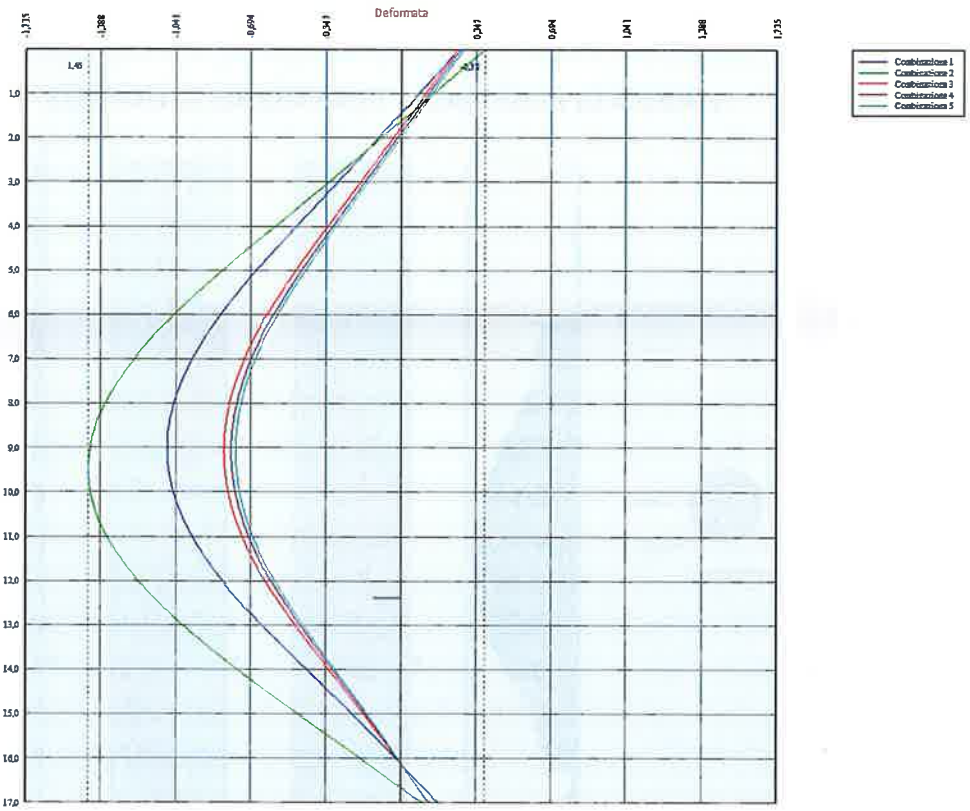


VERIFICA DI RESISTENZA - TRAGFÄHIGKEITSNACHWEIS





DEFORMAZIONI - VERFORMUNGEN



Progetto:
Ditta:
Comune:
Progettista:
Direttore dei Lavori:
Impresa:

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Richiami teorici

Metodo di analisi

Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.
Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.
Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).
Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).
Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.
Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

K_{am} diagramma della spinta attiva agente da monte
K_{av} diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
K_{pm} diagramma della spinta passiva agente da monte
K_{pv} diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$D_m = K_{pm} - K_{av}$ e $D_v = K_{pv} - K_{am}$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.
Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione
si può agire con tre modalità :
1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su tan(ϕ) e sulla coesione

Calcolo della spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).
La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).
I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:
- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio *(W)*, carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura *(R e C)* e resistenza per coesione lungo la parete *(A)*;
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.
Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata *z*. Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana).
Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con *W* il peso del cuneo e con *C* il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W*C$$

Indicando con *S* la spinta calcolata in condizioni statiche e con S_s la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$\Delta S = S_s - S$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa(diagramma triangolare con vertice in alto).

Tiranti di ancoraggio

Le paratie possono essere tirantate, con tiranti attivi o con tiranti passivi, realizzati entrambi tramite perforazione e iniezione del foro con malta in pressione previa sistemazione delle armature opportune.
I tiranti attivi, contrariamente ai tiranti passivi, sono sottoposti ad uno sforzo di pretensione prendendo il contrasto sulla struttura stessa. Il tiro finale sul tirante attivo dipende sia dalla pretensione che dalla deformazione della struttura oltre che dalle cadute di tensione. Nel caso di tiranti passivi il tiro dipende unicamente dalla deformabilità della struttura. L'armatura dei tiranti attivi è costituita da trefoli ad alta resistenza (trefoli per c.a.p.), viceversa i tiranti passivi possono essere armati con trefoli o con tondini o, in alcuni casi, con profilati tubolari. La capacità di resistenza dei tiranti è legata all'attrito e all'aderenza fra superficie del tirante e terreno.

Calcolo della lunghezza di ancoraggio

La lunghezza di ancoraggio (fondazione) del tirante si calcola determinando la lunghezza massima atta a soddisfare le tre seguenti condizioni:

1. Lunghezza necessaria per garantire l'equilibrio fra tensione tangenziale che si sviluppa fra la superficie laterale del tirante ed il terreno e lo sforzo applicato al tirante;
2. Lunghezza necessaria a garantire l'aderenza malta-armatura;
3. Lunghezza necessaria a garantire la resistenza della malta.

Siano **N** lo sforzo nel tirante, δ l'angolo d'attrito tirante-terreno, $\mathbf{c_a}$ l'adesione tirante-terreno, γ il peso di volume del terreno, **D** ed $\mathbf{L_f}$ il diametro e la lunghezza di ancoraggio (o lunghezza efficace) del tirante ed **H** la profondità media al di sotto del piano campagna abbiamo la relazione

$$N = \pi\, D\, L_f\, \gamma\, H\, K_s\, tg\, \delta + \pi\, D\, L_f\, c_a$$

da cui si ricava la lunghezza di ancoraggio L_f

$$L_f = \frac{N}{\pi\, D\, \gamma\, H\, K_s\, tg\, \delta + \pi\, D\, c_a}$$

$\mathbf{K_s}$ rappresenta il coefficiente di spinta che si assume pari al coefficiente di spinta a riposo

$$K_s = K_0 = 1 - \sin\phi$$

Per quanto riguarda la seconda condizione, la lunghezza necessaria atta a garantire l'aderenza malta-armatura è data dalla relazione

$$L_f = \frac{N}{\pi\, d\, \tau_{c0}\, \omega}$$

dove **d** è la somma dei diametri dei trefoli disposti nel tirante, τ_{c0} è la resistenza tangenziale limite della malta ed ω è un coefficiente correttivo dipendente dal numero di trefoli (ω **= 1 - 0.075 [n trefoli - 1]**).
Per quanto riguarda la verifica della terza condizione si impone che la tensione tangenziale limite tirante-terreno non possa superare la tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo $\mathbf{f1_{bd}}$.
Alla lunghezza efficace determinata prendendo il massimo valore di $\mathbf{L_f}$ si deve aggiungere la lunghezza di franco **L** che rappresenta la lunghezza del tratto che compreso fra la paratia e la superficie di ancoraggio.
La lunghezza totale del tirante sarà quindi data da

$$L_t = L_f + L$$

Nel caso di tiranti attivi, cioè tiranti soggetti ad uno stato di pretensione, bisogna considerare le cadute di tensione. A tale scopo è stato introdotto il coefficiente di caduta di tensione, β, che rappresenta il rapporto fra lo sforzo $\mathbf{N_0}$ al momento del tiro e lo sforzo **N** in esercizio

$$\beta = N_0 / N$$

Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.
La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_f l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L, area A_f, inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s. La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.
I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k, è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo [F/L^3]. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se (m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale (b=100 cm) occorre ricavare l'area equivalente, A_m, della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con E_m il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in Kg/cm^2), l'equivalenza, in termini di rigidezza, si esprime come

$$A_m = 10000 \times \frac{k\,\Delta_m}{E_m}$$

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma ***PAC***). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max}; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max}. Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p0, fino a raggiungere il carico totale p. Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassemblaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).
Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la

pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).
Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tendendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidezza della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s=s_0+K(u-u_0)$$

Le modalità di analisi sono più complicate nel caso di tiranti attivi in quanto è importante conoscere la modalità di tiro: infatti il tirante può essere tesato prima dello scavo, oppure tesato alla fine della corrispondente fase di scavo, oppure al termine di tutto lo scavo. Nella fase in cui il tirante è tesato verra inserita una molla con uno stato di pretensione pari allo sforzo di tesatura. Nelle fasi successive il tirante verrà considerato come una semplice molla che 'ricorda', naturalmente, lo sforzo della fase precedente.
Ovviamente si otterranno soluzioni differenti in funzione della modalità di tiro selezionata.
Nel caso di tiranti attivi, inoltre, è analizzata un fase ulteriore (a lungo termine) nella quale il tiro iniziale è depurato delle cadute di tensione.
In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.
È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.
In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\Sigma_i \left(\frac{c_i b_i}{\cos\alpha_i} + [W_i \cos\alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg}\phi_i \right)}{\Sigma_i W_i \sin\alpha_i}$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i_{esima} rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i_{esima} e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.
Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i/\cos\alpha_i$).
Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava η. Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato e è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	12,40	[m]
Profondità di infissione	4,60	[m]
Altezza totale della paratia	17,00	[m]
Lunghezza paratia	14,40	[m]
Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	0,90	[m]
Diametro dei pali	90,00	[cm]
Numero totale di pali	15	
Numero di pali per metro lineare	1.04	

Geometria cordoli

Simbologia adottata
n° numero d'ordine del cordolo
Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo
B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio
A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm^3]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		[cm]	[cm]	[cmq]	[cm^3]
1	0,00	Calcestruzzo	70,00	50,00	--	--
2	2,00	Calcestruzzo	--	--	74,80	490,00
3	4,00	Calcestruzzo	--	--	91,04	735,50
4	7,00	Calcestruzzo	--	--	91,04	735,50

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento
(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
2	4,00	0,00	0.00
3	20,00	0,00	0.00

Profilo di valle

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-20,00	-12,40	0.00
2	0,00	-12,40	0.00

Descrizione terreni

Simbologia adottata
n° numero d'ordine
Descrizione Descrizione del terreno
γ peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s peso di volume saturo del terreno espresso [kN/mc]
ϕ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c coesione del terreno espressa in [MPa]

N°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [MPa]
1	Terreno di riporto	18,500	20,000	30.00	19.00	0,0000
2	Ghiaia sabbiosa 1	19,000	20,000	38.00	23.00	0,0000
3	Ghiaia sabbiosa 2	19,000	20,000	38.00	23.00	0,0000
4	Sabbia limosa	18,500	19,000	28.00	19.00	0,0000

Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix

Simbologia adottata
α_{min}, α_{med} coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato
fs_{min}, fs_{med} tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [MPa]

N°	Descrizione	α_{min}	fs_{min}	α_{med}	fs_{med}
1	Terreno di riporto	1.30	0,0500	1.30	0,0500
2	Ghiaia sabbiosa 1	1.30	0,2000	1.30	0,2250
3	Ghiaia sabbiosa 2	1.30	0,2000	1.30	0,2250
4	Sabbia limosa	1.15	0,0500	1.15	0,0500

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata
n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm^2/cm
α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)
Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp [m]	α_M [°]	α_V [°]	Kw_M kg/cmq/cm	Kw_V kg/cmq/cm	Terreno M	Terreno V
1	4,00	0.00	0.00	0.67	0.67	Terreno di riporto	Terreno di riporto
2	2,00	0.00	0.00	2.51	2.51	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1
3	2,00	0.00	0.00	3.53	3.53	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2
4	2,00	0.00	0.00	4.56	4.56	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1
5	1,50	0.00	0.00	5.45	5.45	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2
6	1,00	0.00	0.00	3.70	3.70	Sabbia limosa	Sabbia limosa
7	2,00	0.00	0.00	6.85	6.85	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2
8	2,00	0.00	0.00	7.87	7.87	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1
9	2,00	0.00	0.00	8.90	8.90	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2
10	2,00	0.00	0.00	9.92	9.92	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1

Caratteristiche materiali utilizzati

Calcestruzzo

Peso specifico	24,52	[kN/mc]
Classe di Resistenza	C20/25	
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	25,0	[MPa]
Tensione di progetto a compressione σ_c	8,5	[MPa]

Acciaio

Tipo	S 355	
Tensione di snervamento f_{yk}	355,0	[MPa]

Caratteristiche acciaio cordoli in c.a.

Tipo	B450C	
Tensione di snervamento f_{yk}	450,0	[MPa]

Caratteristiche acciaio cordoli in acciaio.

Tipo	S 275	

Tensione di snervamento f_{yk} 275,0 [MPa]

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate
Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
F_x Forza orizzontale espressa in [kN], positiva da monte verso valle
F_y Forza verticale espressa in [kN], positiva verso il basso
M Momento espresso in [kNm], positivo ribaltante
Q_i, Q_f Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kN/mq]
V_i, V_s Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kN/mq], positivi da monte verso valle
R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kN]

Condizione n° 1					
Carico distribuito sul profilo	X_i = 0,00	X_f = 20,00	Q_i = 10,00	Q_f = 10,00	

Caratteristiche tiranti di ancoraggio

Tipologia tiranti n° 1 - Tirante attivo (trefoli)

Calcolo tiranti: VERIFICA
Per il calcolo dei tiranti è stato utilizzato il metodo di BUSTAMANTE-DOIX
Tiranti attivi armati con trefoli
Coefficiente cadute di tensione 1,30
Malta utilizzata per i tiranti
Classe di Resistenza C20/25
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck} 25,0 [MPa]
Acciaio utilizzato per i tiranti
Tipo Precomp
Tensione di snervamento f_{yk} 1569,1 [MPa]

Descrizione tiranti di ancoraggio (Armatura trefoli)

Simbologia adottata - Caratteristiche geometriche
N numero d'ordine della fila
Y ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
I interasse tra le file di tiranti espressa in [m]
alfa inclinazione dei tiranti della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
D diametro della perforazione espresso in [cm]
Cesp coeff. di espansione laterale
ALL allineamento dei tiranti della fila (CENTRATI o SFALSATI)
nr numero di tiranti della fila
Lt lunghezza totale del tirante espresso in [m]
Lf lunghezza di fondazione del tirante espresso in [m]

Simbologia adottata - Caratteristiche armatura e di interazione con il terreno
N numero d'ordine della fila
At area del singolo trefolo espressa in [cmq]
nt numero di trefoli del tirante
T tiro iniziale espresso in [kN]

Caratteristiche geometriche

N	Y [m]	I [m]	Alfa	D [cm]	Cesp	ALL	nr	Lt [m]	Lf [m]
1	2,00	1,80	15.00	18,00	1.25	Centrati	7	11,50	4,00

Caratteristiche armatura e di interazione con il terreno

N	At	nt	T

	[cmq]		[kN]
1	1,84	3	200,00

Descrizione puntoni

Numero di file di puntoni 1

Simbologia adottata - Geometria puntoni

n°	numero d'ordine della fila
Y	ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
Int	interasse della fila espresso in [m]
X	ascissa appoggio espresso in [m]
Y	ordinata appoggio espresso in [m]
L	lunghezza puntone espressa in [m]
alfa	inclinazione dei puntoni della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
ALL	allineamento dei puntoni della fila (CENTRATI o SFALSATI)
np	numero di puntoni della fila

Simbologia adottata - Caratteristiche e materiali

A	Area espressa in [cmq]
I	Inerzia espressa in [cm^4]
Wr	Modulo di resistenza espresso in [cm^3]
Vinc	Tipo vincolo appoggio
E	Modulo Elastico espresso in [MPa]
σ_{amm}	Tensione ammissibile espressa in [MPa]

Geometria puntoni

N°	Y	Int	X	Y	L	Alfa	ALL	np
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		
1	-4,00	2,00	-10,00	-12,40	13,06	40,03	Centrati	7

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 [A1-M1]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.30	
Condizione 1 (Variabili)	1.50	1.00

Combinazione n° 2 [A2-M2]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.30	1.00

Combinazione n° 3 [SLER]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.00	1.00

Combinazione n° 4 [SLEF]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.00	0.50

Combinazione n° 5 [SLEQ]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.00	0.20

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo :
Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

			Statici		Sismici	
Carichi	Effetto		A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{Gfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

		Statici		Sismici	
Parametri		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.60

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00	1.00	1.00

TIRANTI DI ANCORAGGIO

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti

Resistenza		**Tiranti**
Laterale	γ_{st}	1,20

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti.

Numero di verticali indagate	1	ξ_3=1,80	ξ_4=1,80

Verifica materiali : Stato Limite Ultimo

Impostazioni verifiche SLE

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio - Metodo dell'inclinazione variabile del traliccio

$V_{Rd}=[0.18*k*(100.0*\rho_l*fck)^{1/3}/\gamma_c+0.15*\sigma_{cp}]*bw*d>(vmin+0.15*\sigma_{cp})*b_w*d$

$V_{Rsd}=0.9*d*A_{sw}/s*fyd*(ctg\alpha+ctg\theta)*sin\alpha$

$V_{Rcd}=0.9*d*b_w*\alpha_c*fcd'*(ctg(\theta)+ctg(\alpha)/(1.0+ctg\theta^2)$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b_w	larghezza minima sezione [mm]
σ_{cp}	tensione media di compressione [N/mmq]
ρ_l	rapporto geometrico di armatura
A_{sw}	area armatuta trasversale [mmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α_c	coefficiente maggiorativo, funzione di fcd e σ_{cp}

$fcd'=0.5*fcd$

$k=1+(200/d)^{1/2}$

$vmin=0.035*k^{3/2}*fck^{1/2}$

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali	Molto aggressive
Armatura ad aderenza migliorata	
Sensibilità delle armature	Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure	w_1 = 0.20 w_2 = 0.30 w_3 = 0.40
Metodo di calcolo aperture delle fessure	NTC 2008 - I° Formulazione
Verifica delle tensioni	
Combinazione di carico	Rara $\sigma_c < 0.60\ f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.70\ f_{yk}$ Quasi permanente $\sigma_c < 0.45\ f_{ck}$

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva Ka e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Non sono state analizzate Combinazioni/Fasi sismiche.

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico
La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.
Essa è discretizzata in 248 elementi fuori terra e 92 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.
Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	12,40	[m]
Profondità di infissione	4,60	[m]
Altezza totale della paratia	17,00	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Pa Spinta attiva, espressa in [kN]
Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]
Pw Spinta della falda, espressa in [kN]
Pp Resistenza passiva, espressa in [kN]
Pc Controspinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	Pa [kN]	Y_{Pa} [m]	Is [kN]	Y_{Is} [m]	Pw [kN]	Y_{Pw} [m]	Pp [kN]	Y_{Pp} [m]	Pc [kN]	Y_{Pc} [m]
1	[A1-M1]	495,67	8,12	--	--	--	--	-284,87	14,69	66,62	16,71
2	[A2-M2]	520,17	8,13	--	--	--	--	-219,95	15,40	15,74	16,88
3	[SLER]	382,15	8,03	--	--	--	--	-218,45	14,69	50,67	16,71
4	[SLEF]	368,58	8,08	--	--	--	--	-214,47	14,66	50,09	16,71
5	[SLEQ]	359,97	8,12	--	--	--	--	-212,26	14,65	49,76	16,70

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kN]
Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kN]
Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kN]
Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kN]

n°	Tipo	Rc	Y_{Rc}	Rt	Y_{Rt}	Rv	Y_{Rv}	Rp	Y_{Rp}
1	[A1-M1]	0,00	0,00	79,46	2,00	--	--	-197,96	4,00
2	[A2-M2]	0,00	0,00	78,61	2,00	--	--	-237,35	4,00
3	[SLER]	0,00	0,00	74,56	2,00	--	--	-139,81	4,00
4	[SLEF]	0,00	0,00	73,40	2,00	--	--	-130,80	4,00
5	[SLEQ]	0,00	0,00	72,49	2,00	--	--	-124,97	4,00

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pp Portanza di punta, espressa in [kN]

n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pp
1	[A1-M1]	13,04	14,90	16,11	54.84	18.07	3860,31

n°	Tipo	P_{RIL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	P_{PL}
2	[A2-M2]	13,53	16,00	16,65	78.49	36.20	1734,72
3	[SLER]	13,04	14,90	16,11	54.84	17.97	3860,31
4	[SLEF]	13,03	14,85	16,10	53.76	17.05	3860,31
5	[SLEQ]	13,02	14,85	16,09	52.69	16.87	3860,31

Risultati tiranti

Caratteristiche dei tiranti utilizzati

Simbologia adottata

Y ordinata della fila rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
nt numero di tiranti della fila
N sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kN]
L lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]
L_f lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]
Ld lunghezza totale definita del tirante espressa in [m]
Ld_f lunghezza di fondazione definita del tirante espressa in [m]
FS Fattore di sicurezza. Rapporto tra lunghezza di fondazione definita e lunghezza di fondazione di progetto.
A_f area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]
Rt/ml reazione a metro lineare del tirante della fila espresso in [kN]
σ_f tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [MPa]
u spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]
R1, R2, R3 resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-armatura, resistenza malta) espressa in [kN]

Caratteristiche armatura file tiranti

1 file di tiranti attivi armati con trefoli

n°	Tipologia	Y	nt	A_f	L	L_f	Ld	Ld_f	FS
		[m]		[cmq]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	Tirante attivo (trefoli)	2,00	7	5,52	10,10	2,60	11,50	4,00	1.54

Combinazione n° 1

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	169,22	82,2602	306,560	0,10565	26722	26905	316628

Combinazione n° 2

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	167,43	81,3872	303,306	0,09280	32067	26905	316628

Combinazione n° 3

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	158,79	77,1878	287,657	0,03520	0	26905	316628

Combinazione n° 4

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	156,32	75,9902	283,193	0,01850	0	26905	316628

Combinazione n° 5

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_t	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	154,39	75,0523	279,698	0,00540	0	26905	316628

Risultati puntoni

Caratteristiche dei puntoni utilizzati

Simbologia adottata

n°	Identificativo della fila di puntoni
Y	ordinata della fila rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
np	numero puntoni della fila
N	reazione del puntone della fila espresso in [kN]
Rt/ml	reazione a metro lineare del puntone della fila espresso in [kN]
A_f	area di armatura in ogni puntone espressa in [cmq]
σ_f	tensione di compressione/trazione nel puntone espressa in [MPa]
u	spostamento orizzontale del puntone della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]

Carico critico puntone n° 1 N_{cr} = 964,2100 [kN]

Combinazione n° 1

n°	Y [m]	np	N [kN]	Rt/ml [kN]	Af [cmq]	σ_f [MPa]	u [cm]
1	-4,00	7	-531,8462	-258,5364	91,04	58,419	0,48242

Combinazione n° 2

n°	Y [m]	np	N [kN]	Rt/ml [kN]	Af [cmq]	σ_f [MPa]	u [cm]
1	-4,00	7	-637,6522	-309,9698	91,04	70,041	0,58049

Combinazione n° 3

n°	Y [m]	np	N [kN]	Rt/ml [kN]	Af [cmq]	σ_f [MPa]	u [cm]
1	-4,00	7	-375,6237	-182,5949	91,04	41,259	0,33771

Combinazione n° 4

n°	Y [m]	np	N [kN]	Rt/ml [kN]	Af [cmq]	σ_f [MPa]	u [cm]
1	-4,00	7	-351,3964	-170,8177	91,04	38,598	0,31528

Combinazione n° 5

n°	Y [m]	np	N [kN]	Rt/ml [kN]	Af [cmq]	σ_f [MPa]	u [cm]
1	-4,00	7	-335,7562	-163,2148	91,04	36,880	0,30080

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]
N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)
T taglio massimo e minimo espresso in [kN]

n°	Tipo	M	Y_M	T	Y_T	N	Y_N	
		[kNm]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	
1	[A1-M1]	81,12	15,20	218,24	13,00	131,20	17,00	MAX
--	--	-607,30	9,45	-194,26	4,00	-80,01	4,00	MIN
2	[A2-M2]	46,44	2,00	204,21	13,50	97,89	17,00	MAX
--	--	-749,23	10,00	-225,74	4,00	-113,32	4,00	MIN
3	[SLER]	61,76	15,20	167,78	13,00	178,73	17,00	MAX
--	--	-468,92	9,45	-146,61	4,00	-32,48	4,00	MIN
4	[SLEF]	62,11	15,15	164,38	13,00	186,00	17,00	MAX
--	--	-454,81	9,40	-140,51	4,00	-25,21	4,00	MIN
5	[SLEQ]	62,26	15,15	162,50	13,00	190,64	17,00	MAX
--	--	-447,40	9,40	-136,69	4,00	-20,57	4,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y_U	V	Y_V	
		[cm]	[m]	[cm]	[m]	
1	[A1-M1]	1,0798	9,00	0,0026	8,90	MAX
--	--	-0,2651	0,00	0,0000	0,00	MIN
2	[A2-M2]	1,4456	9,50	0,0015	10,95	MAX
--	--	-0,3844	0,00	-0,0005	4,00	MIN
3	[SLER]	0,8154	9,05	0,0056	0,00	MAX
--	--	-0,2621	0,00	0,0000	0,00	MIN
4	[SLEF]	0,7819	9,10	0,0061	0,00	MAX
--	--	-0,2736	0,00	0,0000	0,00	MIN
5	[SLEQ]	0,7630	9,10	0,0064	0,00	MAX
--	--	-0,2861	0,00	0,0000	0,00	MIN

Stabilità globale

Metodo di Fellenius
Numero di cerchi analizzati 100

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
(X_C; Y_C) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X_V; Y_V) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X_M; Y_M) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS Coefficiente di sicurezza

n°	Tipo	(X_C, Y_C)	R	(X_V, Y_V)	(X_M, Y_M)	FS
		[m]	[m]	[m]	[m]	
2	[A2-M2]	(-5,10; 0,00)	17,75	(-17,81; -12,39)	(12,65; 0,00)	1.39

Combinazione n° 2

Numero di strisce 51

Simbologia adottata
Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
Le strisce sono numerate da monte verso valle

N°	numero d'ordine della striscia
W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
L	sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]
Ctn, Ctt	contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kN]

Caratteristiche delle strisce

N°	W [kN]	α(°)	Wsinα	L	ϕ	c [MPa]	u [MPa]	(Ctn; Ctt) [kN]
1	3,1335	-44.39	-2,1919	0,83	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
2	9,3962	-41.76	-6,2582	0,80	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
3	15,1194	-39.24	-9,5640	0,77	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
4	20,3583	-36.81	-12,1967	0,74	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
5	25,1594	-34.45	-14,2312	0,72	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
6	29,5599	-32.15	-15,7313	0,70	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
7	33,5904	-29.92	-16,7524	0,68	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
8	37,2762	-27.73	-17,3435	0,67	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
9	40,6385	-25.58	-17,5483	0,66	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
10	43,6950	-23.48	-17,4064	0,65	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
11	46,4610	-21.40	-16,9540	0,64	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
12	48,9491	-19.36	-16,2245	0,63	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
13	51,1703	-17.34	-15,2489	0,62	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
14	53,1337	-15.34	-14,0566	0,62	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
15	54,8472	-13.36	-12,6752	0,61	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
16	56,3173	-11.40	-11,1310	0,61	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
17	57,5495	-9.45	-9,4495	0,60	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
18	58,5482	-7.51	-7,6549	0,60	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
19	59,3170	-5.58	-5,7712	0,60	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
20	59,8584	-3.66	-3,8216	0,59	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
21	60,1744	-1.74	-1,8289	0,59	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
22	60,2659	0.18	0,1842	0,59	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
23	60,1334	2.09	2,1953	0,59	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
24	59,7763	4.01	4,1819	0,60	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
25	59,1935	5.94	6,1212	0,60	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
26	58,3830	7.87	7,9903	0,60	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
27	57,3419	9.81	9,7660	0,60	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
28	56,0665	11.76	11,4243	0,61	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
29	54,5524	13.72	12,9406	0,61	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
30	52,7937	15.70	14,2894	0,62	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
31	199,7694	17.72	60,8026	0,63	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
32	197,4292	19.77	66,7916	0,64	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
33	194,8079	21.85	72,5172	0,65	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
34	191,8937	23.97	77,9459	0,66	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
35	188,6724	26.11	83,0418	0,67	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
36	185,1274	28.30	87,7657	0,68	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
37	181,2390	30.53	92,0747	0,70	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
38	176,9837	32.82	95,9211	0,72	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
39	172,3331	35.16	99,2512	0,74	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
40	167,2529	37.58	102,0039	0,76	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
41	161,7008	40.08	104,1082	0,79	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
42	155,6239	42.67	105,4804	0,82	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
43	148,9835	45.38	106,0395	0,86	27.52	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
44	141,8095	48.22	105,7506	0,90	23.04	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
45	133,7572	51.23	104,2910	0,96	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
46	124,6413	54.46	101,4206	1,04	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
47	114,3091	57.96	96,9024	1,14	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
48	102,3576	61.86	90,2585	1,28	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
49	88,0461	66.35	80,6484	1,50	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
50	69,6339	71.90	66,1881	1,94	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
51	33,3831	82.52	33,0987	4,62	24.79	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)

Resistenza a taglio paratia= 0,0000 [kN]
ΣW_i= 4512,5140 [kN]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$= 1657,3551 [kN]
$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i$= 2302,3119 [kN]
$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i$= 0,0000 [kN]

Descrizione armatura pali e caratteristiche sezione

Diametro del palo	90,00	[cm]
Area della sezione trasversale	6361,73	[cmq]
Copriferro	3,00	[cm]

L'armatura del palo è costituita da 14ϕ26(A_f=74,33 cmq) longitudinali e staffe ϕ10/13,0 cm.

Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M momento flettente espresso in [kNm]
N sforzo normale espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
Nu sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
FS fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T taglio espresso in [kN]
V_{Rd} taglio resistente espresso in [kN]
FS_T fattore di sicurezza a taglio

N°	Tipo	Y [m]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	[A1-M1]	9,40	-582,93	7,41	-786,21	10,00	1.35
2	[A2-M2]	9,90	-719,02	-16,76	-777,79	-18,13	1.08

N°	Tipo	Y [m]	T [kNm]	Tr [kN]	FS_T
1	[A1-M1]	13,00	209,51	495,62	2.37
2	[A2-M2]	4,00	-216,71	495,62	2.29

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ_c tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
σ_f tensione nell'armatura longitudinale del palo, espressa in [MPa]

N°	Tipo	σ_c [MPa]	Y(σ_c) [m]	σ_f [MPa]	Y(σ_f) [m]	A_f [cmq]
3	[SLER]	8,262	9,45	245,163	9,30	74,33
4	[SLEF]	8,017	9,40	236,553	9,30	74,33
5	[SLEQ]	7,888	9,40	231,929	9,25	74,33

Verifica armatura paratia (Inviluppo)

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M momento flettente espresso in [kNm]
N sforzo normale espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
Nu sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]

FS fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T taglio espresso in [kN]
V_{Rd} taglio resistente espresso in [kN]
FS_T fattore di sicurezza a taglio

n°	Tipo	Y [m]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS	T [kN]	V_{Rdc} [kN]	FS_T
1	[A1-M1]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.00	0,00	495,62	1000.00
1	[A1-M1]	0,05	0,01	0,78	55,17	8228,12	1000.00	0,81	495,62	609.03
1	[A1-M1]	0,10	0,06	1,56	316,17	7988,38	1000.00	2,21	495,62	223.95
1	[A1-M1]	0,15	0,17	2,34	560,45	7763,99	1000.00	3,59	495,62	138.01
1	[A1-M1]	0,20	0,33	3,12	744,90	7126,30	1000.00	4,95	495,62	100.17
1	[A1-M1]	0,25	0,53	3,90	000,72	6447,20	1000.00	6,20	495,62	78.80
1	[A1-M1]	0,30	0,79	4,68	984,67	5846,81	1000.00	7,60	495,62	65.25
2	[A2-M2]	0,35	1,48	5,46	1185,05	4363,63	799.35	8,89	495,62	55.77
2	[A2-M2]	0,40	1,96	6,24	1219,97	3885,09	622.73	10,16	495,62	48.80
2	[A2-M2]	0,45	2,50	7,02	1225,26	3441,90	490.39	11,40	495,62	43.46
2	[A2-M2]	0,50	3,10	7,80	1220,75	3071,16	393.81	12,63	495,62	39.24
2	[A2-M2]	0,55	3,76	8,58	1213,60	2767,45	322.61	13,83	495,62	35.83
2	[A2-M2]	0,60	4,48	9,36	1191,50	2486,98	265.75	15,01	495,62	33.01
2	[A2-M2]	0,65	5,26	10,14	1173,23	2259,70	222.89	16,17	495,62	30.64
2	[A2-M2]	0,70	6,10	10,92	1152,61	2062,53	188.91	17,31	495,62	28.63
2	[A2-M2]	0,75	7,00	11,70	1133,74	1895,89	162.07	18,43	495,62	26.90
2	[A2-M2]	0,80	7,94	12,48	1117,86	1755,72	140.71	19,52	495,62	25.39
2	[A2-M2]	0,85	8,95	13,26	1103,71	1635,30	123.35	20,59	495,62	24.07
2	[A2-M2]	0,90	10,00	14,04	1088,82	1527,77	108.84	21,64	495,62	22.90
2	[A2-M2]	0,95	11,11	14,82	1075,93	1434,61	96.82	22,67	495,62	21.86
2	[A2-M2]	1,00	12,27	15,60	1064,65	1353,13	86.76	23,68	495,62	20.93
2	[A2-M2]	1,05	13,48	16,38	1054,70	1281,28	78.24	24,66	495,62	20.10
2	[A2-M2]	1,10	14,74	17,16	1045,87	1217,48	70.96	25,62	495,62	19.34
2	[A2-M2]	1,15	16,04	17,94	1037,97	1160,44	64.70	26,56	495,62	18.66
2	[A2-M2]	1,20	17,40	18,72	1030,88	1109,17	59.26	27,48	495,62	18.03
2	[A2-M2]	1,25	18,79	19,50	1019,95	1058,16	54.27	28,38	495,62	17.46
2	[A2-M2]	1,30	20,23	20,28	1009,59	1011,72	49.90	29,25	495,62	16.94
2	[A2-M2]	1,35	21,72	21,06	1000,23	969,75	46.06	30,11	495,62	16.46
2	[A2-M2]	1,40	23,24	21,84	991,74	931,64	42.67	30,94	495,62	16.02
2	[A2-M2]	1,45	24,81	22,62	983,99	896,89	39.66	31,74	495,62	15.61
2	[A2-M2]	1,50	26,42	23,40	976,90	865,09	36.98	32,53	495,62	15.24
2	[A2-M2]	1,55	28,07	24,18	970,39	835,89	34.58	33,29	495,62	14.89
2	[A2-M2]	1,60	29,75	24,96	964,39	808,99	32.42	34,03	495,62	14.56
2	[A2-M2]	1,65	31,47	25,74	958,84	784,14	30.47	34,77	495,62	14.26
2	[A2-M2]	1,70	33,23	26,51	953,70	761,07	28.70	35,51	495,62	13.96
2	[A2-M2]	1,75	35,02	27,29	948,91	739,57	27.10	36,27	495,62	13.66
2	[A2-M2]	1,80	36,85	28,07	944,42	719,45	25.63	37,04	495,62	13.38
2	[A2-M2]	1,85	38,73	28,85	940,21	700,55	24.28	37,84	495,62	13.10
2	[A2-M2]	1,90	40,64	29,63	936,23	682,74	23.04	38,64	495,62	12.83
2	[A2-M2]	1,95	42,59	30,41	932,48	665,90	21.89	39,46	495,62	12.56
2	[A2-M2]	2,00	44,58	31,19	928,92	649,94	20.84	-43,57	495,62	11.37
2	[A2-M2]	2,05	42,85	52,20	1055,29	1285,55	24.63	-42,71	495,62	11.60
2	[A2-M2]	2,10	41,15	52,98	1067,58	1374,28	25.94	-41,84	495,62	11.85
2	[A2-M2]	2,15	39,50	53,76	1080,96	1470,99	27.36	-40,94	495,62	12.11
2	[A2-M2]	2,20	37,90	54,54	1095,58	1576,59	28.91	-40,03	495,62	12.38
2	[A2-M2]	2,25	36,34	55,32	1110,47	1690,47	30.56	-39,11	495,62	12.67
2	[A2-M2]	2,30	34,82	56,10	1124,10	1810,80	32.28	-38,16	495,62	12.99
2	[A2-M2]	2,35	33,36	56,88	1138,97	1942,08	34.15	-37,20	495,62	13.32
2	[A2-M2]	2,40	31,94	57,65	1155,22	2085,54	36.17	-36,23	495,62	13.68
2	[A2-M2]	2,45	30,57	58,43	1171,65	2239,97	38.33	-35,24	495,62	14.07
2	[A2-M2]	2,50	29,24	59,21	1184,37	2398,20	40.50	-34,23	495,62	14.48
2	[A2-M2]	2,55	27,97	59,99	1198,16	2569,82	42.83	-33,21	495,62	14.93
2	[A2-M2]	2,60	26,75	60,77	1213,13	2756,01	45.35	-32,17	495,62	15.41
2	[A2-M2]	2,65	25,58	61,55	1217,41	2929,23	47.59	-31,11	495,62	15.93
2	[A2-M2]	2,70	24,47	62,33	1221,73	3112,73	49.94	-30,04	495,62	16.50
2	[A2-M2]	2,75	23,40	63,11	1226,31	3307,23	52.40	-28,95	495,62	17.12
2	[A2-M2]	2,80	22,39	63,89	1224,80	3494,70	54.70	-27,84	495,62	17.80
2	[A2-M2]	2,85	21,44	64,67	1223,08	3689,68	57.05	-26,72	495,62	18.55
2	[A2-M2]	2,90	20,54	65,45	1219,81	3887,21	59.39	-25,58	495,62	19.37
2	[A2-M2]	2,95	19,70	66,23	1207,24	4059,54	61.29	-24,43	495,62	20.29
2	[A2-M2]	3,00	18,91	67,01	1194,57	4233,09	63.17	-23,26	495,62	21.31
2	[A2-M2]	3,05	18,18	67,79	1181,92	4406,55	65.00	-22,07	495,62	22.45
2	[A2-M2]	3,10	17,51	68,57	1164,32	4558,61	66.48	-20,87	495,62	23.75
2	[A2-M2]	3,15	16,90	69,35	1146,95	4705,43	67.85	-19,65	495,62	25.22
2	[A2-M2]	3,20	16,36	70,13	1130,25	4846,56	69.11	-18,42	495,62	26.91
2	[A2-M2]	3,25	15,87	70,91	1114,21	4979,57	70.22	-17,16	495,62	28.87
2	[A2-M2]	3,30	15,44	71,69	1097,56	5096,13	71.08	-15,90	495,62	31.18
2	[A2-M2]	3,35	15,08	72,47	1082,34	5202,75	71.79	-14,61	495,62	33.92
2	[A2-M2]	3,40	14,78	73,25	1068,72	5298,17	72.33	-13,31	495,62	37.23

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
2	[A2-M2]	3,45	14,54	74,03	1056,86	5381,25	72.69	-12,00	495,62	41.32
2	[A2-M2]	3,50	14,37	74,81	1046,90	5450,99	72.86	-10,66	495,62	46.48
2	[A2-M2]	3,55	14,26	75,59	1038,97	5506,59	72.85	-9,31	495,62	53.21
2	[A2-M2]	3,60	14,22	76,37	1032,87	5546,01	72.62	-7,95	495,62	62.35
2	[A2-M2]	3,65	14,25	77,15	1028,96	5570,44	72.20	-6,57	495,62	75.47
2	[A2-M2]	3,70	14,35	77,93	1027,36	5580,40	71.61	-5,17	495,62	95.88
2	[A2-M2]	3,75	14,51	78,71	1028,06	5576,00	70.84	3,99	495,62	124.19
2	[A2-M2]	3,80	14,75	79,49	1031,01	5557,59	69.91	5,39	495,62	91.93
2	[A2-M2]	3,85	15,05	80,27	1036,13	5525,68	68.84	6,81	495,62	72.81
2	[A2-M2]	3,90	15,43	81,05	1042,91	5478,98	67.60	8,24	495,62	60.17
2	[A2-M2]	3,95	15,88	81,83	1051,41	5419,43	66.23	9,68	495,62	51.19
2	[A2-M2]	4,00	16,40	-108,79	239,98	-1592,18	14.64	-216,71	495,62	2.29
1	[A1-M1]	4,05	-19,42	-76,03	-335,42	-1312,85	17.27	-215,64	495,62	2.30
1	[A1-M1]	4,10	-28,67	-75,25	-413,32	-1084,83	14.42	-214,54	495,62	2.31
1	[A1-M1]	4,15	-37,86	-74,47	-468,88	-922,23	12.38	-213,41	495,62	2.32
1	[A1-M1]	4,20	-47,00	-73,69	-510,50	-800,43	10.86	-212,28	495,62	2.33
1	[A1-M1]	4,25	-56,08	-72,91	-542,84	-705,77	9.68	-211,13	495,62	2.35
1	[A1-M1]	4,30	-65,10	-72,13	-568,70	-630,08	8.74	-209,98	495,62	2.36
1	[A1-M1]	4,35	-74,07	-71,35	-589,85	-568,18	7.96	-208,81	495,62	2.37
1	[A1-M1]	4,40	-82,98	-70,57	-607,47	-516,61	7.32	-207,62	495,62	2.39
1	[A1-M1]	4,45	-91,83	-69,79	-622,38	-472,98	6.78	-206,43	495,62	2.40
1	[A1-M1]	4,50	-100,63	-69,01	-635,15	-435,59	6.31	-205,23	495,62	2.42
2	[A2-M2]	4,55	-99,38	-100,21	-583,09	-587,97	5.87	-204,01	495,62	2.43
2	[A2-M2]	4,60	-109,54	-99,43	-598,41	-543,14	5.46	-202,78	495,62	2.44
2	[A2-M2]	4,65	-119,65	-98,65	-611,68	-504,30	5.11	-201,54	495,62	2.46
2	[A2-M2]	4,70	-129,70	-97,87	-623,29	-470,32	4.81	-200,28	495,62	2.47
2	[A2-M2]	4,75	-139,68	-97,09	-633,53	-440,34	4.54	-199,02	495,62	2.49
2	[A2-M2]	4,80	-149,60	-96,31	-642,63	-413,70	4.30	-197,74	495,62	2.51
2	[A2-M2]	4,85	-159,45	-95,53	-650,77	-389,87	4.08	-196,45	495,62	2.52
2	[A2-M2]	4,90	-169,25	-94,75	-658,10	-368,42	3.89	-195,15	495,62	2.54
2	[A2-M2]	4,95	-178,97	-93,97	-664,73	-349,02	3.71	-193,84	495,62	2.56
2	[A2-M2]	5,00	-188,63	-93,19	-670,76	-331,38	3.56	-192,52	495,62	2.57
2	[A2-M2]	5,05	-198,22	-92,41	-676,26	-315,27	3.41	-191,18	495,62	2.59
2	[A2-M2]	5,10	-207,75	-91,63	-681,31	-300,50	3.28	-189,83	495,62	2.61
2	[A2-M2]	5,15	-217,20	-90,85	-685,95	-286,91	3.16	-188,47	495,62	2.63
2	[A2-M2]	5,20	-226,59	-90,07	-690,24	-274,36	3.05	-187,10	495,62	2.65
2	[A2-M2]	5,25	-235,91	-89,29	-694,21	-262,75	2.94	-185,71	495,62	2.67
2	[A2-M2]	5,30	-245,16	-88,51	-697,90	-251,95	2.85	-184,32	495,62	2.69
2	[A2-M2]	5,35	-254,34	-87,73	-701,33	-241,90	2.76	-182,91	495,62	2.71
2	[A2-M2]	5,40	-263,45	-86,95	-704,54	-232,52	2.67	-181,49	495,62	2.73
2	[A2-M2]	5,45	-272,49	-86,17	-707,54	-223,74	2.60	-180,06	495,62	2.75
2	[A2-M2]	5,50	-281,46	-85,39	-710,35	-215,51	2.52	-178,61	495,62	2.77
2	[A2-M2]	5,55	-290,35	-84,61	-712,99	-207,77	2.46	-177,16	495,62	2.80
2	[A2-M2]	5,60	-299,18	-83,83	-715,48	-200,48	2.39	-175,69	495,62	2.82
2	[A2-M2]	5,65	-307,92	-83,05	-717,83	-193,61	2.33	-174,21	495,62	2.84
2	[A2-M2]	5,70	-316,60	-82,27	-720,05	-187,11	2.27	-172,72	495,62	2.87
2	[A2-M2]	5,75	-325,20	-81,49	-722,15	-180,96	2.22	-171,22	495,62	2.89
2	[A2-M2]	5,80	-333,72	-80,71	-724,14	-175,14	2.17	-169,70	495,62	2.92
2	[A2-M2]	5,85	-342,17	-79,93	-726,03	-169,60	2.12	-168,18	495,62	2.95
2	[A2-M2]	5,90	-350,54	-79,15	-727,83	-164,34	2.08	-166,64	495,62	2.97
2	[A2-M2]	5,95	-358,83	-78,37	-729,54	-159,34	2.03	-165,09	495,62	3.00
2	[A2-M2]	6,00	-367,04	-77,59	-731,17	-154,57	1.99	-163,53	495,62	3.03
2	[A2-M2]	6,05	-375,18	-76,81	-732,73	-150,01	1.95	-161,95	495,62	3.06
2	[A2-M2]	6,10	-383,24	-76,03	-734,21	-145,66	1.92	-160,36	495,62	3.09
2	[A2-M2]	6,15	-391,22	-75,25	-735,64	-141,50	1.88	-158,76	495,62	3.12
2	[A2-M2]	6,20	-399,11	-74,47	-737,00	-137,52	1.85	-157,15	495,62	3.15
2	[A2-M2]	6,25	-406,93	-73,69	-738,30	-133,70	1.81	-155,53	495,62	3.19
2	[A2-M2]	6,30	-414,67	-72,91	-739,55	-130,04	1.78	-153,89	495,62	3.22
2	[A2-M2]	6,35	-422,32	-72,13	-740,75	-126,52	1.75	-152,25	495,62	3.26
2	[A2-M2]	6,40	-429,89	-71,35	-741,91	-123,14	1.73	-150,59	495,62	3.29
2	[A2-M2]	6,45	-437,38	-70,57	-743,02	-119,89	1.70	-148,92	495,62	3.33
2	[A2-M2]	6,50	-444,78	-69,79	-744,09	-116,76	1.67	-147,24	495,62	3.37
2	[A2-M2]	6,55	-452,10	-69,01	-745,12	-113,74	1.65	-145,54	495,62	3.41
2	[A2-M2]	6,60	-459,34	-68,23	-746,11	-110,83	1.62	-143,84	495,62	3.45
2	[A2-M2]	6,65	-466,49	-67,45	-747,07	-108,03	1.60	-142,12	495,62	3.49
2	[A2-M2]	6,70	-473,55	-66,67	-748,00	-105,31	1.58	-140,39	495,62	3.53
2	[A2-M2]	6,75	-480,53	-65,89	-748,90	-102,69	1.56	-138,65	495,62	3.57
2	[A2-M2]	6,80	-487,41	-65,11	-749,76	-100,16	1.54	-136,90	495,62	3.62
2	[A2-M2]	6,85	-494,21	-64,33	-750,60	-97,71	1.52	-135,13	495,62	3.67
2	[A2-M2]	6,90	-500,93	-63,55	-751,41	-95,33	1.50	-133,35	495,62	3.72
2	[A2-M2]	6,95	-507,55	-62,77	-752,20	-93,03	1.48	-131,56	495,62	3.77
2	[A2-M2]	7,00	-514,08	-61,99	-752,96	-90,80	1.46	-129,76	495,62	3.82
2	[A2-M2]	7,05	-520,53	-61,21	-753,70	-88,64	1.45	-127,95	495,62	3.87
2	[A2-M2]	7,10	-526,88	-60,43	-754,42	-86,53	1.43	-126,12	495,62	3.93
2	[A2-M2]	7,15	-533,14	-59,65	-755,11	-84,49	1.42	-124,29	495,62	3.99
2	[A2-M2]	7,20	-539,31	-58,87	-755,79	-82,51	1.40	-122,44	495,62	4.05

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rd}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
2	[A2-M2]	7,25	-545,38	-58,09	-756,45	-80,58	1.39	-120,58	495,62	4.11
2	[A2-M2]	7,30	-551,36	-57,31	-757,09	-78,70	1.37	-118,70	495,62	4.18
2	[A2-M2]	7,35	-557,25	-56,54	-757,72	-76,87	1.36	-116,82	495,62	4.24
2	[A2-M2]	7,40	-563,04	-55,76	-758,33	-75,09	1.35	-114,92	495,62	4.31
2	[A2-M2]	7,45	-568,74	-54,98	-758,92	-73,36	1.33	-113,01	495,62	4.39
2	[A2-M2]	7,50	-574,35	-54,20	-759,50	-71,67	1.32	-111,09	495,62	4.46
2	[A2-M2]	7,55	-579,85	-53,42	-760,06	-70,02	1.31	-109,16	495,62	4.54
2	[A2-M2]	7,60	-585,26	-52,64	-760,61	-68,41	1.30	-107,22	495,62	4.62
2	[A2-M2]	7,65	-590,57	-51,86	-761,15	-66,83	1.29	-105,26	495,62	4.71
2	[A2-M2]	7,70	-595,79	-51,08	-761,67	-65,30	1.28	-103,29	495,62	4.80
2	[A2-M2]	7,75	-600,90	-50,30	-762,19	-63,80	1.27	-101,31	495,62	4.89
2	[A2-M2]	7,80	-605,92	-49,52	-762,69	-62,33	1.26	-99,32	495,62	4.99
2	[A2-M2]	7,85	-610,83	-48,74	-763,18	-60,89	1.25	-97,32	495,62	5.09
2	[A2-M2]	7,90	-615,65	-47,96	-763,66	-59,49	1.24	-95,30	495,62	5.20
2	[A2-M2]	7,95	-620,36	-47,18	-764,13	-58,11	1.23	-93,28	495,62	5.31
2	[A2-M2]	8,00	-624,98	-46,40	-764,59	-56,76	1.22	-91,24	495,62	5.43
2	[A2-M2]	8,05	-629,49	-45,62	-765,04	-55,44	1.22	-89,19	495,62	5.56
2	[A2-M2]	8,10	-633,89	-44,84	-765,48	-54,14	1.21	-87,12	495,62	5.69
2	[A2-M2]	8,15	-638,20	-44,06	-765,92	-52,87	1.20	-85,04	495,62	5.83
2	[A2-M2]	8,20	-642,40	-43,28	-766,34	-51,63	1.19	-82,96	495,62	5.97
2	[A2-M2]	8,25	-646,49	-42,50	-766,76	-50,40	1.19	-80,86	495,62	6.13
2	[A2-M2]	8,30	-650,48	-41,72	-767,17	-49,20	1.18	-78,75	495,62	6.29
2	[A2-M2]	8,35	-654,37	-40,94	-767,58	-48,02	1.17	-76,62	495,62	6.47
2	[A2-M2]	8,40	-658,15	-40,16	-767,97	-46,86	1.17	-74,49	495,62	6.65
2	[A2-M2]	8,45	-661,82	-39,38	-768,36	-45,72	1.16	-72,34	495,62	6.85
2	[A2-M2]	8,50	-665,38	-38,60	-768,75	-44,59	1.16	-70,18	495,62	7.06
2	[A2-M2]	8,55	-668,83	-37,82	-769,12	-43,49	1.15	-68,01	495,62	7.29
2	[A2-M2]	8,60	-672,18	-37,04	-769,50	-42,40	1.14	-65,83	495,62	7.53
2	[A2-M2]	8,65	-675,42	-36,26	-769,86	-41,33	1.14	-63,63	495,62	7.79
2	[A2-M2]	8,70	-678,54	-35,48	-770,22	-40,27	1.14	-61,43	495,62	8.07
2	[A2-M2]	8,75	-681,56	-34,70	-770,58	-39,23	1.13	-59,21	495,62	8.37
2	[A2-M2]	8,80	-684,46	-33,92	-770,93	-38,20	1.13	-56,98	495,62	8.70
2	[A2-M2]	8,85	-687,26	-33,14	-771,28	-37,19	1.12	-54,74	495,62	9.05
2	[A2-M2]	8,90	-689,94	-32,36	-771,62	-36,19	1.12	-52,48	495,62	9.44
2	[A2-M2]	8,95	-692,51	-31,58	-771,96	-35,20	1.11	-50,22	495,62	9.87
2	[A2-M2]	9,00	-694,96	-30,80	-772,29	-34,23	1.11	-47,94	495,62	10.34
2	[A2-M2]	9,05	-697,30	-30,02	-772,62	-33,26	1.11	-45,65	495,62	10.86
2	[A2-M2]	9,10	-699,52	-29,24	-772,94	-32,31	1.10	-43,34	495,62	11.43
2	[A2-M2]	9,15	-701,63	-28,46	-773,27	-31,37	1.10	-41,03	495,62	12.08
2	[A2-M2]	9,20	-703,63	-27,68	-773,59	-30,43	1.10	-38,71	495,62	12.80
2	[A2-M2]	9,25	-705,50	-26,90	-773,90	-29,51	1.10	-36,37	495,62	13.63
2	[A2-M2]	9,30	-707,26	-26,12	-774,21	-28,59	1.09	-34,02	495,62	14.57
2	[A2-M2]	9,35	-708,90	-25,34	-774,52	-27,69	1.09	-31,66	495,62	15.66
2	[A2-M2]	9,40	-710,43	-24,56	-774,83	-26,79	1.09	-29,28	495,62	16.92
2	[A2-M2]	9,45	-711,83	-23,78	-775,14	-25,90	1.09	-26,90	495,62	18.43
2	[A2-M2]	9,50	-713,12	-23,00	-775,44	-25,01	1.09	-24,50	495,62	20.23
2	[A2-M2]	9,55	-714,28	-22,22	-775,74	-24,13	1.09	-22,09	495,62	22.43
2	[A2-M2]	9,60	-715,33	-21,44	-776,04	-23,26	1.08	-19,67	495,62	25.20
2	[A2-M2]	9,65	-716,25	-20,66	-776,33	-22,40	1.08	-17,24	495,62	28.75
2	[A2-M2]	9,70	-717,05	-19,88	-776,63	-21,53	1.08	-14,79	495,62	33.50
2	[A2-M2]	9,75	-717,73	-19,10	-776,92	-20,68	1.08	14,02	495,62	35.36
2	[A2-M2]	9,80	-718,28	-18,32	-777,21	-19,83	1.08	16,45	495,62	30.14
2	[A2-M2]	9,85	-718,71	-17,54	-777,50	-18,98	1.08	18,89	495,62	26.24
2	[A2-M2]	9,90	-719,02	-16,76	-777,79	-18,13	1.08	21,34	495,62	23.23
2	[A2-M2]	9,95	-719,20	-15,98	-778,08	-17,29	1.08	23,80	495,62	20.82
2	[A2-M2]	10,00	-719,26	-15,20	-778,36	-16,45	1.08	26,28	495,62	18.86
2	[A2-M2]	10,05	-719,19	-14,42	-778,65	-15,62	1.08	28,77	495,62	17.23
2	[A2-M2]	10,10	-718,99	-13,64	-778,93	-14,78	1.08	31,27	495,62	15.85
2	[A2-M2]	10,15	-718,67	-12,86	-779,22	-13,95	1.08	33,78	495,62	14.67
2	[A2-M2]	10,20	-718,22	-12,08	-779,50	-13,11	1.09	36,31	495,62	13.65
2	[A2-M2]	10,25	-717,64	-11,30	-779,79	-12,28	1.09	38,84	495,62	12.76
2	[A2-M2]	10,30	-716,93	-10,52	-780,07	-11,45	1.09	41,39	495,62	11.97
2	[A2-M2]	10,35	-716,09	-9,74	-780,36	-10,62	1.09	43,95	495,62	11.28
2	[A2-M2]	10,40	-715,12	-8,96	-780,64	-9,79	1.09	46,52	495,62	10.65
2	[A2-M2]	10,45	-714,02	-8,18	-780,92	-8,95	1.09	49,10	495,62	10.09
2	[A2-M2]	10,50	-712,79	-7,40	-781,21	-8,12	1.10	51,70	495,62	9.59
2	[A2-M2]	10,55	-711,43	-6,62	-781,50	-7,28	1.10	54,30	495,62	9.13
2	[A2-M2]	10,60	-709,93	-5,84	-781,78	-6,44	1.10	56,92	495,62	8.71
2	[A2-M2]	10,65	-708,30	-5,06	-782,07	-5,59	1.10	59,55	495,62	8.32
2	[A2-M2]	10,70	-706,54	-4,28	-782,36	-4,74	1.11	62,19	495,62	7.97
2	[A2-M2]	10,75	-704,64	-3,51	-782,65	-3,89	1.11	64,85	495,62	7.64
2	[A2-M2]	10,80	-702,61	-2,73	-782,95	-3,04	1.11	67,51	495,62	7.34
2	[A2-M2]	10,85	-700,44	-1,95	-783,24	-2,18	1.12	70,19	495,62	7.06
2	[A2-M2]	10,90	-698,13	-1,17	-783,54	-1,31	1.12	72,88	495,62	6.80
2	[A2-M2]	10,95	-695,69	-0,39	-783,83	-0,43	1.13	75,58	495,62	6.56
2	[A2-M2]	11,00	-693,11	0,39	-784,08	0,45	1.13	78,29	495,62	6.33

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rd}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
2	[A2-M2]	11,05	-690,40	1,17	-784,28	1,33	1.14	81,02	495,62	6.12
2	[A2-M2]	11,10	-687,54	1,95	-784,48	2,23	1.14	83,76	495,62	5.92
2	[A2-M2]	11,15	-684,55	2,73	-784,68	3,13	1.15	86,50	495,62	5.73
2	[A2-M2]	11,20	-681,41	3,51	-784,89	4,05	1.15	89,26	495,62	5.55
2	[A2-M2]	11,25	-678,14	4,29	-785,09	4,97	1.16	92,04	495,62	5.39
2	[A2-M2]	11,30	-674,72	5,07	-785,30	5,90	1.16	94,82	495,62	5.23
2	[A2-M2]	11,35	-671,16	5,85	-785,51	6,85	1.17	97,62	495,62	5.08
2	[A2-M2]	11,40	-667,46	6,63	-785,72	7,81	1.18	100,42	495,62	4.94
2	[A2-M2]	11,45	-663,62	7,41	-785,94	8,78	1.18	103,24	495,62	4.80
2	[A2-M2]	11,50	-659,63	8,19	-786,16	9,76	1.19	106,07	495,62	4.67
2	[A2-M2]	11,55	-655,47	8,97	-786,38	10,76	1.20	110,38	495,62	4.49
2	[A2-M2]	11,60	-651,10	9,75	-786,61	11,78	1.21	114,72	495,62	4.32
2	[A2-M2]	11,65	-646,53	10,53	-786,84	12,82	1.22	119,08	495,62	4.16
2	[A2-M2]	11,70	-641,74	11,31	-787,08	13,87	1.23	123,47	495,62	4.01
2	[A2-M2]	11,75	-636,75	12,09	-787,32	14,95	1.24	127,87	495,62	3.88
2	[A2-M2]	11,80	-631,54	12,87	-787,56	16,05	1.25	132,28	495,62	3.75
2	[A2-M2]	11,85	-626,12	13,65	-787,81	17,18	1.26	136,71	495,62	3.63
2	[A2-M2]	11,90	-620,49	14,43	-788,07	18,33	1.27	141,16	495,62	3.51
2	[A2-M2]	11,95	-614,65	15,21	-788,33	19,51	1.28	145,63	495,62	3.40
2	[A2-M2]	12,00	-608,59	15,99	-788,60	20,72	1.30	150,12	495,62	3.30
2	[A2-M2]	12,05	-602,32	16,77	-788,88	21,97	1.31	154,63	495,62	3.21
2	[A2-M2]	12,10	-595,83	17,55	-789,17	23,25	1.32	159,15	495,62	3.11
2	[A2-M2]	12,15	-589,13	18,33	-789,46	24,56	1.34	163,69	495,62	3.03
2	[A2-M2]	12,20	-582,20	19,11	-789,76	25,92	1.36	168,24	495,62	2.95
2	[A2-M2]	12,25	-575,06	19,89	-790,08	27,33	1.37	172,82	495,62	2.87
2	[A2-M2]	12,30	-567,70	20,67	-790,40	28,78	1.39	177,41	495,62	2.79
2	[A2-M2]	12,35	-560,12	21,45	-790,74	30,28	1.41	182,01	495,62	2.72
2	[A2-M2]	12,40	-552,32	22,23	-791,08	31,84	1.43	186,64	495,62	2.66
2	[A2-M2]	12,45	-544,30	23,01	-791,44	33,46	1.45	191,21	495,62	2.59
2	[A2-M2]	12,50	-536,06	23,79	-791,82	35,14	1.48	195,67	495,62	2.53
2	[A2-M2]	12,55	-527,65	24,57	-792,21	36,89	1.50	198,08	495,62	2.50
2	[A2-M2]	12,60	-519,10	25,35	-792,61	38,71	1.53	200,27	495,62	2.47
2	[A2-M2]	12,65	-510,42	26,13	-793,04	40,60	1.55	202,24	495,62	2.45
2	[A2-M2]	12,70	-501,63	26,91	-793,48	42,57	1.58	203,99	495,62	2.43
2	[A2-M2]	12,75	-492,72	27,69	-793,93	44,62	1.61	205,50	495,62	2.41
2	[A2-M2]	12,80	-483,70	28,47	-794,41	46,76	1.64	206,78	495,62	2.40
2	[A2-M2]	12,85	-474,58	29,25	-794,91	48,99	1.67	207,82	495,62	2.38
2	[A2-M2]	12,90	-465,37	30,03	-795,43	51,33	1.71	208,62	495,62	2.38
2	[A2-M2]	12,95	-456,08	30,81	-795,97	53,77	1.75	209,19	495,62	2.37
2	[A2-M2]	13,00	-446,70	31,59	-796,54	56,33	1.78	209,51	495,62	2.37
2	[A2-M2]	13,05	-437,25	32,37	-797,14	59,01	1.82	209,48	495,62	2.37
2	[A2-M2]	13,10	-427,74	33,15	-797,77	61,82	1.87	209,22	495,62	2.37
2	[A2-M2]	13,15	-418,16	33,93	-798,43	64,78	1.91	208,71	495,62	2.37
2	[A2-M2]	13,20	-408,54	34,71	-799,12	67,89	1.96	207,97	495,62	2.38
2	[A2-M2]	13,25	-398,86	35,49	-799,85	71,16	2.01	206,99	495,62	2.39
2	[A2-M2]	13,30	-389,15	36,27	-800,62	74,61	2.06	205,78	495,62	2.41
2	[A2-M2]	13,35	-379,41	37,05	-801,43	78,26	2.11	204,32	495,62	2.43
2	[A2-M2]	13,40	-369,64	37,83	-802,29	82,10	2.17	202,63	495,62	2.45
2	[A2-M2]	13,45	-359,85	38,61	-803,20	86,17	2.23	200,70	495,62	2.47
2	[A2-M2]	13,50	-350,06	39,39	-804,16	90,48	2.30	198,54	495,62	2.50
2	[A2-M2]	13,55	-340,25	40,17	-805,18	95,05	2.37	196,13	495,62	2.53
2	[A2-M2]	13,60	-330,45	40,95	-806,26	99,90	2.44	195,82	495,62	2.53
2	[A2-M2]	13,65	-320,66	41,73	-807,41	105,06	2.52	195,50	495,62	2.54
2	[A2-M2]	13,70	-310,89	42,51	-808,64	110,56	2.60	195,05	495,62	2.54
2	[A2-M2]	13,75	-301,14	43,29	-809,95	116,42	2.69	194,46	495,62	2.55
2	[A2-M2]	13,80	-291,41	44,07	-811,34	122,69	2.78	193,73	495,62	2.56
2	[A2-M2]	13,85	-281,73	44,85	-812,84	129,39	2.89	192,87	495,62	2.57
2	[A2-M2]	13,90	-272,08	45,63	-814,44	136,57	2.99	191,87	495,62	2.58
2	[A2-M2]	13,95	-262,49	46,41	-816,16	144,29	3.11	190,73	495,62	2.60
2	[A2-M2]	14,00	-252,95	47,19	-818,01	152,59	3.23	189,46	495,62	2.62
2	[A2-M2]	14,05	-243,48	47,97	-820,01	161,54	3.37	188,05	495,62	2.64
2	[A2-M2]	14,10	-234,08	48,75	-822,16	171,21	3.51	186,51	495,62	2.66
2	[A2-M2]	14,15	-224,75	49,52	-824,50	181,68	3.67	184,82	495,62	2.68
2	[A2-M2]	14,20	-215,51	50,30	-827,03	193,05	3.84	183,00	495,62	2.71
2	[A2-M2]	14,25	-206,36	51,08	-829,79	205,41	4.02	181,05	495,62	2.74
2	[A2-M2]	14,30	-197,31	51,86	-832,80	218,91	4.22	178,96	495,62	2.77
2	[A2-M2]	14,35	-188,36	52,64	-836,09	233,68	4.44	176,74	495,62	2.80
2	[A2-M2]	14,40	-179,52	53,42	-839,71	249,89	4.68	174,38	495,62	2.84
2	[A2-M2]	14,45	-170,80	54,20	-843,69	267,74	4.94	171,91	495,62	2.88
2	[A2-M2]	14,50	-162,21	54,98	-848,09	287,48	5.23	169,28	495,62	2.93
2	[A2-M2]	14,55	-153,75	55,76	-852,97	309,37	5.55	166,47	495,62	2.98
2	[A2-M2]	14,60	-145,42	56,54	-858,41	333,77	5.90	163,55	495,62	3.03
2	[A2-M2]	14,65	-137,24	57,32	-864,50	361,08	6.30	160,49	495,62	3.09
2	[A2-M2]	14,70	-129,22	58,10	-871,35	391,80	6.74	157,31	495,62	3.15
2	[A2-M2]	14,75	-121,35	58,88	-879,10	426,55	7.24	153,99	495,62	3.22
2	[A2-M2]	14,80	-113,66	59,66	-887,93	466,11	7.81	150,53	495,62	3.29

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
2	[A2-M2]	14,85	-106,13	60,44	-898,04	511,45	8.46	146,93	495,62	3.37
2	[A2-M2]	14,90	-98,78	61,22	-909,71	563,82	9.21	143,20	495,62	3.46
2	[A2-M2]	14,95	-91,62	62,00	-923,32	624,83	10.08	139,34	495,62	3.56
2	[A2-M2]	15,00	-84,66	62,78	-939,33	696,63	11.10	135,34	495,62	3.66
2	[A2-M2]	15,05	-77,89	63,56	-958,39	782,11	12.30	131,20	495,62	3.78
1	[A1-M1]	15,10	77,36	96,32	1060,04	1319,87	13.70	126,92	495,62	3.90
1	[A1-M1]	15,15	77,80	97,10	1060,57	1323,66	13.63	122,51	495,62	4.05
1	[A1-M1]	15,20	77,88	97,88	1062,12	1334,85	13.64	117,96	495,62	4.20
1	[A1-M1]	15,25	77,62	98,66	1064,66	1353,24	13.72	113,27	495,62	4.38
1	[A1-M1]	15,30	77,03	99,44	1068,21	1378,84	13.87	108,45	495,62	4.57
1	[A1-M1]	15,35	76,15	100,22	1072,78	1411,86	14.09	103,49	495,62	4.79
1	[A1-M1]	15,40	74,98	101,00	1078,43	1452,71	14.38	98,40	495,62	5.04
1	[A1-M1]	15,45	73,54	101,78	1085,26	1502,01	14.76	93,17	495,62	5.32
1	[A1-M1]	15,50	71,85	102,56	1093,37	1560,59	15.22	87,80	495,62	5.65
1	[A1-M1]	15,55	69,94	103,34	1102,92	1629,60	15.77	82,29	495,62	6.02
1	[A1-M1]	15,60	67,81	104,12	1112,45	1707,94	16.40	76,65	495,62	6.47
1	[A1-M1]	15,65	65,50	104,90	1122,63	1797,83	17.14	70,87	495,62	6.99
1	[A1-M1]	15,70	63,01	105,68	1134,49	1902,55	18.00	64,96	495,62	7.63
1	[A1-M1]	15,75	60,37	106,46	1148,34	2024,80	19.02	58,91	495,62	8.41
1	[A1-M1]	15,80	57,60	107,24	1164,57	2168,09	20.22	-57,81	495,62	8.57
1	[A1-M1]	15,85	54,71	108,02	1178,65	2327,04	21.54	-59,76	495,62	8.29
1	[A1-M1]	15,90	51,72	108,79	1193,37	2510,23	23.07	-61,34	495,62	8.08
1	[A1-M1]	15,95	48,65	109,57	1210,78	2726,81	24.89	-62,55	495,62	7.92
1	[A1-M1]	16,00	45,53	110,35	1217,96	2952,27	26.75	-63,39	495,62	7.82
1	[A1-M1]	16,05	42,36	111,13	1224,06	3211,63	28.90	-63,86	495,62	7.76
1	[A1-M1]	16,10	39,16	111,91	1224,75	3499,83	31.27	-63,96	495,62	7.75
1	[A1-M1]	16,15	35,97	112,69	1221,86	3828,50	33.97	-63,69	495,62	7.78
1	[A1-M1]	16,20	32,78	113,47	1200,29	4154,81	36.61	-63,05	495,62	7.86
1	[A1-M1]	16,25	29,63	114,25	1169,91	4511,35	39.49	-62,04	495,62	7.99
1	[A1-M1]	16,30	26,53	115,03	1125,97	4882,74	42.45	-60,67	495,62	8.17
1	[A1-M1]	16,35	23,49	115,81	1071,22	5280,67	45.60	-58,92	495,62	8.41
1	[A1-M1]	16,40	20,55	116,59	1006,44	5710,93	48.98	-56,81	495,62	8.72
1	[A1-M1]	16,45	17,71	117,37	930,82	6170,14	52.57	-54,33	495,62	9.12
1	[A1-M1]	16,50	14,99	118,15	843,56	6649,00	56.27	-51,30	495,62	9.66
1	[A1-M1]	16,55	12,42	118,93	744,63	7127,64	59.93	-47,67	495,62	10.40
1	[A1-M1]	16,60	10,04	119,71	635,99	7582,16	63.34	-43,62	495,62	11.36
1	[A1-M1]	16,65	7,86	120,49	509,53	7810,76	64.82	-39,16	495,62	12.66
1	[A1-M1]	16,70	5,90	121,27	385,68	7924,53	65.34	-34,28	495,62	14.46
1	[A1-M1]	16,75	4,19	122,05	275,40	8025,83	65.76	-28,99	495,62	17.09
1	[A1-M1]	16,80	2,74	122,83	180,86	8112,67	66.05	-23,29	495,62	21.28
1	[A1-M1]	16,85	1,57	123,61	104,20	8183,09	66.20	-17,17	495,62	28.87
1	[A1-M1]	16,90	0,72	124,39	47,38	8235,28	66.20	-10,63	495,62	46.62
1	[A1-M1]	16,95	0,18	125,17	12,16	8267,63	66.05	-3,68	495,62	134.60

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ_c tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
σ_f tensione nell'armatura longitudinale del palo, espressa in [MPa]

Y	σ_c	n° - Tipo	σ_f	n° - Tipo
[m]	[MPa]		[MPa]	
0,00	0,000	3 - [SLER]	0,000	3 - [SLER]
0,05	0,001	3 - [SLER]	0,016	3 - [SLER]
0,10	0,003	3 - [SLER]	0,039	3 - [SLER]
0,15	0,005	3 - [SLER]	0,069	3 - [SLER]
0,20	0,007	3 - [SLER]	0,106	3 - [SLER]
0,25	0,011	3 - [SLER]	0,149	3 - [SLER]
0,30	0,014	3 - [SLER]	0,200	3 - [SLER]
0,35	0,019	3 - [SLER]	0,261	3 - [SLER]
0,40	0,024	3 - [SLER]	0,333	3 - [SLER]
0,45	0,030	3 - [SLER]	0,417	3 - [SLER]
0,50	0,038	3 - [SLER]	0,513	3 - [SLER]
0,55	0,046	3 - [SLER]	0,619	3 - [SLER]
0,60	0,055	3 - [SLER]	0,736	3 - [SLER]
0,65	0,065	3 - [SLER]	0,864	3 - [SLER]
0,70	0,075	3 - [SLER]	1,002	3 - [SLER]
0,75	0,087	3 - [SLER]	1,151	3 - [SLER]
0,80	0,099	3 - [SLER]	1,398	3 - [SLER]
0,85	0,112	3 - [SLER]	1,669	3 - [SLER]
0,90	0,126	3 - [SLER]	1,962	3 - [SLER]

Y [m]	σ_c [MPa]	n° - Tipo	σ_r [MPa]	n° - Tipo
0,95	0,140	3 - [SLER]	2,277	3 - [SLER]
1,00	0,155	3 - [SLER]	2,614	3 - [SLER]
1,05	0,171	3 - [SLER]	2,972	3 - [SLER]
1,10	0,188	3 - [SLER]	3,352	3 - [SLER]
1,15	0,205	3 - [SLER]	3,752	3 - [SLER]
1,20	0,223	3 - [SLER]	4,173	3 - [SLER]
1,25	0,241	3 - [SLER]	4,613	3 - [SLER]
1,30	0,260	3 - [SLER]	5,073	3 - [SLER]
1,35	0,280	3 - [SLER]	5,552	3 - [SLER]
1,40	0,300	3 - [SLER]	6,051	3 - [SLER]
1,45	0,321	3 - [SLER]	6,568	3 - [SLER]
1,50	0,343	3 - [SLER]	7,103	3 - [SLER]
1,55	0,365	3 - [SLER]	7,656	3 - [SLER]
1,60	0,388	3 - [SLER]	8,227	3 - [SLER]
1,65	0,411	3 - [SLER]	8,815	3 - [SLER]
1,70	0,435	3 - [SLER]	9,420	3 - [SLER]
1,75	0,459	3 - [SLER]	10,042	3 - [SLER]
1,80	0,484	3 - [SLER]	10,680	3 - [SLER]
1,85	0,510	3 - [SLER]	11,335	3 - [SLER]
1,90	0,536	3 - [SLER]	12,007	3 - [SLER]
1,95	0,562	3 - [SLER]	12,696	3 - [SLER]
2,00	0,589	3 - [SLER]	13,402	3 - [SLER]
2,05	0,547	3 - [SLER]	9,625	3 - [SLER]
2,10	0,508	3 - [SLER]	8,437	3 - [SLER]
2,15	0,469	3 - [SLER]	7,286	3 - [SLER]
2,20	0,431	3 - [SLER]	6,177	3 - [SLER]
2,25	0,394	3 - [SLER]	5,224	3 - [SLER]
2,30	0,358	3 - [SLER]	4,775	3 - [SLER]
2,35	0,323	3 - [SLER]	4,338	3 - [SLER]
2,40	0,289	3 - [SLER]	3,917	3 - [SLER]
2,45	0,258	3 - [SLER]	3,520	3 - [SLER]
2,50	0,229	3 - [SLER]	3,155	3 - [SLER]
2,55	0,204	3 - [SLER]	2,830	3 - [SLER]
2,60	0,182	3 - [SLER]	2,550	3 - [SLER]
2,65	0,164	3 - [SLER]	2,311	3 - [SLER]
2,70	0,147	3 - [SLER]	2,093	3 - [SLER]
2,75	0,131	3 - [SLER]	1,880	3 - [SLER]
2,80	0,115	3 - [SLER]	1,674	3 - [SLER]
2,85	0,119	5 - [SLEQ]	1,717	5 - [SLEQ]
2,90	0,137	5 - [SLEQ]	1,959	5 - [SLEQ]
2,95	0,154	5 - [SLEQ]	2,196	5 - [SLEQ]
3,00	0,172	5 - [SLEQ]	2,427	5 - [SLEQ]
3,05	0,189	5 - [SLEQ]	2,656	5 - [SLEQ]
3,10	0,207	5 - [SLEQ]	2,893	5 - [SLEQ]
3,15	0,225	5 - [SLEQ]	3,139	5 - [SLEQ]
3,20	0,245	5 - [SLEQ]	3,392	5 - [SLEQ]
3,25	0,264	5 - [SLEQ]	3,650	5 - [SLEQ]
3,30	0,284	5 - [SLEQ]	3,909	5 - [SLEQ]
3,35	0,304	5 - [SLEQ]	4,167	5 - [SLEQ]
3,40	0,324	5 - [SLEQ]	4,421	5 - [SLEQ]
3,45	0,343	5 - [SLEQ]	4,671	5 - [SLEQ]
3,50	0,362	5 - [SLEQ]	4,913	5 - [SLEQ]
3,55	0,380	5 - [SLEQ]	5,148	5 - [SLEQ]
3,60	0,398	5 - [SLEQ]	5,374	5 - [SLEQ]
3,65	0,414	5 - [SLEQ]	5,590	5 - [SLEQ]
3,70	0,431	5 - [SLEQ]	5,797	5 - [SLEQ]
3,75	0,446	5 - [SLEQ]	5,993	5 - [SLEQ]
3,80	0,460	5 - [SLEQ]	6,178	5 - [SLEQ]
3,85	0,474	5 - [SLEQ]	6,352	5 - [SLEQ]
3,90	0,486	5 - [SLEQ]	6,514	5 - [SLEQ]
3,95	0,498	5 - [SLEQ]	6,665	5 - [SLEQ]
4,00	0,509	5 - [SLEQ]	18,963	5 - [SLEQ]
4,05	0,627	5 - [SLEQ]	22,512	5 - [SLEQ]
4,10	0,748	5 - [SLEQ]	26,044	5 - [SLEQ]
4,15	0,867	5 - [SLEQ]	29,557	5 - [SLEQ]
4,20	0,985	5 - [SLEQ]	33,050	5 - [SLEQ]
4,25	1,103	5 - [SLEQ]	36,523	5 - [SLEQ]
4,30	1,220	5 - [SLEQ]	39,975	5 - [SLEQ]
4,35	1,336	5 - [SLEQ]	43,406	5 - [SLEQ]
4,40	1,451	5 - [SLEQ]	46,814	5 - [SLEQ]
4,45	1,566	5 - [SLEQ]	50,201	5 - [SLEQ]
4,50	1,680	5 - [SLEQ]	53,565	5 - [SLEQ]
4,55	1,793	5 - [SLEQ]	56,906	5 - [SLEQ]
4,60	1,905	5 - [SLEQ]	60,262	3 - [SLER]
4,65	2,017	5 - [SLEQ]	63,796	3 - [SLER]
4,70	2,128	5 - [SLEQ]	67,304	3 - [SLER]

Y	σ_c	n° - Tipo	σ_f	n° - Tipo
[m]	[MPa]		[MPa]	
4,75	2,238	5 - [SLEQ]	70,787	3 - [SLER]
4,80	2,347	5 - [SLEQ]	74,243	3 - [SLER]
4,85	2,455	5 - [SLEQ]	77,673	3 - [SLER]
4,90	2,563	5 - [SLEQ]	81,076	3 - [SLER]
4,95	2,669	5 - [SLEQ]	84,452	3 - [SLER]
5,00	2,775	5 - [SLEQ]	87,801	3 - [SLER]
5,05	2,888	3 - [SLER]	91,122	3 - [SLER]
5,10	2,999	3 - [SLER]	94,415	3 - [SLER]
5,15	3,110	3 - [SLER]	97,680	3 - [SLER]
5,20	3,219	3 - [SLER]	100,917	3 - [SLER]
5,25	3,328	3 - [SLER]	104,125	3 - [SLER]
5,30	3,436	3 - [SLER]	107,304	3 - [SLER]
5,35	3,543	3 - [SLER]	110,454	3 - [SLER]
5,40	3,648	3 - [SLER]	113,575	3 - [SLER]
5,45	3,753	3 - [SLER]	116,665	3 - [SLER]
5,50	3,857	3 - [SLER]	119,726	3 - [SLER]
5,55	3,960	3 - [SLER]	122,757	3 - [SLER]
5,60	4,062	3 - [SLER]	125,757	3 - [SLER]
5,65	4,163	3 - [SLER]	128,726	3 - [SLER]
5,70	4,263	3 - [SLER]	131,665	3 - [SLER]
5,75	4,362	3 - [SLER]	134,572	3 - [SLER]
5,80	4,459	3 - [SLER]	137,447	3 - [SLER]
5,85	4,556	3 - [SLER]	140,291	3 - [SLER]
5,90	4,652	3 - [SLER]	143,103	3 - [SLER]
5,95	4,747	3 - [SLER]	145,883	3 - [SLER]
6,00	4,840	3 - [SLER]	148,630	3 - [SLER]
6,05	4,933	3 - [SLER]	151,344	3 - [SLER]
6,10	5,024	3 - [SLER]	154,025	3 - [SLER]
6,15	5,115	3 - [SLER]	156,673	3 - [SLER]
6,20	5,204	3 - [SLER]	159,287	3 - [SLER]
6,25	5,292	3 - [SLER]	161,868	3 - [SLER]
6,30	5,379	3 - [SLER]	164,414	3 - [SLER]
6,35	5,465	3 - [SLER]	166,926	3 - [SLER]
6,40	5,550	3 - [SLER]	169,404	3 - [SLER]
6,45	5,634	3 - [SLER]	171,846	3 - [SLER]
6,50	5,716	3 - [SLER]	174,254	3 - [SLER]
6,55	5,798	3 - [SLER]	176,626	3 - [SLER]
6,60	5,878	3 - [SLER]	178,962	3 - [SLER]
6,65	5,957	3 - [SLER]	181,263	3 - [SLER]
6,70	6,035	3 - [SLER]	183,527	3 - [SLER]
6,75	6,112	3 - [SLER]	185,756	3 - [SLER]
6,80	6,187	3 - [SLER]	187,947	3 - [SLER]
6,85	6,261	3 - [SLER]	190,102	3 - [SLER]
6,90	6,335	3 - [SLER]	192,219	3 - [SLER]
6,95	6,406	3 - [SLER]	194,299	3 - [SLER]
7,00	6,477	3 - [SLER]	196,342	3 - [SLER]
7,05	6,546	3 - [SLER]	198,346	3 - [SLER]
7,10	6,615	3 - [SLER]	200,312	3 - [SLER]
7,15	6,682	3 - [SLER]	202,240	3 - [SLER]
7,20	6,747	3 - [SLER]	204,129	3 - [SLER]
7,25	6,812	3 - [SLER]	205,980	3 - [SLER]
7,30	6,875	3 - [SLER]	207,791	3 - [SLER]
7,35	6,937	3 - [SLER]	209,562	3 - [SLER]
7,40	6,997	3 - [SLER]	211,294	3 - [SLER]
7,45	7,056	3 - [SLER]	212,986	3 - [SLER]
7,50	7,114	3 - [SLER]	214,638	3 - [SLER]
7,55	7,171	3 - [SLER]	216,249	3 - [SLER]
7,60	7,226	3 - [SLER]	217,820	3 - [SLER]
7,65	7,280	3 - [SLER]	219,349	3 - [SLER]
7,70	7,333	3 - [SLER]	220,838	3 - [SLER]
7,75	7,384	3 - [SLER]	222,285	3 - [SLER]
7,80	7,434	3 - [SLER]	223,690	3 - [SLER]
7,85	7,482	3 - [SLER]	225,053	3 - [SLER]
7,90	7,529	3 - [SLER]	226,374	3 - [SLER]
7,95	7,575	3 - [SLER]	227,652	3 - [SLER]
8,00	7,620	3 - [SLER]	228,888	3 - [SLER]
8,05	7,662	3 - [SLER]	230,080	3 - [SLER]
8,10	7,704	3 - [SLER]	231,229	3 - [SLER]
8,15	7,744	3 - [SLER]	232,335	3 - [SLER]
8,20	7,783	3 - [SLER]	233,397	3 - [SLER]
8,25	7,820	3 - [SLER]	234,415	3 - [SLER]
8,30	7,856	3 - [SLER]	235,388	3 - [SLER]
8,35	7,890	3 - [SLER]	236,317	3 - [SLER]
8,40	7,923	3 - [SLER]	237,202	3 - [SLER]
8,45	7,955	3 - [SLER]	238,041	3 - [SLER]
8,50	7,985	3 - [SLER]	238,835	3 - [SLER]

Y	σ_c	n° - Tipo	σ_f	n° - Tipo
[m]	[MPa]		[MPa]	
8,55	8,013	3 - [SLER]	239,583	3 - [SLER]
8,60	8,040	3 - [SLER]	240,285	3 - [SLER]
8,65	8,066	3 - [SLER]	240,941	3 - [SLER]
8,70	8,090	3 - [SLER]	241,551	3 - [SLER]
8,75	8,112	3 - [SLER]	242,115	3 - [SLER]
8,80	8,133	3 - [SLER]	242,631	3 - [SLER]
8,85	8,152	3 - [SLER]	243,101	3 - [SLER]
8,90	8,170	3 - [SLER]	243,523	3 - [SLER]
8,95	8,186	3 - [SLER]	243,897	3 - [SLER]
9,00	8,201	3 - [SLER]	244,224	3 - [SLER]
9,05	8,214	3 - [SLER]	244,502	3 - [SLER]
9,10	8,226	3 - [SLER]	244,732	3 - [SLER]
9,15	8,236	3 - [SLER]	244,913	3 - [SLER]
9,20	8,244	3 - [SLER]	245,046	3 - [SLER]
9,25	8,251	3 - [SLER]	245,129	3 - [SLER]
9,30	8,256	3 - [SLER]	245,163	3 - [SLER]
9,35	8,260	3 - [SLER]	245,147	3 - [SLER]
9,40	8,262	3 - [SLER]	245,082	3 - [SLER]
9,45	8,262	3 - [SLER]	244,966	3 - [SLER]
9,50	8,261	3 - [SLER]	244,800	3 - [SLER]
9,55	8,258	3 - [SLER]	244,583	3 - [SLER]
9,60	8,253	3 - [SLER]	244,315	3 - [SLER]
9,65	8,247	3 - [SLER]	243,996	3 - [SLER]
9,70	8,239	3 - [SLER]	243,625	3 - [SLER]
9,75	8,229	3 - [SLER]	243,203	3 - [SLER]
9,80	8,218	3 - [SLER]	242,729	3 - [SLER]
9,85	8,205	3 - [SLER]	242,203	3 - [SLER]
9,90	8,190	3 - [SLER]	241,624	3 - [SLER]
9,95	8,174	3 - [SLER]	240,992	3 - [SLER]
10,00	8,155	3 - [SLER]	240,308	3 - [SLER]
10,05	8,135	3 - [SLER]	239,570	3 - [SLER]
10,10	8,114	3 - [SLER]	238,779	3 - [SLER]
10,15	8,090	3 - [SLER]	237,934	3 - [SLER]
10,20	8,065	3 - [SLER]	237,035	3 - [SLER]
10,25	8,038	3 - [SLER]	236,082	3 - [SLER]
10,30	8,009	3 - [SLER]	235,074	3 - [SLER]
10,35	7,979	3 - [SLER]	234,012	3 - [SLER]
10,40	7,946	3 - [SLER]	232,894	3 - [SLER]
10,45	7,912	3 - [SLER]	231,722	3 - [SLER]
10,50	7,876	3 - [SLER]	230,493	3 - [SLER]
10,55	7,838	3 - [SLER]	229,209	3 - [SLER]
10,60	7,799	3 - [SLER]	227,869	3 - [SLER]
10,65	7,757	3 - [SLER]	226,473	3 - [SLER]
10,70	7,714	3 - [SLER]	225,020	3 - [SLER]
10,75	7,669	3 - [SLER]	223,511	3 - [SLER]
10,80	7,622	3 - [SLER]	221,944	3 - [SLER]
10,85	7,573	3 - [SLER]	220,320	3 - [SLER]
10,90	7,522	3 - [SLER]	218,639	3 - [SLER]
10,95	7,470	3 - [SLER]	216,899	3 - [SLER]
11,00	7,415	3 - [SLER]	215,102	3 - [SLER]
11,05	7,359	3 - [SLER]	213,246	3 - [SLER]
11,10	7,300	3 - [SLER]	211,332	3 - [SLER]
11,15	7,240	3 - [SLER]	209,359	3 - [SLER]
11,20	7,178	3 - [SLER]	207,327	3 - [SLER]
11,25	7,114	3 - [SLER]	205,236	3 - [SLER]
11,30	7,047	3 - [SLER]	203,085	3 - [SLER]
11,35	6,979	3 - [SLER]	200,874	3 - [SLER]
11,40	6,909	3 - [SLER]	198,603	3 - [SLER]
11,45	6,837	3 - [SLER]	196,272	3 - [SLER]
11,50	6,763	3 - [SLER]	193,881	3 - [SLER]
11,55	6,687	3 - [SLER]	191,413	3 - [SLER]
11,60	6,607	3 - [SLER]	188,852	3 - [SLER]
11,65	6,525	3 - [SLER]	186,198	3 - [SLER]
11,70	6,439	3 - [SLER]	183,450	3 - [SLER]
11,75	6,351	3 - [SLER]	180,609	3 - [SLER]
11,80	6,259	3 - [SLER]	177,672	3 - [SLER]
11,85	6,164	3 - [SLER]	174,641	3 - [SLER]
11,90	6,066	3 - [SLER]	171,515	3 - [SLER]
11,95	5,965	3 - [SLER]	168,293	3 - [SLER]
12,00	5,860	3 - [SLER]	164,975	3 - [SLER]
12,05	5,753	3 - [SLER]	161,561	3 - [SLER]
12,10	5,642	3 - [SLER]	158,050	3 - [SLER]
12,15	5,529	3 - [SLER]	154,442	3 - [SLER]
12,20	5,412	3 - [SLER]	150,737	3 - [SLER]
12,25	5,291	3 - [SLER]	146,935	3 - [SLER]
12,30	5,168	3 - [SLER]	143,034	3 - [SLER]

Y	σ_c	n° - Tipo	σ_f	n° - Tipo
[m]	[MPa]		[MPa]	
12,35	5,041	3 - [SLER]	139,035	3 - [SLER]
12,40	4,911	3 - [SLER]	134,937	3 - [SLER]
12,45	4,778	3 - [SLER]	130,742	3 - [SLER]
12,50	4,642	3 - [SLER]	126,449	3 - [SLER]
12,55	4,503	3 - [SLER]	122,084	3 - [SLER]
12,60	4,362	3 - [SLER]	117,671	3 - [SLER]
12,65	4,220	3 - [SLER]	113,213	3 - [SLER]
12,70	4,077	3 - [SLER]	108,717	3 - [SLER]
12,75	3,933	3 - [SLER]	104,188	3 - [SLER]
12,80	3,787	3 - [SLER]	99,629	3 - [SLER]
12,85	3,641	3 - [SLER]	95,048	3 - [SLER]
12,90	3,493	3 - [SLER]	90,449	3 - [SLER]
12,95	3,346	3 - [SLER]	85,838	3 - [SLER]
13,00	3,198	3 - [SLER]	81,219	3 - [SLER]
13,05	3,050	3 - [SLER]	76,600	3 - [SLER]
13,10	2,901	3 - [SLER]	71,985	3 - [SLER]
13,15	2,753	3 - [SLER]	67,379	3 - [SLER]
13,20	2,605	3 - [SLER]	62,789	3 - [SLER]
13,25	2,457	3 - [SLER]	58,221	3 - [SLER]
13,30	2,310	3 - [SLER]	53,681	3 - [SLER]
13,35	2,164	3 - [SLER]	49,175	3 - [SLER]
13,40	2,018	3 - [SLER]	44,710	3 - [SLER]
13,45	1,873	3 - [SLER]	40,294	3 - [SLER]
13,50	1,729	3 - [SLER]	35,936	3 - [SLER]
13,55	1,587	3 - [SLER]	31,645	3 - [SLER]
13,60	1,446	3 - [SLER]	27,434	3 - [SLER]
13,65	1,306	3 - [SLER]	23,318	3 - [SLER]
13,70	1,167	3 - [SLER]	19,318	3 - [SLER]
13,75	1,031	3 - [SLER]	15,465	3 - [SLER]
13,80	0,897	3 - [SLER]	11,868	3 - [SLER]
13,85	0,766	3 - [SLER]	10,241	3 - [SLER]
13,90	0,641	3 - [SLER]	8,672	3 - [SLER]
13,95	0,526	3 - [SLER]	7,213	3 - [SLER]
14,00	0,428	3 - [SLER]	5,945	3 - [SLER]
14,05	0,350	3 - [SLER]	4,923	3 - [SLER]
14,10	0,284	3 - [SLER]	4,051	3 - [SLER]
14,15	0,220	3 - [SLER]	3,229	5 - [SLEQ]
14,20	0,279	5 - [SLEQ]	4,023	5 - [SLEQ]
14,25	0,337	5 - [SLEQ]	4,786	5 - [SLEQ]
14,30	0,392	5 - [SLEQ]	5,518	5 - [SLEQ]
14,35	0,449	5 - [SLEQ]	6,275	5 - [SLEQ]
14,40	0,511	5 - [SLEQ]	7,083	5 - [SLEQ]
14,45	0,575	5 - [SLEQ]	7,919	5 - [SLEQ]
14,50	0,640	5 - [SLEQ]	8,755	5 - [SLEQ]
14,55	0,704	5 - [SLEQ]	9,567	5 - [SLEQ]
14,60	0,764	5 - [SLEQ]	10,335	5 - [SLEQ]
14,65	0,820	5 - [SLEQ]	11,049	5 - [SLEQ]
14,70	0,872	5 - [SLEQ]	11,700	5 - [SLEQ]
14,75	0,918	5 - [SLEQ]	12,282	5 - [SLEQ]
14,80	0,958	5 - [SLEQ]	12,792	5 - [SLEQ]
14,85	0,993	5 - [SLEQ]	13,226	5 - [SLEQ]
14,90	1,021	5 - [SLEQ]	13,583	5 - [SLEQ]
14,95	1,043	5 - [SLEQ]	13,866	5 - [SLEQ]
15,00	1,060	5 - [SLEQ]	14,077	5 - [SLEQ]
15,05	1,071	5 - [SLEQ]	14,220	5 - [SLEQ]
15,10	1,077	5 - [SLEQ]	14,297	5 - [SLEQ]
15,15	1,078	5 - [SLEQ]	14,371	3 - [SLER]
15,20	1,074	4 - [SLEF]	14,314	3 - [SLER]
15,25	1,068	3 - [SLER]	14,173	5 - [SLEQ]
15,30	1,059	3 - [SLER]	14,035	4 - [SLEF]
15,35	1,046	3 - [SLER]	13,872	3 - [SLER]
15,40	1,029	3 - [SLER]	13,662	3 - [SLER]
15,45	1,008	3 - [SLER]	13,404	3 - [SLER]
15,50	0,983	3 - [SLER]	13,103	3 - [SLER]
15,55	0,956	3 - [SLER]	12,761	3 - [SLER]
15,60	0,925	3 - [SLER]	12,383	3 - [SLER]
15,65	0,892	3 - [SLER]	11,973	3 - [SLER]
15,70	0,857	3 - [SLER]	11,534	3 - [SLER]
15,75	0,820	3 - [SLER]	11,073	3 - [SLER]
15,80	0,782	3 - [SLER]	10,593	3 - [SLER]
15,85	0,743	3 - [SLER]	10,100	3 - [SLER]
15,90	0,703	3 - [SLER]	9,602	3 - [SLER]
15,95	0,664	3 - [SLER]	9,104	3 - [SLER]
16,00	0,626	3 - [SLER]	8,614	3 - [SLER]
16,05	0,589	3 - [SLER]	8,139	3 - [SLER]
16,10	0,554	3 - [SLER]	7,693	5 - [SLEQ]

Y	σ_c	n° - Tipo	σ_t	n° - Tipo
[m]	*[MPa]*		*[MPa]*	
16,15	0,522	5 - [SLEQ]	7,303	5 - [SLEQ]
16,20	0,494	5 - [SLEQ]	6,940	5 - [SLEQ]
16,25	0,468	5 - [SLEQ]	6,603	5 - [SLEQ]
16,30	0,444	5 - [SLEQ]	6,284	5 - [SLEQ]
16,35	0,421	5 - [SLEQ]	5,974	5 - [SLEQ]
16,40	0,398	5 - [SLEQ]	5,673	5 - [SLEQ]
16,45	0,376	5 - [SLEQ]	5,385	5 - [SLEQ]
16,50	0,355	5 - [SLEQ]	5,110	5 - [SLEQ]
16,55	0,335	5 - [SLEQ]	4,852	5 - [SLEQ]
16,60	0,317	5 - [SLEQ]	4,613	5 - [SLEQ]
16,65	0,301	5 - [SLEQ]	4,397	5 - [SLEQ]
16,70	0,286	5 - [SLEQ]	4,204	5 - [SLEQ]
16,75	0,273	5 - [SLEQ]	4,038	5 - [SLEQ]
16,80	0,263	5 - [SLEQ]	3,899	5 - [SLEQ]
16,85	0,254	5 - [SLEQ]	3,792	5 - [SLEQ]
16,90	0,248	5 - [SLEQ]	3,716	5 - [SLEQ]
16,95	0,245	5 - [SLEQ]	3,676	5 - [SLEQ]

Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione M_u-N_u della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	R_{bk} = 25,0 [MPa])
Tensione caratteristica cilindrica del cls (0.83xR_{bk})	R_{ck} = 212 (Kg/cm^2)
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	ψ= 0.85
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	f_{yk} = 355,0 [MPa])
Coefficiente di sicurezza cls	γ_r = 1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	γ_s = 1.15
Resistenza di calcolo del cls($\psi R_{ck}/\gamma_c$)	R^*_c = 120 (Kg/cm^2)
Resistenza di calcolo dell'acciaio(f_{yk}/γ_s)	R^*_s = 3148 (Kg/cm^2)
Modulo elastico dell'acciaio	E_s = 2100000 (Kg/cm^2)
Deformazione ultima del calcestruzzo	ε_{cu} = 0.0035(0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	ε_{ck} = 0.0020(0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	ε_{yu} = 0.0100(1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico (R^*_s/E_s)	ε_{yk} = 0.0011(0.15%)

Legame costitutivo del calcestruzzo

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:
Tratto parabolico: $0<=\varepsilon_c<=\varepsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R^*_c(2\varepsilon_c\varepsilon_{ck}-\varepsilon_c^2)}{\varepsilon_{ck}^2}$$

Tratto rettangolare: $\varepsilon_{ck}<\varepsilon_c<=\varepsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R^*_c$$

Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:
$\sigma_s = E_s\varepsilon_s$ per $0<=\varepsilon_s<=\varepsilon_{sy}$
$\sigma_s = R^*_s$ per $\varepsilon_{sy}<\varepsilon_s<=\varepsilon_{su}$

Tratto armatura 1

N°	N_u [kN]	M_u [kNm]
1	-2294,5373	0,0000
2	0,0000	783,9832
3	1103,8400	1030,1372
4	1655,7600	1106,5409
5	2207,6800	1169,0524
6	2759,6000	1213,4188
7	3311,5200	1226,4141
8	3863,4400	1221,5490
9	4415,3600	1181,2721
10	4967,2801	1115,9607
11	5519,2001	1037,1661
12	6071,1201	948,7193
13	6623,0401	848,9224
14	7174,9601	734,8456
15	7726,8801	600,8559
16	8278,8001	0,0000
17	8278,8001	0,0000
18	7726,8801	-600,8559
19	7174,9601	-734,8456
20	6623,0401	-848,9224
21	6071,1201	-948,7193
22	5519,2001	-1037,1661
23	4967,2801	-1115,9607
24	4415,3600	-1181,2721
25	3863,4400	-1221,5490
26	3311,5200	-1226,4141

N°	N_u [kN]	M_u [kNm]
27	2759,6000	-1213,4188
28	2207,6800	-1169,0524
29	1655,7600	-1106,5409
30	1103,8400	-1030,1372
31	0,0000	-783,9832
32	-2294,5373	0,0000

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale
T_h taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale
M_v momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale
T_v taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=70,00 [cm] H=50,00 [cm]
A_{fv}=14,07 [cmq] A_{fh}=10,05 [cmq] Staffe ϕ10/14 Nbh=2 - Nbv=2
M_h=105,34 [kNm] M_{uh}=352,80 [kNm] FS=3.35
T_h=210,67 [kN] T_{Rh}=371,43 [kN] FS_T=1.76
M_v=3,48 [kNm] M_{uv}=245,04 [kNm] FS=70.51
T_v=7,72 [kN] T_R=371,43 [kN] FS_{Tv}=48.09

Cordolo N° 2 (X=2,00 m) (Cordolo in acciaio)

A=74,80 [cmq] W=490,00 [cm^3]
M_h=32,18 [kNm] T_h=71,51 [kN] M_v=8,62 [kNm] T_v=19,16 [kN]
σ_f = 65,674 [MPa] τ_f = 9,560 [MPa] σ_{id} = 67,729 [MPa]

Cordolo N° 3 (X=4,00 m) (Cordolo in acciaio)

A=91,04 [cmq] W=735,50 [cm^3]
M_h=105,34 [kNm] T_h=210,67 [kN] M_v=0,48 [kNm] T_v=1,07 [kN]
σ_f = 143,216 [MPa] τ_f = 23,140 [MPa] σ_{id} = 148,718 [MPa]

Cordolo N° 4 (X=7,00 m) (Cordolo in acciaio)

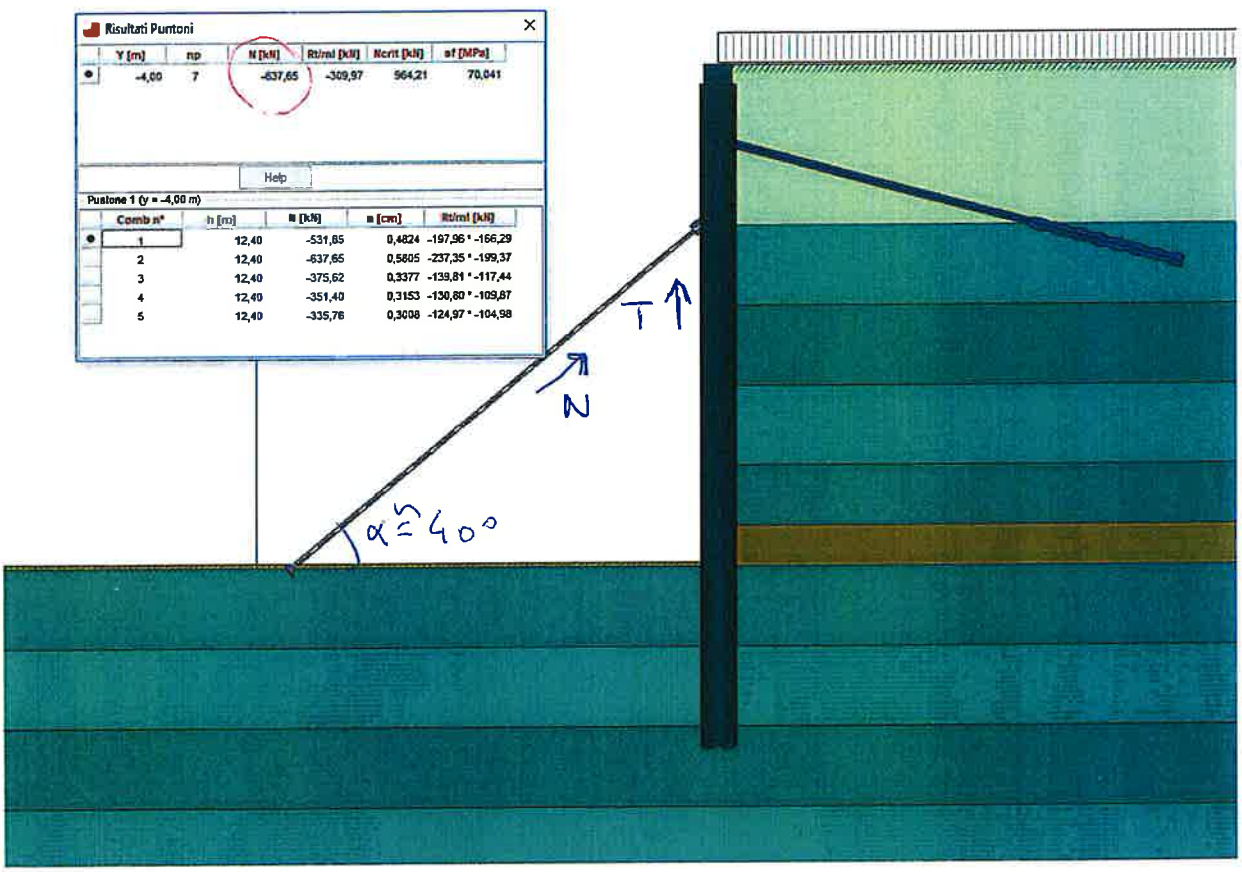
A=91,04 [cmq] W=735,50 [cm^3]
M_h=105,34 [kNm] T_h=210,67 [kN] M_v=0,48 [kNm] T_v=1,07 [kN]
σ_f = 143,216 [MPa] τ_f = 23,140 [MPa] σ_{id} = 148,718 [MPa]

Indice

Normative di riferimento	2
Richiami teorici	3
Metodo di analisi	3
Calcolo della profondità di infissione	3
Calcolo della spinte	3
Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)	3
Spinta in presenza di sisma	3
Tiranti di ancoraggio	4
Analisi ad elementi finiti	5
Schematizzazione del terreno	5
Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno	5
Analisi per fasi di scavo	6
Verifica alla stabilità globale	6
Dati	7
Geometria paratia	7
Geometria cordoli	7
Geometria profilo terreno	7
Descrizione terreni	7
Descrizione stratigrafia	8
Caratteristiche materiali utilizzati	8
Condizioni di carico	9
Caratteristiche tiranti di ancoraggio	9
Descrizione tiranti di ancoraggio (Armatura trefoli)	9
Descrizione puntoni	11
Combinazioni di carico	12
Impostazioni di progetto	12
Impostazioni di analisi	13
Impostazioni analisi sismica	14
Analisi della paratia	15
Forze agenti sulla paratia	15
Risultati tiranti	16
Caratteristiche dei tiranti utilizzati	16
Risultati puntoni	18
Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia	18
Spostamenti massimi e minimi della paratia	19
Stabilità globale	19
Descrizione armatura pali e caratteristiche sezione	21
Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)	21
Verifica armatura paratia (Inviluppo)	21
Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni	32
Verifica sezione cordoli	33

F.1.4 c) Nachweis Schiene Verteilerbalken

F.1.4 c) Verifica putrella trave di ripartizione



$N_{Sd\,max} = 637\ kN$

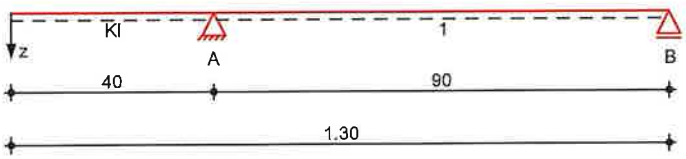
$T_{Sd\,max} = 408\ kN \;/\; 2\ m \approx 200\ kN/m$ STAHL

Pos. W206 Schiene

System Einfeldträger mit Auskragung

System z-Richtung

M 1:15



Abmessungen Mat./Querschnitt

Feld	l [m]	Lage [°]	Achsen	Material	Profil
Kl	0.40	0.0	fest	*S 275*	*HEB 220*
1	0.90	0.0	fest		

Auflager

Lager	x [m]	b [cm]	Art	$K_{T,z}$ [kN/m]	$K_{R,y}$ [kNm/rad]
A	0.40	20.0		fest	frei
B	1.30	20.0		fest	frei

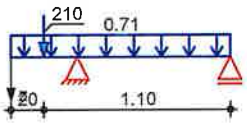
Belastungen Belastungen auf das System

Eigengewicht

Feld	Profil	A [cm²]	g [kN/m]
kl-1	*HEB 220*	91.0	0.71

Grafik Belastungsgrafiken (einwirkungsbezogen)

Einwirkungen Gk



Streckenlasten in z-Richtung
Einw. *Gk*

Feld	Komm.	a [m]	s [m]	q_{li} [kN/m]	q_{re} [kN/m]	e [cm]
Kl	Eigengew	0.00	1.30		0.71	0.0

Punktlasten in z-Richtung
Einw. *Gk*

Einzellasten

Feld	Komm.	a [m]	F_z [kN]	e [cm]
Kl		0.20	210.00	0.0

Kombinationen Kombinationsbildung nach DIN EN 1990

Ek	Σ (γ*ψ*EW)
1	1.00*Gk
2	1.35*Gk
3	1.00*Gk

ständig/vorüberg.
quasi-ständig

Bem.-schnittgrößen Bemessungsschnittgrößen

Tabelle Schnittgrößen (Umhüllende)

Kragarm links

x [m]	$M_{y,d,min}$ [kNm]	Ek	$M_{y,d,max}$ [kNm]	Ek	$V_{z,d,min}$ [kN]	Ek	$V_{z,d,max}$ [kN]	Ek
0.00	0.00	2	0.00	1	0.00	2	0.00	1
0.20	-0.02	2	-0.01	1	-0.19	2	-0.14	1

	x [m]	$M_{y,d,min}$ [kNm]	Ek	$M_{y,d,max}$ [kNm]	Ek	$V_{z,d,min}$ [kN]	Ek	$V_{z,d,max}$ [kN]	Ek
	0.20	-0.02	2	-0.01	1	-283.7	2	-210.1	1
	0.40	-56.78	2	-42.06	1	-283.9	2	-210.3	1
Feld 1	0.00	-56.78	2	-42.06	1	47.05	1	63.52	2
	0.90	0.00	2	0.00	1	46.41	1	62.65	2

Auflagerkräfte

Charakteristische Auflagerkräfte

Char. Auflagerkr.

Einw. *Gk*

Aufl.	$F_{z,k,min}$ [kN]	$F_{z,k,max}$ [kN]
A	257.34	257.34
B	-46.41	-46.41

Zusammenfassung

Zusammenfassung der Nachweise

Nachweise (GZT)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Nachweis	Feld	x [m]		η [-]
Nachweis E-E	Kragarm links	0.20	OK	0.96
Stabilität	Feld 1	0.00	OK	0.27

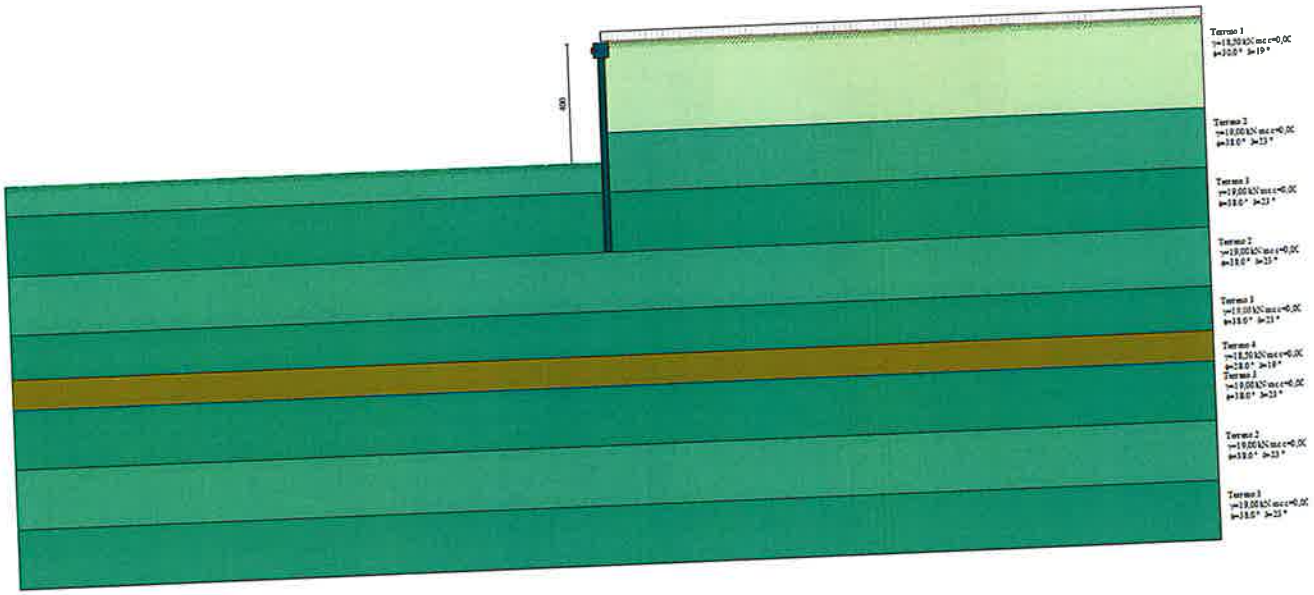
Nachweise (GZG)

Nachweise im Grenzzust. der Gebrauchstauglichkeit

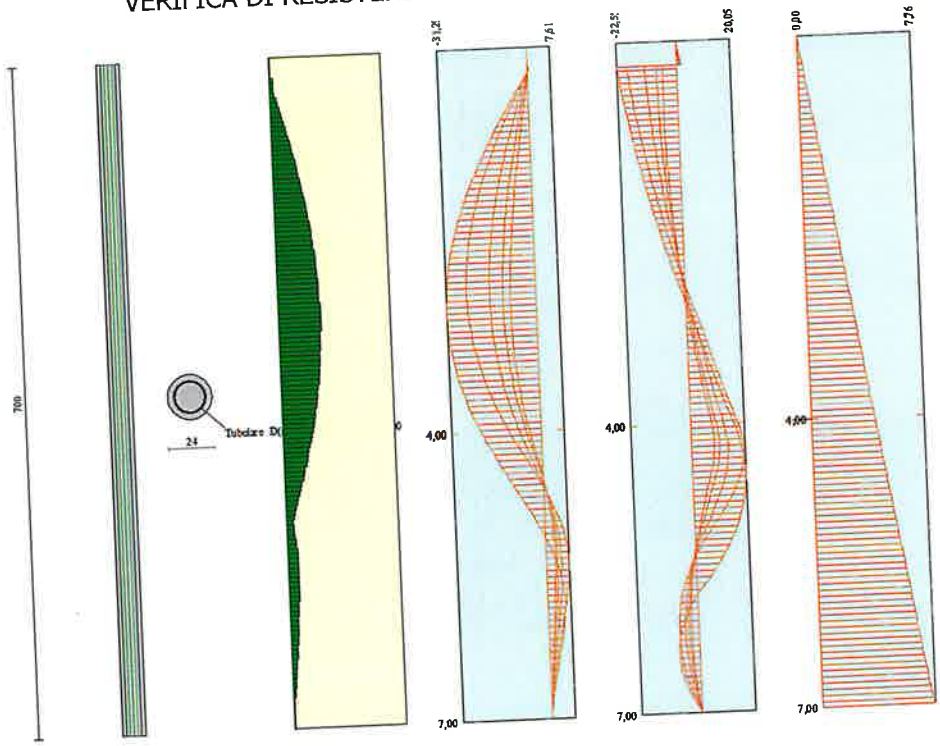
Nachweis	Feld	x [m]		η [-]
Verformung	Kragarm links	0.00	OK	0.14

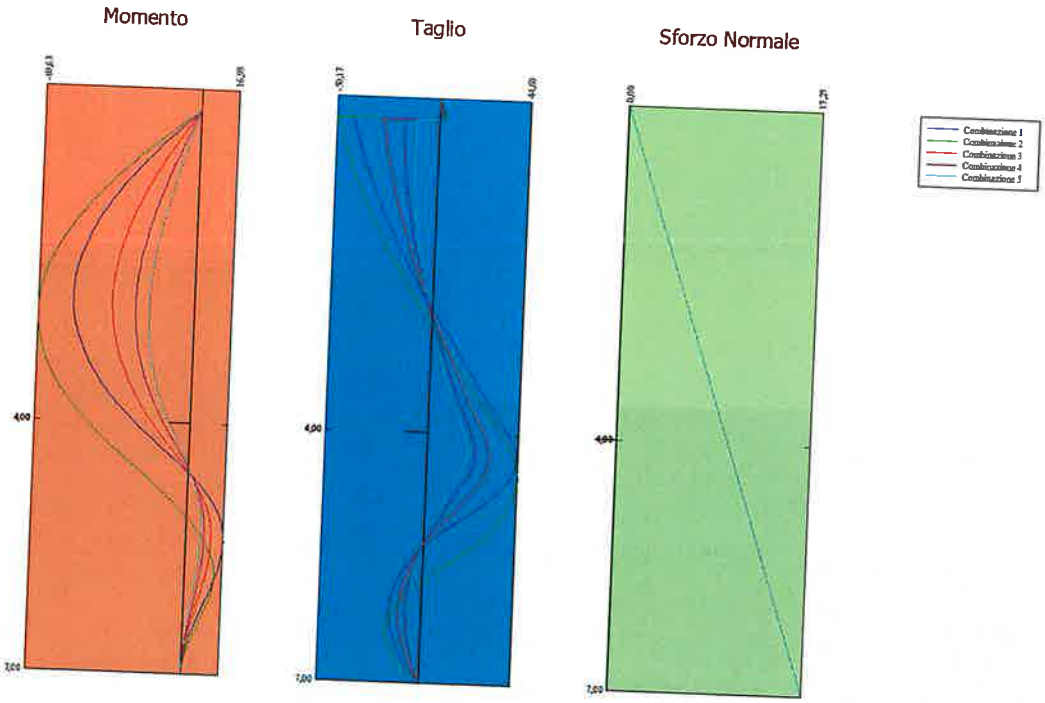
F.1.5 WAND W209

F.1.5 PARETE W209

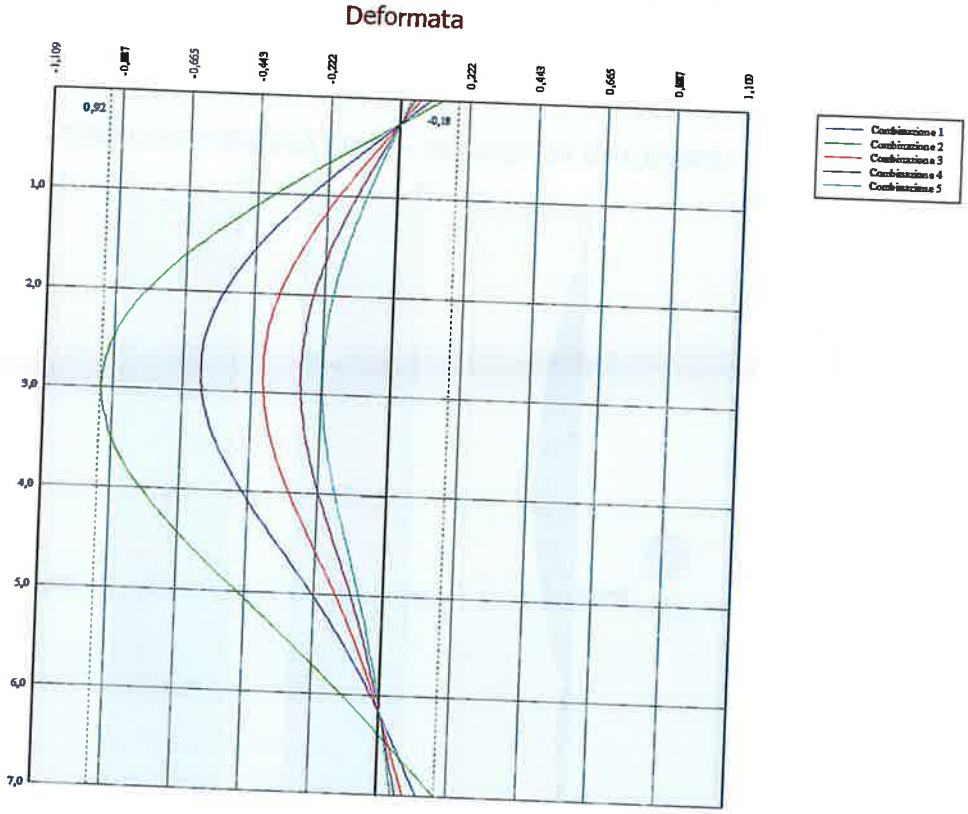


VERIFICA DI RESISTENZA - TRAGFÄHIGKEITSNACHWEIS





DEFORMAZIONI - VERFORMUNGEN



Progetto:
Ditta:
Comune:
Progettista:
Direttore dei Lavori:
Impresa:

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Richiami teorici

Metodo di analisi

Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.
Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.
Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).
Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).
Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.
Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

$\mathbf{K_{am}}$	diagramma della spinta attiva agente da monte
$\mathbf{K_{av}}$	diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
$\mathbf{K_{pm}}$	diagramma della spinta passiva agente da monte
$\mathbf{K_{pv}}$	diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$D_m = K_{pm} - K_{av}$ e $D_v = K_{pv} - K_{am}$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.
Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione
si può agire con tre modalità :
1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su tan(ϕ) e sulla coesione

Calcolo della spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).
La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).
I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:
- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio *(W)*, carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura *(R e C)* e resistenza per coesione lungo la parete *(A)*;
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.
Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata *z*. Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana).
Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con *W* il peso del cuneo e con *C* il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W*C$$

Indicando con *S* la spinta calcolata in condizioni statiche e con S_s la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa(diagramma triangolare con vertice in alto).

Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.
La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_f l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L, area A_f, inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s. La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.
I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k, è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo $[F/L^3]$. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se (m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale (b=100 cm) occorre ricavare l'area equivalente, A_m, della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con E_m il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in Kg/cm^2), l'equivalenza, in termini di rigidezza, si esprime come

$$A_m = 10000 \times \frac{k\,\Delta_m}{E_m}$$

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma ***PAC***). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max}; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max}. Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso

di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p0, fino a raggiungere il carico totale p. Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassemblaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).
Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).
Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tendendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidezza della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s=s_0+K(u-u_0)$$

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.
È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare. In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\Sigma_i \left(\frac{c_i b_i}{\cos\alpha_i} + [W_i \cos\alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg}\phi_i \right)}{\Sigma_i W_i \sin\alpha_i}$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i_{esima} rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i_{esima} e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.
Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i/\cos\alpha_i$).
Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava η. Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato e è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di micropali**		
Altezza fuori terra	4,00	[m]
Profondità di infissione	3,00	[m]
Altezza totale della paratia	7,00	[m]
Lunghezza paratia	40,00	[m]
Numero di file di micropali	1	
Interasse fra i micropali della fila	0,45	[m]
Diametro dei micropali	24,00	[cm]
Numero totale di micropali	89	
Numero di micropali per metro lineare	2.23	
Diametro esterno del tubolare	168,30	[mm]
Spessore del tubolare	8,00	[mm]

Geometria cordoli

Simbologia adottata
n° numero d'ordine del cordolo
Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo
B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio
A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm^3]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		[cm]	[cm]	[cmq]	[cm^3]
1	0,00	Calcestruzzo	50,00	50,00	--	--

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento
(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
2	20,00	0,00	0.00

Profilo di valle

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-20,00	-4,00	0.00
2	0,00	-4,00	0.00

Descrizione terreni

Simbologia adottata
n° numero d'ordine

Descrizione Descrizione del terreno
γ peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s peso di volume saturo del terreno espresso [kN/mc]
ϕ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c coesione del terreno espressa in [MPa]

N°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [MPa]
1	Terreno 1	18,500	20,000	30.00	19.00	0,0050
2	Terreno 2	19,000	20,000	38.00	23.00	0,0000
3	Terreno 3	19,000	20,000	38.00	23.00	0,0000
4	Terreno 4	18,500	19,000	28.00	19.00	0,0000

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata
n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm^2/cm
α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)
Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp [m]	α_M [°]	α_V [°]	Kw_M kg/cmq/cm	Kw_V kg/cmq/cm	Terreno M	Terreno V
1	3,00	0.00	0.00	0.66	0.66	Terreno 1	Terreno 1
2	2,00	0.00	0.00	2.01	2.01	Terreno 2	Terreno 2
3	2,00	0.00	0.00	3.03	3.03	Terreno 3	Terreno 3
4	2,00	0.00	0.00	4.06	4.06	Terreno 2	Terreno 2
5	1,50	0.00	0.00	4.95	4.95	Terreno 3	Terreno 3
6	1,00	0.00	0.00	3.39	3.39	Terreno 4	Terreno 4
7	2,00	0.00	0.00	6.35	6.35	Terreno 3	Terreno 3
8	2,00	0.00	0.00	7.37	7.37	Terreno 2	Terreno 2
9	2,00	0.00	0.00	8.40	8.40	Terreno 3	Terreno 3

Caratteristiche materiali utilizzati

Calcestruzzo

Peso specifico	24,52	[kN/mc]
Classe di Resistenza	C25/30	
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	30,0	[MPa]
Tensione di progetto a compressione σ_c	9,7	[MPa]

Acciaio

Tipo	B450C	
Tensione di snervamento f_{yk}	450,0	[MPa]

Caratteristiche acciaio cordoli in c.a.

Tipo	B450C	
Tensione di snervamento f_{yk}	450,0	[MPa]

Caratteristiche acciaio cordoli in acciaio.

Tipo	Fe 430	
Tensione di snervamento f_{yk}	274,6	[MPa]

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate
Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
F_x Forza orizzontale espressa in [kN], positiva da monte verso valle
F_y Forza verticale espressa in [kN], positiva verso il basso
M Momento espresso in [kNm], positivo ribaltante
Q_i, Q_f Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kN/mq]
V_i, V_s Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kN/mq], positivi da monte verso valle

R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kN]

Condizione n° 1					
Carico distribuito sul profilo	X_i = 0,00	X_f = 20,00	Q_i = 33,00	Q_f = 33,00	

Vincoli lungo l'altezza della paratia

Simbologia adottata

n° numero d'ordine del vincolo
Y ordinata del vincolo rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
V_x Vincolo in direzione orizzontale
K_x Rigidezza vincolo in direzione orizzontale espresso in [Kg/cm]
V_r Vincolo alla rotazione
K_r Rigidezza vincolo alla rotazione espresso in [Kgm/°]

N°	Y [m]	V_x	K_x [Kg/cm]	V_r	K_r [Kgm/°]
1	0,25	V. RIGIDO	--	LIBERO	--

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 [A1-M1]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.30	
Condizione 1 (Variabili)	1.50	1.00

Combinazione n° 2 [A2-M2]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.30	1.00

Combinazione n° 3 [SLER]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.00	1.00

Combinazione n° 4 [SLEF]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.00	0.50

Combinazione n° 5 [SLEQ]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.00	0.20

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo :
Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

			Statici		Sismici	
Carichi	Effetto		A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G_{fav}}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G_{sfav}}$	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	$\gamma_{G_{fav}}$	0.00	0.00	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	$\gamma_{G_{sfav}}$	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q_{fav}}$	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Q_{sfav}}$	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Q_{fav}}$	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Q_{sfav}}$	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

		Statici		Sismici	
Parametri		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.60

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00	1.00	1.00

TIRANTI DI ANCORAGGIO

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti

Resistenza		**Tiranti**
Laterale	γ_{st}	1,20

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti.

Numero di verticali indagate	1	ξ_3=1,80	ξ_4=1,80

Verifica materiali : Stato Limite Ultimo

Impostazioni verifiche SLE

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio - Metodo dell'inclinazione variabile del traliccio

$V_{Rd}=[0.18*k*(100.0*\rho_l*fck)^{1/3}/\gamma_c+0.15*\sigma_{cp}]*bw*d>(vmin+0.15*\sigma_{cp})*b_w*d$

$V_{Rsd}=0.9*d*A_{sw}/s*fyd*(ctg\alpha+ctg\theta)*sin\alpha$

$V_{Rcd}=0.9*d*b_w*\alpha_c*fcd'*(ctg(\theta)+ctg(\alpha)/(1.0+ctg\theta^2)$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b_w	larghezza minima sezione [mm]
σ_{cp}	tensione media di compressione [N/mmq]
ρ_l	rapporto geometrico di armatura
A_{sw}	area armatuta trasversale [mmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α_c	coefficiente maggiorativo, funzione di fcd e σ_{cp}

$fcd'=0.5*fcd$

$k=1+(200/d)^{1/2}$

$vmin=0.035*k^{3/2}*fck^{1/2}$

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali	Molto aggressive
Armatura ad aderenza migliorata	
Sensibilità delle armature	Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure	w_1 = 0.20
	w_2 = 0.30
	w_3 = 0.40
Metodo di calcolo aperture delle fessure	NTC 2008 - I° Formulazione
Verifica delle tensioni	
Combinazione di carico	Rara $\sigma_c < 0.60\ f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.70\ f_{yk}$
	Quasi permanente $\sigma_c < 0.45\ f_{ck}$

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva Ka e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Non sono state analizzate Combinazioni/Fasi sismiche.

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico
La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.
Essa è discretizzata in 80 elementi fuori terra e 60 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.
Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	4,00	[m]
Profondità di infissione	3,00	[m]
Altezza totale della paratia	7,00	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Pa Spinta attiva, espressa in [kN]
Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]
Pw Spinta della falda, espressa in [kN]
Pp Resistenza passiva, espressa in [kN]
Pc Controspinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	Pa [kN]	Y_{Pa} [m]	Is [kN]	Y_{Is} [m]	Pw [kN]	Y_{Pw} [m]	Pp [kN]	Y_{Pp} [m]	Pc [kN]	Y_{Pc} [m]
1	[A1-M1]	88,96	2,39	--	--	--	--	-59,73	5,14	15,75	6,72
2	[A2-M2]	98,49	2,44	--	--	--	--	-61,10	5,54	16,50	6,80
3	[SLER]	59,41	2,48	--	--	--	--	-41,41	5,12	10,68	6,72
4	[SLEF]	41,21	2,70	--	--	--	--	-31,39	5,04	7,67	6,71
5	[SLEQ]	31,27	2,89	--	--	--	--	-25,44	5,00	5,95	6,71

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kN]
Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kN]
Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kN]
Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kN]

n°	Tipo	Rc	Y_{Rc}	Rt	Y_{Rt}	Rv	Y_{Rv}	Rp	Y_{Rp}
1	[A1-M1]	0,00	0,00	--	--	-44,98	0,25	--	--
2	[A2-M2]	0,00	0,00	--	--	-53,89	0,25	--	--
3	[SLER]	0,00	0,00	--	--	-28,67	0,25	--	--
4	[SLEF]	0,00	0,00	--	--	-17,50	0,25	--	--
5	[SLEQ]	0,00	0,00	--	--	-11,78	0,25	--	--

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pp Portanza di punta, espressa in [kN]

n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pp
1	[A1-M1]	4,29	5,05	6,17	27.87	8.45	167,05

n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pp
2	[A2-M2]	4,54	5,70	6,40	57.38	18.04	76,41
3	[SLER]	4,28	5,05	6,17	26.23	7.76	167,05
4	[SLEF]	4,24	5,05	6,15	21.31	6.10	167,05
5	[SLEQ]	4,21	4,55	6,14	18.03	5.16	167,05

Risultati vincoli

Simbologia adottata

n°	Indice del vincolo
Y	posizione del vincolo rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
R_x/ml	reazione in direzione orizzontale a metro lineare, positiva verso valle, espressa in [kN]
R_θ/ml	reazione momento a metro lineare, positiva antioraria, espressa in [kNm]
u	spostamento orizzontale, positivo verso valle, espresso in [cm]

Combinazione n° 1

n°	Y	R_x	R_θ	u
1	0,25	-44,9832	--	0,00

Combinazione n° 2

n°	Y	R_x	R_θ	u
1	0,25	-53,8920	--	0,00

Combinazione n° 3

n°	Y	R_x	R_θ	u
1	0,25	-28,6716	--	0,00

Combinazione n° 4

n°	Y	R_x	R_θ	u
1	0,25	-17,4986	--	0,00

Combinazione n° 5

n°	Y	R_x	R_θ	u
1	0,25	-11,7819	--	0,00

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M	momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]
N	sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)
T	taglio massimo e minimo espresso in [kN]

n°	Tipo	M	Y_M	T	Y_T	N	Y_N

		[kNm]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	
1	[A1-M1]	16,93	5,40	43,98	4,25	17,27	7,00	MAX
--	--	-53,96	2,55	-41,91	0,25	0,00	0,00	MIN
2	[A2-M2]	13,23	5,80	44,60	4,50	17,27	7,00	MAX
--	--	-69,63	2,70	-50,17	0,25	0,00	0,00	MIN
3	[SLER]	11,56	5,40	30,74	4,25	17,27	7,00	MAX
--	--	-36,34	2,55	-27,00	0,25	0,00	0,00	MIN
4	[SLEF]	8,49	5,35	23,72	4,20	17,27	7,00	MAX
--	--	-25,99	2,60	-17,09	0,25	0,00	0,00	MIN
5	[SLEQ]	6,63	5,35	19,49	4,20	17,27	7,00	MAX
--	--	-20,12	2,70	-11,56	0,60	0,00	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y_U	V	Y_V	
		[cm]	[m]	[cm]	[m]	
1	[A1-M1]	0,6093	2,80	0,0019	0,00	MAX
--	--	-0,1267	7,00	0,0000	0,00	MIN
2	[A2-M2]	0,9238	3,00	0,0019	0,00	MAX
--	--	-0,1830	7,00	0,0000	0,00	MIN
3	[SLER]	0,4089	2,80	0,0019	0,00	MAX
--	--	-0,0851	7,00	0,0000	0,00	MIN
4	[SLEF]	0,2874	2,80	0,0019	0,00	MAX
--	--	-0,0597	7,00	0,0000	0,00	MIN
5	[SLEQ]	0,2199	2,80	0,0019	0,00	MAX
--	--	-0,0459	7,00	0,0000	0,00	MIN

Stabilità globale

Metodo di Fellenius
Numero di cerchi analizzati 100

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
$(X_C; Y_C)$ Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
$(X_V; Y_V)$ Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
$(X_M; Y_M)$ Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS Coefficiente di sicurezza

n°	Tipo	(X_C, Y_C)	R	(X_V, Y_V)	(X_M, Y_M)	FS
		[m]	[m]	[m]	[m]	
2	[A2-M2]	(-2,10; 0,00)	7,31	(-8,23; -3,98)	(5,21; 0,00)	1.60

Combinazione n° 2

Numero di strisce 51

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
Le strisce sono numerate da monte verso valle
N° numero d'ordine della striscia
W peso della striscia espresso in [kN]
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]

b	larghezza della striscia espressa in [m]
L	sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]
Ctn, Ctt	contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kN]

Caratteristiche delle strisce

N°	W	α(°)	Wsinα	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kN]					[MPa]	[MPa]	[kN]
1	0,8701	-55.16	-0,7142	0,46	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
2	2,6782	-51.66	-2,1007	0,43	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
3	4,2789	-48.42	-3,2007	0,40	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
4	5,7112	-45.37	-4,0645	0,38	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
5	7,0020	-42.48	-4,7285	0,36	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
6	8,1708	-39.71	-5,2208	0,35	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
7	9,2321	-37.06	-5,5635	0,33	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
8	10,1974	-34.49	-5,7746	0,32	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
9	11,0755	-32.00	-5,8694	0,31	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
10	11,8736	-29.58	-5,8610	0,31	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
11	12,5976	-27.21	-5,7607	0,30	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
12	13,2523	-24.89	-5,5786	0,29	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
13	13,8418	-22.62	-5,3239	0,29	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
14	14,3694	-20.38	-5,0048	0,28	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
15	14,8378	-18.18	-4,6290	0,28	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
16	15,2495	-16.00	-4,2034	0,28	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
17	15,6064	-13.85	-3,7349	0,27	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
18	15,9101	-11.71	-3,2296	0,27	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
19	16,1620	-9.59	-2,6937	0,27	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
20	16,3631	-7.49	-2,1328	0,27	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
21	16,5143	-5.39	-1,5526	0,27	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
22	16,6162	-3.31	-0,9586	0,27	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
23	16,6692	-1.22	-0,3562	0,27	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
24	16,6735	0.86	0,2494	0,27	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
25	16,6291	2.94	0,8528	0,27	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
26	16,5358	5.03	1,4487	0,27	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
27	16,3934	7.12	2,0317	0,27	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
28	16,2011	9.22	2,5964	0,27	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
29	15,9583	11.34	3,1371	0,27	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
30	15,6638	13.47	3,6483	0,27	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
31	15,3164	15.62	4,1237	0,28	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
32	45,2091	17.77	13,7986	0,27	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
33	44,7691	19.93	15,2599	0,28	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
34	44,2737	22.12	16,6690	0,28	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
35	43,7205	24.34	18,0190	0,29	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
36	43,1064	26.60	19,3023	0,29	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
37	42,4280	28.91	20,5109	0,30	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
38	41,6810	31.27	21,6355	0,30	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
39	40,8603	33.69	22,6660	0,31	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
40	39,9595	36.18	23,5909	0,32	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
41	38,9711	38.76	24,3967	0,33	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
42	37,8854	41.43	25,0679	0,35	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
43	36,6901	44.21	25,5854	0,36	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
44	35,3691	47.14	25,9258	0,38	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
45	33,9007	50.24	26,0590	0,41	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
46	32,2542	53.55	25,9447	0,44	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
47	30,3842	57.15	25,5259	0,48	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
48	28,2170	61.15	24,7148	0,54	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
49	25,6268	65.75	23,3659	0,63	28.40	0,0020	0,0000	(0,00; 0,00)
50	22,3557	71.45	21,1940	0,82	24.79	0,0040	0,0000	(0,00; 0,00)
51	15,8291	82.33	15,6874	1,95	24.79	0,0040	0,0000	(0,00; 0,00)

Resistenza a taglio paratia= 0,0000 [kN]
ΣW_i= 1121,9417 [kN]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$= 364,7510 [kN]
$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i$= 571,2580 [kN]
$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i$= 12,3461 [kN]

Descrizione armatura micropali e caratteristiche sezione

Diametro del micropalo	24,00 cm
Area della sezione trasversale	452,39 cmq

Diametro esterno del tubolare	168,30 mm
Spessore del tubolare	8,00 mm
Area della sezione tubolare	40,29 cmq
Inerzia della sezione tubolare	1297,27 cm^4

Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kNm]
N	sforzo normale espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
Nu	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T	taglio espresso in [kN]
V_{Rd}	taglio resistente espresso in [kN]
FS_T	fattore di sicurezza a taglio

N°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	[A1-M1]	2,55	-24,25	2,83	-84,96	9,91	3.50
2	[A2-M2]	2,70	-31,29	2,99	-84,96	8,13	2.72

N°	Tipo	Y	T	Tr	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	
1	[A1-M1]	4,25	19,77	910,18	46.05
2	[A2-M2]	0,25	-22,55	910,18	40.37

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ_f	tensione normale nell'armatura, espressa in [MPa]
τ_f	tensione tangenziale nell'armatura, espresso in [MPa]
σ_{id}	tensione ideale ($\sigma_{id} = (\sigma_f^2 + 3\,\tau_f^2)^{0.5}$) nella sezione del tubolare, espressa in [MPa]

N°	Tipo	σ_f	$Y(\sigma_f)$	τ_f	$Y(\tau_f)$	σ_{id}	$Y(\sigma_{id})$
		[MPa]	[m]	[MPa]	[m]	[MPa]	[m]
3	[SLER]	106,634	2,55	6,858	4,25	106,634	2,55
4	[SLEF]	76,505	2,65	5,291	4,20	76,505	2,65
5	[SLEQ]	59,392	2,70	4,348	4,20	59,392	2,70

Verifica armatura paratia (Inviluppo)

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kNm]
N	sforzo normale espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
Nu	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T	taglio espresso in [kN]
V_{Rd}	taglio resistente espresso in [kN]
FS_T	fattore di sicurezza a taglio

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
1	[A1-M1]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.00	0,00	910,18	1000.00
1	[A1-M1]	0,05	0,01	0,06	71,20	772,06	1000.00	0,26	910,18	1000.00

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
1	[A1-M1]	0,10	0,03	0,11	83,63	353,29	1000.00	0,57	910,18	1000.00
1	[A1-M1]	0,15	0,06	0,17	85,01	226,54	1000.00	1,06	910,18	858.87
2	[A2-M2]	0,20	0,14	0,22	84,99	136,32	614.55	1,38	910,18	658.06
2	[A2-M2]	0,25	0,22	0,28	84,98	109,48	394.83	-22,55	910,18	40.37
2	[A2-M2]	0,30	-0,91	0,33	-84,96	31,24	93.88	-22,27	910,18	40.88
2	[A2-M2]	0,35	-2,01	0,39	-84,96	16,40	42.24	-21,98	910,18	41.41
2	[A2-M2]	0,40	-3,10	0,44	-84,96	12,15	27.38	-21,69	910,18	41.97
2	[A2-M2]	0,45	-4,18	0,50	-84,96	10,15	20.33	-21,38	910,18	42.56
2	[A2-M2]	0,50	-5,24	0,55	-84,96	8,99	16.21	-21,08	910,18	43.19
2	[A2-M2]	0,55	-6,29	0,61	-84,96	8,24	13.51	-20,76	910,18	43.84
2	[A2-M2]	0,60	-7,32	0,67	-84,96	7,73	11.61	-20,44	910,18	44.54
2	[A2-M2]	0,65	-8,33	0,72	-84,96	7,35	10.20	-20,11	910,18	45.27
2	[A2-M2]	0,70	-9,33	0,78	-84,96	7,07	9.11	-19,77	910,18	46.05
2	[A2-M2]	0,75	-10,31	0,83	-84,96	6,86	8.24	-19,42	910,18	46.86
2	[A2-M2]	0,80	-11,27	0,89	-84,96	6,69	7.54	-19,07	910,18	47.73
2	[A2-M2]	0,85	-12,21	0,94	-84,96	6,56	6.96	-18,71	910,18	48.65
2	[A2-M2]	0,90	-13,14	1,00	-84,96	6,45	6.47	-18,34	910,18	49.62
2	[A2-M2]	0,95	-14,05	1,05	-84,96	6,37	6.05	-17,97	910,18	50.66
2	[A2-M2]	1,00	-14,94	1,11	-84,96	6,31	5.69	-17,59	910,18	51.76
2	[A2-M2]	1,05	-15,81	1,16	-84,96	6,26	5.38	-17,20	910,18	52.93
2	[A2-M2]	1,10	-16,66	1,22	-84,96	6,22	5.10	-16,80	910,18	54.18
2	[A2-M2]	1,15	-17,49	1,28	-84,96	6,20	4.86	-16,40	910,18	55.51
2	[A2-M2]	1,20	-18,30	1,33	-84,96	6,18	4.64	-15,98	910,18	56.94
2	[A2-M2]	1,25	-19,08	1,39	-84,96	6,17	4.45	-15,57	910,18	58.47
2	[A2-M2]	1,30	-19,85	1,44	-84,96	6,17	4.28	-15,14	910,18	60.12
2	[A2-M2]	1,35	-20,60	1,50	-84,96	6,18	4.12	-14,71	910,18	61.89
2	[A2-M2]	1,40	-21,32	1,55	-84,96	6,19	3.98	-14,27	910,18	63.80
2	[A2-M2]	1,45	-22,02	1,61	-84,96	6,20	3.86	-13,82	910,18	65.86
2	[A2-M2]	1,50	-22,70	1,66	-84,96	6,23	3.74	-13,36	910,18	68.11
2	[A2-M2]	1,55	-23,36	1,72	-84,96	6,25	3.64	-12,90	910,18	70.55
2	[A2-M2]	1,60	-23,99	1,77	-84,96	6,28	3.54	-12,43	910,18	73.21
2	[A2-M2]	1,65	-24,60	1,83	-84,96	6,32	3.45	-11,96	910,18	76.13
2	[A2-M2]	1,70	-25,19	1,89	-84,96	6,36	3.37	-11,47	910,18	79.35
2	[A2-M2]	1,75	-25,75	1,94	-84,96	6,40	3.30	-10,98	910,18	82.90
2	[A2-M2]	1,80	-26,29	2,00	-84,96	6,45	3.23	-10,48	910,18	86.85
2	[A2-M2]	1,85	-26,80	2,05	-84,96	6,51	3.17	-9,97	910,18	91.25
2	[A2-M2]	1,90	-27,28	2,11	-84,96	6,56	3.11	-9,46	910,18	96.21
2	[A2-M2]	1,95	-27,74	2,16	-84,96	6,62	3.06	-8,94	910,18	101.81
2	[A2-M2]	2,00	-28,18	2,22	-84,96	6,69	3.02	-8,41	910,18	108.21
2	[A2-M2]	2,05	-28,59	2,27	-84,96	6,76	2.97	-7,88	910,18	115.56
2	[A2-M2]	2,10	-28,97	2,33	-84,96	6,83	2.93	-7,33	910,18	124.12
2	[A2-M2]	2,15	-29,32	2,38	-84,96	6,91	2.90	-6,78	910,18	134.18
2	[A2-M2]	2,20	-29,64	2,44	-84,96	6,99	2.87	-6,23	910,18	146.20
2	[A2-M2]	2,25	-29,94	2,50	-84,96	7,08	2.84	-5,66	910,18	160.78
2	[A2-M2]	2,30	-30,21	2,55	-84,96	7,17	2.81	-5,09	910,18	178.85
2	[A2-M2]	2,35	-30,45	2,61	-84,96	7,27	2.79	-4,51	910,18	201.83
2	[A2-M2]	2,40	-30,66	2,66	-84,96	7,38	2.77	-3,92	910,18	232.02
2	[A2-M2]	2,45	-30,84	2,72	-84,96	7,49	2.75	-3,33	910,18	273.42
2	[A2-M2]	2,50	-30,99	2,77	-84,96	7,60	2.74	-2,73	910,18	333.70
2	[A2-M2]	2,55	-31,11	2,83	-84,96	7,72	2.73	-2,12	910,18	429.55
2	[A2-M2]	2,60	-31,20	2,88	-84,96	7,85	2.72	-1,50	910,18	605.59
2	[A2-M2]	2,65	-31,26	2,94	-84,96	7,99	2.72	1,47	910,18	619.99
2	[A2-M2]	2,70	-31,29	2,99	-84,96	8,13	2.72	2,08	910,18	438.15
2	[A2-M2]	2,75	-31,29	3,05	-84,96	8,28	2.72	2,69	910,18	337.83
2	[A2-M2]	2,80	-31,25	3,11	-84,96	8,44	2.72	3,32	910,18	274.26
2	[A2-M2]	2,85	-31,19	3,16	-84,96	8,61	2.72	3,95	910,18	230.39
2	[A2-M2]	2,90	-31,08	3,22	-84,96	8,79	2.73	4,59	910,18	198.31
2	[A2-M2]	2,95	-30,95	3,27	-84,96	8,98	2.75	5,24	910,18	173.84
2	[A2-M2]	3,00	-30,78	3,33	-84,96	9,18	2.76	5,89	910,18	154.57
2	[A2-M2]	3,05	-30,58	3,38	-84,96	9,40	2.78	6,43	910,18	141.59
2	[A2-M2]	3,10	-30,36	3,44	-84,96	9,62	2.80	6,98	910,18	130.42
2	[A2-M2]	3,15	-30,10	3,49	-84,96	9,86	2.82	7,54	910,18	120.75
2	[A2-M2]	3,20	-29,81	3,55	-84,96	10,11	2.85	8,10	910,18	112.34
2	[A2-M2]	3,25	-29,50	3,60	-84,96	10,38	2.88	8,67	910,18	104.97
2	[A2-M2]	3,30	-29,15	3,66	-84,96	10,67	2.91	9,25	910,18	98.44
2	[A2-M2]	3,35	-28,77	3,72	-84,96	10,97	2.95	9,83	910,18	92.63
2	[A2-M2]	3,40	-28,36	3,77	-84,96	11,30	3.00	10,41	910,18	87.41
2	[A2-M2]	3,45	-27,93	3,83	-84,96	11,64	3.04	11,00	910,18	82.71
2	[A2-M2]	3,50	-27,45	3,88	-84,96	12,01	3.09	11,60	910,18	78.45
2	[A2-M2]	3,55	-26,95	3,94	-84,96	12,41	3.15	12,20	910,18	74.58
2	[A2-M2]	3,60	-26,42	3,99	-84,96	12,84	3.22	12,81	910,18	71.04
2	[A2-M2]	3,65	-25,85	4,05	-84,96	13,30	3.29	13,43	910,18	67.79
2	[A2-M2]	3,70	-25,25	4,10	-84,96	13,81	3.36	14,05	910,18	64.80
2	[A2-M2]	3,75	-24,62	4,16	-84,96	14,35	3.45	14,67	910,18	62.04
2	[A2-M2]	3,80	-23,95	4,21	-84,96	14,95	3.55	15,30	910,18	59.49
2	[A2-M2]	3,85	-23,26	4,27	-84,96	15,60	3.65	15,94	910,18	57.11

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rd2}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
2	[A2-M2]	3,90	-22,52	4,33	-84,96	16,32	3.77	16,58	910,18	54.90
2	[A2-M2]	3,95	-21,76	4,38	-84,96	17,11	3.90	17,23	910,18	52.84
2	[A2-M2]	4,00	-20,96	4,44	-84,96	17,98	4.05	17,88	910,18	50.91
2	[A2-M2]	4,05	-20,12	4,49	-84,96	18,96	4.22	18,48	910,18	49.26
2	[A2-M2]	4,10	-19,26	4,55	-84,96	20,06	4.41	18,97	910,18	47.99
2	[A2-M2]	4,15	-18,37	4,60	-84,96	21,29	4.63	19,34	910,18	47.05
2	[A2-M2]	4,20	-17,45	4,66	-84,96	22,68	4.87	19,61	910,18	46.41
2	[A2-M2]	4,25	-16,51	4,71	-84,96	24,26	5.15	19,77	910,18	46.05
2	[A2-M2]	4,30	-15,55	4,77	-84,96	26,06	5.46	19,75	910,18	46.07
2	[A2-M2]	4,35	-14,58	4,82	-84,96	28,12	5.83	19,63	910,18	46.36
2	[A2-M2]	4,40	-13,59	4,88	-84,96	30,51	6.25	19,82	910,18	45.93
2	[A2-M2]	4,45	-12,60	4,94	-84,97	33,29	6.75	19,96	910,18	45.59
2	[A2-M2]	4,50	-11,60	4,99	-84,97	36,57	7.33	20,05	910,18	45.41
2	[A2-M2]	4,55	-10,59	5,05	-84,97	40,47	8.02	20,03	910,18	45.44
2	[A2-M2]	4,60	-9,59	5,10	-84,97	45,19	8.86	19,95	910,18	45.61
2	[A2-M2]	4,65	-8,59	5,16	-84,97	50,99	9.89	19,81	910,18	45.94
2	[A2-M2]	4,70	-7,60	5,21	-84,97	58,25	11.17	19,61	910,18	46.42
2	[A2-M2]	4,75	-6,62	5,27	-84,97	67,58	12.83	19,34	910,18	47.06
2	[A2-M2]	4,80	-5,66	5,32	-84,98	79,97	15.02	19,01	910,18	47.89
2	[A2-M2]	4,85	-4,71	5,38	-84,98	97,13	18.06	18,61	910,18	48.90
1	[A1-M1]	4,90	4,79	5,43	84,98	96,50	17.76	18,16	910,18	50.13
1	[A1-M1]	4,95	5,35	5,49	84,98	87,23	15.89	17,65	910,18	51.58
1	[A1-M1]	5,00	5,86	5,55	84,98	80,44	14.51	17,06	910,18	53.36
1	[A1-M1]	5,05	6,30	5,60	84,97	75,50	13.48	16,39	910,18	55.53
1	[A1-M1]	5,10	6,68	5,66	84,97	71,98	12.72	15,67	910,18	58.09
1	[A1-M1]	5,15	6,98	5,71	84,97	69,50	12.17	14,88	910,18	61.15
1	[A1-M1]	5,20	7,22	5,77	84,97	67,84	11.76	14,04	910,18	64.83
1	[A1-M1]	5,25	7,40	5,82	84,97	66,83	11.48	13,13	910,18	69.31
1	[A1-M1]	5,30	7,53	5,88	84,97	66,38	11.29	12,16	910,18	74.85
1	[A1-M1]	5,35	7,59	5,93	84,97	66,40	11.19	11,12	910,18	81.82
1	[A1-M1]	5,40	7,61	5,99	84,97	66,87	11.16	10,02	910,18	90.80
1	[A1-M1]	5,45	7,58	6,04	84,97	67,75	11.21	8,86	910,18	102.74
1	[A1-M1]	5,50	7,51	6,10	84,97	69,03	11.32	7,63	910,18	119.27
1	[A1-M1]	5,55	7,40	6,16	84,97	70,72	11.49	6,34	910,18	143.57
1	[A1-M1]	5,60	7,25	6,21	84,97	72,83	11.73	4,98	910,18	182.62
1	[A1-M1]	5,65	7,06	6,27	84,97	75,39	12.03	-4,27	910,18	213.03
1	[A1-M1]	5,70	6,85	6,32	84,98	78,43	12.41	-4,82	910,18	188.90
1	[A1-M1]	5,75	6,61	6,38	84,98	82,00	12.86	-5,30	910,18	171.64
1	[A1-M1]	5,80	6,34	6,43	84,98	86,17	13.40	-5,73	910,18	158.93
1	[A1-M1]	5,85	6,06	6,49	84,98	91,02	14.03	-6,09	910,18	149.42
2	[A2-M2]	5,90	5,83	6,54	84,98	95,37	14.57	-6,40	910,18	142.27
2	[A2-M2]	5,95	5,69	6,60	84,98	98,54	14.93	-6,65	910,18	136.95
2	[A2-M2]	6,00	5,50	6,65	84,98	102,73	15.44	-6,84	910,18	133.11
2	[A2-M2]	6,05	5,28	6,71	84,98	108,07	16.10	-6,97	910,18	130.52
2	[A2-M2]	6,10	5,01	6,77	84,98	114,71	16.95	-7,05	910,18	129.03
2	[A2-M2]	6,15	4,72	6,82	84,99	122,89	18.02	-7,08	910,18	128.56
2	[A2-M2]	6,20	4,40	6,88	84,99	132,93	19.33	-7,05	910,18	129.08
2	[A2-M2]	6,25	4,06	6,93	84,99	145,28	20.96	-7,12	910,18	127.75
2	[A2-M2]	6,30	3,70	6,99	84,99	160,55	22.98	-7,32	910,18	124.30
2	[A2-M2]	6,35	3,33	7,04	85,00	179,61	25.50	-7,42	910,18	122.71
2	[A2-M2]	6,40	2,96	7,10	85,00	203,70	28.70	-7,41	910,18	122.85
2	[A2-M2]	6,45	2,59	7,15	85,01	234,65	32.80	-7,30	910,18	124.72
2	[A2-M2]	6,50	2,23	7,21	85,02	275,25	38.18	-7,08	910,18	128.47
2	[A2-M2]	6,55	1,87	7,26	84,13	326,38	44.93	-6,77	910,18	134.45
2	[A2-M2]	6,60	1,53	7,32	82,85	395,34	54.01	-6,35	910,18	143.26
2	[A2-M2]	6,65	1,22	7,38	80,30	486,90	66.01	-5,84	910,18	155.97
2	[A2-M2]	6,70	0,92	7,43	76,35	613,60	82.57	-5,22	910,18	174.46
2	[A2-M2]	6,75	0,66	7,49	70,45	794,58	106.13	-4,50	910,18	202.38
2	[A2-M2]	6,80	0,44	7,54	61,34	1054,04	139.75	-3,68	910,18	247.53
2	[A2-M2]	6,85	0,26	7,60	47,15	1404,37	184.85	-2,76	910,18	330.26
2	[A2-M2]	6,90	0,12	7,65	27,41	1788,82	233.74	-1,73	910,18	524.87
2	[A2-M2]	6,95	0,03	7,71	8,03	2025,23	262.73	-0,42	910,18	1000.00

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ_f tensione normale nell'armatura, espressa in [MPa]
τ_f tensione tangenziale nell'armatura, espresso in [MPa]
σ_{id} tensione ideale ($\sigma_{id} = (\sigma_f^2 + 3\,\tau_f^2)^{0.5}$) nella sezione del tubolare, espressa in [MPa]

Y	σ_{id}	n° - Tipo	σ_f	n° - Tipo	τ_f	n° - Tipo

[m]	[MPa]		[MPa]		[MPa]	
0,00	0,000	3 - [SLER]	0,000	3 - [SLER]	0,000	3 - [SLER]
0,05	0,122	3 - [SLER]	0,030	3 - [SLER]	0,068	3 - [SLER]
0,10	0,291	3 - [SLER]	0,118	3 - [SLER]	0,154	3 - [SLER]
0,15	0,480	3 - [SLER]	0,260	3 - [SLER]	0,233	3 - [SLER]
0,20	0,695	3 - [SLER]	0,451	3 - [SLER]	0,306	3 - [SLER]
0,25	10,458	3 - [SLER]	0,688	3 - [SLER]	6,025	3 - [SLER]
0,30	10,862	3 - [SLER]	3,379	3 - [SLER]	5,960	3 - [SLER]
0,35	12,527	3 - [SLER]	7,264	3 - [SLER]	5,892	3 - [SLER]
0,40	15,000	3 - [SLER]	11,105	3 - [SLER]	5,822	3 - [SLER]
0,45	17,919	3 - [SLER]	14,898	3 - [SLER]	5,748	3 - [SLER]
0,50	21,072	3 - [SLER]	18,642	3 - [SLER]	5,672	3 - [SLER]
0,55	24,346	3 - [SLER]	22,336	3 - [SLER]	5,593	3 - [SLER]
0,60	27,674	3 - [SLER]	25,976	3 - [SLER]	5,510	3 - [SLER]
0,65	31,020	3 - [SLER]	29,563	3 - [SLER]	5,425	3 - [SLER]
0,70	34,359	3 - [SLER]	33,092	3 - [SLER]	5,337	3 - [SLER]
0,75	37,675	3 - [SLER]	36,563	3 - [SLER]	5,246	3 - [SLER]
0,80	40,958	3 - [SLER]	39,974	3 - [SLER]	5,153	3 - [SLER]
0,85	44,199	3 - [SLER]	43,323	3 - [SLER]	5,056	3 - [SLER]
0,90	47,391	3 - [SLER]	46,607	3 - [SLER]	4,956	3 - [SLER]
0,95	50,530	3 - [SLER]	49,826	3 - [SLER]	4,854	3 - [SLER]
1,00	53,611	3 - [SLER]	52,976	3 - [SLER]	4,749	3 - [SLER]
1,05	56,630	3 - [SLER]	56,057	3 - [SLER]	4,640	3 - [SLER]
1,10	59,585	3 - [SLER]	59,066	3 - [SLER]	4,529	3 - [SLER]
1,15	62,472	3 - [SLER]	62,002	3 - [SLER]	4,415	3 - [SLER]
1,20	65,288	3 - [SLER]	64,862	3 - [SLER]	4,298	3 - [SLER]
1,25	68,031	3 - [SLER]	67,645	3 - [SLER]	4,178	3 - [SLER]
1,30	70,698	3 - [SLER]	70,348	3 - [SLER]	4,056	3 - [SLER]
1,35	73,287	3 - [SLER]	72,971	3 - [SLER]	3,930	3 - [SLER]
1,40	75,796	3 - [SLER]	75,510	3 - [SLER]	3,801	3 - [SLER]
1,45	78,223	3 - [SLER]	77,964	3 - [SLER]	3,670	3 - [SLER]
1,50	80,565	3 - [SLER]	80,332	3 - [SLER]	3,536	3 - [SLER]
1,55	82,820	3 - [SLER]	82,611	3 - [SLER]	3,398	3 - [SLER]
1,60	84,986	3 - [SLER]	84,799	3 - [SLER]	3,258	3 - [SLER]
1,65	87,062	3 - [SLER]	86,894	3 - [SLER]	3,115	3 - [SLER]
1,70	89,044	3 - [SLER]	88,896	3 - [SLER]	2,969	3 - [SLER]
1,75	90,932	3 - [SLER]	90,801	3 - [SLER]	2,820	3 - [SLER]
1,80	92,723	3 - [SLER]	92,607	3 - [SLER]	2,668	3 - [SLER]
1,85	94,414	3 - [SLER]	94,314	3 - [SLER]	2,514	3 - [SLER]
1,90	96,005	3 - [SLER]	95,919	3 - [SLER]	2,356	3 - [SLER]
1,95	97,494	3 - [SLER]	97,419	3 - [SLER]	2,196	3 - [SLER]
2,00	98,877	3 - [SLER]	98,814	3 - [SLER]	2,032	3 - [SLER]
2,05	100,154	3 - [SLER]	100,102	3 - [SLER]	1,866	3 - [SLER]
2,10	101,322	3 - [SLER]	101,279	3 - [SLER]	1,697	3 - [SLER]
2,15	102,380	3 - [SLER]	102,345	3 - [SLER]	1,525	3 - [SLER]
2,20	103,325	3 - [SLER]	103,298	3 - [SLER]	1,350	3 - [SLER]
2,25	104,156	3 - [SLER]	104,136	3 - [SLER]	1,172	3 - [SLER]
2,30	104,870	3 - [SLER]	104,856	3 - [SLER]	0,991	3 - [SLER]
2,35	105,467	3 - [SLER]	105,457	3 - [SLER]	0,807	3 - [SLER]
2,40	105,943	3 - [SLER]	105,938	3 - [SLER]	0,673	5 - [SLEQ]
2,45	106,298	3 - [SLER]	106,295	3 - [SLER]	0,567	5 - [SLEQ]
2,50	106,529	3 - [SLER]	106,528	3 - [SLER]	0,457	5 - [SLEQ]
2,55	106,634	3 - [SLER]	106,634	3 - [SLER]	0,345	5 - [SLEQ]
2,60	106,612	3 - [SLER]	106,612	3 - [SLER]	0,230	5 - [SLEQ]
2,65	106,461	3 - [SLER]	106,459	3 - [SLER]	0,356	3 - [SLER]
2,70	106,178	3 - [SLER]	106,174	3 - [SLER]	0,560	3 - [SLER]
2,75	105,762	3 - [SLER]	105,754	3 - [SLER]	0,767	3 - [SLER]
2,80	105,212	3 - [SLER]	105,198	3 - [SLER]	0,976	3 - [SLER]
2,85	104,525	3 - [SLER]	104,505	3 - [SLER]	1,189	3 - [SLER]
2,90	103,700	3 - [SLER]	103,671	3 - [SLER]	1,404	3 - [SLER]
2,95	102,735	3 - [SLER]	102,696	3 - [SLER]	1,623	3 - [SLER]
3,00	101,628	3 - [SLER]	101,578	3 - [SLER]	1,843	3 - [SLER]
3,05	100,386	3 - [SLER]	100,324	3 - [SLER]	2,039	3 - [SLER]
3,10	99,016	3 - [SLER]	98,940	3 - [SLER]	2,238	3 - [SLER]
3,15	97,518	3 - [SLER]	97,426	3 - [SLER]	2,440	3 - [SLER]
3,20	95,889	3 - [SLER]	95,779	3 - [SLER]	2,644	3 - [SLER]
3,25	94,128	3 - [SLER]	93,998	3 - [SLER]	2,850	3 - [SLER]
3,30	92,235	3 - [SLER]	92,082	3 - [SLER]	3,058	3 - [SLER]
3,35	90,208	3 - [SLER]	90,030	3 - [SLER]	3,268	3 - [SLER]
3,40	88,046	3 - [SLER]	87,839	3 - [SLER]	3,480	3 - [SLER]
3,45	85,748	3 - [SLER]	85,509	3 - [SLER]	3,695	3 - [SLER]
3,50	83,314	3 - [SLER]	83,038	3 - [SLER]	3,911	3 - [SLER]
3,55	80,742	3 - [SLER]	80,425	3 - [SLER]	4,130	3 - [SLER]
3,60	78,033	3 - [SLER]	77,668	3 - [SLER]	4,351	3 - [SLER]
3,65	75,185	3 - [SLER]	74,767	3 - [SLER]	4,574	3 - [SLER]
3,70	72,199	3 - [SLER]	71,719	3 - [SLER]	4,799	3 - [SLER]
3,75	69,074	3 - [SLER]	68,523	3 - [SLER]	5,026	3 - [SLER]
3,80	65,811	3 - [SLER]	65,178	3 - [SLER]	5,255	3 - [SLER]

Y	σ_{id}	n° - Tipo	σ_t	n° - Tipo	τ_t	n° - Tipo
[m]	[MPa]		[MPa]		[MPa]	
3,85	62,411	3 - [SLER]	61,683	3 - [SLER]	5,487	3 - [SLER]
3,90	58,875	3 - [SLER]	58,036	3 - [SLER]	5,720	3 - [SLER]
3,95	55,208	3 - [SLER]	54,235	3 - [SLER]	5,956	3 - [SLER]
4,00	51,412	3 - [SLER]	50,280	3 - [SLER]	6,194	3 - [SLER]
4,05	47,493	3 - [SLER]	46,176	3 - [SLER]	6,411	3 - [SLER]
4,10	43,467	3 - [SLER]	41,944	3 - [SLER]	6,587	3 - [SLER]
4,15	39,370	3 - [SLER]	37,611	3 - [SLER]	6,719	3 - [SLER]
4,20	35,238	3 - [SLER]	33,205	3 - [SLER]	6,810	3 - [SLER]
4,25	31,111	3 - [SLER]	28,754	3 - [SLER]	6,858	3 - [SLER]
4,30	27,024	3 - [SLER]	24,287	3 - [SLER]	6,842	3 - [SLER]
4,35	23,050	3 - [SLER]	19,831	3 - [SLER]	6,784	3 - [SLER]
4,40	19,275	3 - [SLER]	15,412	3 - [SLER]	6,683	3 - [SLER]
4,45	15,832	3 - [SLER]	11,060	3 - [SLER]	6,540	3 - [SLER]
4,50	12,938	3 - [SLER]	6,801	3 - [SLER]	6,355	3 - [SLER]
4,55	10,941	3 - [SLER]	3,820	5 - [SLEQ]	6,127	3 - [SLER]
4,60	10,853	3 - [SLER]	6,132	4 - [SLEF]	5,857	3 - [SLER]
4,65	12,308	3 - [SLER]	8,774	4 - [SLEF]	5,544	3 - [SLER]
4,70	14,465	3 - [SLER]	11,335	3 - [SLER]	5,188	3 - [SLER]
4,75	16,914	3 - [SLER]	14,739	3 - [SLER]	4,791	3 - [SLER]
4,80	19,430	3 - [SLER]	17,882	3 - [SLER]	4,388	3 - [SLER]
4,85	21,889	3 - [SLER]	20,763	3 - [SLER]	4,002	3 - [SLER]
4,90	24,224	3 - [SLER]	23,391	3 - [SLER]	3,634	3 - [SLER]
4,95	26,400	3 - [SLER]	25,780	3 - [SLER]	3,284	3 - [SLER]
5,00	28,376	3 - [SLER]	27,939	3 - [SLER]	2,865	3 - [SLER]
5,05	30,110	3 - [SLER]	29,825	3 - [SLER]	2,388	3 - [SLER]
5,10	31,577	3 - [SLER]	31,398	3 - [SLER]	1,935	3 - [SLER]
5,15	32,781	3 - [SLER]	32,677	3 - [SLER]	1,508	3 - [SLER]
5,20	33,730	3 - [SLER]	33,676	3 - [SLER]	1,105	3 - [SLER]
5,25	34,434	3 - [SLER]	34,411	3 - [SLER]	0,727	3 - [SLER]
5,30	34,906	3 - [SLER]	34,900	3 - [SLER]	0,372	3 - [SLER]
5,35	35,156	3 - [SLER]	35,156	3 - [SLER]	0,136	5 - [SLEQ]
5,40	35,200	3 - [SLER]	35,197	3 - [SLER]	0,327	4 - [SLEF]
5,45	35,048	3 - [SLER]	35,035	3 - [SLER]	0,554	3 - [SLER]
5,50	34,716	3 - [SLER]	34,687	3 - [SLER]	0,817	3 - [SLER]
5,55	34,217	3 - [SLER]	34,167	3 - [SLER]	1,059	3 - [SLER]
5,60	33,563	3 - [SLER]	33,489	3 - [SLER]	1,279	3 - [SLER]
5,65	32,768	3 - [SLER]	32,668	3 - [SLER]	1,478	3 - [SLER]
5,70	31,846	3 - [SLER]	31,716	3 - [SLER]	1,656	3 - [SLER]
5,75	30,809	3 - [SLER]	30,648	3 - [SLER]	1,814	3 - [SLER]
5,80	29,670	3 - [SLER]	29,477	3 - [SLER]	1,952	3 - [SLER]
5,85	28,442	3 - [SLER]	28,215	3 - [SLER]	2,070	3 - [SLER]
5,90	27,138	3 - [SLER]	26,876	3 - [SLER]	2,169	3 - [SLER]
5,95	25,769	3 - [SLER]	25,473	3 - [SLER]	2,249	3 - [SLER]
6,00	24,349	3 - [SLER]	24,018	3 - [SLER]	2,310	3 - [SLER]
6,05	22,888	3 - [SLER]	22,522	3 - [SLER]	2,352	3 - [SLER]
6,10	21,399	3 - [SLER]	20,999	3 - [SLER]	2,376	3 - [SLER]
6,15	19,893	3 - [SLER]	19,461	3 - [SLER]	2,382	3 - [SLER]
6,20	18,382	3 - [SLER]	17,918	3 - [SLER]	2,371	3 - [SLER]
6,25	16,877	3 - [SLER]	16,383	3 - [SLER]	2,341	3 - [SLER]
6,30	15,389	3 - [SLER]	14,867	3 - [SLER]	2,294	3 - [SLER]
6,35	13,928	3 - [SLER]	13,382	3 - [SLER]	2,230	3 - [SLER]
6,40	12,505	3 - [SLER]	11,939	3 - [SLER]	2,148	3 - [SLER]
6,45	11,131	3 - [SLER]	10,549	3 - [SLER]	2,050	3 - [SLER]
6,50	9,813	3 - [SLER]	9,224	3 - [SLER]	1,934	3 - [SLER]
6,55	8,563	3 - [SLER]	7,973	3 - [SLER]	1,802	3 - [SLER]
6,60	7,387	3 - [SLER]	6,810	3 - [SLER]	1,653	3 - [SLER]
6,65	6,295	3 - [SLER]	5,744	3 - [SLER]	1,487	3 - [SLER]
6,70	5,292	3 - [SLER]	4,786	3 - [SLER]	1,304	3 - [SLER]
6,75	4,387	3 - [SLER]	3,948	3 - [SLER]	1,105	3 - [SLER]
6,80	3,587	3 - [SLER]	3,240	3 - [SLER]	0,889	3 - [SLER]
6,85	2,904	3 - [SLER]	2,673	3 - [SLER]	0,656	3 - [SLER]
6,90	2,365	3 - [SLER]	2,258	3 - [SLER]	0,407	3 - [SLER]
6,95	2,020	3 - [SLER]	2,006	3 - [SLER]	0,141	3 - [SLER]

Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione M_u-N_u della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	R_{bk} = 30,0 [MPa])
Tensione caratteristica cilindrica del cls (0.83xR_{bk})	R_{ck} = 254 (Kg/cm^2)
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	ψ= 0.85
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	f_{yk} = 450,0 [MPa])
Coefficiente di sicurezza cls	γ_c = 1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	γ_s = 1.15
Resistenza di calcolo del cls($\psi R_{ck}/\gamma_c$)	R^*_c = 144 (Kg/cm^2)
Resistenza di calcolo dell'acciaio(f_{yk}/γ_s)	R^*_s = 3990 (Kg/cm^2)
Modulo elastico dell'acciaio	E_s = 2100000 (Kg/cm^2)
Deformazione ultima del calcestruzzo	ε_{cu} = 0.0035(0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	ε_{ck} = 0.0020(0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	ε_{yu} = 0.0100(1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico (R^*_s/E_s)	ε_{yk} = 0.0015(0.19%)

Legame costitutivo del calcestruzzo

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:
Tratto parabolico: $0<=\varepsilon_c<=\varepsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R^*_c(2\varepsilon_c\varepsilon_{ck}-\varepsilon_c^2)}{\varepsilon_{ck}^2}$$

Tratto rettangolare: $\varepsilon_{ck}<\varepsilon_c<=\varepsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R^*_c$$

Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:
$\sigma_s = E_s\varepsilon_s$ per $0<=\varepsilon_s<=\varepsilon_{sy}$
$\sigma_s = R^*_s$ per $\varepsilon_{sy}<\varepsilon_s<=\varepsilon_{su}$

Tratto armatura 1

N°	N_u [kN]	M_u [kNm]
1	-1576,4785	0,0000
2	0,0000	84,9580
3	278,2847	85,0193
4	417,4271	82,4424
5	556,5695	78,1586
6	695,7119	73,7502
7	834,8542	69,1100
8	973,9966	64,2969
9	1113,1390	59,1628
10	1252,2814	53,6725
11	1391,4237	47,7538
12	1530,5661	41,2795
13	1669,7085	34,1198
14	1808,8509	26,2871
15	1947,9932	18,0587
16	2087,1356	0,0000
17	2087,1356	0,0000
18	1947,9932	-18,0587
19	1808,8509	-26,2871
20	1669,7085	-34,1198
21	1530,5661	-41,2795
22	1391,4237	-47,7538
23	1252,2814	-53,6725
24	1113,1390	-59,1628
25	973,9966	-64,2969
26	834,8542	-69,1100

N°	N_u [kN]	M_u [kNm]
27	695,7119	-73,7502
28	556,5695	-78,1586
29	417,4271	-82,4424
30	278,2847	-85,0193
31	0,0000	-84,9580
32	-1576,4785	0,0000

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale
T_h taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale
M_v momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale
T_v taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=50,00 [cm]	H=50,00 [cm]		
A_{fv}=8,04 [cmq]	A_{fh}=4,02 [cmq]	Staffe ϕ10/20	Nbh=2 - Nbv=2
M_h=19,95 [kNm]	M_{uh}=140,53 [kNm]	FS=7.05	
T_h=39,89 [kN]	T_{Rh}=260,00 [kN]	FS_T=6.52	
M_v=0,62 [kNm]	M_{uv}=140,53 [kNm]	FS=226.44	
T_v=2,76 [kN]	T_R=260,00 [kN]	FS_{Tv}=94.27	

Indice

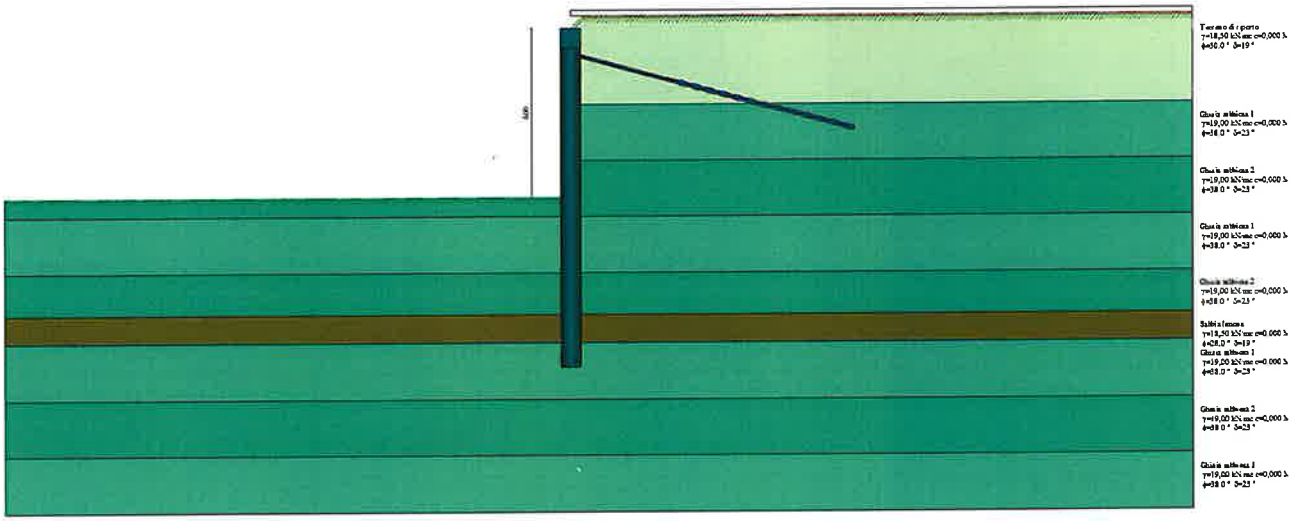
Normative di riferimento	2
Richiami teorici	3
Metodo di analisi	3
Calcolo della profondità di infissione	3
Calcolo della spinte	3
Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)	3
Spinta in presenza di sisma	3
Analisi ad elementi finiti	4
Schematizzazione del terreno	4
Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno	4
Analisi per fasi di scavo	5
Verifica alla stabilità globale	5
Dati	6
Geometria paratia	6
Geometria cordoli	6
Geometria profilo terreno	6
Descrizione terreni	6
Descrizione stratigrafia	7
Caratteristiche materiali utilizzati	7
Condizioni di carico	7
Vincoli lungo l'altezza della paratia	9
Combinazioni di carico	10
Impostazioni di progetto	10
Impostazioni di analisi	11
Impostazioni analisi sismica	12
Analisi della paratia	13
Forze agenti sulla paratia	13
Risultati vincoli	15
Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia	15
Spostamenti massimi e minimi della paratia	16
Stabilità globale	16
Descrizione armatura micropali e caratteristiche sezione	17
Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)	18
Verifica armatura paratia (Inviluppo)	18
Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni	23
Verifica sezione cordoli	24

F.2 BERECHNUNGEN BOHR-PFAHLWÄNDE IM OFFENEN BEREICH

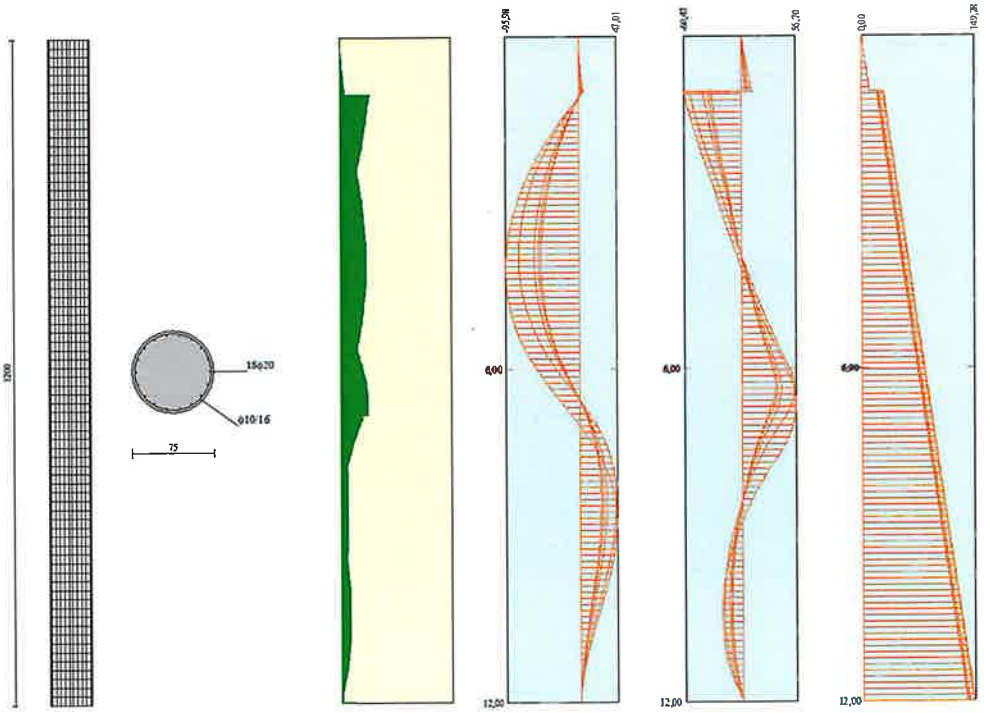
F.2 CALCOLI PARATIE DI PALI TRIVELLATI NEL TRATTO A SCAVO APERTO

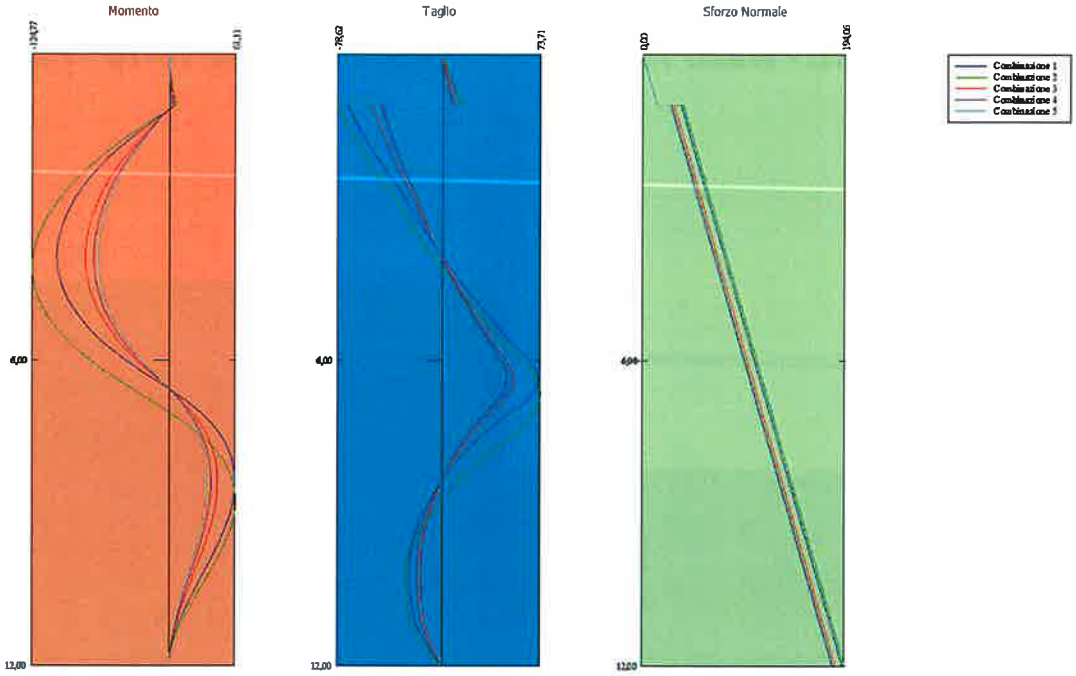
F.2.1 Schnitt 1b-1b - Wand W001

F.2.1 Sezione 1b-1b - Parete W001

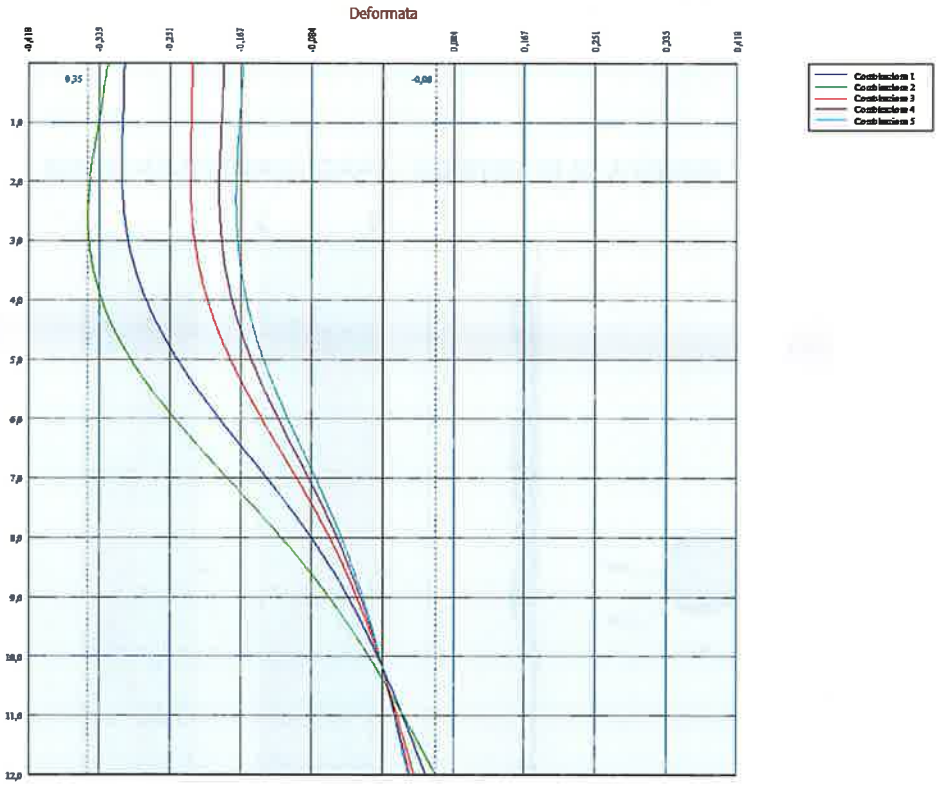


VERIFICA DI RESISTENZA - TRAGFÄHIGKEITSNACHWEIS





DEFORMAZIONI - VERFORMUNGEN



Progetto:
Ditta:
Comune:
Progettista:
Direttore dei Lavori:
Impresa:

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Richiami teorici

Metodo di analisi

Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.
Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.
Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).
Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).
Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.
Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

$\mathbf{K_{am}}$	diagramma della spinta attiva agente da monte
$\mathbf{K_{av}}$	diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
$\mathbf{K_{pm}}$	diagramma della spinta passiva agente da monte
$\mathbf{K_{pv}}$	diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$D_m = K_{pm} - K_{av}$ e $D_v = K_{pv} - K_{am}$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.
Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione
si può agire con tre modalità :
1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su tan(ϕ) e sulla coesione

Calcolo della spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).
La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).
I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:
- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio *(W)*, carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura *(R e C)* e resistenza per coesione lungo la parete *(A)*;
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.
Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata *z*. Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana).
Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con *W* il peso del cuneo e con *C* il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W*C$$

Indicando con *S* la spinta calcolata in condizioni statiche e con S_s la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa(diagramma triangolare con vertice in alto).

Tiranti di ancoraggio

Le paratie possono essere tirantate, con tiranti attivi o con tiranti passivi, realizzati entrambi tramite perforazione e iniezione del foro con malta in pressione previa sistemazione delle armature opportune.
I tiranti attivi, contrariamente ai tiranti passivi, sono sottoposti ad uno sforzo di pretensione prendendo il contrasto sulla struttura stessa. Il tiro finale sul tirante attivo dipende sia dalla pretensione che dalla deformazione della struttura oltre che dalle cadute di tensione. Nel caso di tiranti passivi il tiro dipende unicamente dalla deformabilità della struttura. L'armatura dei tiranti attivi è costituita da trefoli ad alta resistenza (trefoli per c.a.p.), viceversa i tiranti passivi possono essere armati con trefoli o con tondini o, in alcuni casi, con profilati tubolari. La capacità di resistenza dei tiranti è legata all'attrito e all'aderenza fra superficie del tirante e terreno.

Calcolo della lunghezza di ancoraggio

La lunghezza di ancoraggio (fondazione) del tirante si calcola determinando la lunghezza massima atta a soddisfare le tre seguenti condizioni:

1. Lunghezza necessaria per garantire l'equilibrio fra tensione tangenziale che si sviluppa fra la superficie laterale del tirante ed il terreno e lo sforzo applicato al tirante;
2. Lunghezza necessaria a garantire l'aderenza malta-armatura;
3. Lunghezza necessaria a garantire la resistenza della malta.

Siano **N** lo sforzo nel tirante, δ l'angolo d'attrito tirante-terreno, $\mathbf{c_a}$ l'adesione tirante-terreno, γ il peso di volume del terreno, **D** ed $\mathbf{L_f}$ il diametro e la lunghezza di ancoraggio (o lunghezza efficace) del tirante ed **H** la profondità media al di sotto del piano campagna abbiamo la relazione

$$N = \pi D L_f \gamma H K_s \operatorname{tg} \delta + \pi D L_f c_a$$

da cui si ricava la lunghezza di ancoraggio L_f

$$L_f = \frac{N}{\pi D \gamma H K_s \operatorname{tg} \delta + \pi D c_a}$$

$\mathbf{K_s}$ rappresenta il coefficiente di spinta che si assume pari al coefficiente di spinta a riposo

$$K_s = K_0 = 1 - \sin \phi$$

Per quanto riguarda la seconda condizione, la lunghezza necessaria atta a garantire l'aderenza malta-armatura è data dalla relazione

$$L_f = \frac{N}{\pi d \tau_{c0} \omega}$$

dove **d** è la somma dei diametri dei trefoli disposti nel tirante, τ_{c0} è la resistenza tangenziale limite della malta ed ω è un coefficiente correttivo dipendente dal numero di trefoli (ω **= 1 - 0.075 [n trefoli - 1]**).
Per quanto riguarda la verifica della terza condizione si impone che la tensione tangenziale limite tirante-terreno non possa superare la tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo $\mathbf{f1_{bd}}$.
Alla lunghezza efficace determinata prendendo il massimo valore di $\mathbf{L_f}$ si deve aggiungere la lunghezza di franco **L** che rappresenta la lunghezza del tratto che compreso fra la paratia e la superficie di ancoraggio.
La lunghezza totale del tirante sarà quindi data da

$$L_t = L_f + L$$

Nel caso di tiranti attivi, cioè tiranti soggetti ad uno stato di pretensione, bisogna considerare le cadute di tensione. A tale scopo è stato introdotto il coefficiente di caduta di tensione, β, che rappresenta il rapporto fra lo sforzo $\mathbf{N_0}$ al momento del tiro e lo sforzo **N** in esercizio

$$\beta = N_0 / N$$

Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.
La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_f l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L, area A_f, inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s. La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.
I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k, è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo [F/L^3]. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se (m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale (b=100 cm) occorre ricavare l'area equivalente, A_m, della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con E_m il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in Kg/cm^2), l'equivalenza, in termini di rigidezza, si esprime come

$$A_m = 10000 \times \frac{k\,\Delta_m}{E_m}$$

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma ***PAC***). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max}; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max}. Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p0, fino a raggiungere il carico totale p. Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassemblaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).
Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la

pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).
Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tendendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidezza della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s=s_0+K(u-u_0)$$

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.
È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare. In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\Sigma_i \left(\frac{c_i b_i}{\cos\alpha_i} + [W_i \cos\alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg}\phi_i \right)}{\Sigma_i W_i \sin\alpha_i}$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i_{esima} rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i_{esima} e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.
Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i/\cos\alpha_i$).
Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava η. Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato e è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	6,00	[m]
Profondità di infissione	6,00	[m]
Altezza totale della paratia	12,00	[m]
Lunghezza paratia	10,00	[m]
Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	0,75	[m]
Diametro dei pali	75,00	[cm]
Numero totale di pali	13	
Numero di pali per metro lineare	1.30	

Geometria cordoli

Simbologia adottata

n° numero d'ordine del cordolo
Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo
B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio
A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm^3]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		[cm]	[cm]	[cmq]	[cm^3]
1	0,00	Calcestruzzo	76,00	70,00	–	–
2	1,00	Calcestruzzo	–	–	74,80	490,00
3	4,50	Calcestruzzo	–	–	74,80	490,00

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento
(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
2	0,40	0,40	45.00
3	22,00	0,40	0.00

Profilo di valle

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-20,00	-6,00	0.00
2	0,00	-6,00	45.00

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n° numero d'ordine
Descrizione Descrizione del terreno
γ peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s peso di volume saturo del terreno espresso [kN/mc]
ϕ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c coesione del terreno espressa in [MPa]

N°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [MPa]
1	Terreno di riporto	18,500	20,000	30.00	19.00	0,0000
2	Ghiaia sabbiosa 1	19,000	20,000	38.00	23.00	0,0000
3	Ghiaia sabbiosa 2	19,000	20,000	38.00	23.00	0,0000
4	Sabbia limosa	18,500	19,000	28.00	19.00	0,0000

Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix

Simbologia adottata
α_{min}, α_{med} coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato
fs_{min}, fs_{med} tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [MPa]

N°	Descrizione	α_{min}	fs_{min}	α_{med}	fs_{med}
1	Terreno di riporto	1.30	0,0500	1.30	0,0500
2	Ghiaia sabbiosa 1	1.30	0,2000	1.30	0,2250
3	Ghiaia sabbiosa 2	1.30	0,2000	1.30	0,2250
4	Sabbia limosa	1.15	0,0500	1.15	0,0500

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata
n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm^2/cm
α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)
Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp [m]	α_H [°]	α_V [°]	Kw_H kg/cmq/cm	Kw_V kg/cmq/cm	Terreno M	Terreno V
1	2,70	0.00	0.00	0.45	0.45	Terreno di riporto	Terreno di riporto
2	2,00	0.00	0.00	1.86	1.86	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1
3	2,00	0.00	0.00	2.88	2.88	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2
4	2,00	0.00	0.00	3.91	3.91	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1
5	1,50	0.00	0.00	4.80	4.80	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2
6	1,00	0.00	0.00	3.30	3.30	Sabbia limosa	Sabbia limosa
7	2,00	0.00	0.00	6.20	6.20	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1
8	2,00	0.00	0.00	7.22	7.22	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2
9	2,00	0.00	0.00	8.25	8.25	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1

Caratteristiche materiali utilizzati

Calcestruzzo		
Peso specifico	24,52	[kN/mc]
Classe di Resistenza	C25/30	
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	30,0	[MPa]
Tensione di progetto a compressione σ_c	9,7	[MPa]
Acciaio		
Tipo	Fe 360	
Tensione di snervamento f_{yk}	235,4	[MPa]
Caratteristiche acciaio cordoli in c.a.		
Tipo	B450C	
Tensione di snervamento f_{yk}	450,0	[MPa]
Caratteristiche acciaio cordoli in acciaio.		
Tipo	S 275	
Tensione di snervamento f_{yk}	275,0	[MPa]

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate
Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
F_x Forza orizzontale espressa in [kN], positiva da monte verso valle
F_y Forza verticale espressa in [kN], positiva verso il basso
M Momento espresso in [kNm], positivo ribaltante
Q_i, Q_f Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kN/mq]
V_i, V_s Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kN/mq], positivi da monte verso valle
R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kN]

Condizione n° 1					
Carico distribuito sul profilo	X_i = 0,00	X_f = 22,00	Q_i = 20,00	Q_f = 20,00	

Caratteristiche tiranti di ancoraggio

Tipologia tiranti n° 2 - Tipologia tirante 2

Calcolo tiranti: VERIFICA
Per il calcolo dei tiranti è stato utilizzato il metodo di BUSTAMANTE-DOIX
Tiranti passivi armati con tondini
Malta utilizzata per i tiranti
Classe di Resistenza Rck 250
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck} 24,5 [MPa]
Acciaio utilizzato per i tiranti
Tipo S 450
Tensione di snervamento f_{yk} 440,0 [MPa]

Descrizione tiranti di ancoraggio (Armatura tubolare)

Simbologia adottata - Caratteristiche geometriche
N numero d'ordine della fila
Y ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
I interasse tra le file di tiranti espressa in [m]
alfa inclinazione dei tiranti della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
D diametro della perforazione espresso in [cm]
Cesp coeff. di espansione laterale
ALL allineamento dei tiranti della fila (CENTRATI o SFALSATI)
nr numero di tiranti della fila
Lt lunghezza totale del tirante espresso in [m]
Lf lunghezza di fondazione del tirante espresso in [m]

Simbologia adottata - Caratteristiche armatura e di interazione con il terreno
N numero d'ordine della fila
nf numero tondini
df diametro dei tondini espresso in [mm]

Caratteristiche geometriche

N	Y	I	Alfa	D	Cesp	ALL	nr	Lt	Lf
	[m]	[m]		[cm]				[m]	[m]
1	1,00	1,50	15.00	12,00	1.00	Centrati	7	10,00	6,61

Caratteristiche armatura e di interazione con il terreno

N	nf	df
		[mm]
1	1	30,00

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 [A1-M1]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.30	
Condizione 1 (Variabili)	1.50	1.00

Combinazione n° 2 [A2-M2]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.30	1.00

Combinazione n° 3 [SLER]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.00	1.00

Combinazione n° 4 [SLEF]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.00	0.50

Combinazione n° 5 [SLEQ]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Variabili)	1.00	0.20

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo :
Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

			Statici		Sismici	
Carichi	Effetto		A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{Gfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

		Statici		Sismici	
Parametri		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.60

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00	1.00	1.00

TIRANTI DI ANCORAGGIO

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti

Resistenza		**Tiranti**
Laterale	γ_{st}	1,20

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti.

Numero di verticali indagate	1	ξ_3=1,80	ξ_4=1,80

Verifica materiali : Stato Limite Ultimo

Impostazioni verifiche SLE

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio - Metodo dell'inclinazione variabile del traliccio

$V_{Rd}=[0.18*k*(100.0*\rho_l*fck)^{1/3}/\gamma_c+0.15*\sigma_{cp}]*bw*d>(vmin+0.15*\sigma_{cp})*b_w*d$
$V_{Rsd}=0.9*d*A_{sw}/s*fyd*(ctg\alpha+ctg\theta)*sin\alpha$
$V_{Rcd}=0.9*d*b_w*\alpha_c*fcd'*(ctg(\theta)+ctg(\alpha)/(1.0+ctg\theta^2)$
con:

d	altezza utile sezione [mm]
b_w	larghezza minima sezione [mm]
σ_{cp}	tensione media di compressione [N/mmq]
ρ_l	rapporto geometrico di armatura
A_{sw}	area armatuta trasversale [mmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α_c	coefficiente maggiorativo, funzione di fcd e σ_{cp}

$fcd'=0.5*fcd$
$k=1+(200/d)^{1/2}$
$vmin=0.035*k^{3/2}*fck^{1/2}$

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali	Molto aggressive
Armatura ad aderenza migliorata	
Sensibilità delle armature	Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure	w_1 = 0.20
	w_2 = 0.30
	w_3 = 0.40
Metodo di calcolo aperture delle fessure	NTC 2008 - I° Formulazione
Verifica delle tensioni	
Combinazione di carico	Rara $\sigma_c < 0.60\ f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.70\ f_{yk}$
	Quasi permanente $\sigma_c < 0.45\ f_{ck}$

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva Ka e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Non sono state analizzate Combinazioni/Fasi sismiche.

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico
La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.
Essa è discretizzata in 120 elementi fuori terra e 120 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.
Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	6,00	[m]
Profondità di infissione	6,00	[m]
Altezza totale della paratia	12,00	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Pa Spinta attiva, espressa in [kN]
Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]
Pw Spinta della falda, espressa in [kN]
Pp Resistenza passiva, espressa in [kN]
Pc Controspinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	Pa [kN]	Y_{Pa} [m]	Is [kN]	Y_{Is} [m]	Pw [kN]	Y_{Pw} [m]	Pp [kN]	Y_{Pp} [m]	Pc [kN]	Y_{Pc} [m]
1	[A1-M1]	157,59	3,54	--	--	--	--	-96,42	7,80	24,33	11,48
2	[A2-M2]	167,35	3,65	--	--	--	--	-100,99	8,24	27,29	11,53
3	[SLER]	116,60	3,57	--	--	--	--	-71,89	7,79	17,98	11,48
4	[SLEF]	101,51	3,67	--	--	--	--	-64,32	7,75	15,56	11,48
5	[SLEQ]	92,56	3,75	--	--	--	--	-59,83	7,73	14,12	11,48

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kN]
Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kN]
Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kN]
Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kN]

n°	Tipo	Rc	Y_{Rc}	Rt	Y_{Rt}	Rv	Y_{Rv}	Rp	Y_{Rp}
1	[A1-M1]	0,00	0,00	85,50	1,00	--	--	--	--
2	[A2-M2]	0,00	0,00	93,65	1,00	--	--	--	--
3	[SLER]	0,00	0,00	62,68	1,00	--	--	--	--
4	[SLEF]	0,00	0,00	52,75	1,00	--	--	--	--
5	[SLEQ]	0,00	0,00	46,85	1,00	--	--	--	--

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pp Portanza di punta, espressa in [kN]

n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pp
1	[A1-M1]	6,38	6,95	10,18	15.70	4.93	3340,84

n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pp
2	[A2-M2]	6,68	7,65	10,39	27.27	9.27	1517,15
3	[SLER]	6,37	6,90	10,18	14.88	4.77	3340,84
4	[SLEF]	6,34	6,85	10,18	14.05	4.22	3340,84
5	[SLEQ]	6,33	6,75	10,18	13.22	3.92	3340,84

Risultati tiranti

Caratteristiche dei tiranti utilizzati

Simbologia adottata

Y ordinata della fila rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
nt numero di tiranti della fila
N sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kN]
L lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]
L_f lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]
Ld lunghezza totale definita del tirante espressa in [m]
Ld_f lunghezza di fondazione definita del tirante espressa in [m]
FS Fattore di sicurezza. Rapporto tra lunghezza di fondazione definita e lunghezza di fondazione di progetto.
A_f area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]
Rt/ml reazione a metro lineare del tirante della fila espresso in [kN]
σ_f tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [MPa]
u spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]
R1, R2, R3 resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-armatura, resistenza malta) espressa in [kN]

Caratteristiche armatura file tiranti

1 file di tiranti passivi armati con tondini

n°	Tipologia	Y	nt	A_f	L	L_f	Ld	Ld_f	FS
		[m]		[cmq]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	Tipologia tirante 2	1,00	7	7,07	8,50	5,10	10,00	6,61	1.30

Combinazione n° 1

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tipologia tirante 2	126,45	88,5121	178,884	0,30666	19897	100384	401538

Combinazione n° 2

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tipologia tirante 2	138,50	96,9508	195,939	0,33575	23877	100384	401538

Combinazione n° 3

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tipologia tirante 2	92,71	64,8954	131,154	0,22523	0	100384	401538

Combinazione n° 4

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tipologia tirante 2	78,02	54,6124	110,372	0,18978	0	100384	401538

Combinazione n° 5

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tipologia tirante 2	69,29	48,5062	98,032	0,16873	0	100384	401538

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]
N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)
T taglio massimo e minimo espresso in [kN]

n°	Tipo	M	Y_M	T	Y_T	N	Y_N	
		[kNm]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	
1	[A1-M1]	60,40	8,40	72,09	6,35	191,88	12,00	MAX
--	--	-102,17	3,95	-70,77	1,00	0,00	0,00	MIN
2	[A2-M2]	61,11	8,75	73,71	6,65	194,06	12,00	MAX
--	--	-124,77	4,20	-78,62	1,00	0,00	0,00	MIN
3	[SLER]	44,67	8,40	53,91	6,35	185,76	12,00	MAX
--	--	-76,23	3,95	-52,27	1,00	0,00	0,00	MIN
4	[SLEF]	38,66	8,40	48,76	6,30	183,10	12,00	MAX
--	--	-68,82	4,00	-45,29	1,00	0,00	0,00	MIN
5	[SLEQ]	35,05	8,40	45,71	6,30	181,52	12,00	MAX
--	--	-64,54	4,00	-41,17	1,00	0,00	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y_U	V	Y_V	
		[cm]	[m]	[cm]	[m]	
1	[A1-M1]	0,3078	1,75	0,0070	0,00	MAX
--	--	-0,0508	12,00	0,0000	0,00	MIN
2	[A2-M2]	0,3485	2,60	0,0071	0,00	MAX
--	--	-0,0625	12,00	0,0000	0,00	MIN
3	[SLER]	0,2264	1,85	0,0066	0,00	MAX
--	--	-0,0375	12,00	0,0000	0,00	MIN
4	[SLEF]	0,1924	2,10	0,0065	0,00	MAX
--	--	-0,0324	12,00	0,0000	0,00	MIN
5	[SLEQ]	0,1726	2,30	0,0064	0,00	MAX
--	--	-0,0295	12,00	0,0000	0,00	MIN

Stabilità globale

Metodo di Fellenius
Numero di cerchi analizzati 100

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
(X_C; Y_C) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X_V; Y_V) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X_M; Y_M) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS Coefficiente di sicurezza

n°	Tipo	(X_C, Y_C)	R	(X_V, Y_V)	(X_M, Y_M)	FS
		[m]	[m]	[m]	[m]	
2	[A2-M2]	(-2,40; 0,00)	12,24	(-13,07; -5,99)	(9,83; -0,49)	1.94

Combinazione n° 2

Numero di strisce 51

Simbologia adottata
Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
Le strisce sono numerate da monte verso valle

N°	numero d'ordine della striscia
W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
L	sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]
Ctn, Ctt	contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kN]

Caratteristiche delle strisce

N°	W	α(°)	Wsinα	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kN]					[MPa]	[MPa]	[kN]
1	3,0680	-58.68	-2,6208	0,87	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
2	8,9779	-54.81	-7,3374	0,78	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
3	14,1249	-51.29	-11,0226	0,72	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
4	18,6800	-48.03	-13,8881	0,67	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
5	22,7537	-44.96	-16,0777	0,64	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
6	26,4224	-42.05	-17,6957	0,61	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
7	29,7412	-39.26	-18,8221	0,58	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
8	32,7520	-36.58	-19,5204	0,56	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
9	35,4834	-34.00	-19,8406	0,54	27.52	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
10	37,9185	-31.49	-19,8048	0,53	23.04	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
11	40,1134	-29.04	-19,4730	0,52	23.04	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
12	42,1006	-26.65	-18,8864	0,50	23.04	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
13	43,8948	-24.32	-18,0739	0,49	27.52	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
14	45,5349	-22.02	-17,0715	0,49	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
15	47,0090	-19.76	-15,8921	0,48	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
16	48,3123	-17.53	-14,5527	0,47	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
17	49,4513	-15.33	-13,0738	0,47	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
18	50,4315	-13.15	-11,4749	0,46	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
19	51,2576	-10.99	-9,7744	0,46	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
20	51,9332	-8.85	-7,9899	0,46	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
21	52,4612	-6.72	-6,1383	0,45	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
22	52,8439	-4.60	-4,2362	0,45	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
23	53,0828	-2.48	-2,2997	0,45	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
24	53,1791	-0.37	-0,3446	0,45	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
25	53,1329	1.74	1,6132	0,45	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
26	52,9443	3.85	3,5580	0,45	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
27	52,6123	5.97	5,4740	0,45	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
28	52,1356	8.10	7,3452	0,46	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
29	51,5123	10.24	9,1553	0,46	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
30	114,0478	12.38	24,4524	0,46	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
31	114,6202	14.53	28,7600	0,46	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
32	113,5600	16.70	32,6401	0,47	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
33	112,3420	18.90	36,3917	0,47	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
34	110,9603	21.13	39,9955	0,48	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
35	109,4104	23.39	43,4317	0,49	27.52	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
36	107,7150	25.69	46,6917	0,50	23.04	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
37	105,8443	28.03	49,7457	0,51	23.04	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
38	103,7771	30.43	52,5637	0,52	23.04	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
39	101,4972	32.89	55,1153	0,53	23.04	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
40	98,9415	35.42	57,3409	0,55	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
41	96,1107	38.03	59,2106	0,57	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
42	92,9953	40.74	60,6881	0,59	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
43	89,5597	43.56	61,7179	0,62	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
44	85,7575	46.52	62,2313	0,65	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
45	81,5259	49.66	62,1404	0,69	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)

N°	W [kN]	α(°)	Wsinα	L	φ	c [MPa]	u [MPa]	(Ctn; Ctt) [kN]
46	76,7767	53.01	61,3280	0,74	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
47	71,3786	56.66	59,6283	0,81	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
48	65,1200	60.70	56,7865	0,91	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
49	57,6134	65.34	52,3588	1,07	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
50	47,9562	71.07	45,3630	1,38	32.01	0,0000	0,0000	(5,17; 0,36)
51	30,6644	80.99	30,2861	2,85	24.79	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)

Resistenza a taglio paratia= 0,0000 [kN]
ΣW_i= 3162,0393 [kN]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$= 800,1019 [kN]
$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i$= 1551,3844 [kN]
$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i$= 0,0000 [kN]

Descrizione armatura pali e caratteristiche sezione

Diametro del palo	75,00	[cm]
Area della sezione trasversale	4417,86	[cmq]
Copriferro	3,00	[cm]

L'armatura del palo è costituita da 18φ20(A_f=56,55 cmq) longitudinali e staffe φ10/16,0 cm.

Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kNm]
N	sforzo normale espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
Nu	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T	taglio espresso in [kN]
V_{Rd}	taglio resistente espresso in [kN]
FS_T	fattore di sicurezza a taglio

N°	Tipo	Y [m]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	[A1-M1]	3,85	-78,45	59,32	-410,26	310,24	5.23
2	[A2-M2]	4,10	-95,88	63,71	-400,78	266,31	4.18

N°	Tipo	Y [m]	T [kNm]	Tr [kN]	FS_T
1	[A1-M1]	6,35	55,45	220,68	3.98
2	[A2-M2]	1,00	-60,47	220,68	3.65

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ_c	tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
σ_f	tensione nell'armatura longitudinale del palo, espressa in [MPa]

N°	Tipo	σ_c [MPa]	Y(σ_c) [m]	σ_f [MPa]	Y(σ_f) [m]	A_f [cmq]
3	[SLER]	1,822	4,00	42,203	3,85	56,55
4	[SLEF]	1,645	4,00	37,454	3,85	56,55
5	[SLEQ]	1,543	4,00	34,716	3,85	56,55

Verifica armatura paratia (Inviluppo)

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kNm]
N	sforzo normale espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
Nu	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T	taglio espresso in [kN]
V_{Rd}	taglio resistente espresso in [kN]
FS_T	fattore di sicurezza a taglio

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdc}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
1	[A1-M1]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.00	0,00	220,68	1000.00
1	[A1-M1]	0,05	0,01	0,54	139,06	5999,45	1000.00	0,50	220,68	439.51
1	[A1-M1]	0,10	0,05	1,08	270,94	5862,13	1000.00	1,00	220,68	221.07
1	[A1-M1]	0,15	0,11	1,62	395,39	5723,99	1000.00	1,49	220,68	148.27
1	[A1-M1]	0,20	0,20	2,17	481,85	5251,90	1000.00	1,97	220,68	111.87
1	[A1-M1]	0,25	0,31	2,71	551,17	4821,25	1000.00	2,46	220,68	89.71
1	[A1-M1]	0,30	0,45	3,25	606,73	4430,03	1000.00	2,96	220,68	74.54
1	[A1-M1]	0,35	0,61	3,79	650,38	4070,13	1000.00	3,49	220,68	63.18
1	[A1-M1]	0,40	0,79	4,33	679,02	3712,41	856.87	4,04	220,68	54.65
1	[A1-M1]	0,45	1,01	4,87	695,99	3373,06	692.04	4,60	220,68	48.02
1	[A1-M1]	0,50	1,25	5,42	702,43	3052,52	563.65	5,17	220,68	42.72
2	[A2-M2]	0,55	1,52	5,96	702,10	2754,93	462.45	5,75	220,68	38.39
2	[A2-M2]	0,60	1,82	6,50	697,70	2490,58	383.24	6,34	220,68	34.78
2	[A2-M2]	0,65	2,15	7,04	683,41	2234,82	317.43	6,95	220,68	31.74
2	[A2-M2]	0,70	2,52	7,58	669,07	2016,15	265.92	7,57	220,68	29.14
2	[A2-M2]	0,75	2,91	8,12	651,55	1818,47	223.85	8,21	220,68	26.89
2	[A2-M2]	0,80	3,34	8,67	636,96	1653,94	190.87	8,85	220,68	24.93
2	[A2-M2]	0,85	3,80	9,21	618,56	1500,16	162.94	9,51	220,68	23.20
2	[A2-M2]	0,90	4,29	9,75	602,47	1369,48	140.49	10,18	220,68	21.67
2	[A2-M2]	0,95	4,81	10,29	588,79	1258,32	122.29	10,87	220,68	20.31
2	[A2-M2]	1,00	5,38	10,83	573,52	1155,62	106.69	-60,47	220,68	3.65
2	[A2-M2]	1,05	2,37	30,67	428,44	5546,71	180.82	-59,77	220,68	3.69
2	[A2-M2]	1,10	-0,60	31,22	-115,93	6023,52	192.96	-59,04	220,68	3.74
2	[A2-M2]	1,15	-3,53	31,76	-542,90	4877,81	153.59	-58,31	220,68	3.78
2	[A2-M2]	1,20	-6,43	32,30	-691,30	3471,77	107.49	-57,56	220,68	3.83
2	[A2-M2]	1,25	-9,29	32,84	-697,27	2464,74	75.05	-56,80	220,68	3.88
2	[A2-M2]	1,30	-12,11	33,38	-648,89	1788,51	53.58	-56,03	220,68	3.94
2	[A2-M2]	1,35	-14,89	33,92	-602,95	1373,39	40.48	-55,25	220,68	3.99
2	[A2-M2]	1,40	-17,64	34,47	-565,49	1105,13	32.06	-54,45	220,68	4.05
2	[A2-M2]	1,45	-20,34	35,01	-536,66	923,72	26.39	-53,64	220,68	4.11
2	[A2-M2]	1,50	-23,00	35,55	-515,06	796,08	22.39	-52,82	220,68	4.18
2	[A2-M2]	1,55	-25,62	36,09	-493,21	694,77	19.25	-51,99	220,68	4.24
2	[A2-M2]	1,60	-28,20	36,63	-477,01	619,67	16.92	-51,14	220,68	4.32
2	[A2-M2]	1,65	-30,73	37,17	-464,54	561,88	15.11	-50,28	220,68	4.39
2	[A2-M2]	1,70	-33,23	37,72	-454,67	516,09	13.68	-49,41	220,68	4.47
2	[A2-M2]	1,75	-35,67	38,26	-446,66	479,00	12.52	-48,52	220,68	4.55
2	[A2-M2]	1,80	-38,08	38,80	-440,06	448,38	11.56	-47,63	220,68	4.63
2	[A2-M2]	1,85	-40,44	39,34	-434,53	422,74	10.75	-46,72	220,68	4.72
2	[A2-M2]	1,90	-42,75	39,88	-429,84	401,00	10.05	-45,80	220,68	4.82
2	[A2-M2]	1,95	-45,02	40,42	-425,82	382,38	9.46	-44,86	220,68	4.92
2	[A2-M2]	2,00	-47,24	40,96	-422,35	366,28	8.94	-43,91	220,68	5.03
2	[A2-M2]	2,05	-49,41	41,51	-419,33	352,27	8.49	-42,95	220,68	5.14
2	[A2-M2]	2,10	-51,53	42,05	-416,68	340,00	8.09	-41,98	220,68	5.26
2	[A2-M2]	2,15	-53,60	42,59	-414,35	329,20	7.73	-41,00	220,68	5.38
2	[A2-M2]	2,20	-55,63	43,13	-412,29	319,66	7.41	-40,00	220,68	5.52
2	[A2-M2]	2,25	-57,60	43,67	-410,47	311,19	7.13	-38,99	220,68	5.66
2	[A2-M2]	2,30	-59,53	44,21	-408,84	303,66	6.87	-37,97	220,68	5.81
2	[A2-M2]	2,35	-61,40	44,76	-407,39	296,95	6.64	-36,93	220,68	5.98
2	[A2-M2]	2,40	-63,22	45,30	-406,10	290,97	6.42	-35,88	220,68	6.15
2	[A2-M2]	2,45	-64,99	45,84	-404,95	285,62	6.23	-34,82	220,68	6.34
2	[A2-M2]	2,50	-66,70	46,38	-403,92	280,86	6.06	-33,75	220,68	6.54
2	[A2-M2]	2,55	-68,36	46,92	-403,01	276,60	5.89	-32,67	220,68	6.76
2	[A2-M2]	2,60	-69,97	47,46	-402,19	272,82	5.75	-31,57	220,68	6.99
2	[A2-M2]	2,65	-71,52	48,01	-401,47	269,47	5.61	-30,46	220,68	7.24
2	[A2-M2]	2,70	-73,02	48,55	-400,83	266,50	5.49	-29,34	220,68	7.52
2	[A2-M2]	2,75	-74,46	49,09	-400,26	263,86	5.38	-28,51	220,68	7.74
2	[A2-M2]	2,80	-75,87	49,63	-399,75	261,50	5.27	-27,65	220,68	7.98
2	[A2-M2]	2,85	-77,23	50,17	-399,30	259,41	5.17	-26,78	220,68	8.24
2	[A2-M2]	2,90	-78,54	50,71	-398,90	257,55	5.08	-25,91	220,68	8.52

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rd}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
2	[A2-M2]	2,95	-79,82	51,25	-398,54	255,92	4.99	-25,02	220,68	8.82
2	[A2-M2]	3,00	-81,05	51,80	-398,24	254,51	4.91	-24,12	220,68	9.15
2	[A2-M2]	3,05	-82,23	52,34	-397,98	253,31	4.84	-23,22	220,68	9.50
2	[A2-M2]	3,10	-83,37	52,88	-397,76	252,29	4.77	-22,31	220,68	9.89
2	[A2-M2]	3,15	-84,46	53,42	-397,58	251,47	4.71	-21,38	220,68	10.32
2	[A2-M2]	3,20	-85,51	53,96	-397,44	250,82	4.65	-20,45	220,68	10.79
2	[A2-M2]	3,25	-86,51	54,50	-397,34	250,35	4.59	-19,51	220,68	11.31
2	[A2-M2]	3,30	-87,46	55,05	-397,28	250,04	4.54	-18,56	220,68	11.89
2	[A2-M2]	3,35	-88,36	55,59	-397,25	249,90	4.50	-17,61	220,68	12.53
2	[A2-M2]	3,40	-89,22	56,13	-397,25	249,92	4.45	-16,64	220,68	13.26
2	[A2-M2]	3,45	-90,03	56,67	-397,29	250,09	4.41	-15,66	220,68	14.09
2	[A2-M2]	3,50	-90,78	57,21	-397,36	250,41	4.38	-14,67	220,68	15.04
2	[A2-M2]	3,55	-91,49	57,75	-397,46	250,89	4.34	-13,68	220,68	16.13
2	[A2-M2]	3,60	-92,15	58,29	-397,59	251,52	4.31	-12,67	220,68	17.41
2	[A2-M2]	3,65	-92,76	58,84	-397,76	252,30	4.29	-11,66	220,68	18.93
2	[A2-M2]	3,70	-93,32	59,38	-397,96	253,23	4.26	-10,63	220,68	20.75
2	[A2-M2]	3,75	-93,82	59,92	-398,20	254,31	4.24	-9,60	220,68	22.99
2	[A2-M2]	3,80	-94,28	60,46	-398,46	255,54	4.23	-8,56	220,68	25.79
2	[A2-M2]	3,85	-94,68	61,00	-398,76	256,93	4.21	-7,50	220,68	29.41
2	[A2-M2]	3,90	-95,03	61,54	-399,09	258,47	4.20	-6,44	220,68	34.27
2	[A2-M2]	3,95	-95,32	62,09	-399,46	260,18	4.19	-5,37	220,68	41.11
2	[A2-M2]	4,00	-95,56	62,63	-399,87	262,05	4.18	-4,29	220,68	51.49
2	[A2-M2]	4,05	-95,75	63,17	-400,31	264,09	4.18	-3,19	220,68	69.08
2	[A2-M2]	4,10	-95,88	63,71	-400,78	266,31	4.18	2,74	220,68	80.43
2	[A2-M2]	4,15	-95,96	64,25	-401,30	268,70	4.18	3,82	220,68	57.83
2	[A2-M2]	4,20	-95,98	64,79	-401,86	271,28	4.19	4,90	220,68	45.07
2	[A2-M2]	4,25	-95,95	65,34	-402,46	274,06	4.19	5,99	220,68	36.86
2	[A2-M2]	4,30	-95,85	65,88	-403,10	277,03	4.21	7,09	220,68	31.14
2	[A2-M2]	4,35	-95,70	66,42	-403,79	280,22	4.22	8,20	220,68	26.92
2	[A2-M2]	4,40	-95,50	66,96	-404,52	283,64	4.24	9,32	220,68	23.69
2	[A2-M2]	4,45	-95,23	67,50	-405,31	287,28	4.26	10,44	220,68	21.13
2	[A2-M2]	4,50	-94,91	68,04	-406,15	291,18	4.28	11,58	220,68	19.05
2	[A2-M2]	4,55	-94,53	68,58	-407,05	295,33	4.31	12,73	220,68	17.34
2	[A2-M2]	4,60	-94,08	69,13	-408,00	299,77	4.34	13,89	220,68	15.89
2	[A2-M2]	4,65	-93,58	69,67	-409,02	304,50	4.37	15,05	220,68	14.66
2	[A2-M2]	4,70	-93,02	70,21	-410,11	309,54	4.41	16,22	220,68	13.60
2	[A2-M2]	4,75	-92,40	70,75	-411,27	314,92	4.45	17,41	220,68	12.67
2	[A2-M2]	4,80	-91,71	71,29	-412,51	320,67	4.50	18,61	220,68	11.86
2	[A2-M2]	4,85	-90,96	71,83	-413,83	326,80	4.55	19,81	220,68	11.14
2	[A2-M2]	4,90	-90,15	72,38	-415,25	333,36	4.61	21,03	220,68	10.49
2	[A2-M2]	4,95	-89,28	72,92	-416,76	340,37	4.67	22,25	220,68	9.92
2	[A2-M2]	5,00	-88,35	73,46	-418,38	347,88	4.74	23,48	220,68	9.40
2	[A2-M2]	5,05	-87,35	74,00	-420,12	355,92	4.81	24,73	220,68	8.93
2	[A2-M2]	5,10	-86,28	74,54	-421,98	364,56	4.89	25,98	220,68	8.50
2	[A2-M2]	5,15	-85,15	75,08	-423,98	373,84	4.98	27,24	220,68	8.10
2	[A2-M2]	5,20	-83,96	75,62	-426,14	383,84	5.08	28,51	220,68	7.74
2	[A2-M2]	5,25	-82,70	76,17	-428,46	394,62	5.18	29,79	220,68	7.41
2	[A2-M2]	5,30	-81,37	76,71	-430,98	406,28	5.30	31,08	220,68	7.10
2	[A2-M2]	5,35	-79,98	77,25	-433,70	418,90	5.42	32,38	220,68	6.82
2	[A2-M2]	5,40	-78,52	77,79	-436,66	432,62	5.56	33,69	220,68	6.55
2	[A2-M2]	5,45	-76,99	78,33	-439,88	447,55	5.71	35,00	220,68	6.30
2	[A2-M2]	5,50	-75,39	78,87	-443,40	463,87	5.88	36,33	220,68	6.07
2	[A2-M2]	5,55	-73,73	79,42	-447,26	481,76	6.07	37,67	220,68	5.86
2	[A2-M2]	5,60	-71,99	79,96	-451,50	501,44	6.27	39,01	220,68	5.66
2	[A2-M2]	5,65	-70,19	80,50	-456,20	523,19	6.50	40,37	220,68	5.47
2	[A2-M2]	5,70	-68,32	81,04	-461,40	547,34	6.75	41,74	220,68	5.29
2	[A2-M2]	5,75	-66,37	81,58	-467,22	574,28	7.04	43,11	220,68	5.12
2	[A2-M2]	5,80	-64,36	82,12	-473,74	604,52	7.36	44,49	220,68	4.96
2	[A2-M2]	5,85	-62,27	82,67	-481,11	638,68	7.73	45,89	220,68	4.81
2	[A2-M2]	5,90	-60,11	83,21	-489,50	677,57	8.14	47,29	220,68	4.67
2	[A2-M2]	5,95	-57,88	83,75	-499,12	722,20	8.62	48,70	220,68	4.53
2	[A2-M2]	6,00	-55,58	84,29	-510,28	773,93	9.18	50,13	220,68	4.40
2	[A2-M2]	6,05	-53,20	84,83	-522,19	832,69	9.82	51,46	220,68	4.29
2	[A2-M2]	6,10	-50,75	85,37	-532,10	895,03	10.48	52,60	220,68	4.20
2	[A2-M2]	6,15	-48,25	85,91	-543,73	968,22	11.27	53,55	220,68	4.12
2	[A2-M2]	6,20	-45,68	86,46	-557,55	1055,14	12.20	54,31	220,68	4.06
2	[A2-M2]	6,25	-43,07	87,00	-574,19	1159,84	13.33	54,88	220,68	4.02
2	[A2-M2]	6,30	-40,41	87,54	-591,68	1281,82	14.64	55,26	220,68	3.99
2	[A2-M2]	6,35	-37,71	88,08	-609,02	1422,69	16.15	55,45	220,68	3.98
2	[A2-M2]	6,40	-34,97	88,62	-630,64	1598,27	18.03	55,36	220,68	3.99
2	[A2-M2]	6,45	-32,20	89,16	-649,86	1799,42	20.18	55,61	220,68	3.97
2	[A2-M2]	6,50	-29,41	89,71	-672,00	2049,68	22.85	56,04	220,68	3.94
2	[A2-M2]	6,55	-26,60	90,25	-689,94	2340,75	25.94	56,36	220,68	3.92
2	[A2-M2]	6,60	-23,78	90,79	-700,78	2675,81	29.47	56,58	220,68	3.90
2	[A2-M2]	6,65	-20,95	91,33	-702,34	3062,52	33.53	56,70	220,68	3.89
2	[A2-M2]	6,70	-18,11	91,87	-689,95	3500,05	38.10	56,63	220,68	3.90

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
2	[A2-M2]	6,75	-15,28	92,41	-657,73	3978,32	43.05	56,44	220,68	3.91
2	[A2-M2]	6,80	-12,46	92,95	-600,44	4480,55	48.20	56,14	220,68	3.93
1	[A1-M1]	6,85	14,77	91,82	651,82	4052,24	44.13	55,75	220,68	3.96
1	[A1-M1]	6,90	17,07	92,36	681,12	3686,03	39.91	55,25	220,68	3.99
1	[A1-M1]	6,95	19,26	92,90	696,63	3359,53	36.16	54,64	220,68	4.04
1	[A1-M1]	7,00	21,36	93,44	702,26	3072,30	32.88	53,92	220,68	4.09
1	[A1-M1]	7,05	23,35	93,98	703,36	2830,59	30.12	53,09	220,68	4.16
1	[A1-M1]	7,10	25,25	94,52	699,85	2619,95	27.72	52,15	220,68	4.23
1	[A1-M1]	7,15	27,05	95,07	696,55	2448,02	25.75	51,10	220,68	4.32
1	[A1-M1]	7,20	28,76	95,61	686,31	2281,86	23.87	49,95	220,68	4.42
1	[A1-M1]	7,25	30,37	96,15	677,96	2146,42	22.32	48,68	220,68	4.53
1	[A1-M1]	7,30	31,89	96,69	670,56	2032,96	21.03	47,30	220,68	4.67
1	[A1-M1]	7,35	33,33	97,23	661,39	1929,58	19.85	45,82	220,68	4.82
1	[A1-M1]	7,40	34,68	97,77	653,74	1843,28	18.85	44,23	220,68	4.99
1	[A1-M1]	7,45	35,94	98,32	647,31	1770,66	18.01	42,52	220,68	5.19
1	[A1-M1]	7,50	37,12	98,86	641,86	1709,21	17.29	40,71	220,68	5.42
1	[A1-M1]	7,55	38,23	99,40	637,23	1657,00	16.67	38,79	220,68	5.69
1	[A1-M1]	7,60	39,25	99,94	631,99	1609,24	16.10	36,75	220,68	6.00
1	[A1-M1]	7,65	40,20	100,48	626,76	1566,78	15.59	34,68	220,68	6.36
1	[A1-M1]	7,70	41,07	101,02	622,35	1530,91	15.15	32,64	220,68	6.76
1	[A1-M1]	7,75	41,87	101,56	618,63	1500,72	14.78	30,66	220,68	7.20
1	[A1-M1]	7,80	42,60	102,11	615,52	1475,47	14.45	28,72	220,68	7.68
1	[A1-M1]	7,85	43,25	102,65	612,95	1454,58	14.17	26,83	220,68	8.23
1	[A1-M1]	7,90	43,85	103,19	610,86	1437,58	13.93	24,98	220,68	8.83
1	[A1-M1]	7,95	44,37	103,73	609,20	1424,10	13.73	23,17	220,68	9.52
1	[A1-M1]	8,00	44,84	104,27	607,93	1413,80	13.56	21,42	220,68	10.30
1	[A1-M1]	8,05	45,24	104,81	607,02	1406,44	13.42	19,70	220,68	11.20
1	[A1-M1]	8,10	45,58	105,36	606,45	1401,81	13.31	18,03	220,68	12.24
1	[A1-M1]	8,15	45,86	105,90	606,20	1399,75	13.22	16,41	220,68	13.45
1	[A1-M1]	8,20	46,09	106,44	606,24	1400,10	13.15	14,82	220,68	14.89
1	[A1-M1]	8,25	46,26	106,98	606,57	1402,78	13.11	13,29	220,68	16.61
1	[A1-M1]	8,30	46,38	107,52	607,18	1407,70	13.09	11,79	220,68	18.72
1	[A1-M1]	8,35	46,44	108,06	608,05	1414,79	13.09	10,34	220,68	21.35
1	[A1-M1]	8,40	46,46	108,60	609,19	1424,03	13.11	8,92	220,68	24.73
1	[A1-M1]	8,45	46,43	109,15	610,59	1435,40	13.15	7,56	220,68	29.21
1	[A1-M1]	8,50	46,35	109,69	612,25	1448,88	13.21	6,23	220,68	35.44
1	[A1-M1]	8,55	46,23	110,23	614,17	1464,49	13.29	4,94	220,68	44.66
2	[A2-M2]	8,60	46,64	112,45	617,03	1487,76	13.23	-4,17	220,68	52.98
2	[A2-M2]	8,65	46,82	112,99	617,26	1489,56	13.18	-4,97	220,68	44.40
2	[A2-M2]	8,70	46,95	113,53	617,81	1494,07	13.16	-5,83	220,68	37.83
2	[A2-M2]	8,75	47,01	114,08	618,73	1501,52	13.16	-6,75	220,68	32.70
2	[A2-M2]	8,80	47,00	114,62	620,04	1512,15	13.19	-7,62	220,68	28.94
2	[A2-M2]	8,85	46,92	115,16	621,73	1525,93	13.25	-8,47	220,68	26.07
2	[A2-M2]	8,90	46,78	115,70	623,82	1542,88	13.34	-9,27	220,68	23.81
2	[A2-M2]	8,95	46,58	116,24	626,30	1563,03	13.45	-10,04	220,68	21.98
2	[A2-M2]	9,00	46,32	116,78	629,19	1586,49	13.58	-10,77	220,68	20.49
2	[A2-M2]	9,05	46,00	117,33	632,50	1613,35	13.75	-11,47	220,68	19.24
2	[A2-M2]	9,10	45,62	117,87	636,01	1643,16	13.94	-12,13	220,68	18.19
2	[A2-M2]	9,15	45,19	118,41	638,68	1673,31	14.13	-12,76	220,68	17.29
2	[A2-M2]	9,20	44,72	118,95	641,65	1706,80	14.35	-13,36	220,68	16.52
2	[A2-M2]	9,25	44,19	119,49	644,93	1743,84	14.59	-13,92	220,68	15.85
2	[A2-M2]	9,30	43,62	120,03	648,55	1784,64	14.87	-14,45	220,68	15.27
2	[A2-M2]	9,35	43,01	120,57	652,52	1829,47	15.17	-14,95	220,68	14.76
2	[A2-M2]	9,40	42,35	121,12	656,88	1878,64	15.51	-15,41	220,68	14.32
2	[A2-M2]	9,45	41,65	121,66	661,65	1932,51	15.88	-15,84	220,68	13.93
2	[A2-M2]	9,50	40,92	122,20	666,88	1991,49	16.30	-16,24	220,68	13.59
2	[A2-M2]	9,55	40,15	122,74	672,34	2055,26	16.74	-16,61	220,68	13.28
2	[A2-M2]	9,60	39,35	123,28	676,24	2118,57	17.18	-16,95	220,68	13.02
2	[A2-M2]	9,65	38,52	123,82	680,49	2187,47	17.67	-17,26	220,68	12.79
2	[A2-M2]	9,70	37,66	124,37	685,12	2262,50	18.19	-17,74	220,68	12.44
2	[A2-M2]	9,75	36,77	124,91	690,16	2344,29	18.77	-18,23	220,68	12.10
2	[A2-M2]	9,80	35,86	125,45	695,66	2433,56	19.40	-18,68	220,68	11.81
2	[A2-M2]	9,85	34,93	125,99	698,16	2518,46	19.99	-19,10	220,68	11.56
2	[A2-M2]	9,90	33,97	126,53	699,62	2605,79	20.59	-19,47	220,68	11.34
2	[A2-M2]	9,95	33,00	127,07	701,19	2700,19	21.25	-19,80	220,68	11.15
2	[A2-M2]	10,00	32,01	127,61	702,89	2802,35	21.96	-20,09	220,68	10.98
2	[A2-M2]	10,05	31,00	128,16	703,63	2908,49	22.69	-20,35	220,68	10.85
2	[A2-M2]	10,10	29,99	128,70	702,73	3016,03	23.43	-20,56	220,68	10.73
2	[A2-M2]	10,15	28,96	129,24	701,76	3131,95	24.23	-20,74	220,68	10.64
2	[A2-M2]	10,20	27,92	129,78	700,72	3257,03	25.10	-20,86	220,68	10.58
2	[A2-M2]	10,25	26,88	130,32	695,93	3374,29	25.89	-20,93	220,68	10.54
2	[A2-M2]	10,30	25,83	130,86	690,14	3496,21	26.72	-20,97	220,68	10.52
2	[A2-M2]	10,35	24,78	131,41	683,95	3626,41	27.60	-20,99	220,68	10.51
2	[A2-M2]	10,40	23,73	131,95	675,56	3755,70	28.46	-20,98	220,68	10.52
2	[A2-M2]	10,45	22,68	132,49	665,20	3885,04	29.32	-20,95	220,68	10.53
2	[A2-M2]	10,50	21,64	133,03	654,22	4022,24	30.24	-20,89	220,68	10.56

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
2	[A2-M2]	10,55	20,59	133,57	640,80	4156,41	31.12	-20,81	220,68	10.61
2	[A2-M2]	10,60	19,55	134,11	624,75	4285,27	31.95	-20,70	220,68	10.66
2	[A2-M2]	10,65	18,52	134,66	607,91	4420,55	32.83	-20,57	220,68	10.73
2	[A2-M2]	10,70	17,49	135,20	589,64	4558,10	33.71	-20,41	220,68	10.81
2	[A2-M2]	10,75	16,47	135,74	569,63	4694,98	34.59	-20,23	220,68	10.91
2	[A2-M2]	10,80	15,46	136,28	548,73	4837,89	35.50	-20,02	220,68	11.02
2	[A2-M2]	10,85	14,46	136,82	526,40	4982,04	36.41	-19,79	220,68	11.15
2	[A2-M2]	10,90	13,47	137,36	502,58	5126,32	37.32	-19,53	220,68	11.30
2	[A2-M2]	10,95	12,49	137,90	477,86	5276,05	38.26	-19,25	220,68	11.46
2	[A2-M2]	11,00	11,53	138,45	451,53	5422,87	39.17	-18,95	220,68	11.65
2	[A2-M2]	11,05	10,58	138,99	424,03	5570,36	40.08	-18,62	220,68	11.85
2	[A2-M2]	11,10	9,65	139,53	395,72	5722,22	41.01	-18,27	220,68	12.08
2	[A2-M2]	11,15	8,74	140,07	359,82	5769,58	41.19	-17,89	220,68	12.33
2	[A2-M2]	11,20	7,84	140,61	323,81	5807,08	41.30	-17,32	220,68	12.74
2	[A2-M2]	11,25	6,97	141,15	288,75	5843,58	41.40	-16,52	220,68	13.35
2	[A2-M2]	11,30	6,15	141,70	255,09	5878,63	41.49	-15,69	220,68	14.07
2	[A2-M2]	11,35	5,36	142,24	222,97	5912,07	41.56	-14,80	220,68	14.91
2	[A2-M2]	11,40	4,62	142,78	192,51	5943,79	41.63	-13,87	220,68	15.91
2	[A2-M2]	11,45	3,93	143,32	163,83	5973,65	41.68	-12,90	220,68	17.11
2	[A2-M2]	11,50	3,29	143,86	137,07	6001,51	41.72	-11,88	220,68	18.57
2	[A2-M2]	11,55	2,69	144,40	112,35	6027,25	41.74	-10,82	220,68	20.40
2	[A2-M2]	11,60	2,15	144,95	89,78	6050,75	41.75	-9,71	220,68	22.72
2	[A2-M2]	11,65	1,67	145,49	69,49	6071,88	41.73	-8,56	220,68	25.77
2	[A2-M2]	11,70	1,24	146,03	51,59	6090,52	41.71	-7,37	220,68	29.95
2	[A2-M2]	11,75	0,87	146,57	36,18	6106,56	41.66	-6,13	220,68	36.00
2	[A2-M2]	11,80	0,56	147,11	23,38	6119,89	41.60	-4,85	220,68	45.54
2	[A2-M2]	11,85	0,32	147,65	13,27	6130,41	41.52	-3,52	220,68	62.73
2	[A2-M2]	11,90	0,14	148,19	5,96	6138,03	41.42	-2,15	220,68	102.82
2	[A2-M2]	11,95	0,04	148,74	1,51	6142,66	41.30	-0,73	220,68	302.22

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ_c tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
σ_f tensione nell'armatura longitudinale del palo, espressa in [MPa]

Y	σ_c	n° - Tipo	σ_f	n° - Tipo
[m]	[MPa]		[MPa]	
0,00	0,000	3 - [SLER]	0,000	3 - [SLER]
0,05	0,001	3 - [SLER]	0,017	3 - [SLER]
0,10	0,003	3 - [SLER]	0,039	3 - [SLER]
0,15	0,005	3 - [SLER]	0,065	3 - [SLER]
0,20	0,007	3 - [SLER]	0,095	3 - [SLER]
0,25	0,009	3 - [SLER]	0,129	3 - [SLER]
0,30	0,012	3 - [SLER]	0,167	3 - [SLER]
0,35	0,015	3 - [SLER]	0,210	3 - [SLER]
0,40	0,019	3 - [SLER]	0,258	3 - [SLER]
0,45	0,023	3 - [SLER]	0,312	3 - [SLER]
0,50	0,027	3 - [SLER]	0,374	3 - [SLER]
0,55	0,033	3 - [SLER]	0,444	3 - [SLER]
0,60	0,039	3 - [SLER]	0,523	3 - [SLER]
0,65	0,045	3 - [SLER]	0,610	3 - [SLER]
0,70	0,053	3 - [SLER]	0,706	3 - [SLER]
0,75	0,061	3 - [SLER]	0,812	3 - [SLER]
0,80	0,070	3 - [SLER]	0,926	3 - [SLER]
0,85	0,080	3 - [SLER]	1,050	3 - [SLER]
0,90	0,090	3 - [SLER]	1,183	3 - [SLER]
0,95	0,101	3 - [SLER]	1,326	3 - [SLER]
1,00	0,118	3 - [SLER]	1,619	3 - [SLER]
1,05	0,078	3 - [SLER]	1,109	3 - [SLER]
1,10	0,065	5 - [SLEQ]	0,931	5 - [SLEQ]
1,15	0,096	5 - [SLEQ]	1,330	5 - [SLEQ]
1,20	0,134	5 - [SLEQ]	1,816	5 - [SLEQ]
1,25	0,183	3 - [SLER]	2,452	3 - [SLER]
1,30	0,240	3 - [SLER]	3,161	3 - [SLER]
1,35	0,298	3 - [SLER]	3,926	3 - [SLER]
1,40	0,355	3 - [SLER]	5,338	3 - [SLER]
1,45	0,411	3 - [SLER]	6,763	3 - [SLER]
1,50	0,466	3 - [SLER]	8,184	3 - [SLER]
1,55	0,520	3 - [SLER]	9,591	3 - [SLER]
1,60	0,573	3 - [SLER]	10,980	3 - [SLER]

Y [m]	σ_c [MPa]	n° - Tipo	σ_f [MPa]	n° - Tipo
1,65	0,625	3 - [SLER]	12,348	3 - [SLER]
1,70	0,676	3 - [SLER]	13,691	3 - [SLER]
1,75	0,726	3 - [SLER]	15,010	3 - [SLER]
1,80	0,775	3 - [SLER]	16,301	3 - [SLER]
1,85	0,822	3 - [SLER]	17,565	3 - [SLER]
1,90	0,869	3 - [SLER]	18,801	3 - [SLER]
1,95	0,914	3 - [SLER]	20,007	3 - [SLER]
2,00	0,959	3 - [SLER]	21,183	3 - [SLER]
2,05	1,002	3 - [SLER]	22,329	3 - [SLER]
2,10	1,044	3 - [SLER]	23,444	3 - [SLER]
2,15	1,086	3 - [SLER]	24,527	3 - [SLER]
2,20	1,126	3 - [SLER]	25,578	3 - [SLER]
2,25	1,164	3 - [SLER]	26,596	3 - [SLER]
2,30	1,202	3 - [SLER]	27,581	3 - [SLER]
2,35	1,238	3 - [SLER]	28,532	3 - [SLER]
2,40	1,274	3 - [SLER]	29,449	3 - [SLER]
2,45	1,308	3 - [SLER]	30,331	3 - [SLER]
2,50	1,341	3 - [SLER]	31,178	3 - [SLER]
2,55	1,372	3 - [SLER]	31,990	3 - [SLER]
2,60	1,403	3 - [SLER]	32,765	3 - [SLER]
2,65	1,432	3 - [SLER]	33,504	3 - [SLER]
2,70	1,460	3 - [SLER]	34,206	3 - [SLER]
2,75	1,486	3 - [SLER]	34,876	3 - [SLER]
2,80	1,512	3 - [SLER]	35,519	3 - [SLER]
2,85	1,537	3 - [SLER]	36,135	3 - [SLER]
2,90	1,561	3 - [SLER]	36,723	3 - [SLER]
2,95	1,584	3 - [SLER]	37,283	3 - [SLER]
3,00	1,606	3 - [SLER]	37,814	3 - [SLER]
3,05	1,627	3 - [SLER]	38,317	3 - [SLER]
3,10	1,646	3 - [SLER]	38,790	3 - [SLER]
3,15	1,665	3 - [SLER]	39,235	3 - [SLER]
3,20	1,683	3 - [SLER]	39,649	3 - [SLER]
3,25	1,700	3 - [SLER]	40,034	3 - [SLER]
3,30	1,716	3 - [SLER]	40,388	3 - [SLER]
3,35	1,731	3 - [SLER]	40,712	3 - [SLER]
3,40	1,744	3 - [SLER]	41,005	3 - [SLER]
3,45	1,757	3 - [SLER]	41,267	3 - [SLER]
3,50	1,769	3 - [SLER]	41,498	3 - [SLER]
3,55	1,779	3 - [SLER]	41,696	3 - [SLER]
3,60	1,788	3 - [SLER]	41,863	3 - [SLER]
3,65	1,796	3 - [SLER]	41,997	3 - [SLER]
3,70	1,804	3 - [SLER]	42,098	3 - [SLER]
3,75	1,809	3 - [SLER]	42,167	3 - [SLER]
3,80	1,814	3 - [SLER]	42,202	3 - [SLER]
3,85	1,818	3 - [SLER]	42,203	3 - [SLER]
3,90	1,820	3 - [SLER]	42,171	3 - [SLER]
3,95	1,822	3 - [SLER]	42,104	3 - [SLER]
4,00	1,822	3 - [SLER]	42,002	3 - [SLER]
4,05	1,820	3 - [SLER]	41,865	3 - [SLER]
4,10	1,818	3 - [SLER]	41,694	3 - [SLER]
4,15	1,814	3 - [SLER]	41,486	3 - [SLER]
4,20	1,809	3 - [SLER]	41,243	3 - [SLER]
4,25	1,803	3 - [SLER]	40,964	3 - [SLER]
4,30	1,796	3 - [SLER]	40,648	3 - [SLER]
4,35	1,787	3 - [SLER]	40,296	3 - [SLER]
4,40	1,777	3 - [SLER]	39,906	3 - [SLER]
4,45	1,766	3 - [SLER]	39,479	3 - [SLER]
4,50	1,753	3 - [SLER]	39,015	3 - [SLER]
4,55	1,739	3 - [SLER]	38,512	3 - [SLER]
4,60	1,724	3 - [SLER]	37,972	3 - [SLER]
4,65	1,707	3 - [SLER]	37,393	3 - [SLER]
4,70	1,689	3 - [SLER]	36,776	3 - [SLER]
4,75	1,669	3 - [SLER]	36,119	3 - [SLER]
4,80	1,649	3 - [SLER]	35,424	3 - [SLER]
4,85	1,626	3 - [SLER]	34,689	3 - [SLER]
4,90	1,603	3 - [SLER]	33,914	3 - [SLER]
4,95	1,577	3 - [SLER]	33,100	3 - [SLER]
5,00	1,551	3 - [SLER]	32,245	3 - [SLER]
5,05	1,523	3 - [SLER]	31,351	3 - [SLER]
5,10	1,493	3 - [SLER]	30,416	3 - [SLER]
5,15	1,462	3 - [SLER]	29,441	3 - [SLER]
5,20	1,430	3 - [SLER]	28,426	3 - [SLER]
5,25	1,395	3 - [SLER]	27,370	3 - [SLER]
5,30	1,360	3 - [SLER]	26,275	3 - [SLER]
5,35	1,323	3 - [SLER]	25,139	3 - [SLER]
5,40	1,284	3 - [SLER]	23,963	3 - [SLER]

Y	σ_n	n° - Tipo	σ_t	n° - Tipo
[m]	[MPa]		[MPa]	
5,45	1,243	3 - [SLER]	22,748	3 - [SLER]
5,50	1,201	3 - [SLER]	21,495	3 - [SLER]
5,55	1,157	3 - [SLER]	20,203	3 - [SLER]
5,60	1,112	3 - [SLER]	18,875	3 - [SLER]
5,65	1,065	3 - [SLER]	17,511	3 - [SLER]
5,70	1,016	3 - [SLER]	16,114	3 - [SLER]
5,75	0,966	3 - [SLER]	14,687	3 - [SLER]
5,80	0,914	3 - [SLER]	13,234	3 - [SLER]
5,85	0,860	3 - [SLER]	11,759	3 - [SLER]
5,90	0,804	3 - [SLER]	10,470	3 - [SLER]
5,95	0,747	3 - [SLER]	9,782	3 - [SLER]
6,00	0,689	3 - [SLER]	9,075	3 - [SLER]
6,05	0,630	3 - [SLER]	8,351	3 - [SLER]
6,10	0,570	3 - [SLER]	7,621	3 - [SLER]
6,15	0,512	3 - [SLER]	6,897	3 - [SLER]
6,20	0,455	3 - [SLER]	6,196	3 - [SLER]
6,25	0,404	3 - [SLER]	5,541	3 - [SLER]
6,30	0,357	3 - [SLER]	4,948	3 - [SLER]
6,35	0,316	3 - [SLER]	4,424	3 - [SLER]
6,40	0,279	3 - [SLER]	3,934	3 - [SLER]
6,45	0,241	3 - [SLER]	3,445	3 - [SLER]
6,50	0,203	3 - [SLER]	2,959	3 - [SLER]
6,55	0,167	5 - [SLEQ]	2,479	3 - [SLER]
6,60	0,191	3 - [SLER]	2,804	3 - [SLER]
6,65	0,229	3 - [SLER]	3,301	3 - [SLER]
6,70	0,266	3 - [SLER]	3,789	3 - [SLER]
6,75	0,303	3 - [SLER]	4,264	3 - [SLER]
6,80	0,338	3 - [SLER]	4,727	3 - [SLER]
6,85	0,375	3 - [SLER]	5,198	3 - [SLER]
6,90	0,413	3 - [SLER]	5,690	3 - [SLER]
6,95	0,452	3 - [SLER]	6,195	3 - [SLER]
7,00	0,492	3 - [SLER]	6,707	3 - [SLER]
7,05	0,532	3 - [SLER]	7,216	3 - [SLER]
7,10	0,572	3 - [SLER]	7,716	3 - [SLER]
7,15	0,611	3 - [SLER]	8,202	3 - [SLER]
7,20	0,648	3 - [SLER]	8,671	3 - [SLER]
7,25	0,684	3 - [SLER]	9,119	3 - [SLER]
7,30	0,718	3 - [SLER]	9,546	3 - [SLER]
7,35	0,751	3 - [SLER]	9,950	3 - [SLER]
7,40	0,781	3 - [SLER]	10,331	3 - [SLER]
7,45	0,810	3 - [SLER]	10,690	3 - [SLER]
7,50	0,837	3 - [SLER]	11,026	3 - [SLER]
7,55	0,863	3 - [SLER]	11,340	3 - [SLER]
7,60	0,886	3 - [SLER]	11,631	3 - [SLER]
7,65	0,908	3 - [SLER]	11,901	3 - [SLER]
7,70	0,928	3 - [SLER]	12,150	3 - [SLER]
7,75	0,946	3 - [SLER]	12,379	3 - [SLER]
7,80	0,963	3 - [SLER]	12,587	3 - [SLER]
7,85	0,978	3 - [SLER]	12,776	3 - [SLER]
7,90	0,992	3 - [SLER]	12,945	3 - [SLER]
7,95	1,004	3 - [SLER]	13,096	3 - [SLER]
8,00	1,014	3 - [SLER]	13,229	3 - [SLER]
8,05	1,024	3 - [SLER]	13,345	3 - [SLER]
8,10	1,031	3 - [SLER]	13,443	3 - [SLER]
8,15	1,038	3 - [SLER]	13,525	3 - [SLER]
8,20	1,043	3 - [SLER]	13,591	3 - [SLER]
8,25	1,046	3 - [SLER]	13,641	3 - [SLER]
8,30	1,049	3 - [SLER]	13,677	3 - [SLER]
8,35	1,050	3 - [SLER]	13,697	3 - [SLER]
8,40	1,050	3 - [SLER]	13,704	3 - [SLER]
8,45	1,049	3 - [SLER]	13,697	3 - [SLER]
8,50	1,047	3 - [SLER]	13,676	3 - [SLER]
8,55	1,044	3 - [SLER]	13,643	3 - [SLER]
8,60	1,040	3 - [SLER]	13,598	3 - [SLER]
8,65	1,035	3 - [SLER]	13,540	3 - [SLER]
8,70	1,029	3 - [SLER]	13,472	3 - [SLER]
8,75	1,022	3 - [SLER]	13,391	3 - [SLER]
8,80	1,014	3 - [SLER]	13,297	3 - [SLER]
8,85	1,005	3 - [SLER]	13,191	3 - [SLER]
8,90	0,995	3 - [SLER]	13,073	3 - [SLER]
8,95	0,984	3 - [SLER]	12,944	3 - [SLER]
9,00	0,972	3 - [SLER]	12,804	3 - [SLER]
9,05	0,959	3 - [SLER]	12,654	3 - [SLER]
9,10	0,946	3 - [SLER]	12,495	3 - [SLER]
9,15	0,932	3 - [SLER]	12,326	3 - [SLER]
9,20	0,917	3 - [SLER]	12,149	3 - [SLER]

Y [m]	σ_c [MPa]	n° - Tipo	σ_t [MPa]	n° - Tipo
9,25	0,902	3 - [SLER]	11,964	3 - [SLER]
9,30	0,886	3 - [SLER]	11,772	3 - [SLER]
9,35	0,869	3 - [SLER]	11,574	3 - [SLER]
9,40	0,852	3 - [SLER]	11,370	3 - [SLER]
9,45	0,835	3 - [SLER]	11,161	3 - [SLER]
9,50	0,818	3 - [SLER]	10,947	3 - [SLER]
9,55	0,800	3 - [SLER]	10,730	3 - [SLER]
9,60	0,782	3 - [SLER]	10,510	3 - [SLER]
9,65	0,764	3 - [SLER]	10,287	3 - [SLER]
9,70	0,746	3 - [SLER]	10,064	3 - [SLER]
9,75	0,727	3 - [SLER]	9,840	3 - [SLER]
9,80	0,709	3 - [SLER]	9,616	3 - [SLER]
9,85	0,691	3 - [SLER]	9,394	3 - [SLER]
9,90	0,674	3 - [SLER]	9,174	3 - [SLER]
9,95	0,656	3 - [SLER]	8,957	3 - [SLER]
10,00	0,639	3 - [SLER]	8,743	3 - [SLER]
10,05	0,622	3 - [SLER]	8,534	3 - [SLER]
10,10	0,606	3 - [SLER]	8,330	3 - [SLER]
10,15	0,590	3 - [SLER]	8,131	3 - [SLER]
10,20	0,575	3 - [SLER]	7,938	3 - [SLER]
10,25	0,561	3 - [SLER]	7,751	3 - [SLER]
10,30	0,546	3 - [SLER]	7,571	3 - [SLER]
10,35	0,533	3 - [SLER]	7,398	3 - [SLER]
10,40	0,520	3 - [SLER]	7,231	3 - [SLER]
10,45	0,507	3 - [SLER]	7,070	3 - [SLER]
10,50	0,495	3 - [SLER]	6,915	3 - [SLER]
10,55	0,483	3 - [SLER]	6,765	3 - [SLER]
10,60	0,472	3 - [SLER]	6,617	3 - [SLER]
10,65	0,460	3 - [SLER]	6,471	3 - [SLER]
10,70	0,449	3 - [SLER]	6,326	3 - [SLER]
10,75	0,438	3 - [SLER]	6,183	3 - [SLER]
10,80	0,427	3 - [SLER]	6,041	3 - [SLER]
10,85	0,416	3 - [SLER]	5,902	3 - [SLER]
10,90	0,405	3 - [SLER]	5,765	3 - [SLER]
10,95	0,395	3 - [SLER]	5,630	3 - [SLER]
11,00	0,384	3 - [SLER]	5,498	3 - [SLER]
11,05	0,374	3 - [SLER]	5,368	3 - [SLER]
11,10	0,364	3 - [SLER]	5,242	3 - [SLER]
11,15	0,355	3 - [SLER]	5,118	3 - [SLER]
11,20	0,345	3 - [SLER]	4,997	3 - [SLER]
11,25	0,336	3 - [SLER]	4,881	3 - [SLER]
11,30	0,328	3 - [SLER]	4,771	3 - [SLER]
11,35	0,319	3 - [SLER]	4,669	3 - [SLER]
11,40	0,312	3 - [SLER]	4,573	3 - [SLER]
11,45	0,305	3 - [SLER]	4,484	3 - [SLER]
11,50	0,299	3 - [SLER]	4,403	3 - [SLER]
11,55	0,293	3 - [SLER]	4,330	3 - [SLER]
11,60	0,288	3 - [SLER]	4,265	3 - [SLER]
11,65	0,283	3 - [SLER]	4,208	3 - [SLER]
11,70	0,279	3 - [SLER]	4,160	3 - [SLER]
11,75	0,276	3 - [SLER]	4,121	3 - [SLER]
11,80	0,274	3 - [SLER]	4,091	3 - [SLER]
11,85	0,272	3 - [SLER]	4,071	3 - [SLER]
11,90	0,271	3 - [SLER]	4,060	3 - [SLER]
11,95	0,271	3 - [SLER]	4,060	3 - [SLER]

Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione M_u-N_u della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	R_{bk} = 30,0 [MPa])
Tensione caratteristica cilindrica del cls (0.83xR_{bk})	R_{ck} = 254 (Kg/cm^2)
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	ψ= 0.85
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	f_{yk} = 235,4 [MPa])
Coefficiente di sicurezza cls	γ_c = 1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	γ_s = 1.15
Resistenza di calcolo del cls($\psi R_{ck}/\gamma_c$)	R^*_c = 144 (Kg/cm^2)
Resistenza di calcolo dell'acciaio(f_{yk}/γ_s)	R^*_s = 2087 (Kg/cm^2)
Modulo elastico dell'acciaio	E_s = 2100000 (Kg/cm^2)
Deformazione ultima del calcestruzzo	ε_{cu} = 0.0035(0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	ε_{ck} = 0.0020(0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	ε_{yu} = 0.0100(1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico (R^*_s/E_s)	ε_{yk} = 0.0008(0.10%)

Legame costitutivo del calcestruzzo

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:
Tratto parabolico: $0<=\varepsilon_c<=\varepsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R^*_c(2\varepsilon_c\varepsilon_{ck}-\varepsilon_c^2)}{\varepsilon_{ck}^2}$$

Tratto rettangolare: $\varepsilon_{ck}<\varepsilon_c<=\varepsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R^*_c$$

Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:
$\sigma_s = E_s\varepsilon_s$ per $0<=\varepsilon_s<=\varepsilon_{sy}$
$\sigma_s = R^*_s$ per $\varepsilon_{sy}<\varepsilon_s<=\varepsilon_{su}$

Tratto armatura 1

N°	N_u [kN]	M_u [kNm]
1	-1157,3464	0,0000
2	0,0000	343,3398
3	819,2309	520,0542
4	1228,8464	585,1566
5	1638,4619	635,5887
6	2048,0773	671,8986
7	2457,6928	697,1495
8	2867,3083	703,9698
9	3276,9237	700,5552
10	3686,5392	681,0923
11	4096,1547	648,3013
12	4505,7702	597,2944
13	4915,3856	537,4029
14	5325,0011	469,7831
15	5734,6166	393,4054
16	6144,2320	0,0000
17	6144,2320	0,0000
18	5734,6166	-393,4054
19	5325,0011	-469,7831
20	4915,3856	-537,4029
21	4505,7702	-597,2944
22	4096,1547	-648,3013
23	3686,5392	-681,0923
24	3276,9237	-700,5552
25	2867,3083	-703,9698
26	2457,6928	-697,1495

N°	N_u [kN]	M_u [kNm]
27	2048,0773	-671,8986
28	1638,4619	-635,5887
29	1228,8464	-585,1566
30	819,2309	-520,0542
31	0,0000	-343,3398
32	-1157,3464	0,0000

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale
T_h taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale
M_v momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale
T_v taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=76,00 [cm] H=70,00 [cm]
A_{fv}=32,17 [cmq] A_{fh}=28,15 [cmq]
M_h=31,38 [kNm] M_{uh}=878,24 [kNm]
T_h=62,76 [kN] T_{Rh}=570,21 [kN]
M_v=3,67 [kNm] M_{uv}=803,99 [kNm]
T_v=9,78 [kN] T_R=570,21 [kN]
Staffe ϕ10/13
FS=27.99
FS_T=9.09
FS=219.17
FS_{Tv}=58.29
Nbh=2 - Nbv=2

Cordolo N° 2 (X=1,00 m) (Cordolo in acciaio)

A=74,80 [cmq] W=490,00 [cm^3]
M_h=26,34 [kNm] T_h=70,24 [kN]
σ_f = 53,752 [MPa] τ_f = 9,390 [MPa]
M_v=7,06 [kNm]
σ_{id} = 56,158 [MPa]
T_v=18,82 [kN]

Cordolo N° 3 (X=4,50 m) (Cordolo in acciaio)

A=74,80 [cmq] W=490,00 [cm^3]
M_h=31,38 [kNm] T_h=62,76 [kN]
σ_f = 64,039 [MPa] τ_f = 8,390 [MPa]
M_v=1,72 [kNm]
σ_{id} = 65,667 [MPa]
T_v=4,60 [kN]

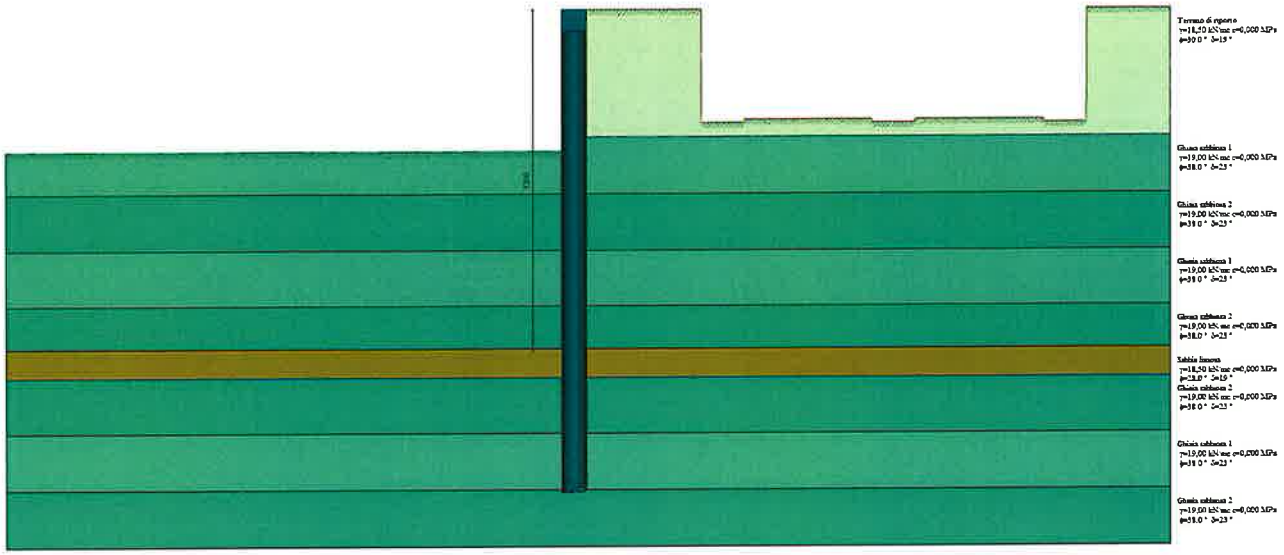
Indice

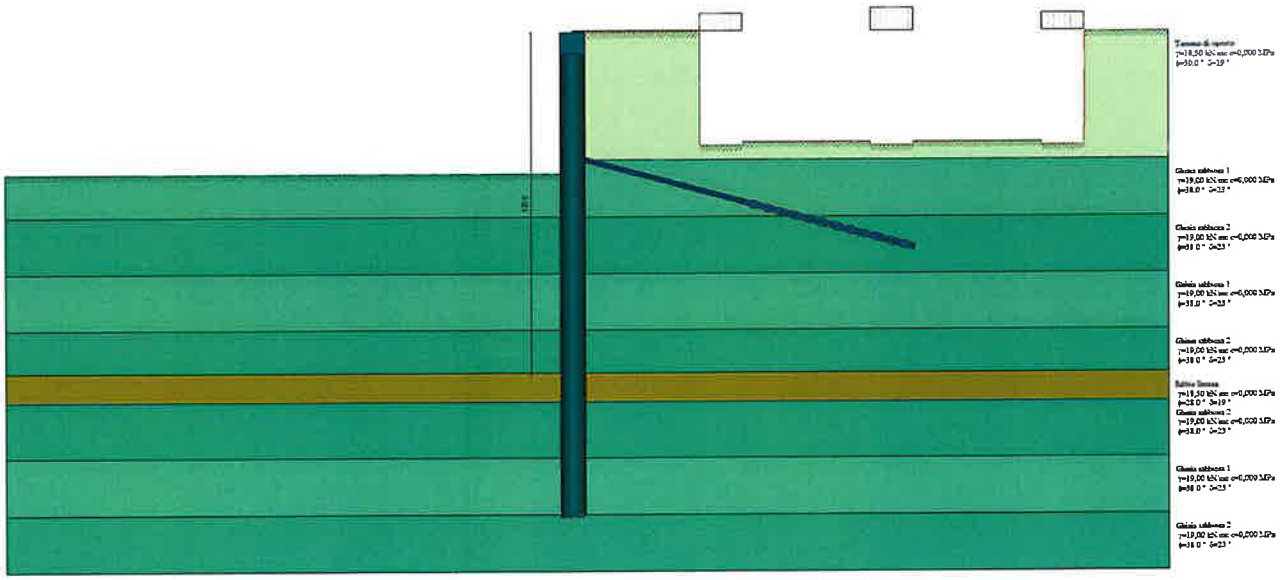
Normative di riferimento 2
Richiami teorici 3
Metodo di analisi 3
Calcolo della profondità di infissione 3
Calcolo della spinte 3
Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo) 3
Spinta in presenza di sisma 4
Tiranti di ancoraggio 5
Analisi ad elementi finiti 5
Schematizzazione del terreno 5
Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno 6
Analisi per fasi di scavo 6
Verifica alla stabilità globale 7
Dati 7
Geometria paratia 7
Geometria cordoli 7
Geometria profilo terreno 7
Descrizione terreni 8
Descrizione stratigrafia 8
Caratteristiche materiali utilizzati 9
Condizioni di carico 9
Caratteristiche tiranti di ancoraggio 9
Descrizione tiranti di ancoraggio (Armatura tubolare) 11
Combinazioni di carico 11
Impostazioni di progetto 12
Impostazioni di analisi 13
Impostazioni analisi sismica 14
Analisi della paratia 14
Forze agenti sulla paratia 15
Risultati tiranti 15
Caratteristiche dei tiranti utilizzati 16
Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia 16
Spostamenti massimi e minimi della paratia 16
Stabilità globale 18
Descrizione armatura pali e caratteristiche sezione 18
Verifica armatura paratia (Sezioni critiche) 18
Verifica armatura paratia (Inviluppo) 26
Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni 27
Verifica sezione cordoli

F.2.2 Schnitt 7-7 - Wand W006

F.2.2 Sezione 7-7 - parete W006

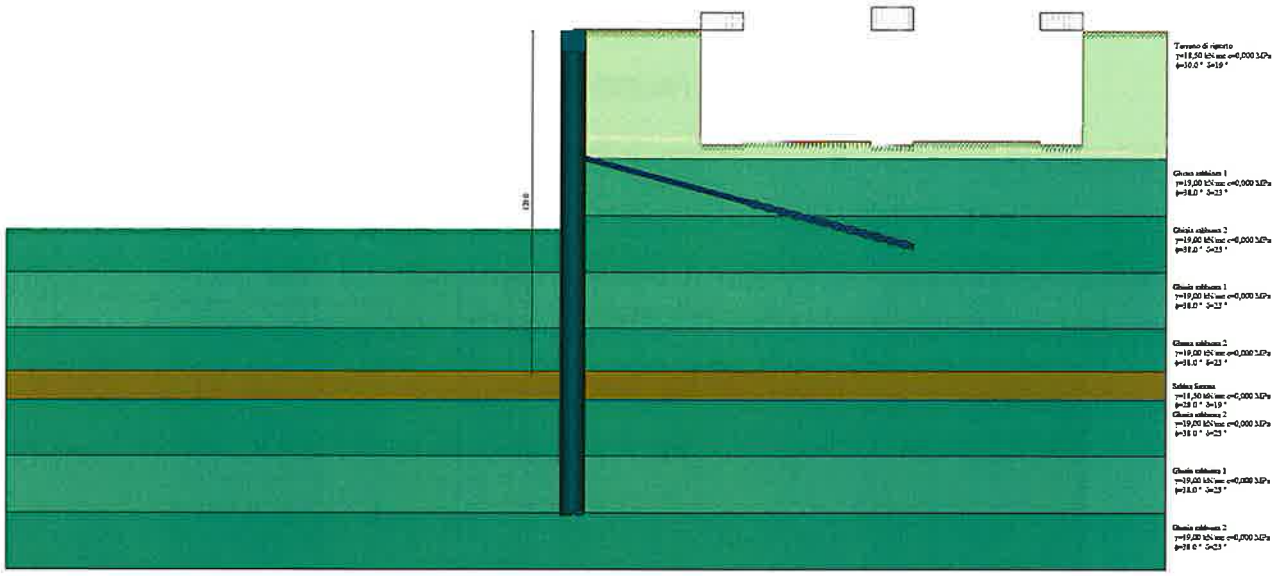
FASI DI ESECUZIONE PALIFICATA – PHASEN ERRICHTUNG BOHRPFAHLWAND

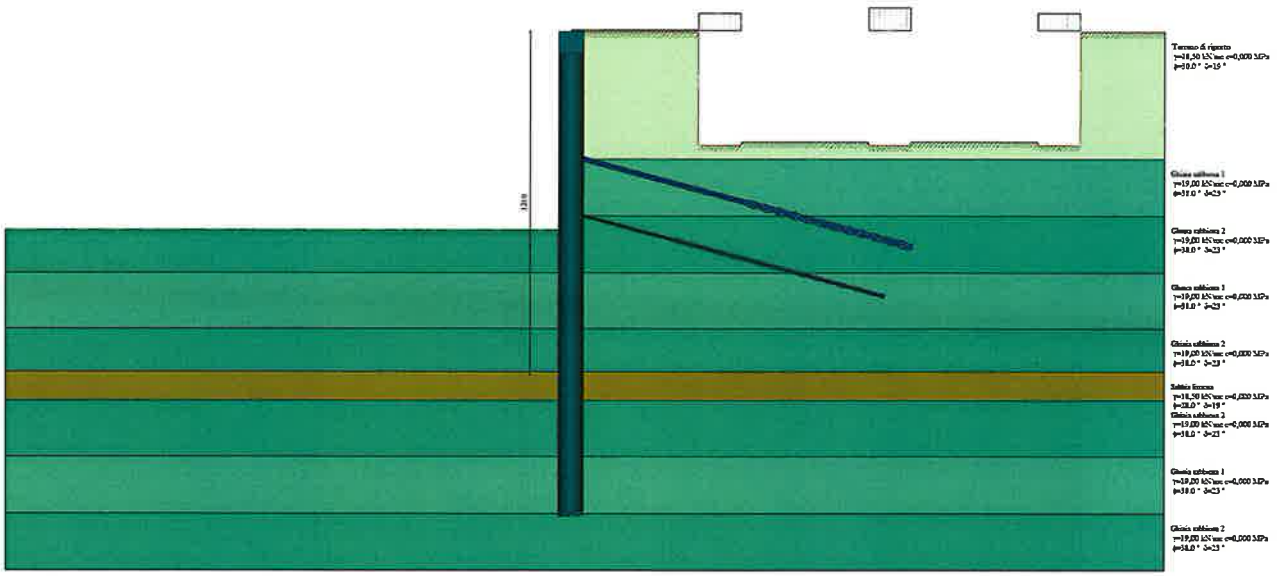


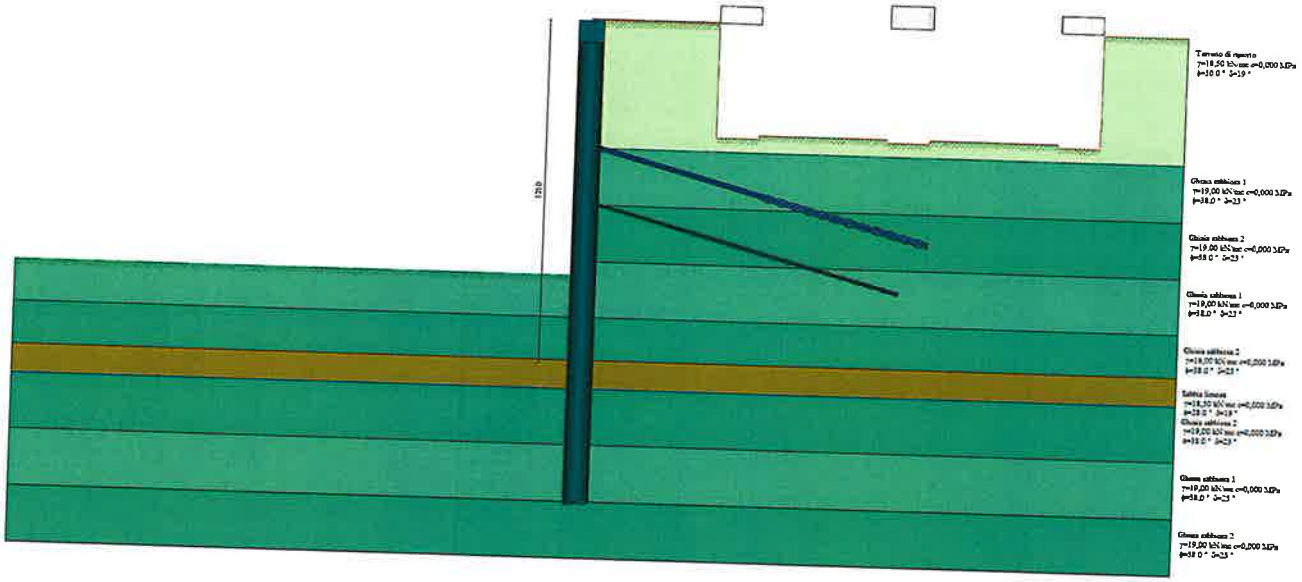


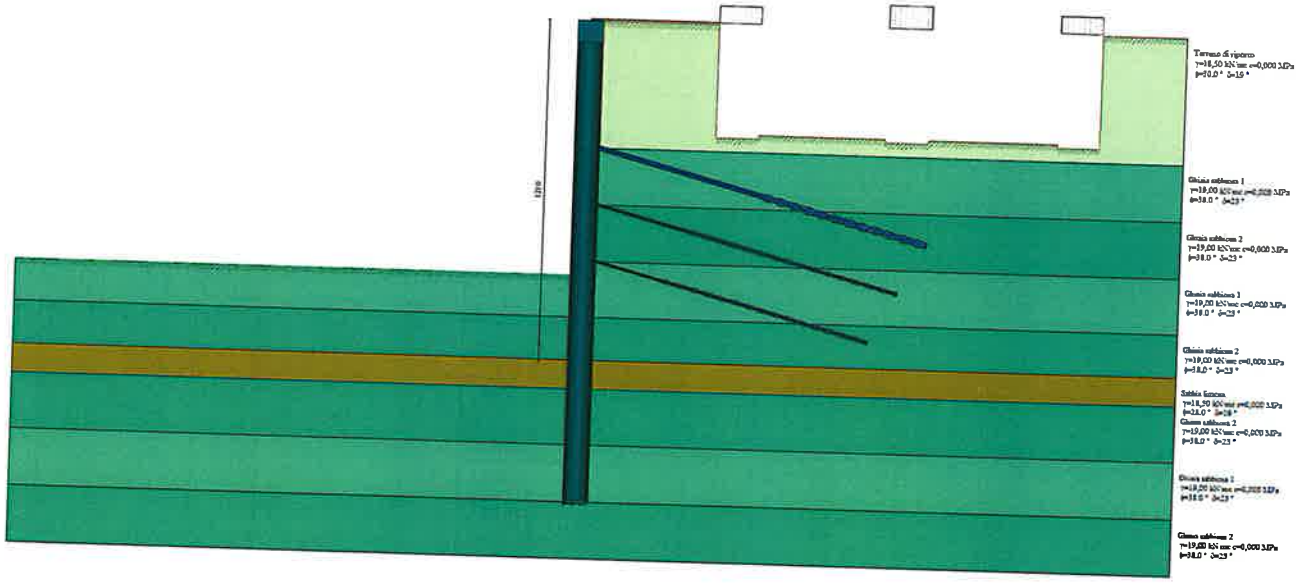
Tunnel - PROGETTO STRUTTURALE

D1.01.1a Erläuterungs- und Statikbericht



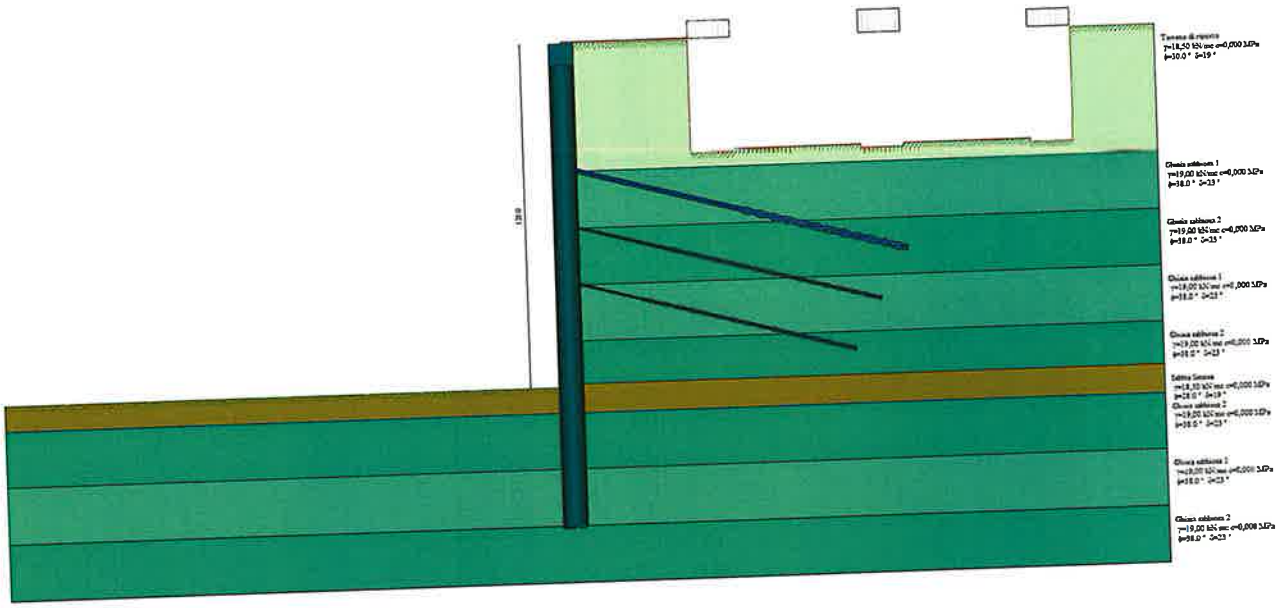




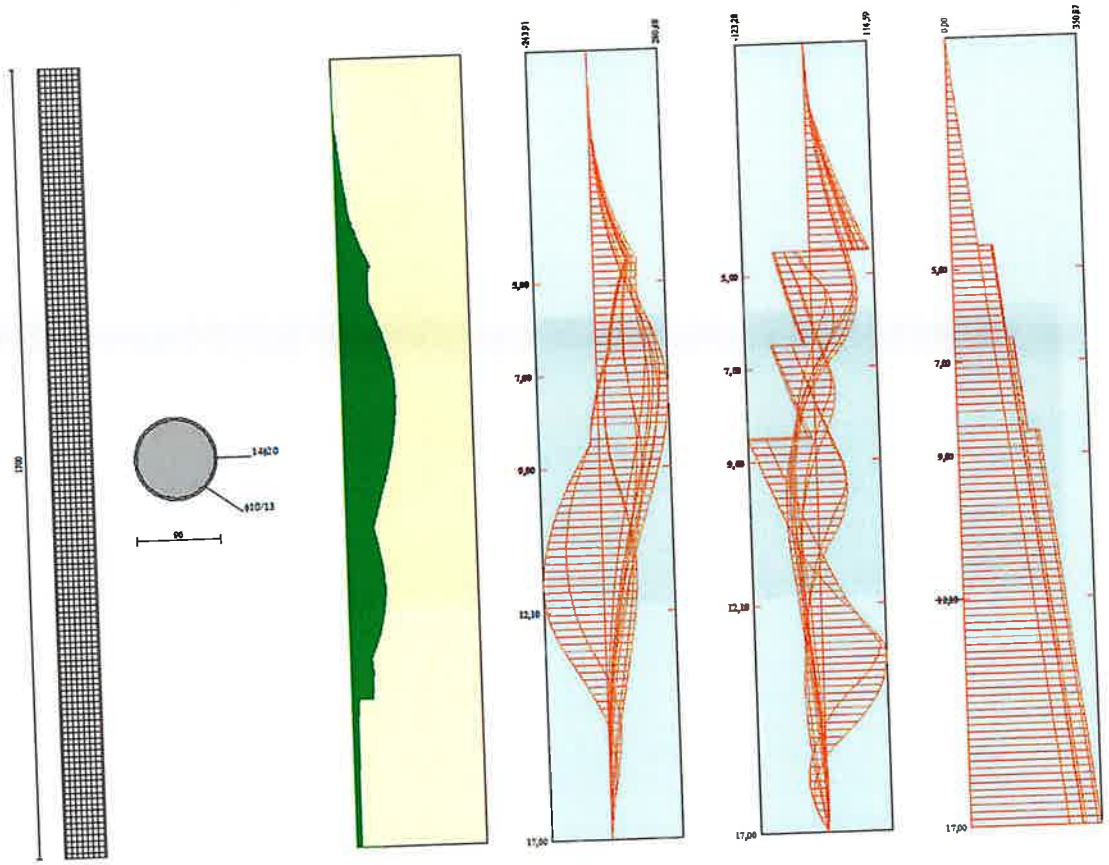


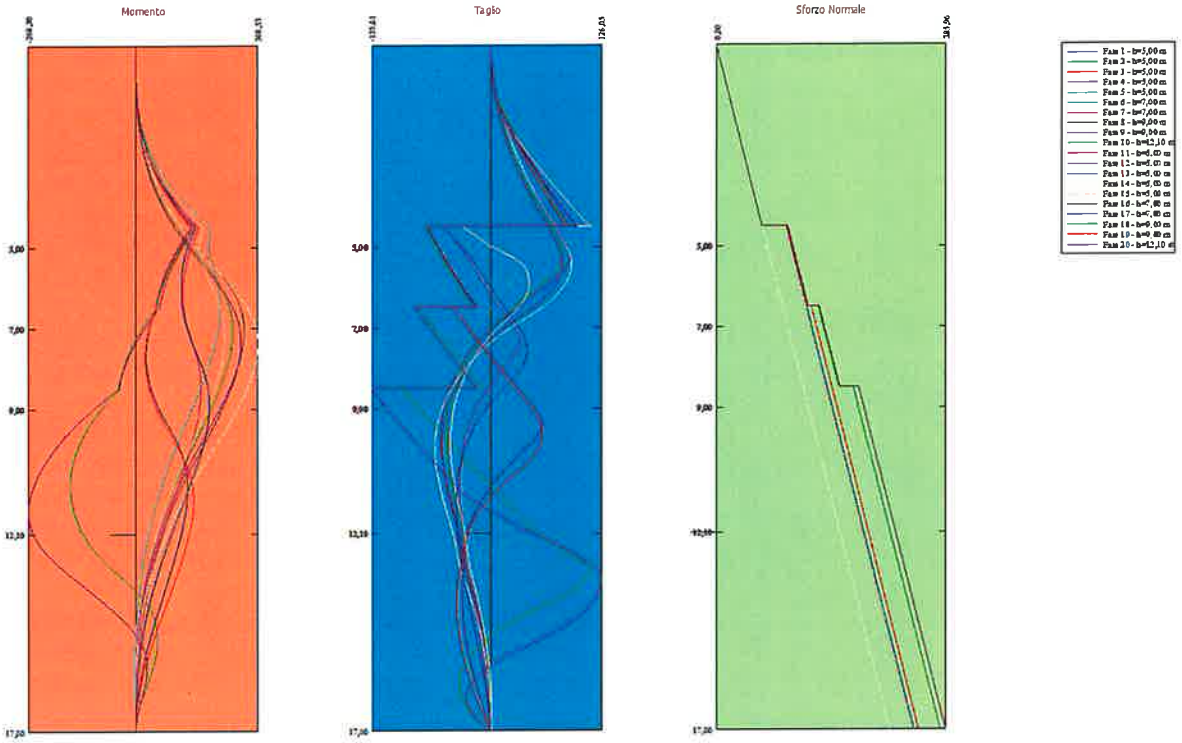
Tunnel - PROGETTO STRUTTURALE

D1.01.1a Erläuterungs- und Statikbericht

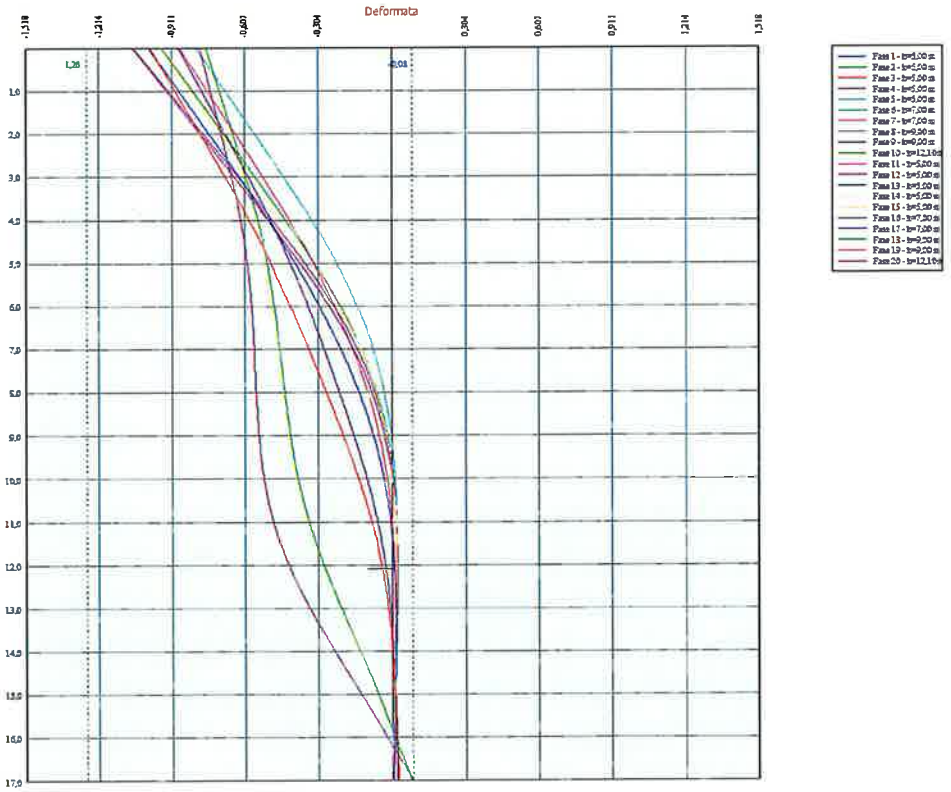


VERIFICA DI RESISTENZA - TRAGFÄHIGKEITSNACHWEIS





DEFORMAZIONI - VERFORMUNGEN



Progetto:
Ditta:
Comune:
Progettista:
Direttore dei Lavori:
Impresa:

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Richiami teorici

Metodo di analisi

Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.
Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.
Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).
Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).
Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.
Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

K_{am} diagramma della spinta attiva agente da monte
K_{av} diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
K_{pm} diagramma della spinta passiva agente da monte
K_{pv} diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$D_m = K_{pm} - K_{av}$ e $D_v = K_{pv} - K_{am}$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.
Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione
si può agire con tre modalità :
1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su tan(ϕ) e sulla coesione

Calcolo della spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).
La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).
I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:
- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio *(W)*, carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura *(R e C)* e resistenza per coesione lungo la parete *(A)*;
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.
Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata *z*. Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana).
Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con *W* il peso del cuneo e con *C* il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W*C$$

Indicando con *S* la spinta calcolata in condizioni statiche e con S_s la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa(diagramma triangolare con vertice in alto).

Tiranti di ancoraggio

Le paratie possono essere tirantate, con tiranti attivi o con tiranti passivi, realizzati entrambi tramite perforazione e iniezione del foro con malta in pressione previa sistemazione delle armature opportune.
I tiranti attivi, contrariamente ai tiranti passivi, sono sottoposti ad uno sforzo di pretensione prendendo il contrasto sulla struttura stessa. Il tiro finale sul tirante attivo dipende sia dalla pretensione che dalla deformazione della struttura oltre che dalle cadute di tensione. Nel caso di tiranti passivi il tiro dipende unicamente dalla deformabilità della struttura. L'armatura dei tiranti attivi è costituita da trefoli ad alta resistenza (trefoli per c.a.p.), viceversa i tiranti passivi possono essere armati con trefoli o con tondini o, in alcuni casi, con profilati tubolari. La capacità di resistenza dei tiranti è legata all'attrito e all'aderenza fra superficie del tirante e terreno.

Calcolo della lunghezza di ancoraggio

La lunghezza di ancoraggio (fondazione) del tirante si calcola determinando la lunghezza massima atta a soddisfare le tre seguenti condizioni:

1. Lunghezza necessaria per garantire l'equilibrio fra tensione tangenziale che si sviluppa fra la superficie laterale del tirante ed il terreno e lo sforzo applicato al tirante;
2. Lunghezza necessaria a garantire l'aderenza malta-armatura;
3. Lunghezza necessaria a garantire la resistenza della malta.

Siano **N** lo sforzo nel tirante, δ l'angolo d'attrito tirante-terreno, $\mathbf{c_a}$ l'adesione tirante-terreno, γ il peso di volume del terreno, **D** ed $\mathbf{L_f}$ il diametro e la lunghezza di ancoraggio (o lunghezza efficace) del tirante ed **H** la profondità media al di sotto del piano campagna abbiamo la relazione

$$N = \pi\, D\, L_f\, \gamma\, H\, K_s\, tg\, \delta + \pi\, D\, L_f\, c_a$$

da cui si ricava la lunghezza di ancoraggio L_f

$$L_f = \frac{N}{\pi\, D\, \gamma\, H\, K_s\, tg\, \delta + \pi\, D\, c_a}$$

$\mathbf{K_s}$ rappresenta il coefficiente di spinta che si assume pari al coefficiente di spinta a riposo

$$K_s = K_0 = 1 - \sin\phi$$

Per quanto riguarda la seconda condizione, la lunghezza necessaria atta a garantire l'aderenza malta-armatura è data dalla relazione

$$L_f = \frac{N}{\pi\, d\, \tau_{c0}\, \omega}$$

dove **d** è la somma dei diametri dei trefoli disposti nel tirante, τ_{c0} è la resistenza tangenziale limite della malta ed ω è un coefficiente correttivo dipendente dal numero di trefoli ($\omega = 1 - 0.075\ [n\ trefoli - 1]$).
Per quanto riguarda la verifica della terza condizione si impone che la tensione tangenziale limite tirante-terreno non possa superare la tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo $\mathbf{f1_{bd}}$.
Alla lunghezza efficace determinata prendendo il massimo valore di $\mathbf{L_f}$ si deve aggiungere la lunghezza di franco **L** che rappresenta la lunghezza del tratto che compreso fra la paratia e la superficie di ancoraggio.
La lunghezza totale del tirante sarà quindi data da

$$L_t = L_f + L$$

Nel caso di tiranti attivi, cioè tiranti soggetti ad uno stato di pretensione, bisogna considerare le cadute di tensione. A tale scopo è stato introdotto il coefficiente di caduta di tensione, β, che rappresenta il rapporto fra lo sforzo $\mathbf{N_0}$ al momento del tiro e lo sforzo **N** in esercizio

$$\beta = N_0 / N$$

Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.
La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_f l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L, area A_f, inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s. La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.
I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k, è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo [F/L^3]. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se (m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale (b=100 cm) occorre ricavare l'area equivalente, A_m, della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con E_m il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in Kg/cm^2), l'equivalenza, in termini di rigidezza, si esprime come

$$A_m = 10000 \times \frac{k\,\Delta_m}{E_m}$$

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma ***PAC***). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max}; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max}. Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p0, fino a raggiungere il carico totale p. Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassemblaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).
Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la

pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).
Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tendendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidezza della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s=s_0+K(u-u_0)$$

Le modalità di analisi sono più complicate nel caso di tiranti attivi in quanto è importante conoscere la modalità di tiro: infatti il tirante può essere tesato prima dello scavo, oppure tesato alla fine della corrispondente fase di scavo, oppure al termine di tutto lo scavo. Nella fase in cui il tirante è tesato verra inserita una molla con uno stato di pretensione pari allo sforzo di tesatura. Nelle fasi successive il tirante verrà considerato come una semplice molla che 'ricorda', naturalmente, lo sforzo della fase precedente.
Ovviamente si otterranno soluzioni differenti in funzione della modalità di tiro selezionata.
Nel caso di tiranti attivi, inoltre, è analizzata un fase ulteriore (a lungo termine) nella quale il tiro iniziale è depurato delle cadute di tensione.
In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.
È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare. In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\Sigma_i \left(\frac{c_i b_i}{\cos\alpha_i} + [W_i \cos\alpha_i - u_i l_i] \mathrm{tg}\phi_i \right)}{\Sigma_i W_i \sin\alpha_i}$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i_{esima} rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i_{esima} e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.
Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i/\cos\alpha_i$).
Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava η. Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato e è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	12,10	[m]
Profondità di infissione	4,90	[m]
Altezza totale della paratia	17,00	[m]
Lunghezza paratia	10,00	[m]
Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	0,90	[m]
Diametro dei pali	90,00	[cm]
Numero totale di pali	11	
Numero di pali per metro lineare	1.10	

Geometria cordoli

Simbologia adottata
n° numero d'ordine del cordolo
Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo
B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio
A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm^3]

N°	Y [m]	Tipo	B [cm]	H [cm]	A [cmq]	W [cm^3]
1	0,00	Calcestruzzo	90,00	75,00	--	--
2	4,50	Calcestruzzo	--	--	74,80	400,00
3	6,50	Calcestruzzo	--	--	74,80	400,00
4	8,50	Calcestruzzo	--	--	74,80	400,00

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento
(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
2	0,50	0,00	0.00
3	4,50	0,00	0.00
4	4,51	-4,00	-89.86
5	6,00	-4,00	0.00
6	6,01	-3,90	84.29
7	10,50	-3,90	0.00
8	10,51	-4,00	-84.29
9	12,00	-4,00	0.00
10	12,01	-3,90	84.29
11	16,50	-3,90	0.00
12	16,51	-4,00	-84.29
13	18,00	-4,00	0.00
14	18,01	0,00	89.86
15	21,00	0,00	0.00

Profilo di valle - Fase n° 1

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-20,00	-5,00	--
2	0,00	-5,00	0.00

Profilo di valle - Fase n° 6

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-20,00	-7,00	--
2	0,00	-7,00	0.00

Profilo di valle - Fase n° 8

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-20,00	-9,00	--
2	0,00	-9,00	0.00

Profilo di valle - Fase n° 10

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-20,00	-12,10	--
2	0,00	-12,10	0.00

Descrizione terreni

Simbologia adottata
n° numero d'ordine
Descrizione Descrizione del terreno
γ peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s peso di volume saturo del terreno espresso [kN/mc]
ϕ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c coesione del terreno espressa in [MPa]

N°	Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c
		[kN/mc]	[kN/mc]	[°]	[°]	[MPa]
1	Terreno di riporto	18,500	20,000	30.00	19.00	0,0000
2	Ghiaia sabbiosa 1	19,000	20,000	38.00	23.00	0,0000
3	Ghiaia sabbiosa 2	19,000	20,000	38.00	23.00	0,0000
4	Sabbia limosa	18,500	19,000	28.00	19.00	0,0000

Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix

Simbologia adottata
α_{min}, α_{med} coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato
fs_{min}, fs_{med} tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [MPa]

N°	Descrizione	α_{min}	fs_{min}	α_{med}	fs_{med}
1	Terreno di riporto	1.15	0,0953	1.15	0,0953
2	Ghiaia sabbiosa 1	1.20	0,2000	1.30	0,2250
3	Ghiaia sabbiosa 2	1.20	0,2000	1.30	0,2250
4	Sabbia limosa	1.20	0,1000	1.30	0,1000

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata
n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm
α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)
Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp [m]	α_M [°]	α_V [°]	Kw_M kg/cmq/cm	Kw_V kg/cmq/cm	Terreno M	Terreno V
1	4,50	0.00	0.00	0.75	0.75	Terreno di riporto	Terreno di riporto
2	2,00	0.00	0.00	2.76	2.76	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1
3	2,00	0.00	0.00	3.78	3.78	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2
4	2,00	0.00	0.00	4.81	4.81	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1
5	1,50	0.00	0.00	5.70	5.70	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2
6	1,00	0.00	0.00	3.85	3.85	Sabbia limosa	Sabbia limosa
7	2,00	0.00	0.00	7.10	7.10	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2
8	2,00	0.00	0.00	8.12	8.12	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1
9	2,00	0.00	0.00	9.15	9.15	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2

Caratteristiche materiali utilizzati

Calcestruzzo		
Peso specifico	24,52	[kN/mc]
Classe di Resistenza	C20/25	
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	25,0	[MPa]
Tensione di progetto a compressione σ_c	8,5	[MPa]
Acciaio		
Tipo	B450C	
Tensione di snervamento f_{yk}	450,0	[MPa]
Caratteristiche acciaio cordoli in c.a.		
Tipo	B450C	
Tensione di snervamento f_{yk}	450,0	[MPa]
Caratteristiche acciaio cordoli in acciaio.		
Tipo	Fe 430	
Tensione di snervamento f_{yk}	274,6	[MPa]

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate
Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
F_x Forza orizzontale espressa in [kN], positiva da monte verso valle
F_y Forza verticale espressa in [kN], positiva verso il basso
M Momento espresso in [kNm], positivo ribaltante
Q_i, Q_f Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kN/mq]
V_i, V_s Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kN/mq], positivi da monte verso valle
R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kN]

Condizione n° 1				
Carico distribuito sul profilo	X_i = 4,51	X_f = 6,00	Q_i = 140,00	Q_f = 140,00
Carico distribuito sul profilo	X_i = 10,51	X_f = 12,00	Q_i = 170,00	Q_f = 170,00
Carico distribuito sul profilo	X_i = 16,51	X_f = 18,00	Q_i = 140,00	Q_f = 140,00

Condizione n° 2				
Carico distribuito sul profilo	X_i = 4,51	X_f = 6,00	Q_i = 30,00	Q_f = 30,00
Carico distribuito sul profilo	X_i = 10,51	X_f = 12,00	Q_i = 55,00	Q_f = 55,00
Carico distribuito sul profilo	X_i = 16,51	X_f = 18,00	Q_i = 30,00	Q_f = 30,00
Carico distribuito sul profilo	X_i = 0,00	X_f = 4,50	Q_i = 5,00	Q_f = 5,00

Caratteristiche tiranti di ancoraggio

Tipologia tiranti n° 1 - Tirante attivo (trefoli)

Calcolo tiranti: VERIFICA
Per il calcolo dei tiranti è stato utilizzato il metodo di BUSTAMANTE-DOIX
Tiranti attivi armati con trefoli
Coefficiente cadute di tensione 1,30
Malta utilizzata per i tiranti
Classe di Resistenza Rck 250
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck} 24,5 [MPa]
Acciaio utilizzato per i tiranti
Tipo Precomp
Tensione di snervamento f_{yk} 1569,1 [MPa]

Tipologia tiranti n° 2 - Tipologia tirante 2

Calcolo tiranti: VERIFICA
Per il calcolo dei tiranti è stato utilizzato il metodo di BUSTAMANTE-DOIX
Tiranti passivi armati con tondini
Malta utilizzata per i tiranti
Classe di Resistenza Rck 250
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck} 24,5 [MPa]
Acciaio utilizzato per i tiranti
Tipo S 450
Tensione di snervamento f_{yk} 440,0 [MPa]

Descrizione tiranti di ancoraggio (Armatura trefoli)

Simbologia adottata - Caratteristiche geometriche
N numero d'ordine della fila
Y ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
I interasse tra le file di tiranti espressa in [m]
alfa inclinazione dei tiranti della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
D diametro della perforazione espresso in [cm]
Cesp coeff. di espansione laterale
ALL allineamento dei tiranti della fila (CENTRATI o SFALSATI)
nr numero di tiranti della fila
Lt lunghezza totale del tirante espresso in [m]
Lf lunghezza di fondazione del tirante espresso in [m]

Simbologia adottata - Caratteristiche armatura e di interazione con il terreno
N numero d'ordine della fila
At area del singolo trefolo espressa in [cmq]
nt numero di trefoli del tirante
T tiro iniziale espresso in [kN]

Caratteristiche geometriche

N	Y	I	Alfa	D	Cesp	ALL	nr	Lt	Lf
	[m]	[m]		[cm]				[m]	[m]
1	4,50	1,80	15.00	17,00	1.00	Centrati	5	12,00	6,20

Caratteristiche armatura e di interazione con il terreno

N	At	nt	T
	[cmq]		[kN]
1	1,39	3	300,00

Descrizione tiranti di ancoraggio (Armatura tubolare)

Simbologia adottata - Caratteristiche geometriche
N numero d'ordine della fila
Y ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
I interasse tra le file di tiranti espressa in [m]
alfa inclinazione dei tiranti della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]

D diametro della perforazione espresso in [cm]
Cesp coeff. di espansione laterale
ALL allineamento dei tiranti della fila (CENTRATI o SFALSATI)
nr numero di tiranti della fila
Lt lunghezza totale del tirante espresso in [m]
Lf lunghezza di fondazione del tirante espresso in [m]

Simbologia adottata - Caratteristiche armatura e di interazione con il terreno
N numero d'ordine della fila
nf numero tondini
df diametro dei tondini espresso in [mm]

Caratteristiche geometriche

N	Y	I	Alfa	D	Cesp	ALL	nr	Lt	Lf
	[m]	[m]		[cm]				[m]	[m]
2	6,50	1,80	15.00	9,00	1.00	Centrati	5	11,00	7,93
3	8,50	1,80	15.00	9,00	1.00	Sfalsati	6	10,00	7,84

Caratteristiche armatura e di interazione con il terreno

N	nf	df
		[mm]
2	1	30,00
3	1	30,00

Fasi di scavo

Simbologia adottata
n° identificativo della fase nell'elenco definito
Fase Descrizione dell'i-esima fase
Tempo Tempo in cui avviene la fase di scavo

n°	Fase	Tempo
1	Scavo fino alla profondità di 5.00 metri	0
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=5.00]	1
3	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=5.00]	2
4	Inserimento tirante 1 (X=4.50) [Hscavo=5.00]	3
5	Tesatura tirante 1 N=30591 [Hscavo=5.00]	4
6	Scavo fino alla profondità di 7.00 metri	5
7	Inserimento tirante 2 (X=6.50) [Hscavo=7.00]	6
8	Scavo fino alla profondità di 9.00 metri	7
9	Inserimento tirante 3 (X=8.50) [Hscavo=9.00]	8
10	Scavo fino alla profondità di 12.10 metri	9

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo :
Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

			Statici		Sismici	
Carichi	Effetto		A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{Gfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tano'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00	1.00	1.00

TIRANTI DI ANCORAGGIO

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti

Resistenza

		Tiranti
Laterale	γ_{st}	1,20

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti.

Numero di verticali indagate 1 ξ_3=1,80 ξ_4=1,80

Verifica materiali : Stato Limite Ultimo

Impostazioni verifiche SLE

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio - Metodo dell'inclinazione variabile del traliccio

$V_{Rd}=[0.18*k*(100.0*\rho_l*fck)^{1/3}/\gamma_c+0.15*\sigma_{cp}]*bw*d>(vmin+0.15*\sigma_{cp})*b_w*d$

$V_{Rsd}=0.9*d*A_{sw}/s*fyd*(ctg\alpha+ctg\theta)*sin\alpha$

$V_{Rcd}=0.9*d*b_w*\alpha_c*fcd'*(ctg(\theta)+ctg(\alpha)/(1.0+ctg\theta^2)$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b_w	larghezza minima sezione [mm]
σ_{cp}	tensione media di compressione [N/mmq]
ρ_l	rapporto geometrico di armatura
A_{sw}	area armatuta trasversale [mmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α_c	coefficiente maggiorativo, funzione di fcd e σ_{cp}

$fcd'=0.5*fcd$

$k=1+(200/d)^{1/2}$

$vmin=0.035*k^{3/2}*fck^{1/2}$

Impostazioni di analisi

Analisi per Fasi di Scavo.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Impostazioni analisi per fasi di scavo:

Analisi per coefficienti tipo A1-M1

Analisi per coefficienti tipo A2-M2

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva Ka e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Non sono state analizzate Combinazioni/Fasi sismiche.

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per fasi di scavo
La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.
Essa è discretizzata in 243 elementi fuori terra e 98 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.
Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	12,10	[m]
Profondità di infissione	4,90	[m]
Altezza totale della paratia	17,00	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Pa Spinta attiva, espressa in [kN]
Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]
Pw Spinta della falda, espressa in [kN]
Pp Resistenza passiva, espressa in [kN]
Pc Controspinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	Pa	Y_{Pa}	Is	Y_{Is}	Pw	Y_{Pw}	Pp	Y_{Pp}	Pc	Y_{Pc}
		[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]
1	[A1-M1]	82,79	3,31	--	--	--	--	-133,30	6,93	50,51	12,85
2	[A1-M1]	82,79	3,31	--	--	--	--	-133,31	6,93	50,52	12,85
3	[A1-M1]	89,96	3,25	--	--	--	--	-146,42	6,95	56,46	12,85
4	[A1-M1]	89,96	3,25	--	--	--	--	-146,42	6,95	56,46	12,85
5	[A1-M1]	161,02	3,41	--	--	--	--	-73,54	7,00	57,41	10,75
6	[A1-M1]	185,22	4,25	--	--	--	--	-68,46	8,62	34,38	14,03
7	[A1-M1]	185,22	4,25	--	--	--	--	-68,46	8,62	34,38	14,03
8	[A1-M1]	240,71	5,56	--	--	--	--	-90,58	10,77	32,39	15,74
9	[A1-M1]	240,71	5,56	--	--	--	--	-90,58	10,77	32,39	15,74
10	[A1-M1]	430,30	8,04	--	--	--	--	-150,47	14,21	35,31	16,62
1	[A2-M2]	82,59	3,38	--	--	--	--	-137,36	7,24	54,78	13,06
2	[A2-M2]	82,59	3,38	--	--	--	--	-137,38	7,24	54,78	13,06
3	[A2-M2]	91,68	3,30	--	--	--	--	-155,32	7,32	63,63	13,11
4	[A2-M2]	91,68	3,30	--	--	--	--	-155,32	7,32	63,63	13,11
5	[A2-M2]	164,92	3,60	--	--	--	--	-89,70	7,45	69,67	10,43
6	[A2-M2]	192,08	4,37	--	--	--	--	-80,49	9,00	39,21	14,38
7	[A2-M2]	192,08	4,37	--	--	--	--	-80,49	9,00	39,21	14,38
8	[A2-M2]	243,07	5,61	--	--	--	--	-96,93	11,16	37,85	15,88
9	[A2-M2]	243,07	5,61	--	--	--	--	-96,93	11,16	37,85	15,88
10	[A2-M2]	477,94	8,41	--	--	--	--	-152,88	14,81	26,82	16,73

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kN]
Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kN]
Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kN]
Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kN]

n°	Tipo	Rc	Y_{Rc}	Rt	Y_{Rt}	Rv	Y_{Rv}	Rp	Y_{Rp}
1	[A1-M1]	0,00	0,00	0,00	0,00	--	--	--	--
2	[A1-M1]	0,00	0,00	0,00	0,00	--	--	--	--
3	[A1-M1]	0,00	0,00	0,00	0,00	--	--	--	--
4	[A1-M1]	0,00	0,00	0,00	4,50	--	--	--	--
5	[A1-M1]	0,00	0,00	144,89	4,50	--	--	--	--
6	[A1-M1]	0,00	0,00	151,15	4,50	--	--	--	--
7	[A1-M1]	0,00	0,00	151,15	4,50	--	--	--	--

n°	Tipo	Rc	Y_{Rc}	Rt	Y_{Rt}	Rv	Y_{Rv}	Rp	Y_{Rp}
8	[A1-M1]	0,00	0,00	182,52	4,78	--	--	--	--
9	[A1-M1]	0,00	0,00	182,52	4,78	--	--	--	--
10	[A1-M1]	0,00	0,00	315,16	6,05	--	--	--	--
1	[A2-M2]	0,00	0,00	0,00	0,00	--	--	--	--
2	[A2-M2]	0,00	0,00	0,00	0,00	--	--	--	--
3	[A2-M2]	0,00	0,00	0,00	4,50	--	--	--	--
4	[A2-M2]	0,00	0,00	144,89	4,50	--	--	--	--
5	[A2-M2]	0,00	0,00	150,80	4,50	--	--	--	--
6	[A2-M2]	0,00	0,00	150,80	4,50	--	--	--	--
7	[A2-M2]	0,00	0,00	103,09	4,79	--	--	--	--
8	[A2-M2]	0,00	0,00	183,99	4,79	--	--	--	--
9	[A2-M2]	0,00	0,00	351,91	6,27	--	--	--	--
10	[A2-M2]								

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
P_{NUL}	Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P_{INV}	Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C_{ROT}	Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP	Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R_{MAX}	Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pp	Portanza di punta, espressa in [kN]

n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pp
1	[A1-M1]	5,24	6,55	9,71	7.47	2.12	4067,83
2	[A1-M1]	5,24	6,55	9,71	7.47	1.85	4067,83
3	[A1-M1]	5,25	6,55	9,72	7.88	1.97	4067,83
4	[A1-M1]	5,25	6,55	9,72	7.88	1.97	4067,83
5	[A1-M1]	5,25	5,95	5,55	0.00	1.25	4067,83
6	[A1-M1]	7,35	7,75	10,96	7.96	1.11	4067,83
7	[A1-M1]	7,35	7,75	10,96	0.00	1.09	4067,83
8	[A1-M1]	9,39	9,90	13,54	11.18	1.78	4067,83
9	[A1-M1]	9,39	9,90	13,54	11.18	1.78	4067,83
10	[A1-M1]	13,01	13,85	15,85	35.35	6.86	4067,83
1	[A2-M2]	5,43	6,65	9,95	13.28	4.14	1830,94
2	[A2-M2]	5,43	6,65	9,95	13.28	3.47	1830,94
3	[A2-M2]	5,45	6,80	10,01	14.94	3.78	1830,94
4	[A2-M2]	5,45	6,80	10,01	0.00	3.72	1830,94
5	[A2-M2]	5,45	6,80	5,93	0.00	2.66	1830,94
6	[A2-M2]	7,57	8,55	11,36	12.94	2.38	1830,94
7	[A2-M2]	7,57	8,55	11,36	0.00	2.30	1830,94
8	[A2-M2]	9,64	10,60	13,84	19.88	3.75	1830,94
9	[A2-M2]	9,64	10,60	13,84	0.00	3.45	1830,94
10	[A2-M2]	13,28	14,85	16,20	56.57	13.69	1830,94

Risultati tiranti

Caratteristiche dei tiranti utilizzati

Simbologia adottata

Y	ordinata della fila rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
nt	numero di tiranti della fila
N	sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kN]
L	lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]
L_f	lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]
Ld	lunghezza totale definita del tirante espressa in [m]
Ld_f	lunghezza di fondazione definita del tirante espressa in [m]
FS	Fattore di sicurezza. Rapporto tra lunghezza di fondazione definita e lunghezza di fondazione di progetto.
A_f	area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]
Rt/ml	reazione a metro lineare del tirante della fila espresso in [kN]
σ_f	tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [MPa]
u	spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]
R1, R2, R3	resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-armatura, resistenza malta) espressa in [kN]

Caratteristiche armatura file tiranti

1 file di tiranti attivi armati con trefoli
2 file di tiranti passivi armati con tondini

n°	Tipologia	Y	nt	A_t	L	L_t	Ld	Ld_t	FS
		[m]		[cmq]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	Tirante attivo (trefoli)	4,50	5	4,17	11,40	5,60	12,00	6,20	1.11
2	Tipologia tirante 2	6,50	5	7,07	7,10	4,00	11,00	7,93	1.98
3	Tipologia tirante 2	8,50	6	7,07	7,70	5,50	10,00	7,84	1.43

Fase n° 1 [A1-M1] - non sono presenti tiranti

Fase n° 2 [A1-M1] - non sono presenti tiranti

Fase n° 3 [A1-M1] - non sono presenti tiranti

Fase n° 4 [A1-M1] - n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_t	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	0,00	0,0003	0,001	0,42199	38121	108176	533536

Fase n° 5 [A1-M1] - n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_t	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	300,00	150,0003	719,426	0,27742	38121	108176	533536

Fase n° 6 [A1-M1] - n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_t	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	312,96	156,4778	750,493	0,36802	38121	108176	533536

Fase n° 7 [A1-M1] - n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_t	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	312,96	156,4778	750,493	0,36802	38121	108176	533536
2	Tipologia tirante 2	0,00	-0,0001	0,000	0,19593	25628	120454	361362

Fase n° 8 [A1-M1] - n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_t	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	325,44	162,7206	780,435	0,45543	38121	108176	533536
2	Tipologia tirante 2	52,48	26,2383	74,239	0,31053	25628	120454	361362

Fase n° 9 [A1-M1] - n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_t	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	325,44	162,7207	780,435	0,45543	38121	108176	533536
2	Tipologia tirante 2	52,48	26,2386	74,240	0,31053	25628	120454	361362
3	Tipologia tirante 2	0,00	0,0002	0,001	0,18580	25308	119015	357046

Fase n° 10 [A1-M1] - n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_t	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	336,18	168,0917	806,195	0,53095	38121	108176	533536

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
2	Tipologia tirante 2	126,49	63,2440	178,944	0,47241	25628	120454	361362
3	Tipologia tirante 2	158,24	94,9424	223,860	0,42954	25308	119015	357046

Fase n° 1 [A2-M2] - non sono presenti tiranti

Fase n° 2 [A2-M2] - non sono presenti tiranti

Fase n° 3 [A2-M2] - non sono presenti tiranti

Fase n° 4 [A2-M2] - n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	0,00	-0,0002	-0,001	0,52166	45746	108176	533536

Fase n° 5 [A2-M2] - n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	300,00	149,9998	719,424	0,36489	45746	108176	533536

Fase n° 6 [A2-M2] - n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	312,25	156,1238	748,795	0,45055	45746	108176	533536

Fase n° 7 [A2-M2] - n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	312,25	156,1237	748,795	0,45055	45746	108176	533536
2	Tipologia tirante 2	0,00	-0,0001	0,000	0,25320	30753	120454	361362

Fase n° 8 [A2-M2] - n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	324,78	162,3889	778,844	0,53828	45746	108176	533536
2	Tipologia tirante 2	56,19	28,0944	79,491	0,37590	30753	120454	361362

Fase n° 9 [A2-M2] - n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	324,78	162,3889	778,844	0,53828	45746	108176	533536
2	Tipologia tirante 2	56,19	28,0942	79,490	0,37590	30753	120454	361362
3	Tipologia tirante 2	0,00	-0,0006	-0,001	0,23307	30369	119015	357046

Fase n° 10 [A2-M2] - n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Tipologia	N	Rt/ml	σ_f	u	R1	R2	R3
		[kN]	[kN]	[MPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	334,42	167,2080	801,957	0,60618	45746	108176	533536
2	Tipologia tirante 2	145,15	72,5760	205,348	0,57051	30753	120454	361362
3	Tipologia tirante 2	207,58	124,5450	293,659	0,55279	30369	119015	357046

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]
N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)
T taglio massimo e minimo espresso in [kN]

n°	Tipo	M	Y_M	T	Y_T	N	Y_N	
		[kNm]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	
1	[A1-M1]	244,77	7,05	82,79	5,20	291,66	17,00	MAX
--	--	-0,42	15,95	-49,90	9,70	0,00	0,00	MIN
2	[A1-M1]	244,79	7,05	82,79	5,20	291,66	17,00	MAX
--	--	-0,42	15,95	-49,90	9,70	0,00	0,00	MIN
3	[A1-M1]	273,60	7,10	89,96	5,25	291,66	17,00	MAX
--	--	-0,46	15,95	-55,78	9,70	0,00	0,00	MIN
4	[A1-M1]	273,60	7,10	89,96	5,25	291,66	17,00	MAX
--	--	-0,46	15,95	-55,78	9,70	0,00	0,00	MIN
5	[A1-M1]	213,02	6,55	118,74	4,50	330,49	17,00	MAX
--	--	-1,15	15,45	-43,03	9,20	0,00	0,00	MIN
6	[A1-M1]	164,55	8,50	99,13	4,50	332,16	17,00	MAX
--	--	0,00	0,00	-52,01	4,50	0,00	0,00	MIN
7	[A1-M1]	164,55	8,50	99,13	4,50	332,16	17,00	MAX
--	--	0,00	17,00	-52,01	4,50	0,00	0,00	MIN
8	[A1-M1]	142,41	4,50	85,96	4,50	340,57	17,00	MAX
--	--	0,00	0,00	-71,22	4,50	0,00	0,00	MIN
9	[A1-M1]	142,41	4,50	85,96	4,50	340,57	17,00	MAX
--	--	0,00	0,00	-71,22	4,50	0,00	0,00	MIN
10	[A1-M1]	148,97	4,50	115,16	13,00	376,11	17,00	MAX
--	--	-162,72	10,90	-100,14	8,50	0,00	0,00	MIN
1	[A2-M2]	265,60	7,35	82,58	5,40	291,66	17,00	MAX
--	--	-0,18	16,25	-54,42	9,90	0,00	0,00	MIN
2	[A2-M2]	265,63	7,35	82,59	5,40	291,66	17,00	MAX
--	--	-0,18	16,25	-54,43	9,90	0,00	0,00	MIN
3	[A2-M2]	308,53	7,40	91,69	5,40	291,66	17,00	MAX
--	--	-0,15	16,35	-63,30	10,00	0,00	0,00	MIN
4	[A2-M2]	308,53	7,40	91,69	5,40	291,66	17,00	MAX
--	--	-0,15	16,35	-63,30	10,00	0,00	0,00	MIN
5	[A2-M2]	225,25	7,20	112,89	4,50	330,49	17,00	MAX
--	--	-0,23	16,15	-46,05	9,85	0,00	0,00	MIN
6	[A2-M2]	185,56	8,90	97,71	4,50	332,07	17,00	MAX
--	--	0,00	0,00	-53,09	4,50	0,00	0,00	MIN
7	[A2-M2]	185,56	8,90	97,71	4,50	332,07	17,00	MAX
--	--	0,00	17,00	-53,09	4,50	0,00	0,00	MIN
8	[A2-M2]	146,64	11,25	86,25	4,50	340,97	17,00	MAX
--	--	0,00	0,00	-70,60	4,50	0,00	0,00	MIN
9	[A2-M2]	146,64	11,25	86,25	4,50	340,97	17,00	MAX
--	--	0,00	17,00	-70,60	4,50	0,00	0,00	MIN
10	[A2-M2]	149,56	4,50	126,05	13,25	385,96	17,00	MAX
--	--	-268,30	11,50	-135,61	8,50	0,00	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y_U	V	Y_V	
		[cm]	[m]	[cm]	[m]	
1	[A1-M1]	0,9536	0,00	0,0117	0,00	MAX
--	--	-0,0209	12,00	0,0000	0,00	MIN
2	[A1-M1]	0,9537	0,00	0,0117	0,00	MAX
--	--	-0,0209	12,00	0,0000	0,00	MIN

n°	Tipo	U	Y_u	V	Y_v	
		[cm]	[m]	[cm]	[m]	
3	[A1-M1]	1,0700	0,00	0,0117	0,00	MAX
--	--	-0,0234	12,05	0,0000	0,00	MIN
4	[A1-M1]	1,0700	0,00	0,0117	0,00	MAX
--	--	-0,0234	12,05	0,0000	0,00	MIN
5	[A1-M1]	0,8093	0,00	0,0140	0,00	MAX
--	--	-0,0184	11,55	0,0000	0,00	MIN
6	[A1-M1]	0,8753	0,00	0,0141	0,00	MAX
--	--	-0,0135	13,20	0,0000	0,00	MIN
7	[A1-M1]	0,8753	0,00	0,0141	0,00	MAX
--	--	-0,0135	13,20	0,0000	0,00	MIN
8	[A1-M1]	0,8810	0,00	0,0146	0,00	MAX
--	--	-0,0198	17,00	0,0000	0,00	MIN
9	[A1-M1]	0,8810	0,00	0,0146	0,00	MAX
--	--	-0,0198	17,00	0,0000	0,00	MIN
10	[A1-M1]	0,7673	0,00	0,0161	0,00	MAX
--	--	-0,0772	17,00	0,0000	0,00	MIN
1	[A2-M2]	1,0736	0,00	0,0117	0,00	MAX
--	--	-0,0226	12,25	0,0000	0,00	MIN
2	[A2-M2]	1,0737	0,00	0,0117	0,00	MAX
--	--	-0,0226	12,25	0,0000	0,00	MIN
3	[A2-M2]	1,2649	0,00	0,0117	0,00	MAX
--	--	-0,0262	12,30	0,0000	0,00	MIN
4	[A2-M2]	1,2648	0,00	0,0117	0,00	MAX
--	--	-0,0262	12,30	0,0000	0,00	MIN
5	[A2-M2]	0,9506	0,00	0,0140	0,00	MAX
--	--	-0,0192	12,15	0,0000	0,00	MIN
6	[A2-M2]	1,0064	0,00	0,0141	0,00	MAX
--	--	-0,0148	13,60	0,0000	0,00	MIN
7	[A2-M2]	1,0064	0,00	0,0141	0,00	MAX
--	--	-0,0148	13,60	0,0000	0,00	MIN
8	[A2-M2]	0,9996	0,00	0,0146	0,00	MAX
--	--	-0,0266	17,00	0,0000	0,00	MIN
9	[A2-M2]	0,9996	0,00	0,0146	0,00	MAX
--	--	-0,0266	17,00	0,0000	0,00	MIN
10	[A2-M2]	0,7908	0,00	0,0165	0,00	MAX
--	--	-0,0839	17,00	0,0000	0,00	MIN

Stabilità globale

Metodo di Fellenius
Numero di cerchi analizzati 100

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
$(X_C; Y_C)$	Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R	Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
$(X_V; Y_V)$	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
$(X_M; Y_M)$	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS	Coefficiente di sicurezza

n°	Tipo	(X_C, Y_C)	R	(X_V, Y_V)	(X_M, Y_M)	FS
		[m]	[m]	[m]	[m]	
1	[A2-M2]	(0,00; 15,30)	32,30	(-25,14; -4,99)	(28,46; 0,00)	7.62
2	[A2-M2]	(-5,10; 0,00)	17,75	(-22,14; -4,97)	(12,22; -3,90)	5.84
3	[A2-M2]	(-5,10; 0,00)	17,75	(-22,14; -4,97)	(12,22; -3,90)	5.05
4	[A2-M2]	(-5,10; 0,00)	17,75	(-22,14; -4,97)	(12,22; -3,90)	5.05
5	[A2-M2]	(-5,10; 0,00)	17,75	(-22,14; -4,97)	(12,22; -3,90)	5.07
6	[A2-M2]	(-5,10; 0,00)	17,75	(-21,42; -6,98)	(12,22; -3,90)	3.29
7	[A2-M2]	(-5,10; 0,00)	17,75	(-21,42; -6,98)	(12,22; -3,90)	3.29
8	[A2-M2]	(-5,10; 0,00)	17,75	(-20,41; -8,98)	(12,22; -3,90)	2.33
9	[A2-M2]	(-5,10; 0,00)	17,75	(-20,41; -8,98)	(12,22; -3,90)	2.33
10	[A2-M2]	(-5,10; 0,00)	17,75	(-18,09; -12,09)	(12,22; -3,90)	1.49

Fase n° 10 - [A2-M2]

Numero di strisce 51

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
Le strisce sono numerate da monte verso valle

N°	numero d'ordine della striscia
W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
L	sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]
Ctn, Ctt	contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kN]

Caratteristiche delle strisce

N°	W	α(°)	Wsinα	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kN]					[MPa]	[MPa]	[kN]
1	3,3373	-45.67	-2,3872	0,86	23.04	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
2	9,9326	-42.95	-6,7671	0,82	27.52	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
3	16,0605	-40.34	-10,3959	0,79	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
4	21,6783	-37.83	-13,2952	0,76	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
5	26,8174	-35.40	-15,5353	0,74	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
6	31,5213	-33.05	-17,1887	0,72	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
7	35,8253	-30.75	-18,3179	0,70	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
8	39,7584	-28.51	-18,9775	0,69	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
9	43,3446	-26.32	-19,2159	0,67	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
10	46,6040	-24.16	-19,0769	0,66	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
11	49,5538	-22.05	-18,6000	0,65	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
12	52,2082	-19.96	-17,8219	0,64	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
13	54,5794	-17.90	-16,7763	0,63	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
14	56,6777	-15.87	-15,4949	0,63	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
15	58,5119	-13.85	-14,0077	0,62	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
16	60,0893	-11.85	-12,3430	0,62	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
17	61,4158	-9.87	-10,5282	0,61	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
18	62,4966	-7.90	-8,5894	0,61	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
19	63,3355	-5.94	-6,5522	0,61	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
20	63,9356	-3.98	-4,4413	0,60	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
21	64,2989	-2.03	-2,2813	0,60	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
22	64,4267	-0.09	-0,0962	0,60	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
23	64,3195	1.86	2,0899	0,60	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
24	63,9770	3.81	4,2531	0,60	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
25	63,3978	5.77	6,3693	0,60	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
26	62,5800	7.73	8,4140	0,61	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
27	61,5206	9.70	10,3624	0,61	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
28	60,2158	11.68	12,1892	0,61	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
29	58,6607	13.67	13,8681	0,62	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
30	56,8494	15.69	15,3720	0,62	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
31	188,2927	17.69	57,2016	0,63	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
32	186,1159	19.67	62,6452	0,61	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
33	183,6860	21.68	67,8525	0,62	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
34	180,9926	23.72	72,7946	0,63	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
35	178,0237	25.79	77,4403	0,64	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
36	174,7651	27.89	81,7558	0,65	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
37	171,2002	30.04	85,7043	0,66	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
38	180,2278	32.24	96,1362	0,67	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
39	216,0368	34.49	122,3248	0,69	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
40	211,4178	36.80	126,6459	0,71	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
41	138,6465	39.19	87,6028	0,73	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
42	103,0235	41.66	68,4753	0,75	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
43	97,1103	44.22	67,7320	0,78	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
44	90,7011	46.91	66,2389	0,81	23.04	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
45	83,5031	49.74	63,7236	0,85	27.52	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
46	75,4699	52.75	60,0719	0,90	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
47	66,4695	55.98	55,0920	0,96	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
48	56,2350	59.51	48,4588	1,04	32.01	0,0000	0,0000	(11,41; 4,67)
49	166,9065	63.47	149,3260	1,15	32.01	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
50	159,7640	68.09	148,2222	1,30	32.01	0,0000	0,0000	(5,07; 1,40)
51	90,8768	73.72	87,2345	1,56	32.01	0,0000	0,0000	(12,33; 2,52)
				2,08	28.40	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)

Resistenza a taglio paratia= 0,0000 [kN]
ΣW_i= 4477,3945 [kN]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$= 1556,9069 [kN]

$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i$= 2294,3282 [kN]
$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i$= 0,0000 [kN]

Descrizione armatura pali e caratteristiche sezione

Diametro del palo	90,00	[cm]
Area della sezione trasversale	6361,73	[cmq]
Copriferro	3,00	[cm]

L'armatura del palo è costituita da 14ϕ20(A_f=43,98 cmq) longitudinali e staffe ϕ10/13,0 cm.

Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kNm]
N	sforzo normale espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
Nu	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T	taglio espresso in [kN]
V_{Rd}	taglio resistente espresso in [kN]
FS_T	fattore di sicurezza a taglio

N°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	[A1-M1]	7,00	222,43	109,18	685,03	336,25	3.08
2	[A1-M1]	7,00	222,45	109,18	685,02	336,22	3.08
3	[A1-M1]	7,00	248,61	109,18	675,17	296,51	2.72
4	[A1-M1]	7,00	248,61	109,18	675,17	296,51	2.72
5	[A1-M1]	6,40	193,31	135,11	727,82	508,70	3.76
6	[A1-M1]	4,50	145,98	70,19	683,09	328,44	4.68
7	[A1-M1]	4,50	145,98	70,19	683,09	328,43	4.68
8	[A1-M1]	4,50	129,46	70,19	695,11	376,85	5.37
9	[A1-M1]	4,50	129,46	70,19	695,11	376,85	5.37
10	[A1-M1]	4,50	135,43	70,19	690,37	357,78	5.10
1	[A2-M2]	7,25	241,33	113,08	680,74	318,97	2.82
2	[A2-M2]	7,25	241,35	113,08	680,73	318,94	2.82
3	[A2-M2]	7,30	280,26	113,86	669,04	271,80	2.39
4	[A2-M2]	7,30	280,26	113,86	669,04	271,81	2.39
5	[A2-M2]	7,10	204,51	146,03	731,15	522,09	3.58
6	[A2-M2]	8,80	168,54	173,99	808,78	834,95	4.80
7	[A2-M2]	8,80	168,54	173,99	808,78	834,95	4.80
8	[A2-M2]	4,50	126,48	70,19	697,66	387,16	5.52
9	[A2-M2]	4,50	126,48	70,19	697,66	387,16	5.52
10	[A2-M2]	11,45	-243,74	264,31	-823,07	892,53	3.38

N°	Tipo	Y	T	Tr	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	
1	[A1-M1]	5,20	75,26	628,25	8.35
2	[A1-M1]	5,20	75,26	628,25	8.35
3	[A1-M1]	5,25	81,78	628,25	7.68
4	[A1-M1]	5,25	81,78	628,25	7.68
5	[A1-M1]	4,50	107,94	628,25	5.82
6	[A1-M1]	4,50	90,12	628,25	6.97
7	[A1-M1]	4,50	90,12	628,25	6.97
8	[A1-M1]	4,50	78,14	628,25	8.04
9	[A1-M1]	4,50	78,14	628,25	8.04
10	[A1-M1]	13,00	104,69	628,25	6.00
1	[A2-M2]	5,40	75,08	628,25	8.37
2	[A2-M2]	5,40	75,08	628,25	8.37
3	[A2-M2]	5,40	83,35	628,25	7.54
4	[A2-M2]	5,40	83,35	628,25	7.54
5	[A2-M2]	4,50	102,63	628,25	6.12
6	[A2-M2]	4,50	88,83	628,25	7.07
7	[A2-M2]	4,50	88,83	628,25	7.07
8	[A2-M2]	4,50	78,41	628,25	8.01

N°	Tipo	Y	T	Tr	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	
9	[A2-M2]	4,50	78,41	628,25	8.01
10	[A2-M2]	8,50	-123,28	628,25	5.10

Verifica armatura paratia (Inviluppo)

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M momento flettente espresso in [kNm]
N sforzo normale espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
Nu sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
FS fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T taglio espresso in [kN]
V_{Rd} taglio resistente espresso in [kN]
FS_T fattore di sicurezza a taglio

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
1	[A1-M1]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.00	0,00	628,25	1000.00
1	[A1-M1]	0,05	0,00	0,73	1,67	7703,81	1000.00	0,01	628,25	1000.00
1	[A1-M1]	0,09	0,00	1,46	5,01	7700,81	1000.00	0,03	628,25	1000.00
1	[A1-M1]	0,14	0,00	2,19	10,56	7695,82	1000.00	0,06	628,25	1000.00
1	[A1-M1]	0,19	0,01	2,92	18,33	7688,83	1000.00	0,11	628,25	1000.00
1	[A1-M1]	0,23	0,01	3,66	28,31	7679,87	1000.00	0,17	628,25	1000.00
1	[A1-M1]	0,28	0,02	4,39	40,46	7668,95	1000.00	0,68	628,25	919.56
1	[A1-M1]	0,33	0,04	5,12	54,78	7656,08	1000.00	0,84	628,25	745.35
1	[A1-M1]	0,38	0,05	5,85	71,25	7641,28	1000.00	1,02	628,25	618.61
1	[A1-M1]	0,42	0,08	6,62	91,03	7623,50	1000.00	1,21	628,25	517.98
3	[A2-M2]	0,47	0,11	7,40	113,15	7603,62	1000.00	1,42	628,25	440.93
3	[A2-M2]	0,52	0,36	8,17	328,14	7410,41	906.54	1,65	628,25	380.44
3	[A2-M2]	0,57	0,45	8,95	370,71	7372,15	823.75	1,89	628,25	331.95
3	[A2-M2]	0,62	0,55	9,72	415,03	7332,32	753.99	2,15	628,25	292.43
3	[A2-M2]	0,67	0,66	10,50	461,03	7290,97	694.39	2,42	628,25	259.73
3	[A2-M2]	0,72	0,79	11,27	508,65	7248,18	642.86	2,70	628,25	232.35
3	[A2-M2]	0,77	0,93	12,05	557,82	7203,99	597.83	3,00	628,25	209.16
3	[A2-M2]	0,82	1,09	12,83	600,41	7063,63	550.76	3,32	628,25	189.35
3	[A2-M2]	0,87	1,26	13,60	639,83	6888,65	506.50	3,65	628,25	172.27
3	[A2-M2]	0,92	1,45	14,38	678,79	6715,69	467.16	3,99	628,25	157.43
3	[A2-M2]	0,97	1,66	15,15	715,74	6531,60	431.11	4,35	628,25	144.47
3	[A2-M2]	1,02	1,89	15,93	751,54	6347,45	398.56	4,72	628,25	133.06
3	[A2-M2]	1,07	2,13	16,70	786,54	6167,40	369.28	5,11	628,25	122.97
3	[A2-M2]	1,12	2,39	17,48	818,45	5975,11	341.90	5,51	628,25	113.99
3	[A2-M2]	1,17	2,68	18,25	849,35	5788,37	317.15	5,93	628,25	105.98
3	[A2-M2]	1,22	2,98	19,03	878,68	5603,69	294.52	6,36	628,25	98.79
3	[A2-M2]	1,27	3,31	19,80	905,12	5413,86	273.40	6,81	628,25	92.32
3	[A2-M2]	1,32	3,66	20,58	930,55	5231,31	254.23	7,27	628,25	86.46
3	[A2-M2]	1,37	4,03	21,35	953,78	5049,41	236.48	7,74	628,25	81.16
3	[A2-M2]	1,42	4,43	22,13	974,65	4868,16	220.01	8,77	628,25	71.67
3	[A2-M2]	1,47	4,85	22,90	994,59	4694,97	205.00	10,02	628,25	62.67
5	[A1-M1]	1,52	5,30	23,68	1011,90	4521,70	190.97	11,29	628,25	55.62
5	[A1-M1]	1,57	5,83	24,45	1029,82	4320,55	176.69	12,58	628,25	49.96
5	[A1-M1]	1,62	6,49	25,23	1049,88	4083,84	161.88	13,87	628,25	45.30
5	[A1-M1]	1,67	7,21	26,00	1062,11	3831,98	147.37	15,17	628,25	41.41
5	[A1-M1]	1,72	7,99	26,78	1073,56	3596,20	134.30	16,49	628,25	38.11
5	[A1-M1]	1,77	8,85	27,55	1073,22	3342,74	121.32	17,81	628,25	35.27
5	[A1-M1]	1,82	9,76	28,33	1072,90	3112,58	109.87	19,15	628,25	32.81
5	[A1-M1]	1,87	10,75	29,10	1064,14	2880,98	98.99	20,50	628,25	30.65
5	[A1-M1]	1,92	11,80	29,88	1055,04	2670,92	89.39	21,85	628,25	28.75
5	[A1-M1]	1,97	12,92	30,65	1042,51	2472,94	80.67	23,23	628,25	27.05
5	[A1-M1]	2,02	14,11	31,43	1026,73	2286,76	72.76	24,61	628,25	25.53
5	[A1-M1]	2,06	15,37	32,20	1012,79	2122,22	65.90	26,00	628,25	24.16
5	[A1-M1]	2,11	16,70	32,98	995,47	1966,35	59.62	27,40	628,25	22.93
5	[A1-M1]	2,16	18,09	33,75	976,49	1821,77	53.97	28,82	628,25	21.80
5	[A1-M1]	2,21	19,56	34,53	959,76	1694,23	49.07	30,24	628,25	20.77
5	[A1-M1]	2,26	21,10	35,30	944,91	1581,08	44.78	31,68	628,25	19.83
5	[A1-M1]	2,31	22,71	36,08	929,16	1476,19	40.91	33,13	628,25	18.96
5	[A1-M1]	2,36	24,39	36,86	913,67	1380,48	37.46	34,59	628,25	18.16
5	[A1-M1]	2,41	26,15	37,63	899,84	1294,97	34.41	36,06	628,25	17.42

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
5	[A1-M1]	2,46	27,98	38,41	887,41	1218,20	31.72	37,54	628,25	16.74
5	[A1-M1]	2,51	29,88	39,18	876,21	1148,95	29.32	39,03	628,25	16.10
5	[A1-M1]	2,56	31,86	39,96	866,06	1086,23	27.19	40,53	628,25	15.50
5	[A1-M1]	2,61	33,91	40,73	856,83	1029,21	25.27	42,05	628,25	14.94
5	[A1-M1]	2,66	36,04	41,51	842,34	970,18	23.37	43,57	628,25	14.42
5	[A1-M1]	2,71	38,24	42,28	829,06	916,66	21.68	45,11	628,25	13.93
5	[A1-M1]	2,76	40,52	43,06	817,02	868,14	20.16	46,66	628,25	13.46
5	[A1-M1]	2,81	42,88	43,83	806,06	823,97	18.80	48,22	628,25	13.03
5	[A1-M1]	2,86	45,31	44,61	796,04	783,62	17.57	49,79	628,25	12.62
5	[A1-M1]	2,91	47,83	45,38	786,86	746,62	16.45	51,37	628,25	12.23
5	[A1-M1]	2,96	50,42	46,16	778,42	712,60	15.44	52,96	628,25	11.86
5	[A1-M1]	3,01	53,09	46,93	770,63	681,22	14.52	54,56	628,25	11.51
5	[A1-M1]	3,06	55,84	47,71	763,43	652,20	13.67	56,18	628,25	11.18
5	[A1-M1]	3,11	58,68	48,48	756,75	625,28	12.90	57,80	628,25	10.87
5	[A1-M1]	3,16	61,59	49,26	750,55	600,26	12.19	59,44	628,25	10.57
5	[A1-M1]	3,21	64,58	50,03	744,76	576,96	11.53	61,08	628,25	10.29
5	[A1-M1]	3,26	67,66	50,81	739,36	555,20	10.93	62,74	628,25	10.01
5	[A1-M1]	3,31	70,82	51,58	734,31	534,84	10.37	64,41	628,25	9.75
5	[A1-M1]	3,36	74,06	52,36	729,58	515,76	9.85	66,09	628,25	9.51
5	[A1-M1]	3,41	77,39	53,13	725,13	497,85	9.37	67,78	628,25	9.27
5	[A1-M1]	3,46	80,80	53,91	720,95	481,00	8.92	69,48	628,25	9.04
5	[A1-M1]	3,51	84,30	54,68	717,01	465,13	8.51	71,19	628,25	8.83
5	[A1-M1]	3,56	87,88	55,46	713,30	450,16	8.12	72,91	628,25	8.62
5	[A1-M1]	3,61	91,54	56,23	709,79	436,01	7.75	74,64	628,25	8.42
5	[A1-M1]	3,66	95,30	57,01	706,46	422,62	7.41	76,39	628,25	8.22
5	[A1-M1]	3,70	99,14	57,78	703,32	409,94	7.09	78,14	628,25	8.04
5	[A1-M1]	3,75	103,06	58,56	700,33	397,92	6.80	79,91	628,25	7.86
5	[A1-M1]	3,80	107,08	59,33	697,50	386,49	6.51	81,68	628,25	7.69
5	[A1-M1]	3,85	111,18	60,11	694,80	375,63	6.25	83,47	628,25	7.53
5	[A1-M1]	3,90	115,38	60,88	692,24	365,30	6.00	85,26	628,25	7.37
5	[A1-M1]	3,95	119,66	61,66	689,79	355,45	5.76	87,07	628,25	7.22
5	[A1-M1]	4,00	124,03	62,44	687,46	346,06	5.54	88,89	628,25	7.07
5	[A1-M1]	4,05	128,49	63,21	685,24	337,09	5.33	90,72	628,25	6.93
5	[A1-M1]	4,10	133,05	63,99	683,11	328,52	5.13	92,55	628,25	6.79
5	[A1-M1]	4,15	137,69	64,76	681,08	320,33	4.95	94,40	628,25	6.66
5	[A1-M1]	4,20	142,43	65,54	679,13	312,48	4.77	96,26	628,25	6.53
5	[A1-M1]	4,25	147,26	66,31	677,27	304,97	4.60	98,13	628,25	6.40
5	[A1-M1]	4,30	152,19	67,09	675,48	297,76	4.44	100,01	628,25	6.28
5	[A1-M1]	4,35	157,20	67,86	673,76	290,85	4.29	101,90	628,25	6.17
5	[A1-M1]	4,40	162,32	68,64	672,12	284,21	4.14	103,80	628,25	6.05
5	[A1-M1]	4,45	167,52	69,41	670,53	277,83	4.00	105,70	628,25	5.94
5	[A1-M1]	4,50	172,82	70,19	669,01	271,70	3.87	107,94	628,25	5.82
5	[A1-M1]	4,55	171,69	106,26	710,75	439,89	4.14	69,12	628,25	9.09
5	[A1-M1]	4,60	170,69	107,04	712,46	446,78	4.17	70,15	628,25	8.96
5	[A1-M1]	4,65	169,83	107,82	714,09	453,34	4.20	71,21	628,25	8.82
5	[A1-M1]	4,70	169,11	108,60	715,63	459,55	4.23	72,27	628,25	8.69
5	[A1-M1]	4,75	168,53	109,38	717,08	465,38	4.25	73,35	628,25	8.57
5	[A1-M1]	4,80	168,09	110,16	718,42	470,82	4.27	74,44	628,25	8.44
5	[A1-M1]	4,85	167,79	110,94	719,67	475,84	4.29	75,54	628,25	8.32
5	[A1-M1]	4,90	167,62	111,72	720,81	480,42	4.30	76,65	628,25	8.20
5	[A1-M1]	4,95	167,59	112,50	721,83	484,55	4.31	77,77	628,25	8.08
5	[A1-M1]	5,00	167,69	113,28	722,74	488,22	4.31	78,90	628,25	7.96
5	[A1-M1]	5,05	167,97	114,06	723,50	491,29	4.31	79,93	628,25	7.86
5	[A1-M1]	5,10	168,45	114,84	724,09	493,64	4.30	80,73	628,25	7.78
5	[A1-M1]	5,15	169,11	115,62	724,51	495,33	4.28	81,30	628,25	7.73
5	[A1-M1]	5,20	169,95	116,40	724,77	496,39	4.26	81,81	628,25	7.68
5	[A1-M1]	5,25	163,40	81,88	687,02	344,28	4.20	82,39	628,25	7.63
4	[A1-M1]	5,30	167,49	82,66	685,55	338,35	4.09	82,84	628,25	7.58
4	[A1-M1]	5,35	171,57	83,44	684,16	332,74	3.99	83,16	628,25	7.55
4	[A1-M1]	5,40	175,63	84,22	682,85	327,47	3.89	83,35	628,25	7.54
4	[A1-M1]	5,45	179,65	85,00	681,62	322,52	3.79	83,35	628,25	7.54
4	[A1-M1]	5,50	183,63	85,78	680,47	317,88	3.71	83,22	628,25	7.55
4	[A1-M1]	5,55	187,56	86,56	679,40	313,57	3.62	82,96	628,25	7.57
4	[A1-M1]	5,60	191,68	87,34	678,29	309,08	3.54	82,57	628,25	7.61
3	[A2-M2]	5,65	195,81	88,12	677,22	304,79	3.46	82,05	628,25	7.66
3	[A2-M2]	5,70	199,91	88,90	676,22	300,72	3.38	81,40	628,25	7.72
3	[A2-M2]	5,75	203,98	89,68	675,26	296,89	3.31	80,63	628,25	7.79
3	[A2-M2]	5,80	208,01	90,46	674,37	293,28	3.24	79,72	628,25	7.88
3	[A2-M2]	5,85	212,00	91,24	673,52	289,88	3.18	78,68	628,25	7.98
3	[A2-M2]	5,90	215,93	92,02	672,73	286,70	3.12	77,52	628,25	8.10
3	[A2-M2]	5,95	219,81	92,80	671,99	283,72	3.06	76,22	628,25	8.24
3	[A2-M2]	6,00	223,62	93,58	671,30	280,94	3.00	74,80	628,25	8.40
3	[A2-M2]	6,05	227,36	94,36	670,66	278,35	2.95	73,25	628,25	8.58
3	[A2-M2]	6,10	231,02	95,14	670,07	275,96	2.90	71,57	628,25	8.78
3	[A2-M2]	6,15	234,60	95,92	669,52	273,75	2.85	69,76	628,25	9.01
3	[A2-M2]	6,20	238,09	96,70	669,02	271,73	2.81	67,82	628,25	9.26

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
3	[A2-M2]	6,25	241,48	97,48	668,56	269,89	2.77	65,75	628,25	9.56
3	[A2-M2]	6,30	244,76	98,26	668,15	268,23	2.73	63,54	628,25	9.89
3	[A2-M2]	6,35	247,94	99,04	667,78	266,75	2.69	61,21	628,25	10.26
3	[A2-M2]	6,40	251,00	99,82	667,46	265,44	2.66	58,75	628,25	10.69
3	[A2-M2]	6,45	253,94	100,60	667,18	264,31	2.63	56,17	628,25	11.19
3	[A2-M2]	6,50	256,75	101,38	666,94	263,35	2.60	-77,19	628,25	8.14
3	[A2-M2]	6,55	259,42	102,16	666,75	262,57	2.57	-75,71	628,25	8.30
3	[A2-M2]	6,60	261,94	102,94	666,60	261,96	2.54	-74,24	628,25	8.46
3	[A2-M2]	6,65	264,32	103,72	666,49	261,54	2.52	-72,76	628,25	8.63
3	[A2-M2]	6,70	266,53	104,50	666,43	261,29	2.50	-71,27	628,25	8.81
3	[A2-M2]	6,75	268,58	105,28	666,41	261,22	2.48	-69,78	628,25	9.00
3	[A2-M2]	6,80	270,46	106,06	666,44	261,34	2.46	-68,29	628,25	9.20
3	[A2-M2]	6,85	272,17	106,84	666,52	261,64	2.45	-66,79	628,25	9.41
3	[A2-M2]	6,90	273,70	107,62	666,64	262,13	2.44	-65,29	628,25	9.62
3	[A2-M2]	6,95	275,06	108,40	666,80	262,78	2.42	-63,77	628,25	9.85
3	[A2-M2]	7,00	276,26	109,18	667,00	263,61	2.41	-62,25	628,25	10.09
3	[A2-M2]	7,05	277,30	109,96	667,25	264,59	2.41	-60,73	628,25	10.35
3	[A2-M2]	7,10	278,18	110,74	667,53	265,73	2.40	-59,20	628,25	10.61
3	[A2-M2]	7,15	278,92	111,52	667,85	267,03	2.39	-57,66	628,25	10.90
3	[A2-M2]	7,20	279,50	112,30	668,21	268,47	2.39	-56,12	628,25	11.20
3	[A2-M2]	7,25	279,95	113,08	668,61	270,07	2.39	-54,57	628,25	11.51
3	[A2-M2]	7,30	280,26	113,86	669,04	271,80	2.39	-53,01	628,25	11.85
3	[A2-M2]	7,35	280,43	114,64	669,51	273,69	2.39	-51,45	628,25	12.21
3	[A2-M2]	7,40	280,48	115,42	670,01	275,71	2.39	-49,88	628,25	12.60
3	[A2-M2]	7,45	280,40	116,20	670,55	277,88	2.39	-48,30	628,25	13.01
3	[A2-M2]	7,50	280,19	116,98	671,12	280,19	2.40	-46,72	628,25	13.45
3	[A2-M2]	7,55	279,87	117,76	671,73	282,63	2.40	-45,14	628,25	13.92
3	[A2-M2]	7,60	279,43	118,54	672,37	285,22	2.41	-43,54	628,25	14.43
3	[A2-M2]	7,65	278,89	119,32	673,05	287,95	2.41	-41,95	628,25	14.98
3	[A2-M2]	7,70	278,23	120,10	673,76	290,82	2.42	-40,34	628,25	15.57
3	[A2-M2]	7,75	277,47	120,88	674,51	293,84	2.43	-38,73	628,25	16.22
3	[A2-M2]	7,80	276,61	121,66	675,29	297,00	2.44	-37,12	628,25	16.93
3	[A2-M2]	7,85	275,66	122,44	676,11	300,30	2.45	-35,49	628,25	17.70
3	[A2-M2]	7,90	274,61	123,22	676,97	303,76	2.47	34,05	628,25	18.45
3	[A2-M2]	7,95	273,47	124,00	677,86	307,36	2.48	33,02	628,25	19.03
3	[A2-M2]	8,00	272,24	124,78	678,79	311,11	2.49	-32,83	628,25	19.13
3	[A2-M2]	8,05	270,93	125,56	679,76	315,02	2.51	-33,36	628,25	18.83
3	[A2-M2]	8,10	269,54	126,34	680,77	319,09	2.53	-34,10	628,25	18.42
3	[A2-M2]	8,15	268,07	127,12	681,82	323,32	2.54	-35,13	628,25	17.88
3	[A2-M2]	8,20	266,52	127,90	682,91	327,71	2.56	-36,11	628,25	17.40
3	[A2-M2]	8,25	264,91	128,68	684,04	332,26	2.58	-37,05	628,25	16.96
3	[A2-M2]	8,30	263,22	129,46	685,22	336,99	2.60	-37,95	628,25	16.56
3	[A2-M2]	8,35	261,47	130,24	686,43	341,90	2.63	-38,79	628,25	16.19
3	[A2-M2]	8,40	259,66	131,02	687,69	346,99	2.65	-39,60	628,25	15.86
3	[A2-M2]	8,45	257,79	131,80	689,00	352,26	2.67	-40,37	628,25	15.56
3	[A2-M2]	8,50	255,86	132,57	690,36	357,72	2.70	-123,28	628,25	5.10
3	[A2-M2]	8,55	253,86	133,35	691,76	363,39	2.72	-121,58	628,25	5.17
3	[A2-M2]	8,60	251,80	134,13	693,23	369,28	2.75	-119,88	628,25	5.24
3	[A2-M2]	8,65	249,68	134,91	694,75	375,41	2.78	-118,17	628,25	5.32
3	[A2-M2]	8,70	247,49	135,69	696,33	381,78	2.81	-116,45	628,25	5.39
3	[A2-M2]	8,75	245,25	136,47	697,97	388,40	2.85	-114,73	628,25	5.48
3	[A2-M2]	8,80	242,95	137,25	699,68	395,28	2.88	-113,01	628,25	5.56
3	[A2-M2]	8,85	240,60	138,03	701,45	402,42	2.92	-111,28	628,25	5.65
3	[A2-M2]	8,90	238,21	138,81	703,29	409,84	2.95	-109,55	628,25	5.73
3	[A2-M2]	8,95	235,76	139,59	705,20	417,55	2.99	-107,81	628,25	5.83
3	[A2-M2]	9,00	233,28	140,37	707,19	425,55	3.03	-106,07	628,25	5.92
3	[A2-M2]	9,05	230,75	141,15	709,25	433,86	3.07	-104,32	628,25	6.02
3	[A2-M2]	9,10	228,18	141,93	711,40	442,50	3.12	-102,56	628,25	6.13
3	[A2-M2]	9,15	225,58	142,71	713,62	451,46	3.16	-100,80	628,25	6.23
3	[A2-M2]	9,20	222,95	143,49	715,93	460,78	3.21	-99,04	628,25	6.34
3	[A2-M2]	9,25	220,29	144,27	718,34	470,46	3.26	-97,27	628,25	6.46
3	[A2-M2]	9,30	217,59	145,05	720,83	480,52	3.31	-95,50	628,25	6.58
3	[A2-M2]	9,35	214,88	145,83	723,43	490,98	3.37	-93,72	628,25	6.70
3	[A2-M2]	9,40	212,13	146,61	726,12	501,85	3.42	-91,94	628,25	6.83
3	[A2-M2]	9,45	209,37	147,39	728,93	513,15	3.48	-90,15	628,25	6.97
3	[A2-M2]	9,50	206,58	148,17	731,85	524,91	3.54	-88,36	628,25	7.11
3	[A2-M2]	9,55	203,78	148,95	734,88	537,15	3.61	-86,56	628,25	7.26
3	[A2-M2]	9,60	200,97	149,73	738,04	549,89	3.67	-84,76	628,25	7.41
3	[A2-M2]	9,65	198,14	150,51	741,33	563,15	3.74	-82,95	628,25	7.57
3	[A2-M2]	9,70	195,29	151,29	744,76	576,96	3.81	-81,14	628,25	7.74
3	[A2-M2]	9,75	192,44	152,07	748,33	591,35	3.89	-79,33	628,25	7.92
3	[A2-M2]	9,80	189,58	152,85	752,06	606,35	3.97	-77,51	628,25	8.11
3	[A2-M2]	9,85	186,71	153,63	755,94	622,00	4.05	-75,68	628,25	8.30
3	[A2-M2]	9,90	183,84	154,41	759,99	638,33	4.13	-73,85	628,25	8.51
3	[A2-M2]	9,95	180,97	155,19	764,22	655,37	4.22	-72,02	628,25	8.72
3	[A2-M2]	10,00	178,09	155,97	768,64	673,17	4.32	-70,18	628,25	8.95

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdc}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
3	[A2-M2]	10,05	175,21	156,75	773,26	691,78	4.41	-68,34	628,25	9.19
3	[A2-M2]	10,10	172,34	157,53	778,08	711,24	4.51	-66,49	628,25	9.45
10	[A2-M2]	10,15	-193,23	244,03	-867,59	1095,72	4.49	-64,64	628,25	9.72
10	[A2-M2]	10,20	-196,41	244,81	-864,69	1077,77	4.40	-62,78	628,25	10.01
10	[A2-M2]	10,25	-199,50	245,59	-861,99	1061,13	4.32	-60,92	628,25	10.31
10	[A2-M2]	10,30	-202,50	246,37	-859,50	1045,69	4.24	-59,06	628,25	10.64
10	[A2-M2]	10,35	-205,41	247,15	-857,18	1031,37	4.17	-57,19	628,25	10.99
10	[A2-M2]	10,40	-208,22	247,93	-853,89	1016,73	4.10	-56,61	628,25	11.10
10	[A2-M2]	10,45	-210,94	248,71	-850,40	1002,67	4.03	-56,39	628,25	11.14
10	[A2-M2]	10,50	-213,57	249,49	-847,18	989,60	3.97	-56,17	628,25	11.19
10	[A2-M2]	10,55	-216,10	250,27	-844,21	977,71	3.91	-55,81	628,25	11.26
10	[A2-M2]	10,60	-218,53	251,05	-841,47	966,68	3.85	-55,47	628,25	11.33
10	[A2-M2]	10,65	-220,88	251,83	-838,95	956,53	3.80	-55,11	628,25	11.40
10	[A2-M2]	10,70	-223,12	252,61	-836,64	947,21	3.75	-54,73	628,25	11.48
10	[A2-M2]	10,75	-225,27	253,39	-834,52	938,68	3.70	-54,33	628,25	11.56
10	[A2-M2]	10,80	-227,33	254,17	-832,59	930,89	3.66	-53,91	628,25	11.65
10	[A2-M2]	10,85	-229,29	254,95	-830,83	923,81	3.62	-53,47	628,25	11.75
10	[A2-M2]	10,90	-231,16	255,73	-829,24	917,39	3.59	-53,02	628,25	11.85
10	[A2-M2]	10,95	-232,93	256,51	-827,81	911,62	3.55	-52,55	628,25	11.96
10	[A2-M2]	11,00	-234,61	257,29	-826,52	906,42	3.52	-52,06	628,25	12.07
10	[A2-M2]	11,05	-236,20	258,07	-825,37	901,79	3.49	-51,56	628,25	12.19
10	[A2-M2]	11,10	-237,69	258,85	-824,37	897,77	3.47	-51,04	628,25	12.31
10	[A2-M2]	11,15	-239,05	259,63	-823,55	894,45	3.45	-50,51	628,25	12.44
10	[A2-M2]	11,20	-240,26	260,41	-822,92	891,93	3.43	-49,97	628,25	12.57
10	[A2-M2]	11,25	-241,31	261,19	-822,51	890,28	3.41	-49,41	628,25	12.72
10	[A2-M2]	11,30	-242,18	261,97	-822,32	889,52	3.40	-48,84	628,25	12.86
10	[A2-M2]	11,35	-242,88	262,75	-822,36	889,64	3.39	-48,27	628,25	13.02
10	[A2-M2]	11,40	-243,40	263,53	-822,60	890,65	3.38	-47,68	628,25	13.18
10	[A2-M2]	11,45	-243,74	264,31	-823,07	892,53	3.38	-47,08	628,25	13.34
10	[A2-M2]	11,50	-243,91	265,09	-823,75	895,28	3.38	-46,48	628,25	13.52
10	[A2-M2]	11,55	-243,90	265,87	-824,66	898,93	3.38	-45,86	628,25	13.70
10	[A2-M2]	11,60	-243,72	266,65	-825,79	903,48	3.39	-45,24	628,25	13.89
10	[A2-M2]	11,65	-243,36	267,43	-827,14	908,94	3.40	-44,61	628,25	14.08
10	[A2-M2]	11,70	-242,83	268,21	-828,73	915,35	3.41	-43,98	628,25	14.29
10	[A2-M2]	11,75	-242,12	268,99	-830,56	922,72	3.43	-43,34	628,25	14.50
10	[A2-M2]	11,80	-241,24	269,77	-832,64	931,10	3.45	-42,70	628,25	14.71
10	[A2-M2]	11,85	-240,19	270,55	-834,98	940,52	3.48	-42,05	628,25	14.94
10	[A2-M2]	11,90	-238,96	271,33	-837,59	951,05	3.51	-41,39	628,25	15.18
10	[A2-M2]	11,95	-237,56	272,11	-840,49	962,73	3.54	42,66	628,25	14.73
10	[A2-M2]	12,00	-235,98	272,89	-843,70	975,64	3.58	44,75	628,25	14.04
10	[A2-M2]	12,05	-234,20	273,67	-847,27	990,06	3.62	48,10	628,25	13.06
10	[A2-M2]	12,10	-232,17	274,45	-851,31	1006,31	3.67	51,45	628,25	12.21
10	[A2-M2]	12,15	-229,91	275,23	-855,83	1024,53	3.72	54,72	628,25	11.48
10	[A2-M2]	12,20	-227,41	276,01	-858,99	1042,57	3.78	57,84	628,25	10.86
10	[A2-M2]	12,25	-224,68	276,79	-862,16	1062,13	3.84	60,82	628,25	10.33
10	[A2-M2]	12,30	-221,72	277,57	-865,65	1083,69	3.90	63,65	628,25	9.87
10	[A2-M2]	12,35	-218,54	278,35	-869,49	1107,42	3.98	66,33	628,25	9.47
10	[A2-M2]	12,40	-215,15	279,13	-873,70	1133,49	4.06	69,91	628,25	8.99
10	[A2-M2]	12,45	-211,55	279,91	-878,34	1162,12	4.15	74,04	628,25	8.49
10	[A2-M2]	12,50	-207,75	280,69	-883,43	1193,56	4.25	78,06	628,25	8.05
10	[A2-M2]	12,55	-203,75	281,47	-889,01	1228,10	4.36	81,99	628,25	7.66
10	[A2-M2]	12,60	-199,56	282,25	-895,16	1266,08	4.49	85,79	628,25	7.32
10	[A2-M2]	12,65	-195,17	283,03	-901,93	1307,90	4.62	89,49	628,25	7.02
10	[A2-M2]	12,70	-190,61	283,81	-909,39	1354,02	4.77	93,08	628,25	6.75
10	[A2-M2]	12,75	-185,87	284,59	-917,64	1405,01	4.94	96,56	628,25	6.51
10	[A2-M2]	12,80	-180,96	285,37	-926,79	1461,53	5.12	99,94	628,25	6.29
10	[A2-M2]	12,85	-175,88	286,15	-936,96	1524,40	5.33	103,23	628,25	6.09
10	[A2-M2]	12,90	-170,64	286,92	-946,22	1591,08	5.55	106,43	628,25	5.90
10	[A2-M2]	12,95	-165,24	287,70	-955,82	1664,25	5.78	109,53	628,25	5.74
10	[A2-M2]	13,00	-159,69	288,48	-966,58	1746,19	6.05	112,49	628,25	5.59
10	[A2-M2]	13,05	-154,05	289,26	-978,56	1837,53	6.35	113,14	628,25	5.55
10	[A2-M2]	13,10	-148,37	290,04	-991,87	1938,91	6.68	113,69	628,25	5.53
10	[A2-M2]	13,15	-142,68	290,82	-1006,71	2051,98	7.06	114,13	628,25	5.50
10	[A2-M2]	13,20	-136,97	291,60	-1016,31	2163,76	7.42	114,43	628,25	5.49
10	[A2-M2]	13,25	-131,24	292,38	-1026,80	2287,57	7.82	114,59	628,25	5.48
10	[A2-M2]	13,30	-125,51	293,16	-1038,50	2425,72	8.27	114,52	628,25	5.49
10	[A2-M2]	13,35	-119,78	293,94	-1051,07	2579,27	8.77	114,31	628,25	5.50
10	[A2-M2]	13,40	-114,07	294,72	-1057,72	2732,88	9.27	113,94	628,25	5.51
10	[A2-M2]	13,45	-108,37	295,50	-1065,16	2904,42	9.83	113,44	628,25	5.54
10	[A2-M2]	13,50	-102,70	296,28	-1072,87	3095,17	10.45	112,80	628,25	5.57
10	[A2-M2]	13,55	-97,06	297,06	-1073,14	3284,47	11.06	112,03	628,25	5.61
10	[A2-M2]	13,60	-91,46	297,84	-1073,44	3495,75	11.74	111,12	628,25	5.65
10	[A2-M2]	13,65	-85,90	298,62	-1067,91	3712,40	12.43	110,07	628,25	5.71
10	[A2-M2]	13,70	-80,40	299,40	-1057,04	3936,38	13.15	108,86	628,25	5.77
10	[A2-M2]	13,75	-74,96	300,18	-1042,72	4175,87	13.91	107,51	628,25	5.84
10	[A2-M2]	13,80	-69,58	300,96	-1021,22	4417,16	14.68	106,00	628,25	5.93

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rd}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
8	[A2-M2]	13,85	69,84	260,84	1056,58	3945,86	15.13	104,35	628,25	6.02
8	[A2-M2]	13,90	68,12	261,62	1052,01	4040,02	15.44	102,57	628,25	6.13
8	[A2-M2]	13,95	66,41	262,40	1046,38	4134,71	15.76	100,63	628,25	6.24
8	[A2-M2]	14,00	64,69	263,18	1038,39	4224,46	16.05	98,54	628,25	6.38
8	[A2-M2]	14,05	62,98	263,96	1030,10	4317,45	16.36	96,30	628,25	6.52
8	[A2-M2]	14,10	61,27	264,74	1021,52	4413,79	16.67	93,93	628,25	6.69
8	[A2-M2]	14,15	59,57	265,52	1012,62	4513,61	17.00	91,42	628,25	6.87
8	[A2-M2]	14,20	57,87	266,30	1003,41	4617,04	17.34	88,76	628,25	7.08
8	[A2-M2]	14,25	56,19	267,08	992,15	4716,14	17.66	85,97	628,25	7.31
8	[A2-M2]	14,30	54,51	267,86	980,43	4817,97	17.99	83,03	628,25	7.57
8	[A2-M2]	14,35	52,84	268,64	968,32	4923,09	18.33	79,96	628,25	7.86
8	[A2-M2]	14,40	51,18	269,42	955,83	5031,61	18.68	76,75	628,25	8.19
10	[A1-M1]	14,45	47,47	302,15	879,52	5597,66	18.53	73,39	628,25	8.56
10	[A1-M1]	14,50	48,08	302,93	883,71	5567,60	18.38	69,88	628,25	8.99
10	[A1-M1]	14,55	48,54	303,71	886,54	5547,24	18.27	66,22	628,25	9.49
10	[A1-M1]	14,60	48,85	304,49	888,12	5535,95	18.18	62,42	628,25	10.06
10	[A1-M1]	14,65	49,02	305,27	888,50	5533,20	18.13	58,46	628,25	10.75
10	[A1-M1]	14,70	49,06	306,05	887,75	5538,55	18.10	54,36	628,25	11.56
10	[A1-M1]	14,75	48,96	306,83	885,93	5551,63	18.09	50,11	628,25	12.54
10	[A1-M1]	14,80	48,75	307,61	883,07	5572,14	18.11	45,71	628,25	13.74
10	[A1-M1]	14,85	48,42	308,39	879,22	5599,85	18.16	41,20	628,25	15.25
10	[A1-M1]	14,90	47,98	309,17	874,38	5634,55	18.22	36,83	628,25	17.06
10	[A1-M1]	14,95	47,43	309,95	868,27	5673,99	18.31	32,63	628,25	19.26
10	[A1-M1]	15,00	46,78	310,73	860,95	5718,26	18.40	-28,94	628,25	21.71
10	[A1-M1]	15,05	46,04	311,51	852,57	5768,94	18.52	-28,45	628,25	22.08
10	[A1-M1]	15,10	45,19	312,29	843,07	5826,34	18.66	-27,95	628,25	22.48
10	[A1-M1]	15,15	44,24	313,07	832,47	5890,40	18.82	-27,44	628,25	22.90
10	[A1-M1]	15,20	43,21	313,85	820,77	5961,08	18.99	-26,91	628,25	23.35
10	[A1-M1]	15,25	42,10	314,63	807,99	6038,36	19.19	-26,36	628,25	23.83
10	[A1-M1]	15,30	40,91	315,40	794,11	6122,24	19.41	-25,80	628,25	24.35
10	[A1-M1]	15,35	39,65	316,18	778,59	6208,33	19.64	-26,42	628,25	23.78
10	[A1-M1]	15,40	38,33	316,96	761,46	6296,45	19.86	-27,55	628,25	22.81
10	[A1-M1]	15,45	36,95	317,74	743,21	6390,31	20.11	-28,55	628,25	22.00
10	[A1-M1]	15,50	35,53	318,52	723,86	6489,87	20.37	-29,43	628,25	21.35
10	[A1-M1]	15,55	34,06	319,30	703,40	6595,09	20.65	-30,19	628,25	20.81
10	[A1-M1]	15,60	32,55	320,08	681,59	6703,27	20.94	-30,82	628,25	20.39
10	[A1-M1]	15,65	31,01	320,86	657,90	6808,41	21.22	-31,32	628,25	20.06
10	[A1-M1]	15,70	29,44	321,64	633,20	6918,09	21.51	-31,70	628,25	19.82
10	[A1-M1]	15,75	27,85	322,42	607,51	7032,13	21.81	-31,96	628,25	19.66
10	[A2-M2]	15,80	21,98	332,16	481,18	7272,87	21.90	-32,09	628,25	19.58
10	[A2-M2]	15,85	21,02	332,94	460,37	7291,57	21.90	-32,10	628,25	19.57
10	[A2-M2]	15,90	20,00	333,72	438,18	7311,52	21.91	-31,99	628,25	19.64
10	[A2-M2]	15,95	18,92	334,50	414,78	7332,54	21.92	-31,75	628,25	19.79
10	[A2-M2]	16,00	17,80	335,28	390,36	7354,49	21.94	-31,39	628,25	20.01
10	[A2-M2]	16,05	16,63	336,06	365,12	7377,17	21.95	-30,91	628,25	20.33
10	[A2-M2]	16,10	15,44	336,84	339,25	7400,42	21.97	-30,30	628,25	20.73
10	[A2-M2]	16,15	14,23	337,62	312,94	7424,07	21.99	-29,58	628,25	21.24
10	[A2-M2]	16,20	13,01	338,40	286,39	7447,93	22.01	-28,73	628,25	21.87
10	[A2-M2]	16,25	11,79	339,18	259,80	7471,83	22.03	-27,76	628,25	22.63
10	[A2-M2]	16,30	10,58	339,95	233,36	7495,58	22.05	-26,66	628,25	23.56
10	[A2-M2]	16,35	9,39	340,73	207,30	7519,00	22.07	-25,45	628,25	24.69
10	[A2-M2]	16,40	8,23	341,51	181,82	7541,90	22.08	-24,11	628,25	26.05
10	[A2-M2]	16,45	7,11	342,29	157,13	7564,09	22.10	-22,66	628,25	27.73
10	[A2-M2]	16,50	6,04	343,07	133,45	7585,37	22.11	-21,08	628,25	29.81
10	[A2-M2]	16,55	5,02	343,85	111,00	7605,55	22.12	-19,38	628,25	32.43
10	[A2-M2]	16,60	4,07	344,63	89,99	7624,44	22.12	-17,55	628,25	35.79
10	[A2-M2]	16,65	3,19	345,41	70,64	7641,83	22.12	-15,78	628,25	39.82
10	[A2-M2]	16,70	2,40	346,19	53,17	7657,52	22.12	-13,88	628,25	45.28
10	[A2-M2]	16,75	1,71	346,97	37,81	7671,33	22.11	-11,78	628,25	53.32
10	[A2-M2]	16,80	1,12	347,75	24,77	7683,05	22.09	-9,50	628,25	66.12
10	[A2-M2]	16,85	0,65	348,53	14,26	7692,50	22.07	-7,03	628,25	89.37
10	[A2-M2]	16,90	0,29	349,31	6,49	7699,48	22.04	-4,37	628,25	143.78
10	[A2-M2]	16,95	0,08	350,09	1,67	7703,81	22.01	-1,52	628,25	413.43

Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione M_u-N_u della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	R_{bk} = 25,0 [MPa])
Tensione caratteristica cilindrica del cls (0.83xR_{bk})	R_{ck} = 212 (Kg/cm^2)
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	ψ= 0.85
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	f_{yk} = 450,0 [MPa])
Coefficiente di sicurezza cls	γ_c = 1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	γ_s = 1.15
Resistenza di calcolo del cls($\psi R_{ck}/\gamma_c$)	R^*_c = 120 (Kg/cm^2)
Resistenza di calcolo dell'acciaio(f_{yk}/γ_s)	R^*_s = 3990 (Kg/cm^2)
Modulo elastico dell'acciaio	E_s = 2100000 (Kg/cm^2)
Deformazione ultima del calcestruzzo	ε_{cu} = 0.0035(0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	ε_{ck} = 0.0020(0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	ε_{yu} = 0.0100(1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico (R^*_s/E_s)	ε_{yk} = 0.0015(0.19%)

Legame costitutivo del calcestruzzo

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:
Tratto parabolico: $0<=\varepsilon_c<=\varepsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R^*_c(2\varepsilon_c\varepsilon_{ck}-\varepsilon_c^2)}{\varepsilon_{ck}^2}$$

Tratto rettangolare: $\varepsilon_{ck}<\varepsilon_c<=\varepsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R^*_c$$

Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:
$\sigma_s = E_s\varepsilon_s$ per $0<=\varepsilon_s<=\varepsilon_{sy}$
$\sigma_s = R^*_s$ per $\varepsilon_{sy}<\varepsilon_s<=\varepsilon_{su}$

Tratto armatura 1

N°	N_u [kN]	M_u [kNm]
1	-1721,0464	0,0000
2	0,0000	601,5902
3	1027,3746	856,5329
4	1541,0618	939,6575
5	2054,7491	1007,0691
6	2568,4364	1050,5987
7	3082,1237	1072,8547
8	3595,8109	1073,5766
9	4109,4982	1048,6310
10	4623,1855	1002,8580
11	5136,8728	943,7036
12	5650,5601	872,1515
13	6164,2473	787,1580
14	6677,9346	687,2956
15	7191,6219	571,5820
16	7705,3092	0,0000
17	7705,3092	0,0000
18	7191,6219	-571,5820
19	6677,9346	-687,2956
20	6164,2473	-787,1580
21	5650,5601	-872,1515
22	5136,8728	-943,7036
23	4623,1855	-1002,8580
24	4109,4982	-1048,6310
25	3595,8109	-1073,5766
26	3082,1237	-1072,8547

N°	N_u [kN]	M_u [kNm]
27	2568,4364	-1050,5987
28	2054,7491	-1007,0691
29	1541,0618	-939,6575
30	1027,3746	-856,5329
31	0,0000	-601,5902
32	-1721,0464	0,0000

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale
T_h taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale
M_v momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale
T_v taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=90,00 [cm] H=75,00 [cm]
A_{fv}=22,12 [cmq] A_{fh}=18,10 [cmq]
M_h=96,78 [kNm] M_{uh}=725,26 [kNm]
T_h=193,57 [kN] T_{Rh}=724,18 [kN]
M_v=6,70 [kNm] M_{uv}=597,88 [kNm]
T_v=14,89 [kN] T_R=724,18 [kN]
Staffe ϕ10/11 Nbh=2 - Nbv=2
FS=7.49
FS_T=3.74
FS=89.21
FS_{Tv}=48.62

Cordolo N° 2 (X=4,50 m) (Cordolo in acciaio)

A=74,80 [cmq] W=400,00 [cm^3]
M_h=65,76 [kNm] T_h=146,13 [kN]
σ_f = 164,394 [MPa] τ_f = 19,536 [MPa]
M_v=17,62 [kNm] T_v=39,15 [kN]
σ_{id} = 167,840 [MPa]

Cordolo N° 3 (X=6,50 m) (Cordolo in acciaio)

A=74,80 [cmq] W=400,00 [cm^3]
M_h=28,39 [kNm] T_h=63,09 [kN]
σ_f = 70,979 [MPa] τ_f = 8,435 [MPa]
M_v=7,61 [kNm] T_v=16,91 [kN]
σ_{id} = 72,467 [MPa]

Cordolo N° 4 (X=8,50 m) (Cordolo in acciaio)

A=74,80 [cmq] W=400,00 [cm^3]
M_h=48,72 [kNm] T_h=108,27 [kN]
σ_f = 121,805 [MPa] τ_f = 14,475 [MPa]
M_v=13,06 [kNm] T_v=29,01 [kN]
σ_{id} = 124,358 [MPa]

Indice

Normative di riferimento 2
Richiami teorici 3
Metodo di analisi 3
Calcolo della profondità di infissione 3
Calcolo della spinte 3
Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo) 3
Spinta in presenza di sisma 4
Tiranti di ancoraggio 5
Analisi ad elementi finiti 5
Schematizzazione del terreno 5
Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno 6
Analisi per fasi di scavo 6
Verifica alla stabilità globale 7
Dati 7
Geometria paratia 7
Geometria cordoli 7
Geometria profilo terreno 8
Descrizione terreni 8
Descrizione stratigrafia 9
Caratteristiche materiali utilizzati 9
Condizioni di carico 9
Caratteristiche tiranti di ancoraggio 10
Descrizione tiranti di ancoraggio (Armatura trefoli) 10
Descrizione tiranti di ancoraggio (Armatura tubolare) 11
Fasi di scavo 11
Impostazioni di progetto 12
Impostazioni di analisi 12
Impostazioni analisi sismica 14
Analisi della paratia 14
Forze agenti sulla paratia 15
Risultati tiranti 15
Caratteristiche dei tiranti utilizzati 18
Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia 18
Spostamenti massimi e minimi della paratia 19
Stabilità globale 21
Descrizione armatura pali e caratteristiche sezione 21
Verifica armatura paratia (Sezioni critiche) 22
Verifica armatura paratia (Inviluppo) 27
Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni 28
Verifica sezione cordoli

F.3 BERECHNUNGEN BOHRPFAHLWÄNDE NICHT VERANKERT

F.3 CALCOLI PARATIE DI PALI TRIVELLATI NON TIRANTATI

Tunnel - PROGETTO STRUTTURALE

D1.01.1a Erläuterungs- und Statikbericht

1 ALLGEMEIN

1.1 Gegenstand

Dieses Kapitel wurde im Rahmen des Ausführungsprojekts des neuen Tunnels erstellt und zeigt die Spannungs- und Verformungsanalysen der Regelquerschnitte des Tunnels in den zwei Bereichen welche mit "Top-down" Technologie zu errichten sind. Die Berechnung erfolgt mit einem 2D FE-Modell.

Es wird angegeben, dass die Berechnungen nur die Definition der Spannungen und Verformungen des Tunnels in den analysierten Schnitten zeigen. Am Ende des Kapitels folgt die statische Berechnung der einzelnen Bohrpfahlquerschnitte.

1.2 Allgemeine Beschreibung des Projektes

Das Projekt umfasst den Bau eines Tunnels zwischen Verdiplatz und Walterplatz, der zum Teil mittels Top-Down-Aushubverfahren ausgeführt wird. Die zwei Abschnitte in Top.Down haben eine Gesamtlänge von 185 m. Die Hauptmerkmale der künstlichen Galerie werden unten beschrieben. Weitere Informationen finden Sie in den folgenden Kapiteln zu den jeweiligen Projektzeichnungen.

1. Die Netto-Innenbreite des Tunnels ist variabel von 9,50 m bis 7,20 m, während die Innenhöhe, gemessen von der Unterkante der Tunneldecke bis zur Oberkante der Fundamentplatte, zwischen 8,19 m und 6,42 m variiert.
2. Die Wände des Tunnels bestehen aus tangierenden Bohrpfählen mit Durchmesser von 900 mm und 750 mm, abhängig von der Höhe der Baugrube. Innen ist eine 30cm starke Stahlbetonwand als Vorschale vorgesehen. Die Länge der Pfähle ist variabel zwischen 12,50 m und 15,00 m, was einer Einbindetiefe von ca. 4,50 m entspricht.
3. Die obere Decke hat eine Dicke zwischen 0,70 m und 1,00 m. Die Höhe des Bodenaufbaus liegt bei 1,50÷1,70 m. Die Fundamentplatte hat eine kon-

1 GENERALITÁ

1.1 Oggetto e scopo

Il presente capitolo é stato redatto nell'ambito del progetto esecutivo del nuovo tunnel e documenta le analisi tenso-deformative delle sezioni tipo in galleria artificiale, relative ai due tronchi da eseguire mediante tecnologia "top-down", svolte mediante modelli ad elementi finiti bidimensionali (FEM-2D).

Si precisa che le analisi sono finalizzate alla sola definizione del regime tensionale e deformativo della galleria nelle sezioni tipo analizzate. Al termine del capitolo seguirá la verifica statica delle varie sezioni dei pali trivellati.

1.2 Descrizione sommaria dell'intervento in progetto

Il progetto prevede la realizzazione di una galleria artificiale di collegamento tra piazza Verdi e piazza Walter, da eseguirsi in parte con metodologia di scavo "top-down" per due tronchi di lunghezza complessiva pari a 185m. Le principali caratteristiche della galleria artificiale sono di seguito descritte. Per maggiori dettagli si rimanda ai capitoli seguenti ad agli specifici elaborati grafici di progetto.

1. La larghezza netta interna della galleria risulta variabile da 9.50m a 7.20m, mentre l'altezza netta interna misurata da intradosso soletta di copertura ad estradosso platea di fondazione risulta variabile tra 8.19m e 6.42m;
2. I piedritti della galleria sono costituiti da paratie di pali accostati aventi diametro pari a 900mm e 750mm in funzione dell'altezza di scavo, rivestite da una controparete in c.a. di spessore pari a 30cm. La lunghezza dei pali risulta variabile tra 12.50m e 15.00m cui corrisponde un immorsamento minimo oltre la quota di fondo scavo dell'ordine di 4.50m;
3. La soletta superiore di copertura presenta uno spessore variabile tra 0.70m e 1.00m con altezza di ricoprimento dell'ordine di 1.50÷1.70m,

stante Dicke von 0,70 m hat und dient als Abstützung für die Bohrpfahlwände. Die Vorschale ist mittels Anschlusseisen mit der Fundamentplatte strukturell verbunden.

Die Vorschale wird in den Berechnungen nicht berücksichtigt.

1.3 Dokumente als Grundlage

Die geotechnischen und seismischen Parameter wurden aus folgenden Unterlagen des Ausführungsprojektes abgeleitet:

B7.1: Geologischer Bericht

B7.2: Geotechnischer Bericht

1.4 Gesetze und Normen

Siehe Kapitel B.

1.5 EDV-Programme

Die Berechnungen zur Untersuchung der Spannungen und Verformungen in den verschiedenen Schnitten wurden mit Hilfe des Finite-Elemente Programm FEM-2D PLAXIS V8 Professional (Plaxis b.v.) durchgeführt.

Für alle Infos siehe Bedienungsanleitung.

mentre la platea di fondo presenta uno spessore costante pari a 0.70m e sarà gettata in appoggio ai pali ed in continuità strutturale con le contropareti mediante oppurtuni ferri di ripresa.

La controparete non viene considerata nei calcoli successivi.

1.3 Documenti di riferimento

I parametri geotecnici e sismici sono stati ricavati dai seguenti documenti esecutivi:

B7.1: Relazione geologia

B7.2: Relazione geotecnica

1.4 Normativa di riferimento

Vedi capitolo B.

1.5 Codici di calcolo

Le analisi numeriche finalizzate allo studio del regime tenso-deformativo delle sezioni tipo di scavo sono state svolte con l'ausilio del codice ad elementi finiti FEM-2D PLAXIS V8 Professional (Plaxis b.v.).

Per i dettagli si rimanda al rispettivo manuale d'uso.

2 GEOTECHNISCHE UND SEISMISCHE KENNWERTE DES STANDORTES

Siehe Kapitel D.

2 INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO; GEOTECNICO E SISMICO DEL SITO

Vedi capitolo D.

3 FEM-2D BERECHNUNG - ALLGEMEIN

Dieses Kapitel ist nur in italienischer Sprache.

3 ANALISI FEM-2D – GENERALITA'

Questo capitolo è solo in lingua itallana.

3.1 Scelta e calibrazione del modello costitutivo

Ai fini delle analisi tenso-deformative di seguito documentate i terreni in sito sono stati modellati facendo ricorso ad un modello costitutivo elasto-plastico incrudente "Hardening Soil model" (HS – libreria PLAXIS) caratterizzato da un criterio di rottura di Mohr-Coulomb, "cap" volumetrico, legge elastica di tipo "iperbolico" e possibilità di definire il rapporto tra modulo elastico in condizioni di carico "vergine" e di "scarico-ricarico".

Tale modello risulta definito compiutamente dai seguenti parametri:

Parametri stato e di resistenza al taglio

γ = peso di volume

c' = coesione efficace

ϕ' = angolo d'attrito

ψ = angolo di dilatanza

Parametri di deformabilità

E_{50}^{ref} = rigidezza in condizioni di carico "vergine"

E_{ur}^{ref} = rigidezza in condizioni di "scarico-ricarico"

E_{oed}^{ref} = rigidezza in condizioni di carico edometriche

m = esponente legge iperbolica

In figura n.3.1 è illustrata la superficie di plasticizzazione (criterio di rottura di Mohr-Coulomb) nello spazio degli sforzi principali $\sigma 1$, $\sigma 2$, $\sigma 3$.

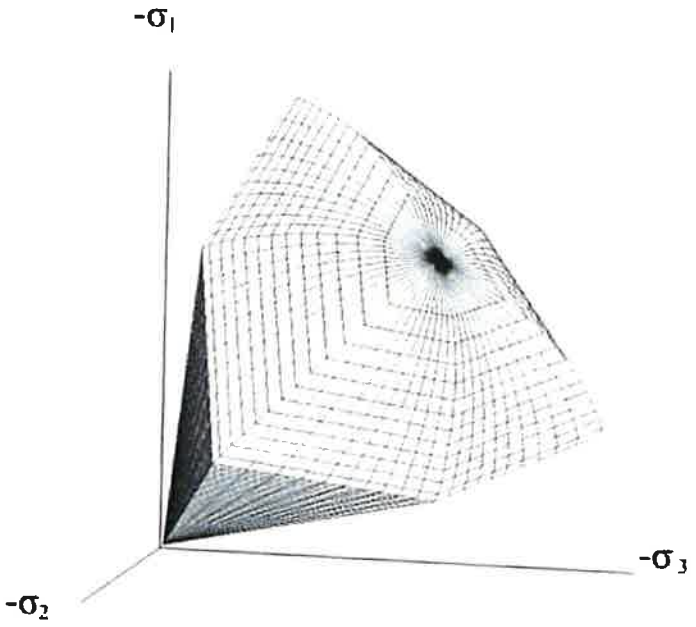


Figura n.3.1 – Modello HS – Criterio di rottura

3.1.1 Parametri di stato e di resistenza al taglio

Per quanto concerne il peso di volume ed i parametri di resistenza al taglio si fa integralmente riferimento a quanto riportato al capitolo n.2 e si assume quanto segue (parametri c' e □' da intendersi come "caratteristici" ai fini delle verifiche agli stati limite):

UNITA' R+A2:	γ = 19kN/mc;	c' = 0kPa	ϕ' = 30°	ψ = 0°
UNITA' A1':	γ = 20kN/mc;	c' = 15kPa	ϕ' = 38°	ψ = 0°

3.1.2 Parametri di deformabilità

Nella formulazione del modello costitutivo "Hardening Soil" il valore del modulo elastico è stato assunto variabile con la profondità in funzione dello stato di sforzo efficace secondo la seguente legge iperbolica:

$$E_{50} = E_{50}^{ref} (\sigma'_3/p_{ref})^m$$

dove:

p_{ref} = pressione di riferimento = 100kPa

m = esponente legge iperbolica = 0.20

$\sigma'3$ = sforzo principale minore

In figura n.3.2 è illustrato l'andamento iperbolico della curva che lega lo sforzo deviatorico (q) alla deformazione assiale (ε1) sulla quale si basa la definizione dei parametri E_{50}^{ref} ed E_{ur}^{ref}.

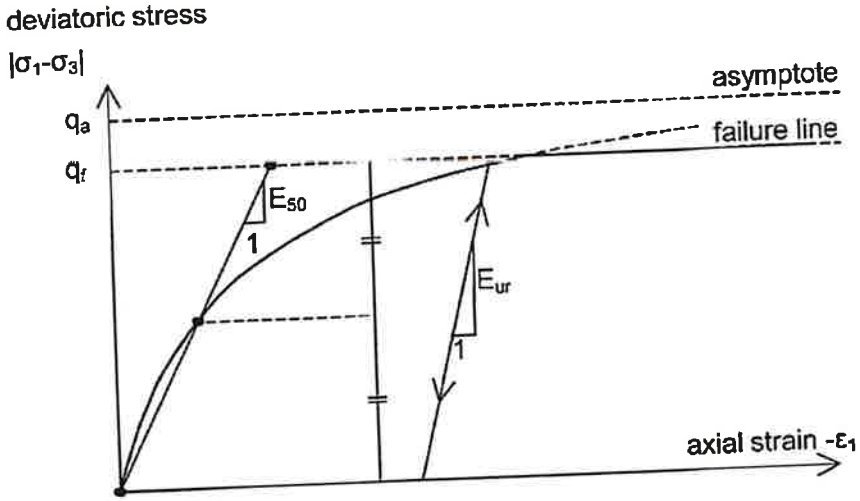


Figura n.3.2 – Modello HS – Legame sforzi-deformazioni in condizioni triassiali

Nel caso specifico in studio:

1. Il valore normalizzato del modulo di deformabilità in condizioni di carico "vergine" (E_{50}^{ref}) e l'esponente della legge iperbolica (m) sono stati opportunamente calibrati fino ad ottenere un "fitting" soddisfacente con le prove in sito disponibili (prove penetro metriche statiche S.P.T.); a tale scopo si è fatto riferimento ad opportune correlazioni di letteratura che legano il parametro N_{SPT} con il valore del modulo elastico (cfr. Stroud, 1988);
2. Il valore del modulo di deformabilità in condizioni edometriche (E_{oed}) è stato assunto pari al modulo di deformabilità in condizioni di carico "vergine" (E_{50}^{ref});
3. Il valore del modulo di deformabilità in condizioni di "scarico-ricarico" (Eur) è stato definito assumendo quanto segue: $E_{ur}^{ref} = 2\ E_{50}^{ref}$

Il dettaglio dei parametri di deformabilità dei terreni in sito è riportato di seguito:

UNITA' R+A2: E_{50}^{ref} = 45MPa; E_{oed}^{ref} = 45MPa; Eur = $2E_{oed}$; m = 0.20

UNITA' A1': E_{50}^{ref} = 125MPa; E_{oed}^{ref} = 125MPa; Eur = $2E_{oed}$; m = 0.20

3.2 Sintesi dei parametri geotecnici di riferimento

Sulla base di quanto riportato ai §3.1.1 e 3.1.2, con ovvio significato dei simboli si riporta in tabella n.3.1 la sintesi dei parametri geotecnici di riferimento per le analisi di seguito documentate.

	TERRENO	
	UNITA' R+A2	UNITA' A1
γ(kN/mc)	19	20
c'(KPa)	0	0
ϕ'(°)	30	38
E_{50}^{ref}(MPa)	45	125
E_{oed}^{ref}(MPa)	45	125
E_{ur}^{ref}(MPa)	$2E_{oed}^{ref}$	$2E_{oed}^{ref}$
m (--)	0.2	0.2

Tabella n.3.1 – Modello HS – Parametri geotecnici caratteristici di riferimento

3.3 Condizioni al contorno

Si ricorre a condizioni al contorno di tipo standard con spostamenti orizzontali impediti lungo i bordi verticali del modello e spostamenti impediti in entrambe le direzioni lungo il bordo inferiore del modello.

3.4 Inizializzazione delle tensioni geostatiche

Lo stato di sforzo iniziale è stato calcolato con riferimento ad un coefficiente di spinta a riposo definito in accordo alla nota correlazione:

$$K_0 = \sigma'_{h0} / \sigma'_{v0} = [1 - \text{sen}(\phi')] \, (OCR)^{0.5}$$

dove:

ϕ' = angolo d'attrito caratteristico del materiale

OCR = grado di sovra consolidazione

σ'_{h0} e σ'_{v0} = tensioni efficaci orizzontale e verticale

3.5 Modellazione delle strutture in c.a. ed in acciaio

Le strutture che definiscono la galleria artificiale e le strutture preesistenti sono state modellate facendo ricorso ai seguenti elementi disponibili nelle librerie PLAXIS:

- Paratie di pali: elementi "plate"
- Soletta di copertura e di base: elementi "plate"
- Tiranti (paratia esistente sezione tipo "3C"): elementi "node to node anchor" (tratto libero) ed elementi "geogrid" (tratto di ancoraggio)

Nel rispetto delle geometrie di progetto, gli elementi "plate" sono caratterizzati dalla rigidezza assiale e dalla rigidezza flessionale, calcolate considerando un modulo elastico del calcestruzzo Ecls = 30'000MPa, mentre gli elementi "node to node anchor" e "geogrid" sono caratterizzati dalla sola rigidezza assiale, calcolata considerando un modulo elastico dell'acciaio Es = 210'000MPa.

3.6 Modellazione delle condizioni di vincolo al nodo piedritti-solette

Le analisi FEM-2D sono state svolte considerando, per ciascuna delle sezioni tipo analizzate, un modello numerico come di seguito descritto:

Modello 1 – "Cerniera"

- Nodo piedritto – soletta di copertura: Vincolo a cerniera
- Nodo – piedritto – soletta di base: Vincolo a cerniera

3.7 Modellazione dell'azione sismica

L'azione sismica viene implementata nel modello di calcolo mediante un approccio di tipo pseudo-statico che prevede l'attivazione, in una specifica fase di calcolo, di appositi "moltiplicatori dell'accelerazione" (□Maccel) che simulano l'azione sismica applicando a ciascun elemento del modello una forza orizzontale data dal prodotto tra il peso proprio dell'elemento stesso ed il valore dei "coefficienti sismici" di progetto.

Nel caso specifico in studio il valore dei coefficienti sismici (kh, kv) viene definito come di seguito descritto (cfr. NTC – paragrafo n.7.11.6.3.1):

$kh = \alpha \beta a_{max} \cong 0.037g$

$k_v = 0$

dove:

k_h = coefficiente sismico orizzontale

k_v = coefficiente sismico verticale

a_{max} = accelerazione massima attesa al sito = 0.0756g (cfr. paragrafo n.2.2)

α = coefficiente funzione della deformabilità dei terreni = 1.00 (suolo tipo B – figura n.3.3)

β = coefficiente che tiene conto della deformabilità dell'opera $\cong$ 0.50 (figura n.3.4)

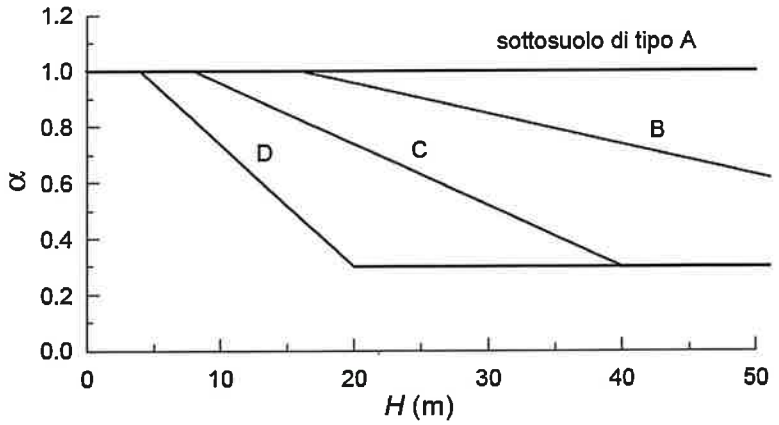


Figura n.3.3 – Coefficiente α (figura n.7.11.2 – NTC)

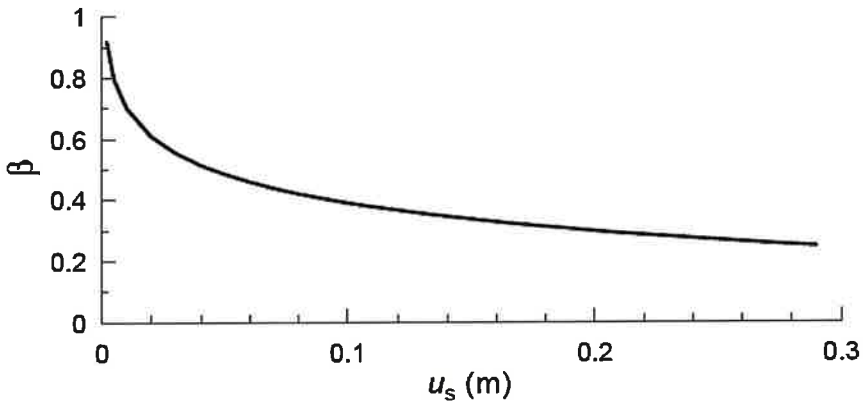


Figura n.3.4 – Coefficiente β (figura n.7.11.3 – NTC)

3.8 Modellazione dei carichi trasmessi dagli edifici esistenti

Nel rispetto della geometria riportata nelle sezioni di progetto, il carico trasmesso dagli edifici esistenti a tergo della galleria artificiale in progetto è stato modellato come di seguito descritto (per maggiori dettagli si rimanda al capitolo successivo):

- le strutture di fondazione sono state modellate (posizione, larghezza e quota di imposta) mediante "cluster" cui è stato assegnato un modello costitutivo elastico lineare e parametri di deformabilità tipici del calcestruzzo;
- I carichi agenti dovuti alle strutture in elevazione (permanenti e variabili) sono stati modellati mediante una pressione omogenea applicata alla quota del p.c. locale, in corrispondenza dei cluster di cui al punto precedente;

3.9 Modellazione dei sovraccarichi da traffico

Si tiene conto dei sovraccarichi da traffico mediante una pressione omogenea pari a 40kPa (valore "caratteristico") applicata a quota p.c. locale su una larghezza pari alla larghezza della soletta di copertura.

3.10 Criteri adottati per l'analisi di interazione ed approccio allo stato limite

Le verifiche strutturali e geotecniche allo Stato Limite Ultimo (prescritte dalla Norma vigente) prevedono un approccio di tipo semiprobabilistico in base al quale le azioni e le resistenze di progetto vengono definite sulla base dei valori caratteristici applicando appositi coefficienti parziali sui materiali e sui carichi.

E' ben noto che tale approccio risulta di difficile applicazione in modelli e analisi di interazione terreno/struttura per i quali la Norma stessa consente di svolgere le analisi mettendo in conto i valori caratteristici delle azioni e delle resistenze applicando a posteriori i coefficienti di sicurezza sugli effetti delle azioni.

Tale approccio è stato pertanto seguito anche nel caso in analisi per il quale si è proceduto come di seguito descritto:

1. Analisi FEM di interazione considerando parametri geotecnici non fattorizzati ($\gamma_M = 1.0$), carichi esterni permanenti non fattorizzati ($\gamma_G = 1.0$) e carichi esterni variabili fattorizzati considerando il seguente rapporto:

   $\gamma_q^* = \gamma_q/\gamma_G = 1.5/1.3 \cong 1.15$

2. Calcolo delle azioni "nominali" (E_k) nelle strutture (momento flettente e taglio);

3. Definizione delle azioni "di calcolo" ($E_d = \gamma_F \cdot E_k$) applicando i seguenti coefficienti parziali direttamente sulle azioni interne nelle strutture di sostegno e di contrasto, in accordo all'approccio 1 – Combinazione 1 (A1+M1+R1) di cui alle NTC2008:

   $\gamma_F = 1.30$ – Analisi in condizioni statiche (SLU)

   $\gamma_F = 1.00$ – Analisi in condizioni sismiche (SLV)

4 FEM-2D BERECHNUNG - EINGANGSDATEN

4.1 Schnitte

Die FEM-2D Berechnungen beziehen sich auf folgende Schnitte:

- Schnitt "3C–3C"
- Schnitt "8–8"
- Schnitt "10–10"

Die Lage der Schnitte ist im Auszug des Lageplans ersichtlich (siehe Bild Nr. 4.1). In den nächsten Kapiteln (F3.1, F3.2 ed F3.3) folgt die FEM Berechnung der 3 Schnitte.

4 ANALISI FEM-2D – DATI DI INPUT

4.1 Sezioni tipo analizzate

Le analisi FEM-2D sono state svolte con riferimento alle seguenti sezioni tipo di intervento:

- Sezione "3C–3C"
- Sezione "8–8"
- Sezione "10–10"

L'ubicazione delle sezioni lungo il tracciato della galleria artificiale è illustrato nello stralcio planimetrico di cui alla figura n.4.1, mentre nei paragrafi seguenti (F3.1, F3.2 ed F3.3) sono descritte le principali caratteristiche delle 3 sezioni tipo e vengono riportati i risultati.

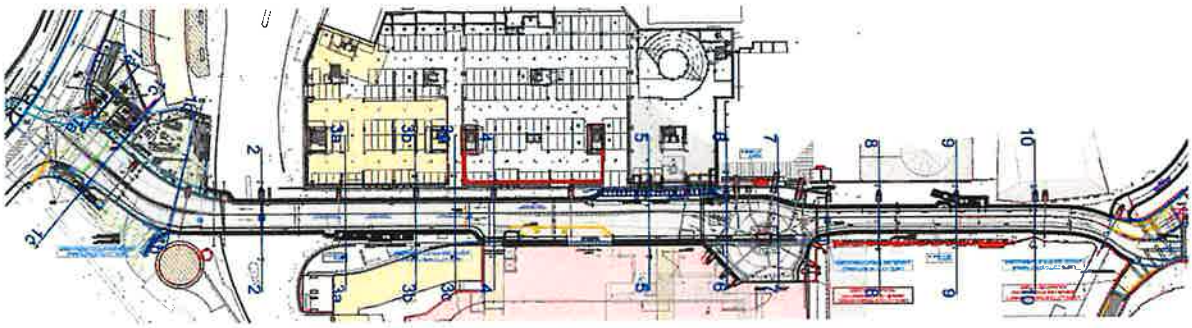
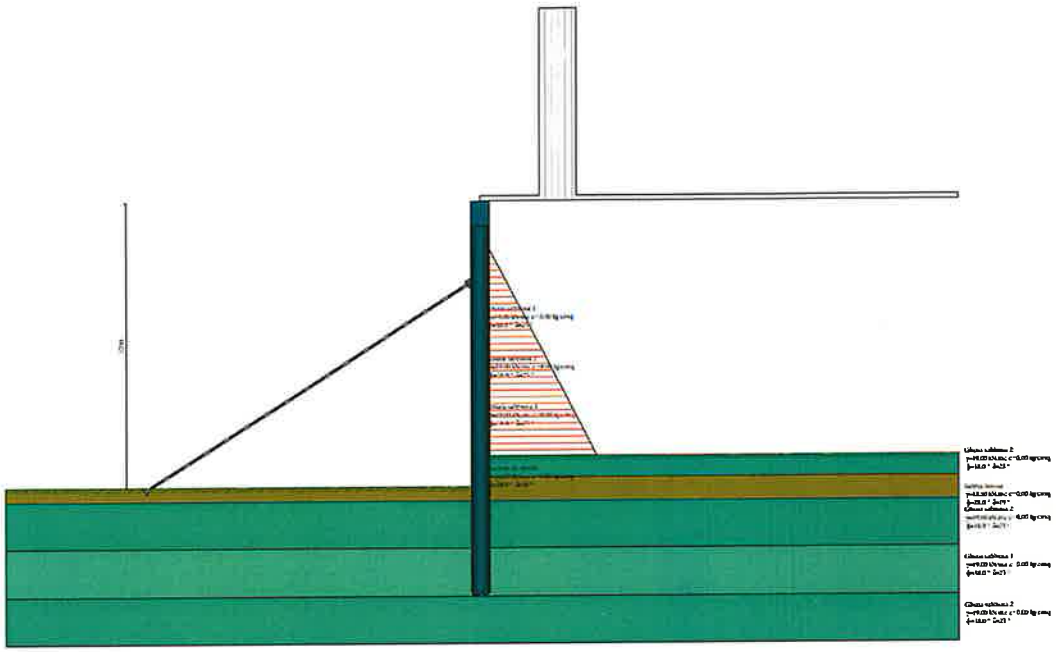


Bild - Figura n.4.1 – Tracciato galleria artificiale e ubicazione sezioni tipo

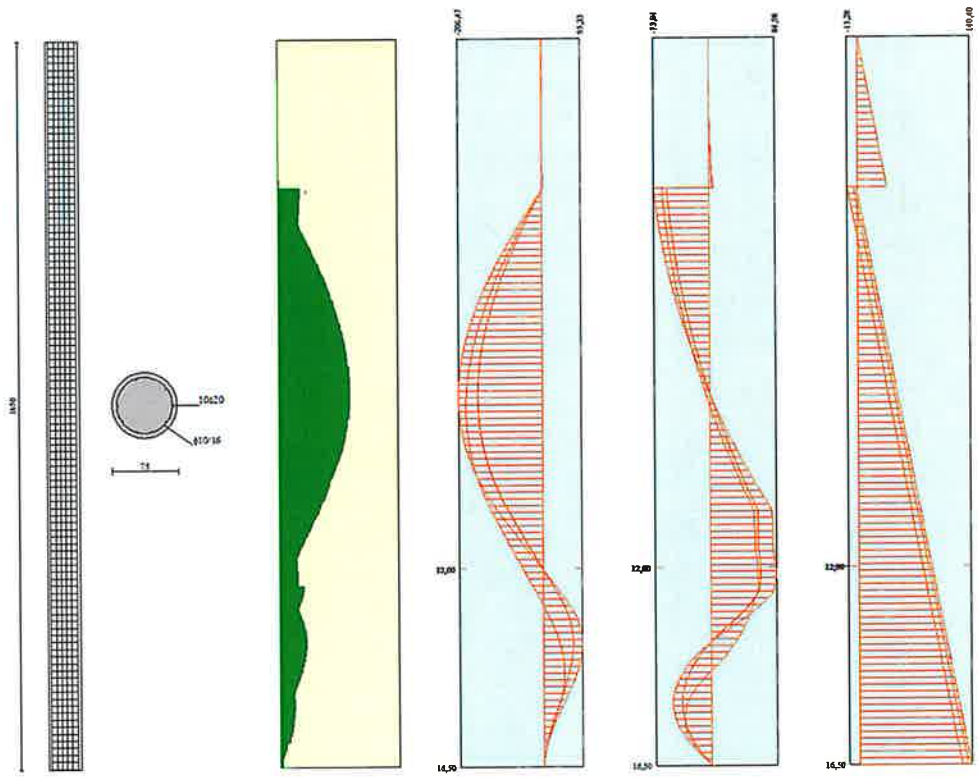
F.2.3 Schnitt 4a/b - Wand W004

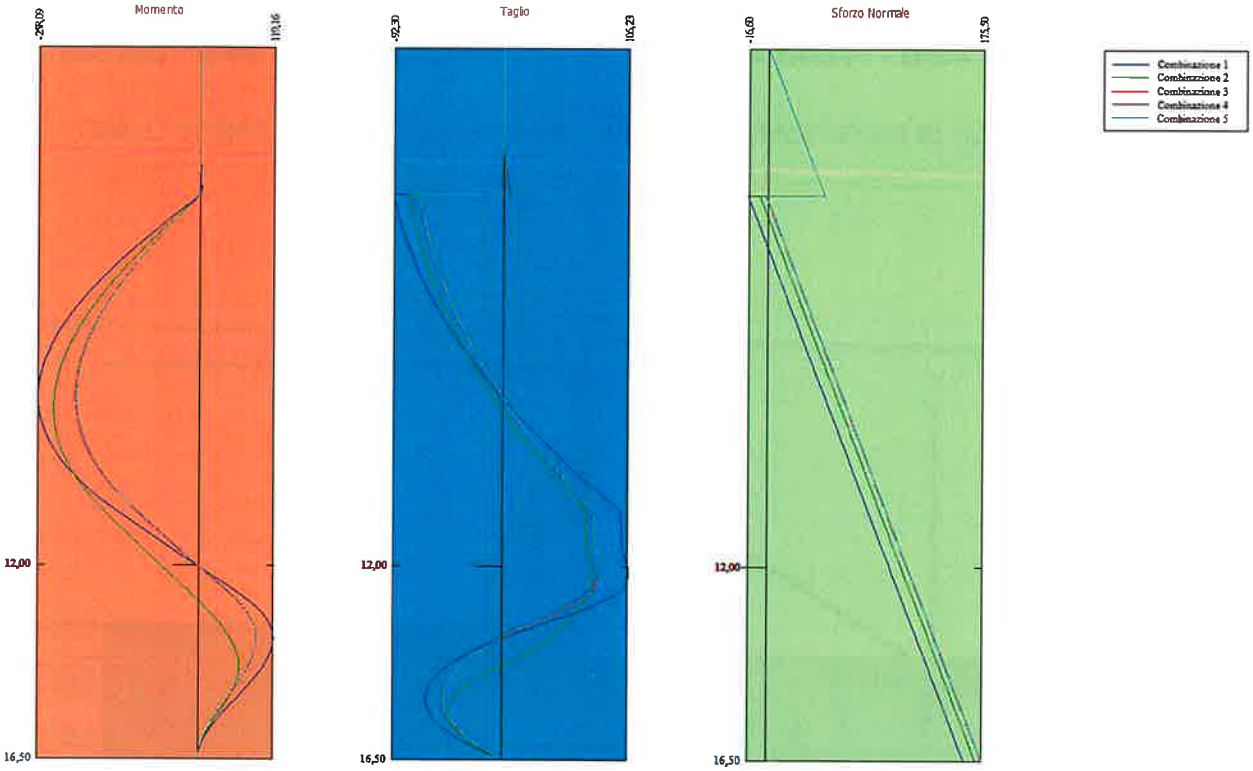
F.2.3 Sezione 4a/b - parete W004

FASI DI ESECUZIONE PALIFICATA – PHASEN ERRICHTUNG BOHRPFAHLWAND

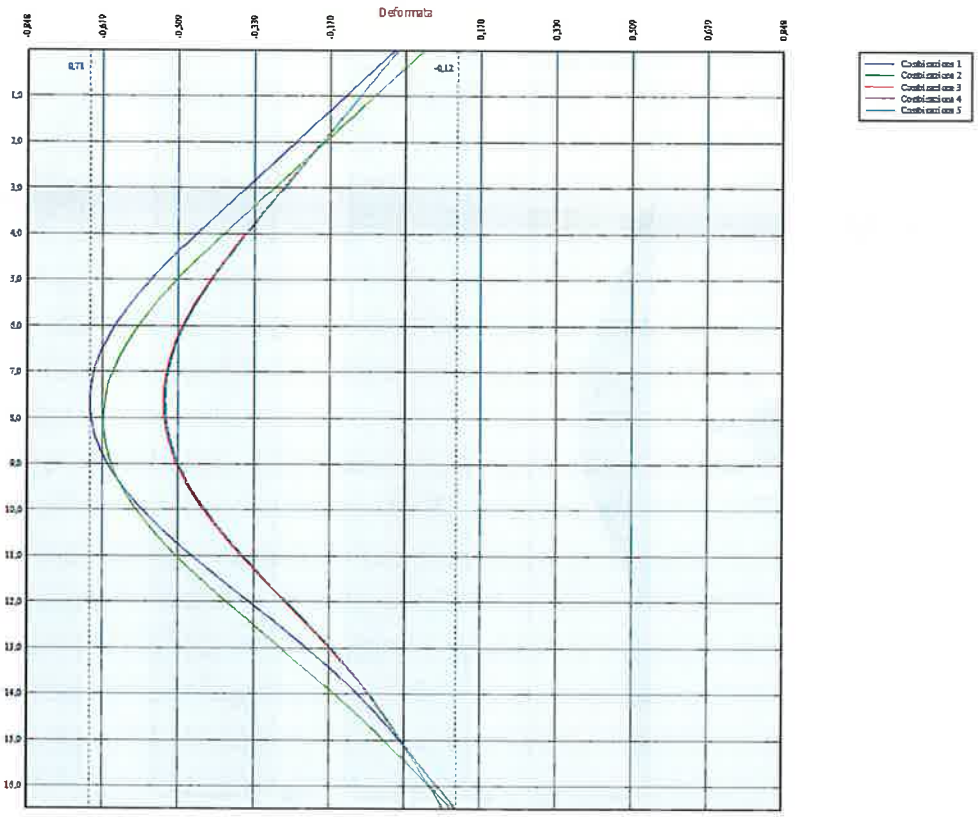


VERIFICA DI RESISTENZA - TRAGFÄHIGKEITSNACHWEIS





DEFORMAZIONI - VERFORMUNGEN



Progetto:
Ditta:
Comune:
Progettista:
Direttore dei Lavori:
Impresa:

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Richiami teorici

Metodo di analisi

Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.
Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.
Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).
Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).
Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.
Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

K_{am} diagramma della spinta attiva agente da monte
K_{av} diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
K_{pm} diagramma della spinta passiva agente da monte
K_{pv} diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$D_m = K_{pm} - K_{av}$ e $D_v = K_{pv} - K_{am}$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.
Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione
si può agire con tre modalità :
1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su tan(ϕ) e sulla coesione

Calcolo della spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).
La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).
I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:
- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio *(W)*, carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura *(R e C)* e resistenza per coesione lungo la parete *(A)*;
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.
Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata *z*. Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana).
Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con *W* il peso del cuneo e con *C* il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W*C$$

Indicando con *S* la spinta calcolata in condizioni statiche e con S_s la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa(diagramma triangolare con vertice in alto).

Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.
La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_f l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L, area A_f, inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s. La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.
I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k, è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo [F/L^3]. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se (m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale (b=100 cm) occorre ricavare l'area equivalente, A_m, della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con E_m il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in Kg/cm^2), l'equivalenza, in termini di rigidezza, si esprime come

$$A_m = 10000 \times \frac{k\,\Delta_m}{E_m}$$

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma ***PAC***). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max}; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max}. Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso

di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p0, fino a raggiungere il carico totale p. Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassemblaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).
Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).
Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tendendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidezza della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s=s_0+K(u-u_0)$$

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.
È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare. In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\Sigma_i \left(\frac{c_i b_i}{\cos\alpha_i} + [W_i \cos\alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg}\phi_i \right)}{\Sigma_i W_i \sin\alpha_i}$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i_{esima} rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i_{esima} e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.
Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i/\cos\alpha_i$).
Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava η. Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato e è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di pali**		
Altezza fuori terra	12,00	[m]
Profondità di infissione	4,50	[m]
Altezza totale della paratia	16,50	[m]
Lunghezza paratia	12,00	[m]
Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	0,75	[m]
Diametro dei pali	75,00	[cm]
Numero totale di pali	15	
Numero di pali per metro lineare	1.25	

Geometria cordoli

Simbologia adottata
n° numero d'ordine del cordolo
Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo
B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio
A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm^3]

N°	Y [m]	Tipo	B [cm]	H [cm]	A [cmq]	W [cm^3]
1	0,00	Calcestruzzo	75,00	100,00	--	--

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento
(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
2	0,10	-10,70	-89.46
3	20,00	-10,70	0.00

Profilo di valle

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-20,00	-12,00	0.00
2	0,00	-12,00	-89.46

Descrizione terreni

Simbologia adottata
n° numero d'ordine
Descrizione Descrizione del terreno

γ peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s peso di volume saturo del terreno espresso [kN/mc]
ϕ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c coesione del terreno espressa in [kg/cmq]

N°	Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c
		[kN/mc]	[kN/mc]	[°]	[°]	[kg/cmq]
1	Terreno di riporto	18,500	20,000	28.00	19.00	0,000
2	Ghiaia sabbiosa 1	19,000	20,000	38.00	23.00	0,000
3	Ghiaia sabbiosa 2	19,000	20,000	38.00	23.00	0,000
4	Sabbia limosa	18,500	19,000	28.00	19.00	0,000

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata
n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm
α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)
Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp	α_M	α_V	Kw_M	Kw_V	Terreno M	Terreno V
	[m]	[°]	[°]	kg/cmq/cm	kg/cmq/cm		
1	4,00	0.00	0.00	0.61	0.61	Terreno di riporto	Terreno di riporto
2	2,10	0.00	0.00	2.53	2.53	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1
3	2,00	0.00	0.00	3.58	3.58	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2
4	2,00	0.00	0.00	4.61	4.61	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1
5	1,50	0.00	0.00	5.50	5.50	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2
6	1,00	0.00	0.00	3.73	3.73	Sabbia limosa	Sabbia limosa
7	2,00	0.00	0.00	6.90	6.90	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2
8	2,00	0.00	0.00	7.92	7.92	Ghiaia sabbiosa 1	Ghiaia sabbiosa 1
9	2,00	0.00	0.00	8.95	8.95	Ghiaia sabbiosa 2	Ghiaia sabbiosa 2

Caratteristiche materiali utilizzati

Calcestruzzo

Peso specifico	24,52	[kN/mc]
Classe di Resistenza	C20/25	
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	255	[kg/cmq]
Tensione di progetto a compressione σ_c	86	[kg/cmq]

Acciaio

Tipo	B450C	
Tensione di snervamento f_{yk}	4589	[kg/cmq]

Caratteristiche acciaio cordoli in c.a.

Tipo	B450C	
Tensione di snervamento f_{yk}	4589	[kg/cmq]

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate
Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
F_x Forza orizzontale espressa in [kN], positiva da monte verso valle
F_y Forza verticale espressa in [kN], positiva verso il basso
M Momento espresso in [kNm], positivo ribaltante
Q_i, Q_f Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kN/mq]
V_i, V_s Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kN/mq], positivi da monte verso valle
R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kN]

Condizione n° 1					
Carico distribuito sul profilo	X_i = 0,00	X_f = 20,00	Q_i = 4,00	Q_f = 4,00	

Condizione n° 2					
Carico distribuito sul profilo	X_i = 2,45	X_f = 4,00	Q_i = 200,00	Q_f = 200,00	
Carico distribuito sulla paratia	Ys=2,00	Y_i=10,70	V_s=0,00	V_i=33,51	R=145,77

Descrizione puntoni

Numero di file di puntoni 1

Simbologia adottata - Geometria puntoni

n°	numero d'ordine della fila
Y	ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
Int	interasse della fila espresso in [m]
X	ascissa appoggio espresso in [m]
Y	ordinata appoggio espresso in [m]
L	lunghezza puntone espressa in [m]
alfa	inclinazione dei puntoni della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
ALL	allineamento dei puntoni della fila (CENTRATI o SFALSATI)
np	numero di puntoni della fila

Simbologia adottata - Caratteristiche e materiali

A	Area espressa in [cmq]
I	Inerzia espressa in [cm^4]
Wr	Modulo di resistenza espresso in [cm^3]
Vinc	Tipo vincolo appoggio
E	Modulo Elastico espresso in [kg/cmq]
σ_{amm}	Tensione ammissibile espressa in [kg/cmq]

Geometria puntoni

N°	Y	Int	X	Y	L	Alfa	ALL	np
	[m]	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[m]*	*[°]*		
1	-3,40	4,00	-13,50	-12,00	16,01	32,50	Centrati	3

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 [A1-M1]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.30	
Condizione 2 (Permanente)	1.30	1.00
Condizione 1 (Variabili)	1.50	1.00

Combinazione n° 2 [A2-M2]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 2 (Permanente)	1.00	1.00
Condizione 1 (Variabili)	1.30	1.00

Combinazione n° 3 [SLER]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 2 (Permanente)	1.00	1.00
Condizione 1 (Variabili)	1.00	1.00

Combinazione n° 4 [SLEF]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 2 (Permanente)	1.00	1.00
Condizione 1 (Variabili)	1.00	0.50

Combinazione n° 5 [SLEQ]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 2 (Permanente)	1.00	1.00
Condizione 1 (Variabili)	1.00	0.20

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo :
Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

			Statici		Sismici	
Carichi	Effetto		A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G_{Fav}}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G_{Sfav}}$	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	$\gamma_{G_{Fav}}$	0.00	0.00	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	$\gamma_{G_{Sfav}}$	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q_{Fav}}$	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Q_{Sfav}}$	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Q_{Fav}}$	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Q_{Sfav}}$	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

		Statici	Sismici

Parametri		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00	1.00	1.00

TIRANTI DI ANCORAGGIO

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti

Resistenza		**Tiranti**
Laterale	γ_{st}	1,20

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti.

Numero di verticali indagate 1 ξ_3=1,80 ξ_4=1,80

Verifica materiali : Stato Limite Ultimo

Impostazioni verifiche SLE

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio - Metodo dell'inclinazione variabile del traliccio

$V_{Rd}=[0.18*k*(100.0*\rho_l*fck)^{1/3}/\gamma_c+0.15*\sigma_{cp}]*bw*d>(vmin+0.15*\sigma_{cp})*b_w*d$

$V_{Rsd}=0.9*d*A_{sw}/s*fyd*(ctg\alpha+ctg\theta)*sin\alpha$

$V_{Rcd}=0.9*d*b_w*\alpha_c*fcd'*(ctg(\theta)+ctg(\alpha)/(1.0+ctg\theta^2)$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b_w	larghezza minima sezione [mm]
σ_{cp}	tensione media di compressione [N/mmq]
ρ_l	rapporto geometrico di armatura
A_{sw}	area armatuta trasversale [mmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α_c	coefficiente maggiorativo, funzione di fcd e σ_{cp}

$fcd'=0.5*fcd$

$k=1+(200/d)^{1/2}$

$vmin=0.035*k^{3/2}*fck^{1/2}$

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali	Molto aggressive
Armatura ad aderenza migliorata	
Sensibilità delle armature	Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure	w_1 = 0.20
	w_2 = 0.30
	w_3 = 0.40
Metodo di calcolo aperture delle fessure	NTC 2008 - I° Formulazione
Verifica delle tensioni	
Combinazione di carico	Rara $\sigma_c < 0.60\ f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.70\ f_{yk}$
	Quasi permanente $\sigma_c < 0.45\ f_{ck}$

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva Ka e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Non sono state analizzate Combinazioni/Fasi sismiche.

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico
La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.
Essa è discretizzata in 240 elementi fuori terra e 90 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.
Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	12,00	[m]
Profondità di infissione	4,50	[m]
Altezza totale della paratia	16,50	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Pa Spinta attiva, espressa in [kN]
Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]
Pw Spinta della falda, espressa in [kN]
Pp Resistenza passiva, espressa in [kN]
Pc Controspinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	Pa	Y_{Pa}	Is	Y_{Is}	Pw	Y_{Pw}	Pp	Y_{Pp}	Pc	Y_{Pc}
		[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]
1	[A1-M1]	15,04	8,96	--	--	--	--	-170,18	13,54	63,95	16,03
2	[A2-M2]	14,68	9,03	--	--	--	--	-122,37	14,05	45,41	16,14
3	[SLER]	11,40	8,94	--	--	--	--	-130,70	13,54	49,10	16,03
4	[SLEF]	10,86	8,88	--	--	--	--	-130,25	13,53	48,95	16,03
5	[SLEQ]	10,60	8,85	--	--	--	--	-130,04	13,52	48,87	16,03

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kN]
Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kN]
Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kN]
Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kN]

n°	Tipo	Rc	Y_{Rc}	Rt	Y_{Rt}	Rv	Y_{Rv}	Rp	Y_{Rp}
1	[A1-M1]	189,50	7,80	--	--	--	--	-98,31	3,40
2	[A2-M2]	145,77	7,80	--	--	--	--	-83,49	3,40
3	[SLER]	145,77	7,80	--	--	--	--	-75,56	3,40
4	[SLEF]	145,77	7,80	--	--	--	--	-75,33	3,40
5	[SLEQ]	145,77	7,80	--	--	--	--	-75,19	3,40

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pp Portanza di punta, espressa in [kN]

n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pp
1	[A1-M1]	12,16	13,50	15,10	32.97	20.29	2571,36

n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pp
2	[A2-M2]	12,27	14,35	15,43	51.65	29.39	1160,34
3	[SLER]	12,15	13,50	15,10	32.97	20.33	2571,36
4	[SLEF]	12,13	13,45	15,10	32.97	20.26	2571,36
5	[SLEQ]	12,12	13,45	15,10	32.97	20.37	2571,36

Risultati puntoni

Caratteristiche dei puntoni utilizzati

Simbologia adottata

n°	Identificativo della fila di puntoni
Y	ordinata della fila rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
np	numero puntoni della fila
N	reazione del puntone della fila espresso in [kN]
Rt/ml	reazione a metro lineare del puntone della fila espresso in [kN]
A_f	area di armatura in ogni puntone espressa in [cmq]
σ_f	tensione di compressione/trazione nel puntone espressa in [kg/cmq]
u	spostamento orizzontale del puntone della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]

Carico critico puntone n° 1 N_{cr} = 893,2827 [kN]

Combinazione n° 1

n°	Y [m]	np	N [kN]	Rt/ml [kN]	Af [cmq]	σ_f [kg/cmq]	u [cm]
1	-3,40	3	-466,2622	-116,5655	106,00	448,54	0,40175

Combinazione n° 2

n°	Y [m]	np	N [kN]	Rt/ml [kN]	Af [cmq]	σ_f [kg/cmq]	u [cm]
1	-3,40	3	-395,9432	-98,9858	106,00	380,89	0,34015

Combinazione n° 3

n°	Y [m]	np	N [kN]	Rt/ml [kN]	Af [cmq]	σ_f [kg/cmq]	u [cm]
1	-3,40	3	-358,3738	-89,5934	106,00	344,75	0,30723

Combinazione n° 4

n°	Y [m]	np	N [kN]	Rt/ml [kN]	Af [cmq]	σ_f [kg/cmq]	u [cm]
1	-3,40	3	-357,2563	-89,3141	106,00	343,67	0,30625

Combinazione n° 5

n°	Y [m]	np	N [kN]	Rt/ml [kN]	Af [cmq]	σ_f [kg/cmq]	u [cm]
1	-3,40	3	-356,6120	-89,1530	106,00	343,05	0,30569

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]
N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)
T taglio massimo e minimo espresso in [kN]

n°	Tipo	M	Y_M	T	Y_T	N	Y_N	
		[kNm]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	
1	[A1-M1]	119,16	13,70	106,23	12,15	160,77	16,50	MAX
--	--	-258,09	8,10	-92,30	3,40	-16,60	3,40	MIN
2	[A2-M2]	64,43	14,35	76,97	12,25	170,21	16,50	MAX
--	--	-233,71	8,40	-78,66	3,40	-7,15	3,40	MIN
3	[SLER]	91,56	13,70	81,61	12,15	175,26	16,50	MAX
--	--	-198,37	8,10	-70,96	3,40	-2,10	3,40	MIN
4	[SLEF]	91,53	13,70	81,30	12,10	175,41	16,50	MAX
--	--	-197,68	8,10	-70,77	3,40	-1,95	3,40	MIN
5	[SLEQ]	91,51	13,70	81,17	12,10	175,50	16,50	MAX
--	--	-197,29	8,10	-70,66	3,40	-1,87	3,40	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y_U	V	Y_V	
		[cm]	[m]	[cm]	[m]	
1	[A1-M1]	0,7069	7,65	0,0061	0,00	MAX
--	--	-0,1168	16,50	0,0000	0,00	MIN
2	[A2-M2]	0,6771	8,05	0,0069	0,00	MAX
--	--	-0,1090	16,50	0,0000	0,00	MIN
3	[SLER]	0,5422	7,65	0,0073	0,00	MAX
--	--	-0,0896	16,50	0,0000	0,00	MIN
4	[SLEF]	0,5397	7,65	0,0073	0,00	MAX
--	--	-0,0891	16,50	0,0000	0,00	MIN
5	[SLEQ]	0,5383	7,65	0,0073	0,00	MAX
--	--	-0,0888	16,50	0,0000	0,00	MIN

Stabilità globale

Metodo di Fellenius
Numero di cerchi analizzati 100

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
(X_C; Y_C) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X_V; Y_V) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X_M; Y_M) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS Coefficiente di sicurezza

n°	Tipo	(X_C, Y_C)	R	(X_V, Y_V)	(X_M, Y_M)	FS
		[m]	[m]	[m]	[m]	
2	[A2-M2]	(-4,95; 0,00)	17,23	(-17,32; -11,99)	(8,56; -10,70)	4.68

Combinazione n° 2

Numero di strisce 55

Simbologia adottata
Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
Le strisce sono numerate da monte verso valle

N°	numero d'ordine della striscia
W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
L	sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
Ctn, Ctt	contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kN]

Caratteristiche delle strisce

N°	W	α(°)	Wsinα	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kN]					[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kN]
1	2,2582	-44.71	-1,5887	0,72	23.04	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
2	6,8598	-42.37	-4,6231	0,69	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
3	11,1834	-40.12	-7,2061	0,67	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
4	15,1829	-37.93	-9,3339	0,65	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
5	18,8841	-35.82	-11,0506	0,63	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
6	22,3111	-33.75	-12,3960	0,61	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
7	25,4837	-31.74	-13,4048	0,60	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
8	28,4188	-29.76	-14,1081	0,59	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
9	31,1306	-27.83	-14,5334	0,58	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
10	33,6311	-25.93	-14,7060	0,57	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
11	35,9308	-24.06	-14,6488	0,56	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
12	38,0388	-22.22	-14,3830	0,55	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
13	39,9628	-20.40	-13,9284	0,54	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
14	41,7094	-18.60	-13,3035	0,54	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
15	43,2846	-16.82	-12,5257	0,53	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
16	44,6934	-15.06	-11,6114	0,53	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
17	45,9401	-13.31	-10,5765	0,52	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
18	47,0284	-11.57	-9,4360	0,52	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
19	47,9615	-9.85	-8,2047	0,52	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
20	48,7420	-8.13	-6,8965	0,51	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
21	49,3721	-6.43	-5,5254	0,51	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
22	49,8535	-4.72	-4,1047	0,51	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
23	50,1875	-3.02	-2,6478	0,51	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
24	50,3749	-1.33	-1,1678	0,51	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
25	50,4163	0.37	0,3225	0,51	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
26	50,3118	2.06	1,8099	0,51	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
27	50,0611	3.76	3,2815	0,51	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
28	49,6635	5.46	4,7244	0,51	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
29	49,1180	7.16	6,1253	0,51	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
30	48,4230	8.88	7,4708	0,52	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
31	47,5768	10.59	8,7475	0,52	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
32	46,5769	12.32	9,9413	0,52	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
33	45,4205	14.06	11,0379	0,53	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
34	44,1042	15.82	12,0225	0,53	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
35	10,4334	16.76	3,0093	0,04	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
36	4,3566	16.86	1,2638	0,02	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
37	3,4190	16.93	0,9956	0,02	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
38	2,7067	16.99	0,7911	0,02	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
39	56,2278	17.90	17,2799	0,52	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
40	54,5934	19.65	18,3563	0,53	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
41	52,8277	21.42	19,2902	0,54	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
42	50,8928	23.21	20,0554	0,54	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
43	75,7263	25.02	32,0313	0,55	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
44	146,1014	26.87	66,0242	0,56	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
45	143,6153	28.74	69,0539	0,57	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
46	125,1433	30.65	63,7912	0,58	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
47	38,4104	32.59	20,6904	0,59	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
48	35,2791	34.58	20,0239	0,60	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
49	31,9029	36.62	19,0303	0,62	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
50	28,2624	38.71	17,6762	0,64	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
51	24,3341	40.87	15,9232	0,66	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
52	20,1072	43.10	13,7389	0,68	27.52	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
53	15,6201	45.42	11,1248	0,71	23.04	0,000	0,000	(0,00; 0,00)

N°	W [kN]	α(°)	Wsinα	L	ϕ	c [kg/cmq]	u [kg/cmq]	(Ctn; Ctt) [kN]
54	10,7366	47.83	7,9574	0,74	27.52	0,000	0,000	(0,00; 0,00)
55	5,3688	49.70	4,0946	0,77	32.01	0,000	0,000	(0,00; 0,00)

Resistenza a taglio paratia= 0,0000 [kN]
ΣW_i= 2246,1612 [kN]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$= 275,7745 [kN]
$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i$= 1290,8667 [kN]
$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i$= 0,0000 [kN]

Descrizione armatura pali e caratteristiche sezione

Diametro del palo	75,00	[cm]
Area della sezione trasversale	4417,86	[cmq]
Copriferro	6,00	[cm]

L'armatura del palo è costituita da 10ϕ20(A_f=31,42 cmq) longitudinali e staffe ϕ10/16,0 cm.

Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kNm]
N	sforzo normale espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
Nu	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T	taglio espresso in [kN]
V_{Rd}	taglio resistente espresso in [kN]
FS_T	fattore di sicurezza a taglio

N°	Tipo	Y [m]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	[A1-M1]	8,00	-206,34	36,55	-347,41	61,53	1.68
2	[A2-M2]	8,25	-186,81	46,81	-352,73	88,39	1.89

N°	Tipo	Y [m]	T [kNm]	Tr [kN]	FS_T
1	[A1-M1]	12,15	84,98	401,18	4.72
2	[A2-M2]	3,40	-62,93	401,18	6.38

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ_c	tensione nel calcestruzzo, espressa in [kg/cmq]
σ_f	tensione nell'armatura longitudinale del palo, espressa in [kg/cmq]

N°	Tipo	σ_c [kg/cmq]	Y(σ_c) [m]	σ_f [kg/cmq]	Y(σ_f) [m]	A_f [cmq]
3	[SLER]	74,32	8,10	2392,78	7,95	31,42
4	[SLEF]	74,06	8,10	2383,63	7,95	31,42
5	[SLEQ]	73,91	8,10	2378,48	7,95	31,42

Verifica armatura paratia (Inviluppo)

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase

Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kNm]
N	sforzo normale espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
Nu	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T	taglio espresso in [kN]
V_{Rd}	taglio resistente espresso in [kN]
FS_T	fattore di sicurezza a taglio

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
1	[A1-M1]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.00	0,00	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	0,05	0,00	0,54	0,45	5384,54	1000.00	0,00	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	0,10	0,00	1,08	0,95	5383,99	1000.00	0,00	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	0,15	0,00	1,62	1,50	5383,37	1000.00	0,01	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	0,20	0,00	2,17	2,10	5382,68	1000.00	0,01	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	0,25	0,00	2,71	2,76	5381,94	1000.00	0,01	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	0,30	0,00	3,25	3,48	5381,13	1000.00	0,02	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	0,35	0,00	3,79	4,24	5380,26	1000.00	0,02	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	0,40	0,00	4,33	5,07	5379,33	1000.00	0,02	401,18	1000.00
2	[A2-M2]	0,45	0,01	4,87	5,95	5378,34	1000.00	0,03	401,18	1000.00
2	[A2-M2]	0,50	0,01	5,42	6,95	5377,21	992.90	0,03	401,18	1000.00
2	[A2-M2]	0,55	0,01	5,96	7,92	5376,11	902.45	0,04	401,18	1000.00
2	[A2-M2]	0,60	0,01	6,50	8,95	5374,95	827.07	0,04	401,18	1000.00
2	[A2-M2]	0,65	0,01	7,04	10,03	5373,73	763.28	0,05	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	0,70	0,02	7,58	11,16	5372,46	708.59	0,06	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	0,75	0,02	8,12	12,36	5371,10	661.18	0,06	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	0,80	0,02	8,67	13,62	5369,68	619.70	0,07	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	0,85	0,03	9,21	14,93	5368,20	583.08	0,08	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	0,90	0,03	9,75	16,30	5366,65	550.53	0,08	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	0,95	0,03	10,29	17,72	5365,05	521.40	0,09	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	1,00	0,04	10,83	19,19	5363,38	495.18	0,10	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	1,05	0,04	11,37	20,72	5361,66	471.44	0,11	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	1,10	0,05	11,91	22,30	5359,87	449.86	0,12	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	1,15	0,06	12,46	23,94	5358,02	430.16	0,13	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	1,20	0,06	13,00	25,63	5356,12	412.09	0,14	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	1,25	0,07	13,54	27,37	5354,15	395.46	0,15	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	1,30	0,08	14,08	29,17	5352,12	380.10	0,16	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	1,35	0,08	14,62	31,01	5350,04	365.88	0,17	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	1,40	0,09	15,16	32,92	5347,89	352.67	0,18	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	1,45	0,10	15,71	34,87	5345,69	340.37	0,19	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	1,50	0,11	16,25	36,88	5343,42	328.89	0,20	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	1,55	0,12	16,79	38,93	5341,09	318.14	0,21	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	1,60	0,13	17,33	41,04	5338,71	308.06	0,22	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	1,65	0,14	17,87	43,21	5336,27	298.59	0,24	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	1,70	0,16	18,41	45,42	5333,77	289.67	0,25	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	1,75	0,17	18,95	47,69	5331,21	281.26	0,26	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	1,80	0,18	19,50	50,01	5328,59	273.31	0,28	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	1,85	0,20	20,04	52,38	5325,91	265.79	0,29	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	1,90	0,21	20,58	54,80	5323,18	258.66	0,30	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	1,95	0,23	21,12	57,28	5320,38	251.90	0,32	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	2,00	0,24	21,66	59,80	5317,53	245.47	0,33	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	2,05	0,26	22,20	62,41	5314,59	239.35	0,35	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	2,10	0,28	22,75	65,18	5311,46	233.52	0,38	401,18	1000.00
1	[A1-M1]	2,15	0,30	23,29	68,21	5308,03	227.94	0,42	401,18	947.09
1	[A1-M1]	2,20	0,32	23,83	71,61	5304,19	222.60	0,47	401,18	845.02
1	[A1-M1]	2,25	0,35	24,37	75,46	5299,85	217.47	0,54	401,18	748.09
1	[A1-M1]	2,30	0,38	24,91	79,83	5294,91	212.55	0,61	401,18	659.70
1	[A1-M1]	2,35	0,41	25,45	84,80	5289,31	207.80	0,69	401,18	581.14
1	[A1-M1]	2,40	0,44	26,00	90,42	5282,96	203.23	0,78	401,18	512.44
1	[A1-M1]	2,45	0,49	26,54	96,75	5275,82	198.81	0,89	401,18	452.91
1	[A1-M1]	2,50	0,53	27,08	103,83	5267,81	194.54	1,00	401,18	401.57
1	[A1-M1]	2,55	0,59	27,62	111,72	5258,90	190.40	1,12	401,18	357.36
1	[A1-M1]	2,60	0,65	28,16	120,46	5249,04	186.39	1,26	401,18	319.27
1	[A1-M1]	2,65	0,71	28,70	130,06	5238,20	182.50	1,40	401,18	286.38
1	[A1-M1]	2,70	0,79	29,24	140,57	5226,33	178.71	1,56	401,18	257.91
1	[A1-M1]	2,75	0,87	29,79	152,01	5213,41	175.03	1,72	401,18	233.18
1	[A1-M1]	2,80	0,96	30,33	164,40	5199,43	171.44	1,90	401,18	211.62
1	[A1-M1]	2,85	1,06	30,87	177,74	5184,36	167.95	2,08	401,18	192.74
1	[A1-M1]	2,90	1,17	31,41	192,06	5168,19	164.54	2,28	401,18	176.15
1	[A1-M1]	2,95	1,29	31,95	207,37	5150,91	161.21	2,48	401,18	161.52
1	[A1-M1]	3,00	1,42	32,49	223,65	5132,52	157.95	2,70	401,18	148.55
1	[A1-M1]	3,05	1,56	33,04	240,93	5113,01	154.77	2,93	401,18	137.03
1	[A1-M1]	3,10	1,71	33,58	259,19	5092,40	151.66	3,17	401,18	126.75

n°	Tipo	Y [m]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS	T [kN]	V_{Rd} [kN]	FS_T
1	[A1-M1]	3,15	1,87	34,12	278,43	5070,67	148.62	3,41	401,18	117.55
1	[A1-M1]	3,20	2,05	34,66	298,63	5047,86	145.64	3,67	401,18	109.29
1	[A1-M1]	3,25	2,24	35,20	319,41	5017,84	142.55	3,94	401,18	101.84
1	[A1-M1]	3,30	2,44	35,74	336,62	4921,58	137.69	4,22	401,18	95.11
1	[A1-M1]	3,35	2,66	36,28	354,03	4824,15	132.95	4,51	401,18	89.01
1	[A1-M1]	3,40	2,90	-13,28	148,97	-683,00	51.45	-73,84	401,18	5.43
1	[A1-M1]	3,45	-0,79	-12,73	-62,04	-1001,78	78.67	-73,53	401,18	5.46
1	[A1-M1]	3,50	-4,46	-12,19	-192,00	-525,21	43.07	-73,21	401,18	5.48
1	[A1-M1]	3,55	-8,11	-11,65	-240,85	-346,04	29.70	-72,88	401,18	5.50
1	[A1-M1]	3,60	-11,75	-11,11	-266,98	-252,06	22.69	-72,54	401,18	5.53
1	[A1-M1]	3,65	-15,36	-10,57	-282,26	-194,17	18.37	-72,19	401,18	5.56
1	[A1-M1]	3,70	-18,96	-10,03	-292,97	-154,90	15.45	-71,83	401,18	5.59
1	[A1-M1]	3,75	-22,55	-9,49	-300,71	-126,51	13.34	-71,46	401,18	5.61
1	[A1-M1]	3,80	-26,11	-8,94	-306,57	-105,02	11.74	-71,07	401,18	5.64
1	[A1-M1]	3,85	-29,65	-8,40	-311,17	-88,17	10.49	-70,68	401,18	5.68
1	[A1-M1]	3,90	-33,18	-7,86	-314,86	-74,60	9.49	-70,28	401,18	5.71
1	[A1-M1]	3,95	-36,68	-7,32	-317,91	-63,43	8.67	-69,87	401,18	5.74
1	[A1-M1]	4,00	-40,16	-6,78	-320,46	-54,08	7.98	-69,44	401,18	5.78
1	[A1-M1]	4,05	-43,63	-6,24	-322,63	-46,12	7.40	-69,04	401,18	5.81
1	[A1-M1]	4,10	-47,07	-5,69	-324,50	-39,26	6.89	-68,62	401,18	5.85
1	[A1-M1]	4,15	-50,49	-5,15	-326,13	-33,29	6.46	-68,19	401,18	5.88
1	[A1-M1]	4,20	-53,89	-4,61	-327,56	-28,03	6.08	-67,74	401,18	5.92
1	[A1-M1]	4,25	-57,26	-4,07	-328,83	-23,37	5.74	-67,28	401,18	5.96
1	[A1-M1]	4,30	-60,61	-3,53	-329,97	-19,21	5.44	-66,80	401,18	6.01
1	[A1-M1]	4,35	-63,94	-2,99	-330,99	-15,46	5.18	-66,31	401,18	6.05
1	[A1-M1]	4,40	-67,24	-2,44	-331,92	-12,07	4.94	-65,80	401,18	6.10
1	[A1-M1]	4,45	-70,52	-1,90	-332,76	-8,98	4.72	-65,29	401,18	6.14
1	[A1-M1]	4,50	-73,77	-1,36	-333,53	-6,16	4.52	-64,77	401,18	6.19
1	[A1-M1]	4,55	-77,00	-0,82	-334,24	-3,56	4.34	-64,24	401,18	6.25
1	[A1-M1]	4,60	-80,19	-0,28	-334,89	-1,16	4.18	-63,69	401,18	6.30
1	[A1-M1]	4,65	-83,37	0,26	-335,42	1,06	4.02	-63,14	401,18	6.35
1	[A1-M1]	4,70	-86,51	0,80	-335,83	3,12	3.88	-62,57	401,18	6.41
1	[A1-M1]	4,75	-89,62	1,35	-336,21	5,05	3.75	-62,00	401,18	6.47
1	[A1-M1]	4,80	-92,71	1,89	-336,57	6,85	3.63	-61,42	401,18	6.53
1	[A1-M1]	4,85	-95,76	2,43	-336,90	8,55	3.52	-60,82	401,18	6.60
1	[A1-M1]	4,90	-98,79	2,97	-337,22	10,14	3.41	-60,22	401,18	6.66
1	[A1-M1]	4,95	-101,79	3,51	-337,52	11,65	3.32	-59,60	401,18	6.73
1	[A1-M1]	5,00	-104,75	4,05	-337,80	13,07	3.22	-58,97	401,18	6.80
1	[A1-M1]	5,05	-107,68	4,60	-338,07	14,43	3.14	-58,34	401,18	6.88
1	[A1-M1]	5,10	-110,58	5,14	-338,32	15,72	3.06	-57,69	401,18	6.95
1	[A1-M1]	5,15	-113,45	5,68	-338,57	16,95	2.98	-57,03	401,18	7.03
1	[A1-M1]	5,20	-116,29	6,22	-338,80	18,12	2.91	-56,37	401,18	7.12
1	[A1-M1]	5,25	-119,09	6,76	-339,02	19,25	2.85	-55,69	401,18	7.20
1	[A1-M1]	5,30	-121,86	7,30	-339,24	20,33	2.78	-55,00	401,18	7.29
1	[A1-M1]	5,35	-124,59	7,84	-339,44	21,37	2.72	-54,30	401,18	7.39
1	[A1-M1]	5,40	-127,29	8,39	-339,64	22,38	2.67	-53,60	401,18	7.49
1	[A1-M1]	5,45	-129,95	8,93	-339,84	23,35	2.62	-52,88	401,18	7.59
1	[A1-M1]	5,50	-132,57	9,47	-340,02	24,29	2.56	-52,15	401,18	7.69
1	[A1-M1]	5,55	-135,16	10,01	-340,20	25,20	2.52	-51,41	401,18	7.80
1	[A1-M1]	5,60	-137,71	10,55	-340,38	26,08	2.47	-50,66	401,18	7.92
1	[A1-M1]	5,65	-140,23	11,09	-340,55	26,94	2.43	-49,90	401,18	8.04
1	[A1-M1]	5,70	-142,70	11,64	-340,71	27,78	2.39	-49,13	401,18	8.17
1	[A1-M1]	5,75	-145,14	12,18	-340,88	28,60	2.35	-48,35	401,18	8.30
1	[A1-M1]	5,80	-147,54	12,72	-341,04	29,40	2.31	-47,56	401,18	8.44
1	[A1-M1]	5,85	-149,90	13,26	-341,19	30,18	2.28	-46,76	401,18	8.58
1	[A1-M1]	5,90	-152,21	13,80	-341,34	30,95	2.24	-45,95	401,18	8.73
1	[A1-M1]	5,95	-154,49	14,34	-341,49	31,71	2.21	-45,13	401,18	8.89
1	[A1-M1]	6,00	-156,73	14,89	-341,64	32,45	2.18	-44,29	401,18	9.06
1	[A1-M1]	6,05	-158,92	15,43	-341,78	33,18	2.15	-43,45	401,18	9.23
1	[A1-M1]	6,10	-161,07	15,97	-341,93	33,90	2.12	-42,60	401,18	9.42
1	[A1-M1]	6,15	-163,18	16,51	-342,07	34,61	2.10	-41,74	401,18	9.61
1	[A1-M1]	6,20	-165,24	17,05	-342,21	35,31	2.07	-40,86	401,18	9.82
1	[A1-M1]	6,25	-167,27	17,59	-342,35	36,01	2.05	-39,98	401,18	10.03
1	[A1-M1]	6,30	-169,24	18,13	-342,48	36,70	2.02	-39,09	401,18	10.26
1	[A1-M1]	6,35	-171,17	18,68	-342,62	37,38	2.00	-38,18	401,18	10.51
1	[A1-M1]	6,40	-173,06	19,22	-342,75	38,06	1.98	-37,27	401,18	10.76
1	[A1-M1]	6,45	-174,90	19,76	-342,89	38,74	1.96	-36,34	401,18	11.04
1	[A1-M1]	6,50	-176,69	20,30	-343,02	39,41	1.94	-35,41	401,18	11.33
1	[A1-M1]	6,55	-178,44	20,84	-343,15	40,08	1.92	-34,46	401,18	11.64
1	[A1-M1]	6,60	-180,14	21,38	-343,29	40,75	1.91	-33,51	401,18	11.97
1	[A1-M1]	6,65	-181,79	21,93	-343,42	41,42	1.89	-32,54	401,18	12.33
1	[A1-M1]	6,70	-183,39	22,47	-343,55	42,09	1.87	-31,57	401,18	12.71
1	[A1-M1]	6,75	-184,95	23,01	-343,68	42,76	1.86	-30,58	401,18	13.12
1	[A1-M1]	6,80	-186,45	23,55	-343,82	43,43	1.84	-29,58	401,18	13.56
1	[A1-M1]	6,85	-187,91	24,09	-343,95	44,10	1.83	-28,58	401,18	14.04
1	[A1-M1]	6,90	-189,31	24,63	-344,08	44,77	1.82	-27,56	401,18	14.56

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_r
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
1	[A1-M1]	6,95	-190,66	25,17	-344,22	45,45	1.81	-26,53	401,18	15.12
1	[A1-M1]	7,00	-191,96	25,72	-344,35	46,13	1.79	-25,49	401,18	15.74
1	[A1-M1]	7,05	-193,21	26,26	-344,49	46,82	1.78	-24,51	401,18	16.37
1	[A1-M1]	7,10	-194,41	26,80	-344,63	47,51	1.77	-23,69	401,18	16.94
1	[A1-M1]	7,15	-195,55	27,34	-344,76	48,20	1.76	-22,86	401,18	17.55
1	[A1-M1]	7,20	-196,64	27,88	-344,90	48,91	1.75	-22,02	401,18	18.22
1	[A1-M1]	7,25	-197,67	28,42	-345,04	49,62	1.75	-21,17	401,18	18.95
1	[A1-M1]	7,30	-198,65	28,97	-345,19	50,33	1.74	-20,32	401,18	19.75
1	[A1-M1]	7,35	-199,58	29,51	-345,33	51,06	1.73	-19,46	401,18	20.62
1	[A1-M1]	7,40	-200,45	30,05	-345,48	51,79	1.72	-18,59	401,18	21.59
1	[A1-M1]	7,45	-201,26	30,59	-345,62	52,53	1.72	-17,71	401,18	22.66
1	[A1-M1]	7,50	-202,02	31,13	-345,77	53,29	1.71	-16,82	401,18	23.85
1	[A1-M1]	7,55	-202,71	31,67	-345,92	54,05	1.71	-15,93	401,18	25.19
1	[A1-M1]	7,60	-203,36	32,22	-346,08	54,82	1.70	-15,03	401,18	26.70
1	[A1-M1]	7,65	-203,94	32,76	-346,23	55,61	1.70	-14,12	401,18	28.42
1	[A1-M1]	7,70	-204,46	33,30	-346,39	56,41	1.69	-13,20	401,18	30.40
1	[A1-M1]	7,75	-204,93	33,84	-346,55	57,23	1.69	-12,27	401,18	32.69
1	[A1-M1]	7,80	-205,33	34,38	-346,72	58,06	1.69	-11,34	401,18	35.38
1	[A1-M1]	7,85	-205,67	34,92	-346,89	58,90	1.69	-10,40	401,18	38.59
1	[A1-M1]	7,90	-205,96	35,46	-347,06	59,76	1.69	-9,45	401,18	42.46
1	[A1-M1]	7,95	-206,18	36,01	-347,23	60,64	1.68	-8,49	401,18	47.25
1	[A1-M1]	8,00	-206,34	36,55	-347,41	61,53	1.68	-7,52	401,18	53.32
1	[A1-M1]	8,05	-206,44	37,09	-347,59	62,45	1.68	-6,55	401,18	61.24
1	[A1-M1]	8,10	-206,47	37,63	-347,77	63,38	1.68	-5,57	401,18	72.04
1	[A1-M1]	8,15	-206,44	38,17	-347,96	64,34	1.69	-4,58	401,18	87.60
1	[A1-M1]	8,20	-206,35	38,71	-348,16	65,32	1.69	-3,58	401,18	112.00
1	[A1-M1]	8,25	-206,19	39,26	-348,36	66,32	1.69	3,80	401,18	105.54
1	[A1-M1]	8,30	-205,97	39,80	-348,56	67,35	1.69	5,11	401,18	78.55
1	[A1-M1]	8,35	-205,68	40,34	-348,77	68,40	1.70	6,42	401,18	62.46
1	[A1-M1]	8,40	-205,32	40,88	-348,98	69,48	1.70	7,75	401,18	51.77
1	[A1-M1]	8,45	-204,90	41,42	-349,20	70,59	1.70	9,09	401,18	44.15
1	[A1-M1]	8,50	-204,42	41,96	-349,43	71,73	1.71	10,43	401,18	38.45
1	[A1-M1]	8,55	-203,86	42,50	-349,66	72,90	1.72	11,79	401,18	34.03
1	[A1-M1]	8,60	-203,24	43,05	-349,90	74,11	1.72	13,16	401,18	30.49
1	[A1-M1]	8,65	-202,54	43,59	-350,15	75,35	1.73	14,54	401,18	27.60
1	[A1-M1]	8,70	-201,78	44,13	-350,40	76,63	1.74	15,92	401,18	25.19
1	[A1-M1]	8,75	-200,95	44,67	-350,66	77,95	1.75	17,32	401,18	23.16
1	[A1-M1]	8,80	-200,05	45,21	-350,93	79,31	1.75	18,73	401,18	21.42
1	[A1-M1]	8,85	-199,08	45,75	-351,21	80,72	1.76	20,15	401,18	19.91
1	[A1-M1]	8,90	-198,04	46,30	-351,50	82,17	1.77	21,58	401,18	18.59
1	[A1-M1]	8,95	-196,92	46,84	-351,80	83,67	1.79	23,02	401,18	17.43
1	[A1-M1]	9,00	-195,73	47,38	-352,11	85,23	1.80	24,47	401,18	16.40
1	[A1-M1]	9,05	-194,47	47,92	-352,43	86,84	1.81	25,93	401,18	15.47
1	[A1-M1]	9,10	-193,14	48,46	-352,76	88,51	1.83	27,40	401,18	14.64
1	[A1-M1]	9,15	-191,73	49,00	-353,10	90,25	1.84	28,88	401,18	13.89
1	[A1-M1]	9,20	-190,25	49,55	-353,46	92,05	1.86	30,37	401,18	13.21
1	[A1-M1]	9,25	-188,70	50,09	-353,83	93,92	1.88	31,87	401,18	12.59
1	[A1-M1]	9,30	-187,06	50,63	-354,21	95,87	1.89	33,38	401,18	12.02
1	[A1-M1]	9,35	-185,36	51,17	-354,62	97,90	1.91	34,91	401,18	11.49
1	[A1-M1]	9,40	-183,57	51,71	-355,04	100,01	1.93	36,44	401,18	11.01
1	[A1-M1]	9,45	-181,71	52,25	-355,47	102,22	1.96	37,98	401,18	10.56
1	[A1-M1]	9,50	-179,77	52,79	-355,93	104,53	1.98	39,53	401,18	10.15
1	[A1-M1]	9,55	-177,76	53,34	-356,41	106,94	2.01	41,10	401,18	9.76
1	[A1-M1]	9,60	-175,66	53,88	-356,91	109,47	2.03	42,67	401,18	9.40
1	[A1-M1]	9,65	-173,49	54,42	-357,44	112,12	2.06	44,26	401,18	9.07
1	[A1-M1]	9,70	-171,24	54,96	-357,99	114,90	2.09	45,85	401,18	8.75
1	[A1-M1]	9,75	-168,91	55,50	-358,57	117,83	2.12	47,45	401,18	8.45
1	[A1-M1]	9,80	-166,49	56,04	-359,18	120,90	2.16	49,07	401,18	8.18
1	[A1-M1]	9,85	-164,00	56,59	-359,82	124,15	2.19	50,69	401,18	7.91
1	[A1-M1]	9,90	-161,42	57,13	-360,50	127,58	2.23	52,33	401,18	7.67
1	[A1-M1]	9,95	-158,77	57,67	-361,22	131,21	2.28	53,97	401,18	7.43
2	[A2-M2]	10,00	-157,55	65,77	-365,45	152,55	2.32	55,63	401,18	7.21
2	[A2-M2]	10,05	-155,64	66,31	-366,14	155,99	2.35	57,30	401,18	7.00
2	[A2-M2]	10,10	-153,66	66,85	-366,85	159,60	2.39	58,97	401,18	6.80
2	[A2-M2]	10,15	-151,61	67,39	-367,60	163,40	2.42	60,66	401,18	6.61
2	[A2-M2]	10,20	-149,50	67,93	-368,40	167,40	2.46	62,36	401,18	6.43
2	[A2-M2]	10,25	-147,33	68,47	-369,23	171,61	2.51	64,07	401,18	6.26
2	[A2-M2]	10,30	-145,08	69,02	-370,12	176,06	2.55	65,78	401,18	6.10
2	[A2-M2]	10,35	-142,78	69,56	-371,05	180,77	2.60	67,51	401,18	5.94
2	[A2-M2]	10,40	-140,40	70,10	-372,04	185,75	2.65	69,25	401,18	5.79
2	[A2-M2]	10,45	-137,95	70,64	-373,09	191,04	2.70	71,00	401,18	5.65
2	[A2-M2]	10,50	-135,44	71,18	-374,20	196,66	2.76	72,76	401,18	5.51
2	[A2-M2]	10,55	-132,86	71,72	-375,39	202,65	2.83	74,53	401,18	5.38
2	[A2-M2]	10,60	-130,21	72,27	-376,65	209,04	2.89	76,31	401,18	5.26
2	[A2-M2]	10,65	-127,49	72,81	-378,01	215,87	2.96	78,10	401,18	5.14
2	[A2-M2]	10,70	-124,70	73,35	-379,46	223,19	3.04	79,90	401,18	5.02

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
2	[A2-M2]	10,75	-121,88	73,89	-381,01	230,99	3.13	79,96	401,18	5.02
2	[A2-M2]	10,80	-119,05	74,43	-382,64	239,23	3.21	80,02	401,18	5.01
2	[A2-M2]	10,85	-116,22	74,97	-384,37	247,95	3.31	80,09	401,18	5.01
2	[A2-M2]	10,90	-113,39	75,51	-386,21	257,21	3.41	80,15	401,18	5.01
2	[A2-M2]	10,95	-110,55	76,06	-388,16	267,04	3.51	80,21	401,18	5.00
2	[A2-M2]	11,00	-107,71	76,60	-390,23	277,51	3.62	80,28	401,18	5.00
2	[A2-M2]	11,05	-104,87	77,14	-392,45	288,68	3.74	80,34	401,18	4.99
2	[A2-M2]	11,10	-102,02	77,68	-394,81	300,62	3.87	80,41	401,18	4.99
2	[A2-M2]	11,15	-99,17	78,22	-397,35	313,41	4.01	80,47	401,18	4.99
2	[A2-M2]	11,20	-96,32	78,76	-400,07	327,16	4.15	80,54	401,18	4.98
2	[A2-M2]	11,25	-93,46	79,31	-403,01	341,96	4.31	80,61	401,18	4.98
2	[A2-M2]	11,30	-90,60	79,85	-406,18	357,96	4.48	80,69	401,18	4.97
2	[A2-M2]	11,35	-87,74	80,39	-409,62	375,30	4.67	80,78	401,18	4.97
2	[A2-M2]	11,40	-84,87	80,93	-413,36	394,17	4.87	80,88	401,18	4.96
2	[A2-M2]	11,45	-82,00	81,47	-417,45	414,77	5.09	80,99	401,18	4.95
2	[A2-M2]	11,50	-79,12	82,01	-421,93	437,36	5.33	81,10	401,18	4.95
2	[A2-M2]	11,55	-76,23	82,55	-426,86	462,25	5.60	81,22	401,18	4.94
2	[A2-M2]	11,60	-73,34	83,10	-432,33	489,81	5.89	81,35	401,18	4.93
2	[A2-M2]	11,65	-70,44	83,64	-438,42	520,56	6.22	81,79	401,18	4.91
2	[A2-M2]	11,70	-67,52	84,18	-445,28	555,16	6.60	82,21	401,18	4.88
2	[A2-M2]	11,75	-64,58	84,72	-453,06	594,38	7.02	82,61	401,18	4.86
2	[A2-M2]	11,80	-61,62	85,26	-461,94	639,19	7.50	83,00	401,18	4.83
2	[A2-M2]	11,85	-58,64	85,80	-472,19	690,89	8.05	83,37	401,18	4.81
2	[A2-M2]	11,90	-55,65	86,35	-480,93	746,19	8.64	83,72	401,18	4.79
2	[A2-M2]	11,95	-52,64	86,89	-488,00	805,44	9.27	84,06	401,18	4.77
2	[A2-M2]	12,00	-49,62	87,43	-496,22	874,34	10.00	84,42	401,18	4.75
2	[A2-M2]	12,05	-46,58	87,97	-505,90	955,45	10.86	84,71	401,18	4.74
2	[A2-M2]	12,10	-43,52	88,51	-517,44	1052,27	11.89	84,90	401,18	4.73
2	[A2-M2]	12,15	-40,46	89,05	-529,65	1165,77	13.09	84,98	401,18	4.72
2	[A2-M2]	12,20	-37,39	89,60	-544,04	1303,72	14.55	84,90	401,18	4.73
2	[A2-M2]	12,25	-34,31	90,14	-560,83	1473,36	16.35	84,70	401,18	4.74
2	[A2-M2]	12,30	-31,23	90,68	-577,07	1675,47	18.48	84,39	401,18	4.75
2	[A2-M2]	12,35	-28,15	91,22	-589,22	1909,03	20.93	83,97	401,18	4.78
1	[A1-M1]	12,40	30,81	84,21	566,97	1549,73	18.40	83,44	401,18	4.81
1	[A1-M1]	12,45	34,98	84,75	546,04	1322,97	15.61	82,79	401,18	4.85
1	[A1-M1]	12,50	39,12	85,29	528,17	1151,56	13.50	82,04	401,18	4.89
1	[A1-M1]	12,55	43,22	85,83	513,59	1019,93	11.88	81,18	401,18	4.94
1	[A1-M1]	12,60	47,28	86,37	501,13	915,49	10.60	79,50	401,18	5.05
1	[A1-M1]	12,65	51,25	86,91	491,30	833,12	9.59	77,02	401,18	5.21
1	[A1-M1]	12,70	55,10	87,45	483,45	767,26	8.77	74,43	401,18	5.39
1	[A1-M1]	12,75	58,83	88,00	476,55	712,85	8.10	71,69	401,18	5.60
1	[A1-M1]	12,80	62,41	88,54	466,40	661,64	7.47	68,82	401,18	5.83
1	[A1-M1]	12,85	65,85	89,08	458,07	619,64	6.96	65,78	401,18	6.10
1	[A1-M1]	12,90	69,14	89,62	451,16	584,80	6.53	62,56	401,18	6.41
1	[A1-M1]	12,95	72,27	90,16	445,38	555,66	6.16	59,15	401,18	6.78
1	[A1-M1]	13,00	75,23	90,70	440,52	531,16	5.86	55,54	401,18	7.22
1	[A1-M1]	13,05	78,00	91,25	436,43	510,53	5.60	51,73	401,18	7.76
1	[A1-M1]	13,10	80,59	91,79	432,99	493,15	5.37	49,93	401,18	8.04
1	[A1-M1]	13,15	82,98	92,33	430,10	478,58	5.18	48,81	401,18	8.22
1	[A1-M1]	13,20	85,15	92,87	427,69	466,45	5.02	47,60	401,18	8.43
1	[A1-M1]	13,25	87,12	93,41	425,72	456,48	4.89	46,30	401,18	8.66
1	[A1-M1]	13,30	88,87	93,95	424,11	448,39	4.77	44,92	401,18	8.93
1	[A1-M1]	13,35	90,41	94,50	422,84	441,95	4.68	43,44	401,18	9.23
1	[A1-M1]	13,40	91,74	95,04	421,86	437,02	4.60	41,88	401,18	9.58
1	[A1-M1]	13,45	92,87	95,58	421,15	433,45	4.54	40,26	401,18	9.97
1	[A1-M1]	13,50	93,78	96,12	420,71	431,22	4.49	38,58	401,18	10.40
1	[A1-M1]	13,55	94,47	96,66	420,52	430,27	4.45	36,88	401,18	10.88
1	[A1-M1]	13,60	94,96	97,20	420,57	430,52	4.43	35,17	401,18	11.41
1	[A1-M1]	13,65	95,24	97,74	420,84	431,91	4.42	33,41	401,18	12.01
1	[A1-M1]	13,70	95,33	98,29	421,34	434,40	4.42	31,60	401,18	12.70
1	[A1-M1]	13,75	95,24	98,83	422,04	437,96	4.43	29,68	401,18	13.52
1	[A1-M1]	13,80	94,96	99,37	422,96	442,59	4.45	27,67	401,18	14.50
1	[A1-M1]	13,85	94,52	99,91	424,09	448,30	4.49	25,56	401,18	15.70
1	[A1-M1]	13,90	93,91	100,45	425,44	455,09	4.53	23,34	401,18	17.19
1	[A1-M1]	13,95	93,14	100,99	427,01	463,01	4.58	21,03	401,18	19.08
1	[A1-M1]	14,00	92,23	101,54	428,81	472,10	4.65	-21,16	401,18	18.96
1	[A1-M1]	14,05	91,17	102,08	430,86	482,41	4.73	-23,86	401,18	16.81
1	[A1-M1]	14,10	89,97	102,62	433,16	494,03	4.81	-26,43	401,18	15.18
1	[A1-M1]	14,15	88,65	103,16	435,74	507,04	4.92	-28,86	401,18	13.90
1	[A1-M1]	14,20	87,21	103,70	438,62	521,56	5.03	-31,15	401,18	12.88
1	[A1-M1]	14,25	85,65	104,24	441,82	537,72	5.16	-33,30	401,18	12.05
1	[A1-M1]	14,30	83,99	104,78	445,38	555,67	5.30	-35,32	401,18	11.36
1	[A1-M1]	14,35	82,22	105,33	449,34	575,60	5.46	-37,21	401,18	10.78
1	[A1-M1]	14,40	80,36	105,87	453,73	597,74	5.65	-38,97	401,18	10.30
1	[A1-M1]	14,45	78,41	106,41	458,60	622,35	5.85	-40,59	401,18	9.88
1	[A1-M1]	14,50	76,38	106,95	464,04	649,74	6.08	-42,08	401,18	9.53

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V_{Rdr}	FS_T
		[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]		[kN]	[kN]	
1	[A1-M1]	14,55	74,28	107,49	470,09	680,30	6.33	-43,45	401,18	9.23
1	[A1-M1]	14,60	72,11	108,03	476,87	714,48	6.61	-44,78	401,18	8.96
1	[A1-M1]	14,65	69,87	108,58	481,11	747,65	6.89	-46,05	401,18	8.71
1	[A1-M1]	14,70	67,56	109,12	485,44	783,99	7.18	-47,19	401,18	8.50
1	[A1-M1]	14,75	65,21	109,66	490,28	824,52	7.52	-48,17	401,18	8.33
1	[A1-M1]	14,80	62,80	110,20	495,69	869,87	7.89	-49,02	401,18	8.18
1	[A1-M1]	14,85	60,35	110,74	501,76	920,79	8.31	-49,72	401,18	8.07
1	[A1-M1]	14,90	57,86	111,28	508,61	978,23	8.79	-50,29	401,18	7.98
1	[A1-M1]	14,95	55,35	111,83	516,38	1043,34	9.33	-50,71	401,18	7.91
1	[A1-M1]	15,00	52,81	112,37	524,45	1115,91	9.93	-51,00	401,18	7.87
1	[A1-M1]	15,05	50,26	112,91	532,93	1197,22	10.60	-51,15	401,18	7.84
1	[A1-M1]	15,10	47,70	113,45	542,67	1290,62	11.38	-51,16	401,18	7.84
1	[A1-M1]	15,15	45,14	113,99	553,94	1398,72	12.27	-51,04	401,18	7.86
1	[A1-M1]	15,20	42,59	114,53	564,39	1517,67	13.25	-50,78	401,18	7.90
1	[A1-M1]	15,25	40,05	115,07	575,24	1652,67	14.36	-50,39	401,18	7.96
1	[A1-M1]	15,30	37,53	115,62	586,97	1808,02	15.64	-49,86	401,18	8.05
1	[A1-M1]	15,35	35,04	116,16	590,28	1956,69	16.85	-49,20	401,18	8.15
1	[A1-M1]	15,40	32,58	116,70	594,09	2127,90	18.23	-48,41	401,18	8.29
1	[A1-M1]	15,45	30,16	117,24	595,35	2314,22	19.74	-47,48	401,18	8.45
1	[A1-M1]	15,50	27,79	117,78	595,59	2524,57	21.43	-46,43	401,18	8.64
1	[A1-M1]	15,55	25,47	118,32	585,38	2719,94	22.99	-45,24	401,18	8.87
1	[A1-M1]	15,60	23,20	118,87	573,00	2935,35	24.69	-43,93	401,18	9.13
1	[A1-M1]	15,65	21,01	119,41	556,89	3165,47	26.51	-42,48	401,18	9.44
1	[A1-M1]	15,70	18,88	119,95	536,80	3409,88	28.43	-40,90	401,18	9.81
1	[A1-M1]	15,75	16,84	120,49	512,76	3669,32	30.45	-39,20	401,18	10.23
1	[A1-M1]	15,80	14,88	121,03	484,16	3938,62	32.54	-37,36	401,18	10.74
1	[A1-M1]	15,85	13,01	121,57	450,08	4205,87	34.60	-35,40	401,18	11.33
1	[A1-M1]	15,90	11,24	122,11	411,73	4473,18	36.63	-33,30	401,18	12.05
2	[A2-M2]	15,95	8,51	130,21	325,78	4982,21	38.26	-31,08	401,18	12.91
2	[A2-M2]	16,00	7,17	130,75	278,05	5071,09	38.78	-28,73	401,18	13.96
2	[A2-M2]	16,05	5,91	131,30	230,86	5124,39	39.03	-26,25	401,18	15.28
2	[A2-M2]	16,10	4,76	131,84	186,77	5174,17	39.25	-23,65	401,18	16.97
2	[A2-M2]	16,15	3,71	132,38	146,25	5219,91	39.43	-20,91	401,18	19.18
2	[A2-M2]	16,20	2,77	132,92	109,78	5261,10	39.58	-18,05	401,18	22.23
2	[A2-M2]	16,25	1,96	133,46	77,79	5297,22	39.69	-15,06	401,18	26.64
2	[A2-M2]	16,30	1,28	134,00	50,75	5327,75	39.76	-11,94	401,18	33.60
2	[A2-M2]	16,35	0,73	134,55	29,07	5352,23	39.78	-8,69	401,18	46.15
2	[A2-M2]	16,40	0,33	135,09	13,16	5370,20	39.75	-5,32	401,18	75.44
2	[A2-M2]	16,45	0,08	135,63	3,36	5381,26	39.68	-1,82	401,18	221.01

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ_c tensione nel calcestruzzo, espressa in [kg/cmq]
σ_f tensione nell'armatura longitudinale del palo, espressa in [kg/cmq]

Y	σ_c	n° - Tipo	σ_f	n° - Tipo
[m]	[kg/cmq]		[kg/cmq]	
0,00	0,00	3 - [SLER]	0,00	3 - [SLER]
0,05	0,01	3 - [SLER]	0,17	3 - [SLER]
0,10	0,02	3 - [SLER]	0,34	3 - [SLER]
0,15	0,03	3 - [SLER]	0,51	3 - [SLER]
0,20	0,05	3 - [SLER]	0,68	3 - [SLER]
0,25	0,06	3 - [SLER]	0,85	3 - [SLER]
0,30	0,07	3 - [SLER]	1,02	3 - [SLER]
0,35	0,08	3 - [SLER]	1,19	3 - [SLER]
0,40	0,09	3 - [SLER]	1,36	3 - [SLER]
0,45	0,10	3 - [SLER]	1,53	3 - [SLER]
0,50	0,11	3 - [SLER]	1,71	3 - [SLER]
0,55	0,13	3 - [SLER]	1,88	3 - [SLER]
0,60	0,14	3 - [SLER]	2,05	3 - [SLER]
0,65	0,15	3 - [SLER]	2,23	3 - [SLER]
0,70	0,16	3 - [SLER]	2,40	3 - [SLER]
0,75	0,17	3 - [SLER]	2,58	3 - [SLER]
0,80	0,18	3 - [SLER]	2,75	3 - [SLER]
0,85	0,20	3 - [SLER]	2,93	3 - [SLER]
0,90	0,21	3 - [SLER]	3,10	3 - [SLER]
0,95	0,22	3 - [SLER]	3,28	3 - [SLER]
1,00	0,23	3 - [SLER]	3,46	3 - [SLER]
1,05	0,24	3 - [SLER]	3,64	3 - [SLER]
1,10	0,26	3 - [SLER]	3,82	3 - [SLER]

Y	σ_c	n° - Tipo	σ_f	n° - Tipo
[m]	[kg/cmq]		[kg/cmq]	
1,15	0,27	3 - [SLER]	4,00	3 - [SLER]
1,20	0,28	3 - [SLER]	4,18	3 - [SLER]
1,25	0,29	3 - [SLER]	4,37	3 - [SLER]
1,30	0,31	3 - [SLER]	4,55	3 - [SLER]
1,35	0,32	3 - [SLER]	4,73	3 - [SLER]
1,40	0,33	3 - [SLER]	4,92	3 - [SLER]
1,45	0,34	3 - [SLER]	5,11	3 - [SLER]
1,50	0,36	3 - [SLER]	5,29	3 - [SLER]
1,55	0,37	3 - [SLER]	5,48	3 - [SLER]
1,60	0,38	3 - [SLER]	5,67	3 - [SLER]
1,65	0,40	3 - [SLER]	5,86	3 - [SLER]
1,70	0,41	3 - [SLER]	6,06	3 - [SLER]
1,75	0,42	3 - [SLER]	6,25	3 - [SLER]
1,80	0,44	3 - [SLER]	6,45	3 - [SLER]
1,85	0,45	3 - [SLER]	6,64	3 - [SLER]
1,90	0,46	3 - [SLER]	6,84	3 - [SLER]
1,95	0,48	3 - [SLER]	7,04	3 - [SLER]
2,00	0,49	3 - [SLER]	7,24	3 - [SLER]
2,05	0,51	3 - [SLER]	7,44	3 - [SLER]
2,10	0,52	3 - [SLER]	7,65	3 - [SLER]
2,15	0,53	3 - [SLER]	7,86	3 - [SLER]
2,20	0,55	3 - [SLER]	8,07	3 - [SLER]
2,25	0,56	3 - [SLER]	8,29	3 - [SLER]
2,30	0,58	3 - [SLER]	8,51	3 - [SLER]
2,35	0,60	3 - [SLER]	8,74	3 - [SLER]
2,40	0,61	3 - [SLER]	8,99	3 - [SLER]
2,45	0,63	3 - [SLER]	9,24	3 - [SLER]
2,50	0,65	3 - [SLER]	9,50	3 - [SLER]
2,55	0,67	3 - [SLER]	9,77	3 - [SLER]
2,60	0,69	3 - [SLER]	10,06	3 - [SLER]
2,65	0,72	3 - [SLER]	10,36	3 - [SLER]
2,70	0,74	3 - [SLER]	10,67	3 - [SLER]
2,75	0,76	3 - [SLER]	11,00	3 - [SLER]
2,80	0,79	3 - [SLER]	11,35	3 - [SLER]
2,85	0,82	3 - [SLER]	11,71	3 - [SLER]
2,90	0,85	3 - [SLER]	12,09	3 - [SLER]
2,95	0,88	3 - [SLER]	12,50	3 - [SLER]
3,00	0,91	3 - [SLER]	12,92	3 - [SLER]
3,05	0,95	3 - [SLER]	13,37	3 - [SLER]
3,10	0,98	3 - [SLER]	13,84	3 - [SLER]
3,15	1,02	3 - [SLER]	14,33	3 - [SLER]
3,20	1,06	3 - [SLER]	14,85	3 - [SLER]
3,25	1,11	3 - [SLER]	15,39	3 - [SLER]
3,30	1,15	3 - [SLER]	15,96	3 - [SLER]
3,35	1,20	3 - [SLER]	16,56	3 - [SLER]
3,40	1,25	3 - [SLER]	42,44	3 - [SLER]
3,45	0,34	5 - [SLEQ]	15,36	5 - [SLEQ]
3,50	1,67	5 - [SLEQ]	58,83	5 - [SLEQ]
3,55	2,98	5 - [SLEQ]	102,17	5 - [SLEQ]
3,60	4,29	5 - [SLEQ]	145,31	5 - [SLEQ]
3,65	5,59	5 - [SLEQ]	188,26	3 - [SLER]
3,70	6,89	5 - [SLEQ]	231,15	3 - [SLER]
3,75	8,17	5 - [SLEQ]	273,81	3 - [SLER]
3,80	9,45	5 - [SLEQ]	316,24	3 - [SLER]
3,85	10,73	3 - [SLER]	358,43	3 - [SLER]
3,90	12,01	3 - [SLER]	400,37	3 - [SLER]
3,95	13,27	3 - [SLER]	442,05	3 - [SLER]
4,00	14,53	3 - [SLER]	483,47	3 - [SLER]
4,05	15,78	3 - [SLER]	524,64	3 - [SLER]
4,10	17,02	3 - [SLER]	565,54	3 - [SLER]
4,15	18,26	3 - [SLER]	606,18	3 - [SLER]
4,20	19,48	3 - [SLER]	646,55	3 - [SLER]
4,25	20,70	3 - [SLER]	686,63	3 - [SLER]
4,30	21,91	3 - [SLER]	726,42	3 - [SLER]
4,35	23,11	3 - [SLER]	765,91	3 - [SLER]
4,40	24,30	3 - [SLER]	805,08	3 - [SLER]
4,45	25,49	3 - [SLER]	843,94	3 - [SLER]
4,50	26,66	3 - [SLER]	882,47	3 - [SLER]
4,55	27,82	3 - [SLER]	920,68	3 - [SLER]
4,60	28,98	3 - [SLER]	958,54	3 - [SLER]
4,65	30,12	3 - [SLER]	996,07	3 - [SLER]
4,70	31,26	3 - [SLER]	1033,25	3 - [SLER]
4,75	32,38	3 - [SLER]	1070,07	3 - [SLER]
4,80	33,49	3 - [SLER]	1106,53	3 - [SLER]
4,85	34,60	3 - [SLER]	1142,62	3 - [SLER]
4,90	35,69	3 - [SLER]	1178,33	3 - [SLER]

Y	σ_c	n° - Tipo	σ_s	n° - Tipo
[m]	[kg/cmq]		[kg/cmq]	
4,95	36,77	3 - [SLER]	1213,67	3 - [SLER]
5,00	37,84	3 - [SLER]	1248,61	3 - [SLER]
5,05	38,90	3 - [SLER]	1283,17	3 - [SLER]
5,10	39,94	3 - [SLER]	1317,32	3 - [SLER]
5,15	40,98	3 - [SLER]	1351,07	3 - [SLER]
5,20	42,00	3 - [SLER]	1384,40	3 - [SLER]
5,25	43,01	3 - [SLER]	1417,31	3 - [SLER]
5,30	44,01	3 - [SLER]	1449,80	3 - [SLER]
5,35	44,99	3 - [SLER]	1481,85	3 - [SLER]
5,40	45,96	3 - [SLER]	1513,46	3 - [SLER]
5,45	46,92	3 - [SLER]	1544,63	3 - [SLER]
5,50	47,87	3 - [SLER]	1575,35	3 - [SLER]
5,55	48,80	3 - [SLER]	1605,61	3 - [SLER]
5,60	49,72	3 - [SLER]	1635,40	3 - [SLER]
5,65	50,63	3 - [SLER]	1664,72	3 - [SLER]
5,70	51,52	3 - [SLER]	1693,56	3 - [SLER]
5,75	52,40	3 - [SLER]	1721,92	3 - [SLER]
5,80	53,26	3 - [SLER]	1749,79	3 - [SLER]
5,85	54,11	3 - [SLER]	1777,17	3 - [SLER]
5,90	54,95	3 - [SLER]	1804,03	3 - [SLER]
5,95	55,76	3 - [SLER]	1830,39	3 - [SLER]
6,00	56,57	3 - [SLER]	1856,24	3 - [SLER]
6,05	57,36	3 - [SLER]	1881,55	3 - [SLER]
6,10	58,13	3 - [SLER]	1906,35	3 - [SLER]
6,15	58,89	3 - [SLER]	1930,60	3 - [SLER]
6,20	59,63	3 - [SLER]	1954,31	3 - [SLER]
6,25	60,36	3 - [SLER]	1977,48	3 - [SLER]
6,30	61,07	3 - [SLER]	2000,09	3 - [SLER]
6,35	61,77	3 - [SLER]	2022,13	3 - [SLER]
6,40	62,44	3 - [SLER]	2043,61	3 - [SLER]
6,45	63,10	3 - [SLER]	2064,52	3 - [SLER]
6,50	63,75	3 - [SLER]	2084,84	3 - [SLER]
6,55	64,38	3 - [SLER]	2104,58	3 - [SLER]
6,60	64,99	3 - [SLER]	2123,73	3 - [SLER]
6,65	65,58	3 - [SLER]	2142,27	3 - [SLER]
6,70	66,15	3 - [SLER]	2160,21	3 - [SLER]
6,75	66,71	3 - [SLER]	2177,53	3 - [SLER]
6,80	67,25	3 - [SLER]	2194,24	3 - [SLER]
6,85	67,77	3 - [SLER]	2210,32	3 - [SLER]
6,90	68,27	3 - [SLER]	2225,77	3 - [SLER]
6,95	68,76	3 - [SLER]	2240,58	3 - [SLER]
7,00	69,22	3 - [SLER]	2254,74	3 - [SLER]
7,05	69,67	3 - [SLER]	2268,25	3 - [SLER]
7,10	70,09	3 - [SLER]	2281,11	3 - [SLER]
7,15	70,50	3 - [SLER]	2293,30	3 - [SLER]
7,20	70,89	3 - [SLER]	2304,82	3 - [SLER]
7,25	71,26	3 - [SLER]	2315,66	3 - [SLER]
7,30	71,61	3 - [SLER]	2325,82	3 - [SLER]
7,35	71,93	3 - [SLER]	2335,29	3 - [SLER]
7,40	72,24	3 - [SLER]	2344,07	3 - [SLER]
7,45	72,53	3 - [SLER]	2352,14	3 - [SLER]
7,50	72,80	3 - [SLER]	2359,50	3 - [SLER]
7,55	73,04	3 - [SLER]	2366,15	3 - [SLER]
7,60	73,27	3 - [SLER]	2372,07	3 - [SLER]
7,65	73,47	3 - [SLER]	2377,26	3 - [SLER]
7,70	73,66	3 - [SLER]	2381,72	3 - [SLER]
7,75	73,82	3 - [SLER]	2385,44	3 - [SLER]
7,80	73,96	3 - [SLER]	2388,41	3 - [SLER]
7,85	74,07	3 - [SLER]	2390,63	3 - [SLER]
7,90	74,17	3 - [SLER]	2392,09	3 - [SLER]
7,95	74,24	3 - [SLER]	2392,78	3 - [SLER]
8,00	74,29	3 - [SLER]	2392,69	3 - [SLER]
8,05	74,32	3 - [SLER]	2391,83	3 - [SLER]
8,10	74,32	3 - [SLER]	2390,18	3 - [SLER]
8,15	74,31	3 - [SLER]	2387,74	3 - [SLER]
8,20	74,26	3 - [SLER]	2384,50	3 - [SLER]
8,25	74,20	3 - [SLER]	2380,45	3 - [SLER]
8,30	74,11	3 - [SLER]	2375,59	3 - [SLER]
8,35	74,00	3 - [SLER]	2369,91	3 - [SLER]
8,40	73,86	3 - [SLER]	2363,41	3 - [SLER]
8,45	73,70	3 - [SLER]	2356,08	3 - [SLER]
8,50	73,51	3 - [SLER]	2347,91	3 - [SLER]
8,55	73,30	3 - [SLER]	2338,90	3 - [SLER]
8,60	73,07	3 - [SLER]	2329,03	3 - [SLER]
8,65	72,81	3 - [SLER]	2318,31	3 - [SLER]
8,70	72,53	3 - [SLER]	2306,73	3 - [SLER]

Y	σ_c	n° - Tipo	σ_t	n° - Tipo
[m]	[kg/cmq]		[kg/cmq]	
8,75	72,22	3 - [SLER]	2294,28	3 - [SLER]
8,80	71,88	3 - [SLER]	2280,95	3 - [SLER]
8,85	71,52	3 - [SLER]	2266,74	3 - [SLER]
8,90	71,13	3 - [SLER]	2251,64	3 - [SLER]
8,95	70,72	3 - [SLER]	2235,64	3 - [SLER]
9,00	70,28	3 - [SLER]	2218,75	3 - [SLER]
9,05	69,81	3 - [SLER]	2200,95	3 - [SLER]
9,10	69,32	3 - [SLER]	2182,23	3 - [SLER]
9,15	68,80	3 - [SLER]	2162,60	3 - [SLER]
9,20	68,25	3 - [SLER]	2142,03	3 - [SLER]
9,25	67,68	3 - [SLER]	2120,54	3 - [SLER]
9,30	67,08	3 - [SLER]	2098,10	3 - [SLER]
9,35	66,45	3 - [SLER]	2074,72	3 - [SLER]
9,40	65,79	3 - [SLER]	2050,39	3 - [SLER]
9,45	65,10	3 - [SLER]	2025,11	3 - [SLER]
9,50	64,39	3 - [SLER]	1998,85	3 - [SLER]
9,55	63,65	3 - [SLER]	1971,63	3 - [SLER]
9,60	62,88	3 - [SLER]	1943,43	3 - [SLER]
9,65	62,08	3 - [SLER]	1914,25	3 - [SLER]
9,70	61,25	3 - [SLER]	1884,08	3 - [SLER]
9,75	60,39	3 - [SLER]	1852,92	3 - [SLER]
9,80	59,50	3 - [SLER]	1820,75	3 - [SLER]
9,85	58,59	3 - [SLER]	1787,58	3 - [SLER]
9,90	57,64	3 - [SLER]	1753,39	3 - [SLER]
9,95	56,66	3 - [SLER]	1718,19	3 - [SLER]
10,00	55,66	3 - [SLER]	1681,96	3 - [SLER]
10,05	54,62	3 - [SLER]	1644,70	3 - [SLER]
10,10	53,55	3 - [SLER]	1606,41	3 - [SLER]
10,15	52,45	3 - [SLER]	1567,07	3 - [SLER]
10,20	51,32	3 - [SLER]	1526,69	3 - [SLER]
10,25	50,16	3 - [SLER]	1485,25	3 - [SLER]
10,30	48,96	3 - [SLER]	1442,76	3 - [SLER]
10,35	47,74	3 - [SLER]	1399,21	3 - [SLER]
10,40	46,48	3 - [SLER]	1354,59	3 - [SLER]
10,45	45,19	3 - [SLER]	1308,89	3 - [SLER]
10,50	43,87	3 - [SLER]	1262,13	3 - [SLER]
10,55	42,51	3 - [SLER]	1214,28	3 - [SLER]
10,60	41,12	3 - [SLER]	1165,35	3 - [SLER]
10,65	39,70	3 - [SLER]	1115,34	3 - [SLER]
10,70	38,24	3 - [SLER]	1064,24	3 - [SLER]
10,75	36,77	3 - [SLER]	1012,60	3 - [SLER]
10,80	35,29	3 - [SLER]	960,97	3 - [SLER]
10,85	33,81	3 - [SLER]	909,34	3 - [SLER]
10,90	32,33	3 - [SLER]	857,73	3 - [SLER]
10,95	30,84	3 - [SLER]	806,14	3 - [SLER]
11,00	29,36	3 - [SLER]	754,59	3 - [SLER]
11,05	27,86	3 - [SLER]	703,10	3 - [SLER]
11,10	26,37	3 - [SLER]	651,68	3 - [SLER]
11,15	24,86	3 - [SLER]	600,36	3 - [SLER]
11,20	23,36	3 - [SLER]	549,16	3 - [SLER]
11,25	21,85	3 - [SLER]	498,14	3 - [SLER]
11,30	20,33	3 - [SLER]	447,35	3 - [SLER]
11,35	18,81	3 - [SLER]	396,86	3 - [SLER]
11,40	17,28	3 - [SLER]	346,80	3 - [SLER]
11,45	15,74	3 - [SLER]	297,33	3 - [SLER]
11,50	14,19	3 - [SLER]	248,71	3 - [SLER]
11,55	12,65	3 - [SLER]	201,36	3 - [SLER]
11,60	11,10	3 - [SLER]	155,92	3 - [SLER]
11,65	9,57	3 - [SLER]	113,36	3 - [SLER]
11,70	8,08	3 - [SLER]	97,76	3 - [SLER]
11,75	6,70	3 - [SLER]	83,28	3 - [SLER]
11,80	5,50	3 - [SLER]	70,22	3 - [SLER]
11,85	4,52	3 - [SLER]	59,26	3 - [SLER]
11,90	3,76	3 - [SLER]	50,43	3 - [SLER]
11,95	3,07	3 - [SLER]	42,32	3 - [SLER]
12,00	2,38	3 - [SLER]	34,18	3 - [SLER]
12,05	2,44	5 - [SLEQ]	34,98	5 - [SLEQ]
12,10	3,16	5 - [SLEQ]	43,48	5 - [SLEQ]
12,15	3,88	5 - [SLEQ]	51,98	5 - [SLEQ]
12,20	4,66	5 - [SLEQ]	61,15	5 - [SLEQ]
12,25	5,63	5 - [SLEQ]	72,21	5 - [SLEQ]
12,30	6,80	5 - [SLEQ]	85,17	5 - [SLEQ]
12,35	8,14	5 - [SLEQ]	99,50	5 - [SLEQ]
12,40	9,58	5 - [SLEQ]	114,51	5 - [SLEQ]
12,45	11,08	5 - [SLEQ]	139,28	5 - [SLEQ]
12,50	12,59	5 - [SLEQ]	180,01	5 - [SLEQ]

Y [m]	σc [kg/cmq]	n° - Tipo	σc [kg/cmq]	n° - Tipo
12,55	14,10	5 - [SLEQ]	222,33	5 - [SLEQ]
12,60	15,59	5 - [SLEQ]	265,53	5 - [SLEQ]
12,65	17,05	5 - [SLEQ]	308,71	5 - [SLEQ]
12,70	18,46	5 - [SLEQ]	351,10	5 - [SLEQ]
12,75	19,82	5 - [SLEQ]	392,40	5 - [SLEQ]
12,80	21,12	5 - [SLEQ]	432,39	5 - [SLEQ]
12,85	22,37	5 - [SLEQ]	470,87	5 - [SLEQ]
12,90	23,55	5 - [SLEQ]	507,68	5 - [SLEQ]
12,95	24,68	5 - [SLEQ]	542,65	5 - [SLEQ]
13,00	25,73	5 - [SLEQ]	575,62	5 - [SLEQ]
13,05	26,72	5 - [SLEQ]	606,46	5 - [SLEQ]
13,10	27,64	5 - [SLEQ]	635,00	5 - [SLEQ]
13,15	28,48	5 - [SLEQ]	661,13	5 - [SLEQ]
13,20	29,24	5 - [SLEQ]	684,78	5 - [SLEQ]
13,25	29,93	5 - [SLEQ]	705,91	5 - [SLEQ]
13,30	30,54	5 - [SLEQ]	724,56	5 - [SLEQ]
13,35	31,07	5 - [SLEQ]	740,74	5 - [SLEQ]
13,40	31,53	5 - [SLEQ]	754,42	5 - [SLEQ]
13,45	31,91	5 - [SLEQ]	765,53	5 - [SLEQ]
13,50	32,21	5 - [SLEQ]	773,99	5 - [SLEQ]
13,55	32,43	5 - [SLEQ]	779,84	5 - [SLEQ]
13,60	32,57	5 - [SLEQ]	783,36	3 - [SLER]
13,65	32,65	3 - [SLER]	784,85	3 - [SLER]
13,70	32,67	3 - [SLER]	783,97	3 - [SLER]
13,75	32,62	3 - [SLER]	780,83	3 - [SLER]
13,80	32,50	3 - [SLER]	775,51	3 - [SLER]
13,85	32,32	3 - [SLER]	768,10	3 - [SLER]
13,90	32,08	3 - [SLER]	758,71	3 - [SLER]
13,95	31,78	3 - [SLER]	747,41	3 - [SLER]
14,00	31,43	3 - [SLER]	734,31	3 - [SLER]
14,05	31,02	3 - [SLER]	719,49	3 - [SLER]
14,10	30,56	3 - [SLER]	703,05	3 - [SLER]
14,15	30,06	3 - [SLER]	685,08	3 - [SLER]
14,20	29,51	3 - [SLER]	665,67	3 - [SLER]
14,25	28,91	3 - [SLER]	644,91	3 - [SLER]
14,30	28,28	3 - [SLER]	622,91	3 - [SLER]
14,35	27,60	3 - [SLER]	599,74	3 - [SLER]
14,40	26,89	3 - [SLER]	575,51	3 - [SLER]
14,45	26,15	3 - [SLER]	550,30	3 - [SLER]
14,50	25,38	3 - [SLER]	524,23	3 - [SLER]
14,55	24,57	3 - [SLER]	497,39	3 - [SLER]
14,60	23,74	3 - [SLER]	469,87	3 - [SLER]
14,65	22,89	3 - [SLER]	441,75	3 - [SLER]
14,70	22,00	3 - [SLER]	413,07	3 - [SLER]
14,75	21,10	3 - [SLER]	383,99	3 - [SLER]
14,80	20,18	3 - [SLER]	354,63	3 - [SLER]
14,85	19,24	3 - [SLER]	325,14	3 - [SLER]
14,90	18,28	3 - [SLER]	295,69	3 - [SLER]
14,95	17,32	3 - [SLER]	266,46	3 - [SLER]
15,00	16,35	3 - [SLER]	237,64	3 - [SLER]
15,05	15,38	3 - [SLER]	209,45	3 - [SLER]
15,10	14,42	3 - [SLER]	182,13	3 - [SLER]
15,15	13,46	3 - [SLER]	159,17	3 - [SLER]
15,20	12,52	3 - [SLER]	149,74	3 - [SLER]
15,25	11,61	3 - [SLER]	140,47	3 - [SLER]
15,30	10,74	3 - [SLER]	131,45	3 - [SLER]
15,35	9,91	3 - [SLER]	122,78	3 - [SLER]
15,40	9,14	3 - [SLER]	114,59	3 - [SLER]
15,45	8,44	3 - [SLER]	106,96	3 - [SLER]
15,50	7,80	3 - [SLER]	99,97	3 - [SLER]
15,55	7,23	3 - [SLER]	93,64	3 - [SLER]
15,60	6,73	3 - [SLER]	87,97	3 - [SLER]
15,65	6,29	3 - [SLER]	82,94	3 - [SLER]
15,70	5,91	3 - [SLER]	78,47	3 - [SLER]
15,75	5,56	3 - [SLER]	74,48	3 - [SLER]
15,80	5,25	3 - [SLER]	70,79	3 - [SLER]
15,85	4,95	3 - [SLER]	67,28	3 - [SLER]
15,90	4,66	3 - [SLER]	63,96	3 - [SLER]
15,95	4,40	3 - [SLER]	60,85	3 - [SLER]
16,00	4,15	3 - [SLER]	57,96	3 - [SLER]
16,05	3,92	3 - [SLER]	55,30	3 - [SLER]
16,10	3,71	3 - [SLER]	52,89	3 - [SLER]
16,15	3,53	3 - [SLER]	50,73	3 - [SLER]
16,20	3,36	3 - [SLER]	48,85	5 - [SLEQ]
16,25	3,23	5 - [SLEQ]	47,25	5 - [SLEQ]
16,30	3,11	5 - [SLEQ]	45,95	5 - [SLEQ]

Y	σ_c	n° - Tipo	σ_t	n° - Tipo
[m]	[kg/cmq]		[kg/cmq]	
16,35	3,03	5 - [SLEQ]	44,96	5 - [SLEQ]
16,40	2,96	5 - [SLEQ]	44,28	5 - [SLEQ]
16,45	2,93	5 - [SLEQ]	43,93	5 - [SLEQ]

Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione M_u-N_u della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	R_{bk} = 255 [kg/cmq])
Tensione caratteristica cilindrica del cls (0.83xR_{bk})	R_{ck} = 212 (Kg/cm^2)
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	ψ= 0.85
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	f_{yk} = 4589 [kg/cmq])
Coefficiente di sicurezza cls	γ_c = 1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	γ_s = 1.15
Resistenza di calcolo del cls($\psi R_{ck}/\gamma_c$)	R^*_c = 120 (Kg/cm^2)
Resistenza di calcolo dell'acciaio(f_{yk}/γ_s)	R^*_s = 3990 (Kg/cm^2)
Modulo elastico dell'acciaio	E_s = 2100000 (Kg/cm^2)
Deformazione ultima del calcestruzzo	ε_{cu} = 0.0035(0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	ε_{ck} = 0.0020(0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	ε_{yu} = 0.0100(1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico (R^*_s/E_s)	ε_{yk} = 0.0015(0.19%)

Legame costitutivo del calcestruzzo

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:
Tratto parabolico: $0<=\varepsilon_c<=\varepsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R^*_c(2\varepsilon_c\varepsilon_{ck}-\varepsilon_c^2)}{\varepsilon_{ck}^2}$$

Tratto rettangolare: $\varepsilon_{ck}<\varepsilon_c<=\varepsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R^*_c$$

Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:
$\sigma_s = E_s\varepsilon_s$ per $0<=\varepsilon_s<=\varepsilon_{sy}$
$\sigma_s = R^*_s$ per $\varepsilon_{sy}<\varepsilon_s<=\varepsilon_{su}$

Tratto armatura 1

N°	N_u [kN]	M_u [kNm]
1	-1229,3189	0,0000
2	0,0000	335,2065
3	718,0076	477,5717
4	1077,0114	520,3958
5	1436,0152	557,8322
6	1795,0190	586,6796
7	2154,0228	594,6743
8	2513,0266	596,1900
9	2872,0303	577,4282
10	3231,0341	552,2983
11	3590,0379	521,1835
12	3949,0417	483,0485
13	4308,0455	436,9588
14	4667,0493	382,1079
15	5026,0531	317,9431
16	5385,0569	0,0000
17	5385,0569	0,0000
18	5026,0531	-317,9431
19	4667,0493	-382,1079
20	4308,0455	-436,9588
21	3949,0417	-483,0485
22	3590,0379	-521,1835
23	3231,0341	-552,2983
24	2872,0303	-577,4282
25	2513,0266	-596,1900
26	2154,0228	-594,6743

N°	N_u [kN]	M_u [kNm]
27	1795,0190	-586,6796
28	1436,0152	-557,8322
29	1077,0114	-520,3958
30	718,0076	-477,5717
31	0,0000	-335,2065
32	-1229,3189	0,0000

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale
T_h taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale
M_v momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale
T_v taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=75,00 [cm]	H=100,00 [cm]		
A_{fv}=24,13 [cmq]	A_{fh}=20,11 [cmq]	Staffe ϕ10/10	Nbh=2 - Nbv=2
M_h=8,46 [kNm]	M_{uh}=611,45 [kNm]	FS=72.26	
T_h=16,92 [kN]	T_{Rh}=1073,20 [kN]	FS_T=63.42	
M_v=5,17 [kNm]	M_{uv}=840,67 [kNm]	FS=162.56	
T_v=13,79 [kN]	T_R=1073,20 [kN]	FS_{Tv}=77.82	

Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)

Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo
Il sottoscritto , in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

Tipo di analisi svolta
L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica non-lineare, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.
L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazioni).
La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	PAC - Analisi e Calcolo Paratie
Versione	12.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	In. Ge. Na. Studio Associato
Licenza	AIU4511TQ

Affidabilità dei codici di calcolo
Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati
La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione
Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati
I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.
In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

_____

Il progettista
( )

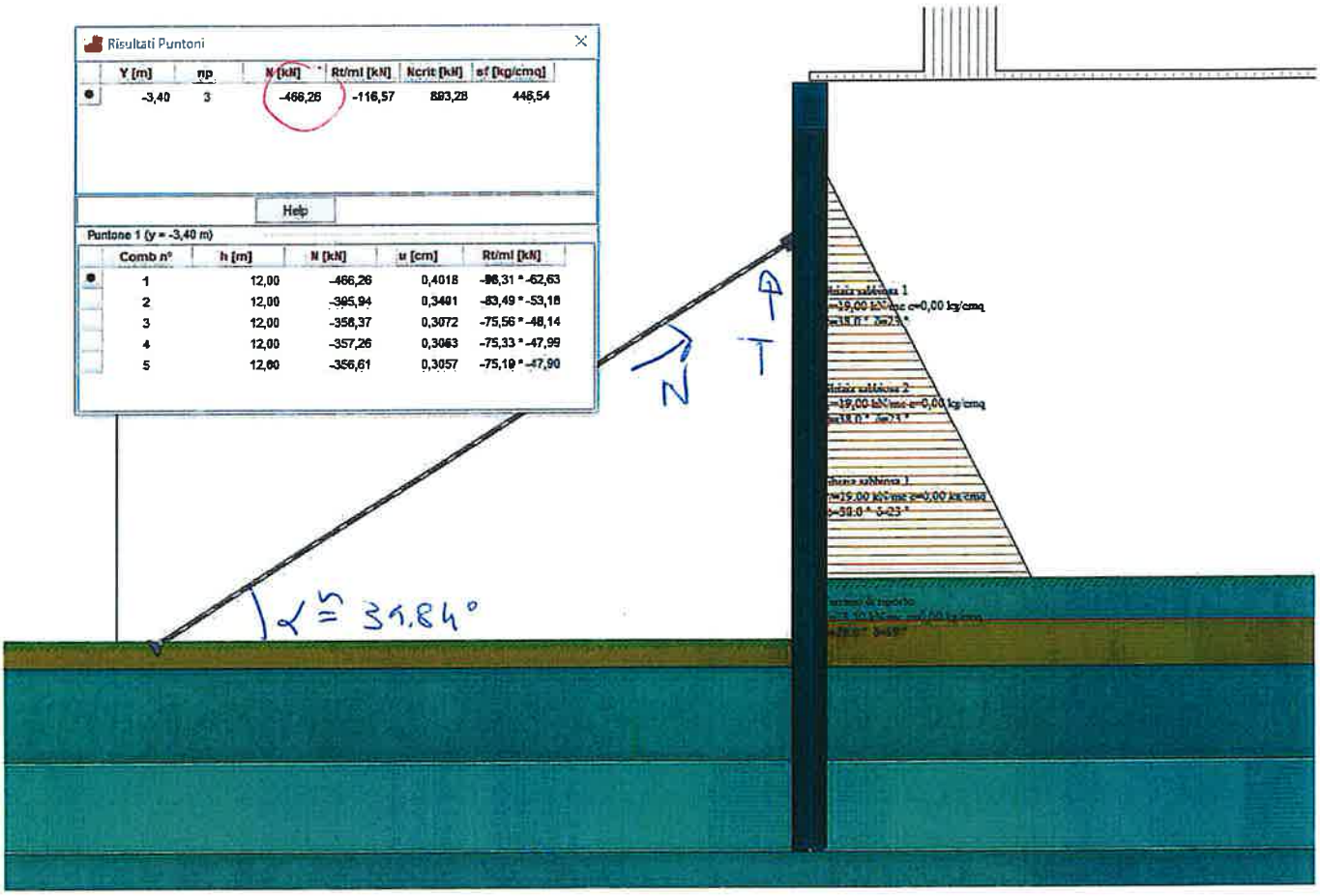
_____

Indice

Normative di riferimento	2
Richiami teorici	3
Metodo di analisi	3
Calcolo della profondità di infissione	3
Calcolo della spinte	3
Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)	3
Spinta in presenza di sisma	3
Analisi ad elementi finiti	4
Schematizzazione del terreno	4
Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno	4
Analisi per fasi di scavo	5
Verifica alla stabilità globale	5
Dati	6
Geometria paratia	6
Geometria cordoli	6
Geometria profilo terreno	6
Descrizione terreni	6
Descrizione stratigrafia	7
Caratteristiche materiali utilizzati	7
Condizioni di carico	7
Descrizione puntoni	9
Combinazioni di carico	10
Impostazioni di progetto	10
Impostazioni di analisi	11
Impostazioni analisi sismica	12
Analisi della paratia	13
Forze agenti sulla paratia	13
Risultati puntoni	15
Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia	15
Spostamenti massimi e minimi della paratia	16
Stabilità globale	16
Descrizione armatura pali e caratteristiche sezione	18
Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)	18
Verifica armatura paratia (Inviluppo)	18
Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni	29
Verifica sezione cordoli	30
Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)	31

F.2.3 b) Nachweis Schiene Verteilerbalken

F.2.3 b) Verifica putrella trave di ripartizione



$N_{Sd\ max} = 466{,}26\ kN$

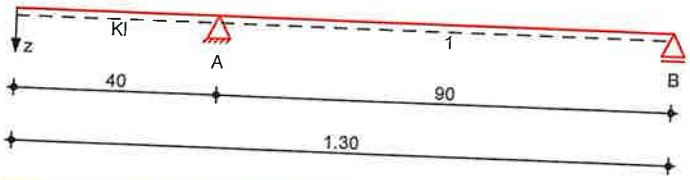
$T_{Sd\ max} = 245{,}97\ kN / 4\ m \approx 61\ kN$ / PFAHL

BERECHNUNG MIT 130 kN / PFAHL

Pos. W004 Schiene

System — Einfeldträger mit Auskragung

M 1:15 — System z-Richtung



Abmessungen Mat./Querschnitt

Feld	l [m]	Lage [°]	Achsen	Material	Profil
Kl	0.40	0.0	fest	S 275	HEB 160
1	0.90	0.0	fest		

Auflager

Lager	x [m]	b [cm]	Art	$K_{T,z}$ [kN/m]	$K_{R,y}$ [kNm/rad]
A	0.40	20.0		fest	frei
B	1.30	20.0		fest	frei

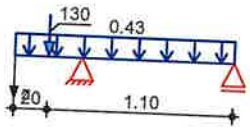
Belastungen — Belastungen auf das System

Eigengewicht

Feld	Profil	A [cm²]	g [kN/m]
Kl-1	HEB 160	54.3	0.43

Grafik — Belastungsgrafiken (einwirkungsbezogen)

Einwirkungen — Gk



Streckenlasten in z-Richtung Einw. *Gk*

Feld	Komm.	a [m]	s [m]	q_{li} [kN/m]	q_{re} [kN/m]	e [cm]
Kl	Eigengew	0.00	1.30		0.43	0.0

Punktlasten in z-Richtung

Einw. *Gk*

Einzellasten

Feld	Komm.	a [m]	F_z [kN]	e [cm]
Kl		0.20	130.00	0.0

Kombinationen — Kombinationsbildung nach DIN EN 1990

Ek	Σ (γ*ψ*EW)
1	1.00*Gk
2	1.35*Gk
3	1.00*Gk

ständig/vorüberg.

quasi-ständig

Bem.-schnittgrößen — Bemessungsschnittgrößen

Tabelle — Schnittgrößen (Umhüllende)

Kragarm links

x [m]	$M_{y,d,min}$ [kNm]	Ek	$M_{y,d,max}$ [kNm]	Ek	$V_{z,d,min}$ [kN]	Ek	$V_{z,d,max}$ [kN]	Ek
0.00	0.00	2	0.00	1	0.00	2	0.00	1
0.20	-0.01	2	-0.01	1	-0.12	2	-0.09	1

x [m]	$M_{y,d,min}$ [kNm]	Ek	$M_{y,d,max}$ [kNm]	Ek	$V_{z,d,min}$ [kN]	Ek	$V_{z,d,max}$ [kN]	Ek
0.20	-0.01	2	-0.01	1	-175.6	2	-130.1	1
0.40	-35.15	2	-26.03	1	-175.7	2	-130.2	1
0.00	-35.15	2	-26.03	1	29.12	1	39.31	2
0.90	0.00	2	0.00	1	28.73	1	38.79	2

Feld 1

Auflagerkräfte

Charakteristische Auflagerkräfte

Char. Auflagerkr.

Einw. *Gk*

Aufl.	$F_{z,k,min}$ [kN]	$F_{z,k,max}$ [kN]
A	159.29	159.29
B	-28.73	-28.73

Zusammenfassung

Zusammenfassung der Nachweise

Nachweise (GZT)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Nachweis	Feld	x [m]		η [-]
Nachweis E-E	Kragarm links	0.20	OK	0.98
Stabilität	Feld 1	0.00	OK	0.40

Nachweise (GZG)

Nachweise im Grenzzust. der Gebrauchstauglichkeit

Nachweis	Feld	x [m]		η [-]
Verformung	Kragarm links	0.00	OK	0.29

F.3.1 Schnitt 3c-3c - Wand W102

F.3.1 Sezione 3c-3c - Parete W102

F.3.1.1 Berechnung mit FEM-2D PLAXIS V8 Professional

F.3.1.1 Calcolo con FEM-2D PLAXIS V8 Professional

1.1 Geometria della sezione tipo

In figura n.4.2 è illustrata la sezione tipo di intervento "3C–3C". Le principali caratteristiche della sezione sono di seguito elencate.

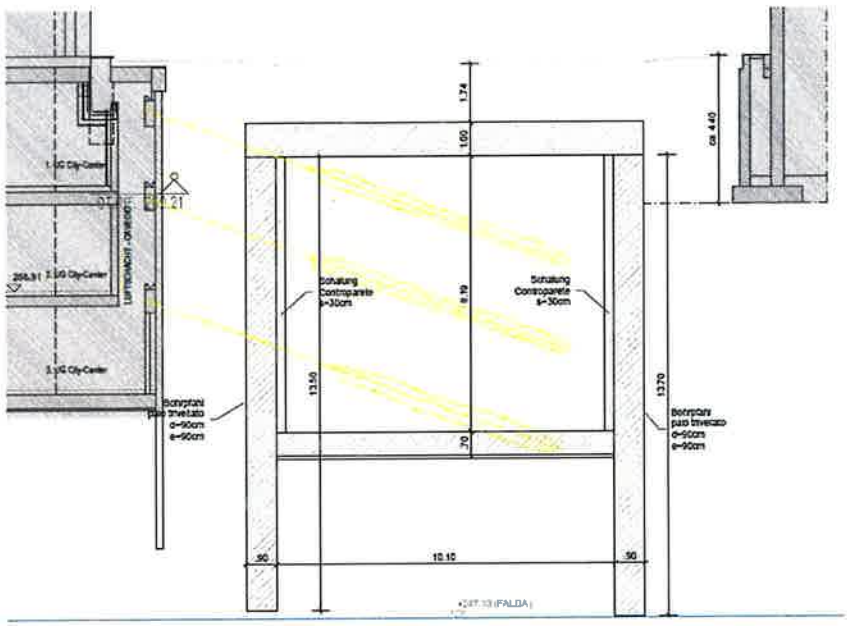


Figura n.4.2 – Sezione tipo "3C–3C"

Geometria dello scavo

B = larghezza (interasse piedritti)	= 11.00m
H = altezza (da imposta soletta di copertura)	= 9.00m

Piedritti

D = diametro palo	= 900mm
i = interasse palo	= 0.90m
L = lunghezza palo (da imposta soletta di copertura)	= 13.50m

Solette

sp_1 = spessore soletta di copertura	= 1.00m
sp_2 = spessore soletta di base	= 0.70m
h_1 = spessore ricoprimento soletta di copertura	≅ 1.70m

Strutture esistenti a tergo piedritto in DX

d = distanza minima da asse piedritto	≅ 3.70m
z = quota di imposta	≅ 4.00m da p.c. locale
b = larghezza fondazione	= 1.50m
q_{perm} = carico permanente	= 200kPa
q_{acc} = carico accidentale	= 35kPa

Strutture esistenti a tergo piedritto in SX

A tergo della galleria artificiale, ad una distanza pari a circa 3.0m da asse piedritto, sono presenti le strutture dell'edificio "*City Center*" che presentano n.3 livelli interrati fino a 10.5m circa da p.c. locale, realizzati previo sostegno dello scavo mediante una paratia di micropali, tirantata su n.3 ordini in fase provvisoonale e contrastata dai solai dell'edificio in fase definitiva.

Ai fini delle analisi di seguito documentate ed in assenza di informazioni desumibili da elaborati di progetto e/o as-built, sono state ipotizzate le seguenti caratteristiche della paratia provvisionale:

Micropali

Diametro = 240mm

Armatura = 168.3/12.5mm

Interasse = 0.40m

Tiranti

Interasse = 3.20m

N° trefoli = 4

Tiro iniziale = 480kN

1.2 Caratteristiche generali del modello numerico

Si riportano di seguito le principali caratteristiche del modello numerico (FEM-2D).

Dimensioni modello:	80x42m
Origine assi:	X = 0.00 → mezzeria galleria artificiale
	Y = 0.00 → estradosso soletta di copertura
Discretizzazione modello:	elementi triangolari "*plane strain*" a 15 nodi
	Numero di elementi = 1'442
	Numero di nodi = 12'039
	Numero di punti di integrazione = 17'304
Piedritti:	elementi "*plate*"
	D = diametro palo = 900mm
	i = interasse pali = 0.90m
	E = modulo elastico cls = 30'000MPa

	EA = rigidezza assiale = 2.26E+07kN/m
	EI = rigidezza flessionale = 1.07E+06kNm^2/m
Soletta di copertura:	elementi "*plate*"
	sp = spessore = 1'000mm
	E = modulo elastico cls = 30'000MPa
	EA = rigidezza assiale = 3.00E+07kN/m
	EI = rigidezza flessionale = 2.50E+06kNm^2/m
Soletta di base:	elementi "*plate*"
	sp = spessore = 700mm
	E = modulo elastico cls = 30'000MPa
	EA = rigidezza assiale = 2.10E+07kN/m
	EI = rigidezza flessionale = 8.57E+05kNm^2/m
Condizioni di vincolo:	Modello 1: piedritto-soletta di copertura: CERNIERA
	piedritto-soletta di base: CERNIERA
	Modello 2: piedritto-soletta di copertura: INCASTRO
	piedritto-soletta di base: CERNIERA
Tiranti – tratto libero:	elementi "*node to node anchor*"
	n = numero trefoli = 4
	A = area sezione trefolo = 139mm^2
	E = modulo elastico acciaio = 210'000MPa
	EA = rigidezza assiale = 1.17E+05kN
Tiranti – tratto di ancoraggio:	elementi "*geogrid*"
	EA = rigidezza assiale = 3.65E+04kN/m
Parametri geotecnici:	cfr. tabella n.3.1
Livello statico falda:	≈ 17m da p.c. locale
Modello costitutivo terreni:	*Hardening soil model* (libreria PLAXIS)

1.3 Fasi esecutive modellate

Sono state implementate nel calcolo le seguenti fasi:

1. Realizzazione edificio in DX
2. City Center – Realizzazione paratia
3. City Center – Scavo fino a 1° ordine di tiranti
4. City Center – Realizzazione 1° ordine di tiranti
5. City Center – Scavo fino a 2° ordine di tiranti
6. City Center – Realizzazione 2° ordine di tiranti
7. City Center – Scavo fino a 3° ordine di tiranti
8. City Center – Realizzazione 3° ordine di tiranti
9. City Center – Scavo fino a quota di progetto

10. City Center – Realizzazione 1° livello di contrasto
11. City Center – Realizzazione 2° livello di contrasto
12. City Center – Realizzazione 3° livello di contrasto
13. City Center – Realizzazione 4° livello di contrasto
14. City Center – Realizzazione 5° livello di contrasto
15. Prescavo fino a quota imposta soletta di copertura
16. Realizzazione paratie di pali in DX e SX
17. Getto soletta di copertura
18. Ritombamento scavo fino a quota p.c. locale
19. Applicazione carichi da traffico
20. Scavo in galleria fino a quota di progetto
21. Realizzazione platea di base
22. Applicazione sisma
23. Sbancamento terreno a tergo piedritto in SX (ipotesi demolizione City Center)

Con riferimento alle fasi esecutive sopra elencate si precisa quanto segue:

- La fase 1 è stata implementata al fine di modellare correttamente lo stato tensionale iniziale a tergo del piedritto in DX;
- Le fasi da 2 a 14 sono state implementate al fine di modellare correttamente lo stato tensionale iniziale a tergo del piedritto in SX, con particolare riferimento agli effetti di detensionamento del terreno nelle fasi di scavo per la realizzazione del City Center;
- A titolo cautelativo il carico da traffico è stato applicato prima della realizzazione della platea di base;
- La fase 23 è stata implementata al fine di analizzare, con riferimento alle sole condizioni statiche, gli effetti sulla galleria artificiale di un ipotetica demolizione dell'edificio City Center con sbancamento del terreno fino alla messa a nudo del piedritto in SX;
- I principali risultati delle analisi dono documentati al capitolo successivo con riferimento alle fasi da 20 a 23.

1.4 ANALISI FEM-2D SEZIONE "3C–3C" – RISULTATI

Modello 1 (vincolo a cerniera tra piedritti e soletta di copertura)

I principali risultati delle analisi FEM-2D sono illustrati nelle seguenti figure. Per maggiori dettagli si rimanda ai tabulati di calcolo di cui all'allegato 1.

Figura n.5.1: FASE 20 (Scavo) – Layout modello di calcolo

Figura n.5.2: FASE 20 (Scavo) – Spostamenti totali

Figura n.5.3: FASE 20 (Scavo) – Spostamenti orizzontali

Figura n.5.4: FASE 20 (Scavo) – Spostamenti verticali

Figura n.5.5: FASE 21 (Platea) – Layout modello di calcolo

Figura n.5.6: FASE 21 (Platea) – Spostamenti totali

Figura n.5.7: FASE 21 (Platea) – Spostamenti orizzontali

Figura n.5.8: FASE 21 (Platea) – Spostamenti verticali

Figura n.5.9: FASE 22 (Sisma) – Layout modello di calcolo

Figura n.5.10: FASE 22 (Sisma) – Spostamenti totali

Figura n.5.11: FASE 22 (Sisma) – Spostamenti orizzontali

Figura n.5.12: FASE 22 (Sisma) – Spostamenti verticali

Figura n.5.13: FASE 23 (Sbancamento) – Layout modello di calcolo

Figura n.5.14: FASE 23 (Sbancamento) – Spostamenti totali

Figura n.5.15: FASE 23 (Sbancamento) – Spostamenti orizzontali

Figura n.5.16: FASE 23 (Sbancamento) – Spostamenti verticali

Figura n.5.17: Paratia sx e dx – Diagramma spostamento orizzontale

Figura n.5.18: Paratia sx e dx – Diagramma momento flettente

Figura n.5.19: Paratia sx e dx – Diagramma taglio

Figura n.5.20: Soletta sup. – Diagramma spostamento verticale

Figura n.5.21: Soletta sup. – Diagramma momento flettente

Figura n.5.22: Soletta sup. – Diagramma taglio

Figura n.5.23: Andamento spostamento orizzontale e verticale punti di controllo A e B

Si precisa quanto segue:

- Le sollecitazioni riportate nei grafici di cui alle figure n.5.18 e n.5.19 sono da intendersi **"di design" agenti sul singolo palo**;
- Le sollecitazioni riportate nei grafici di cui alle figure n.5.21 e n.5.22 sono da intendersi **"di design" agenti per metro lineare di sviluppo fuori piano**;
- I punti di controllo di cui alla figura n.5.23 sono ubicati rispettivamente alla quota di imposta della fondazione esistente in DX (punto A) ed in corrispondenza del nodo paratia-soletta superiore in DX (punto B). Si verifica che, fino allo step 164 (termine fase "platea") lo spostamento calcolato nei punti di controllo è dell'ordine di 3÷5mm.

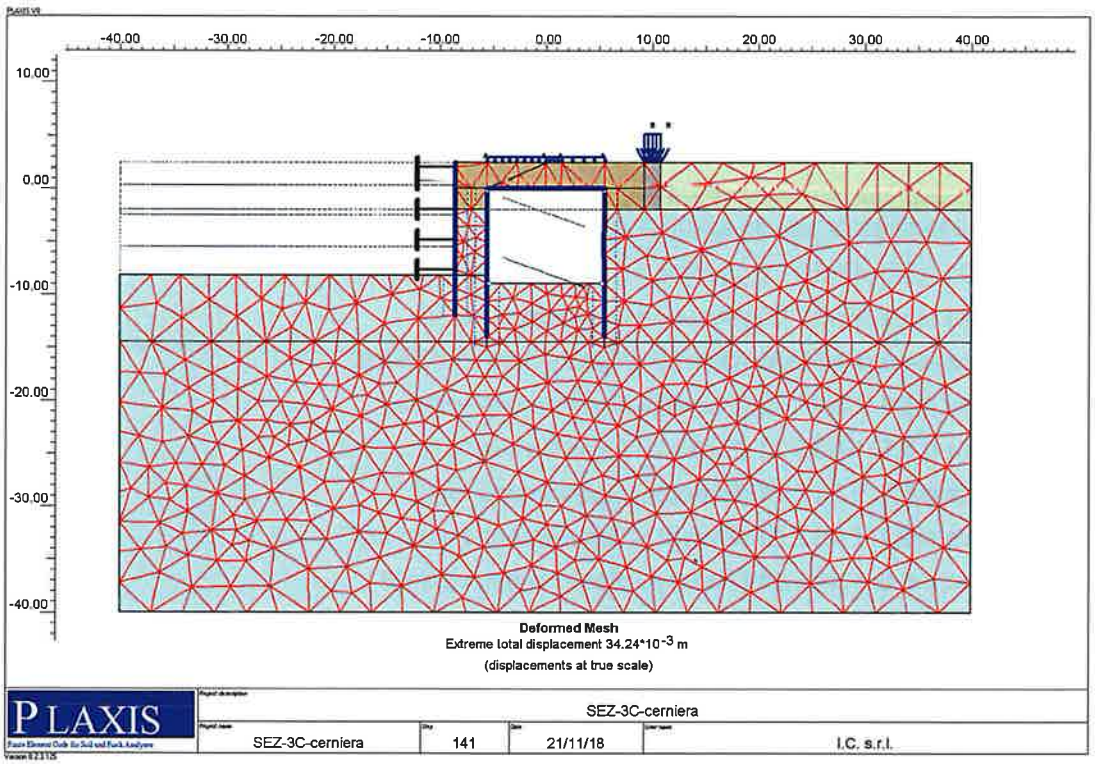


Figura n.5.1

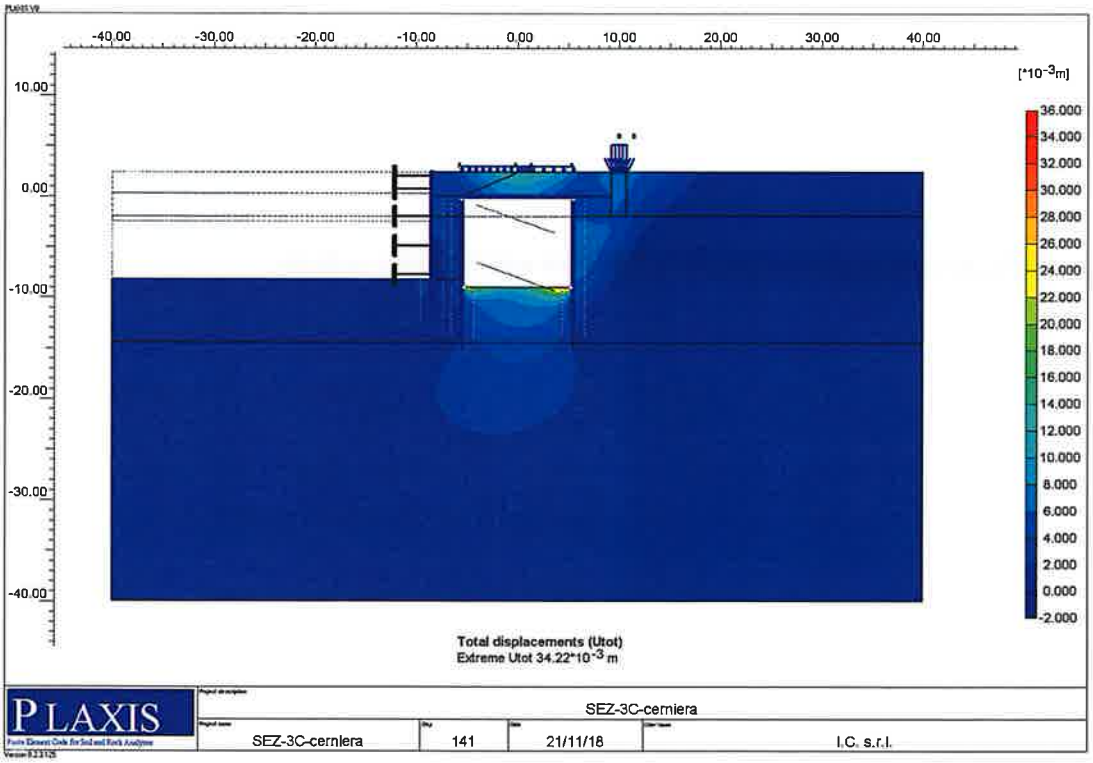


Figura n.5.2

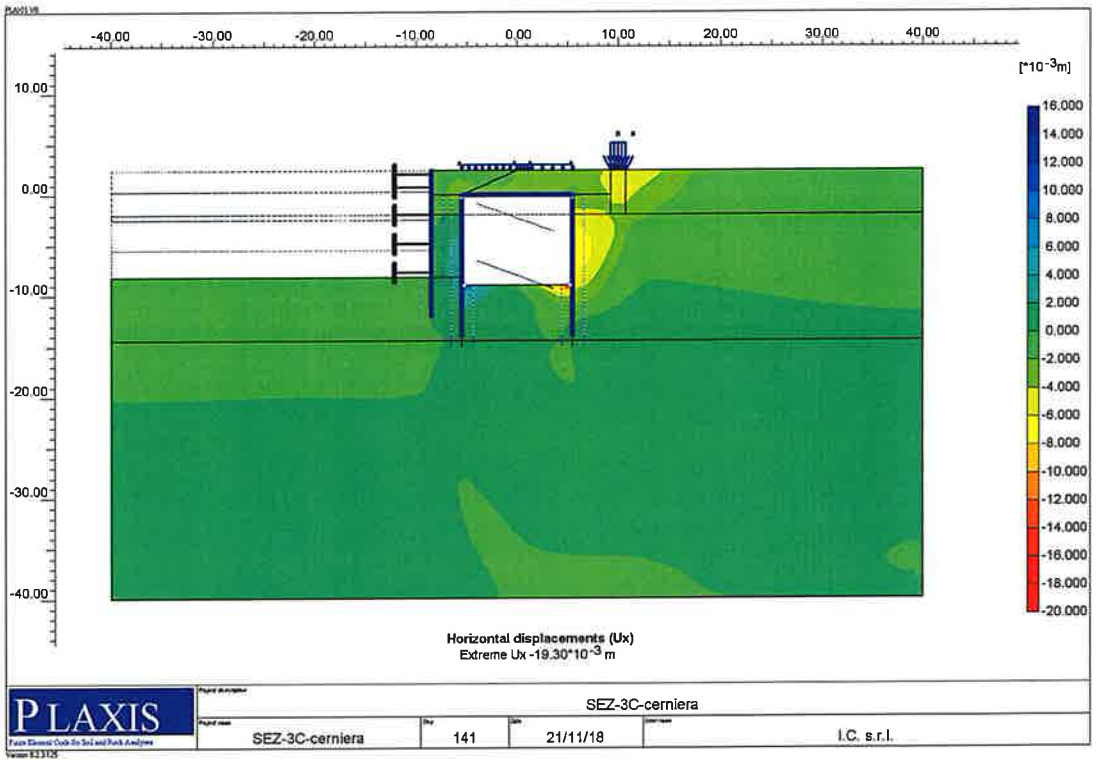


Figura n.5.3

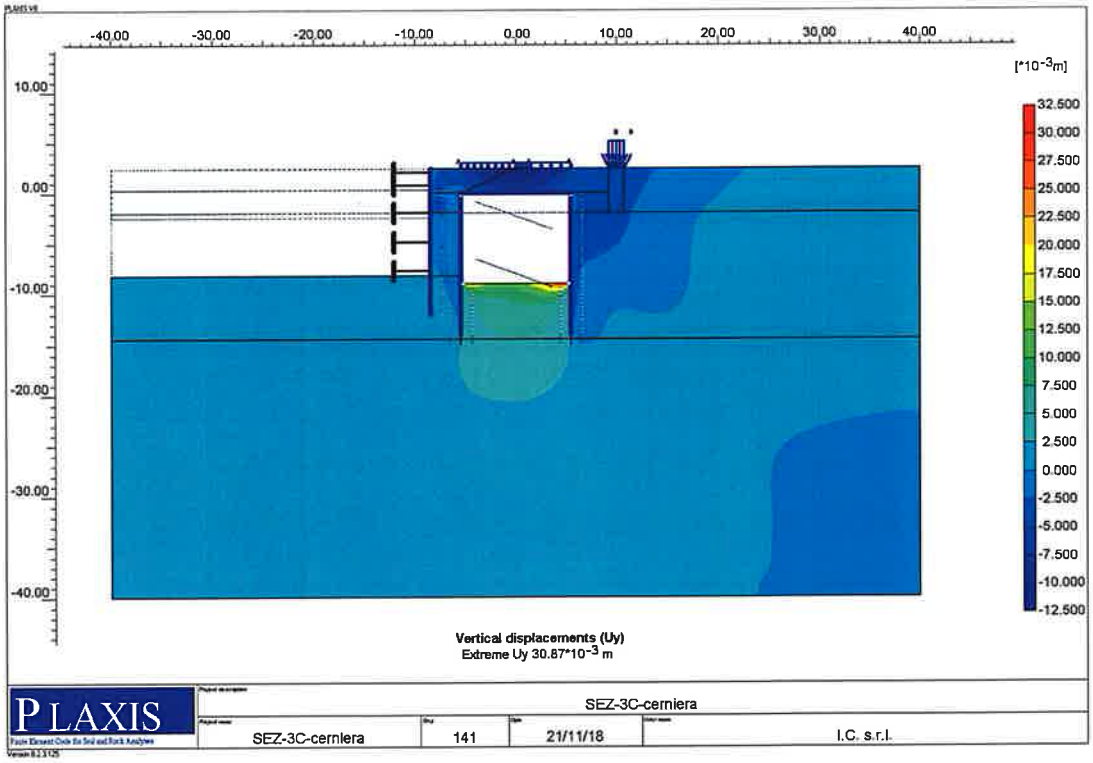


Figura n.5.4

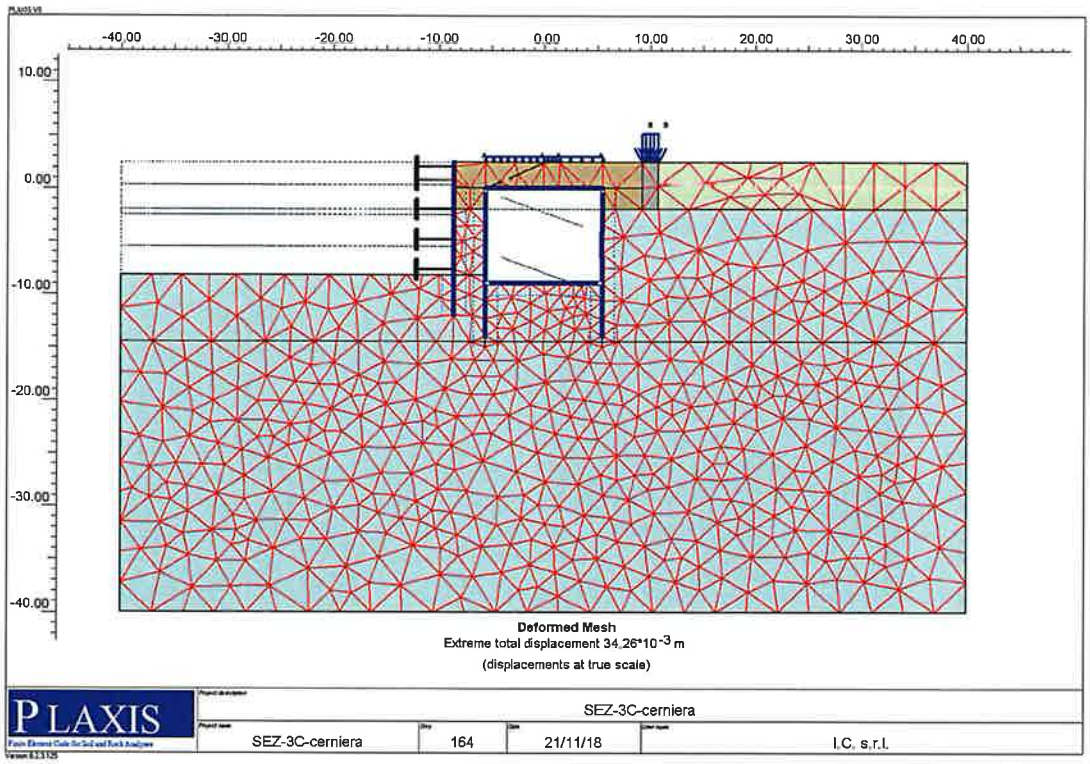


Figura n.5.5

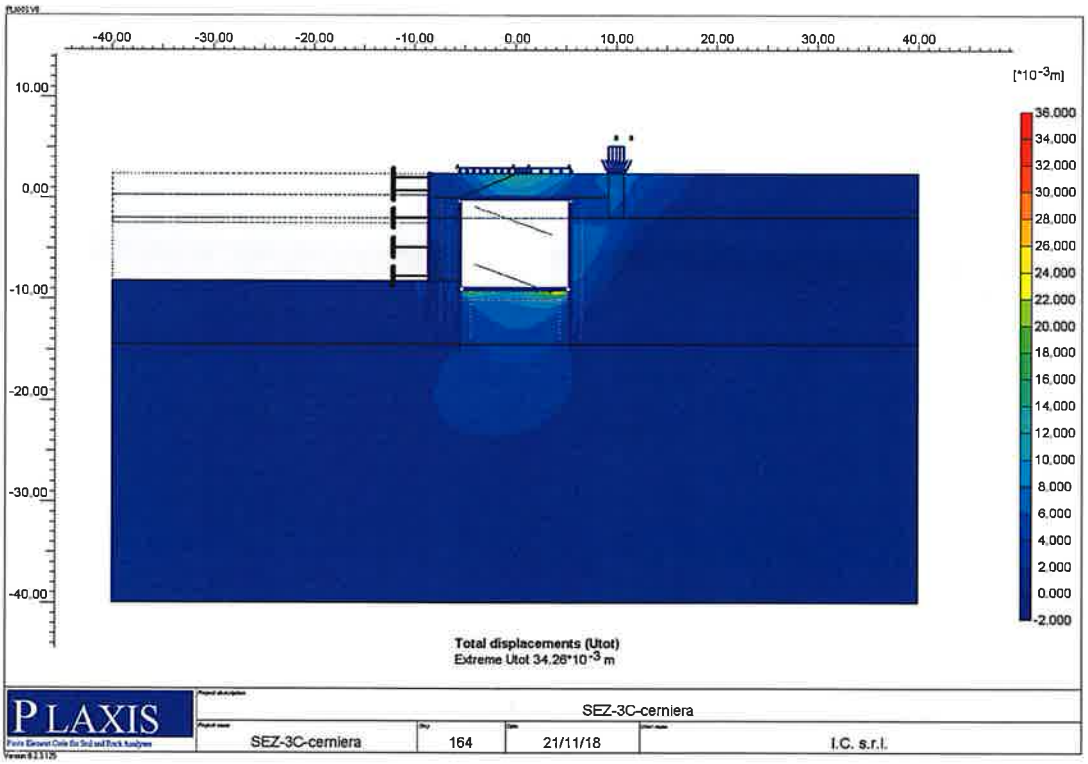


Figura n.5.6

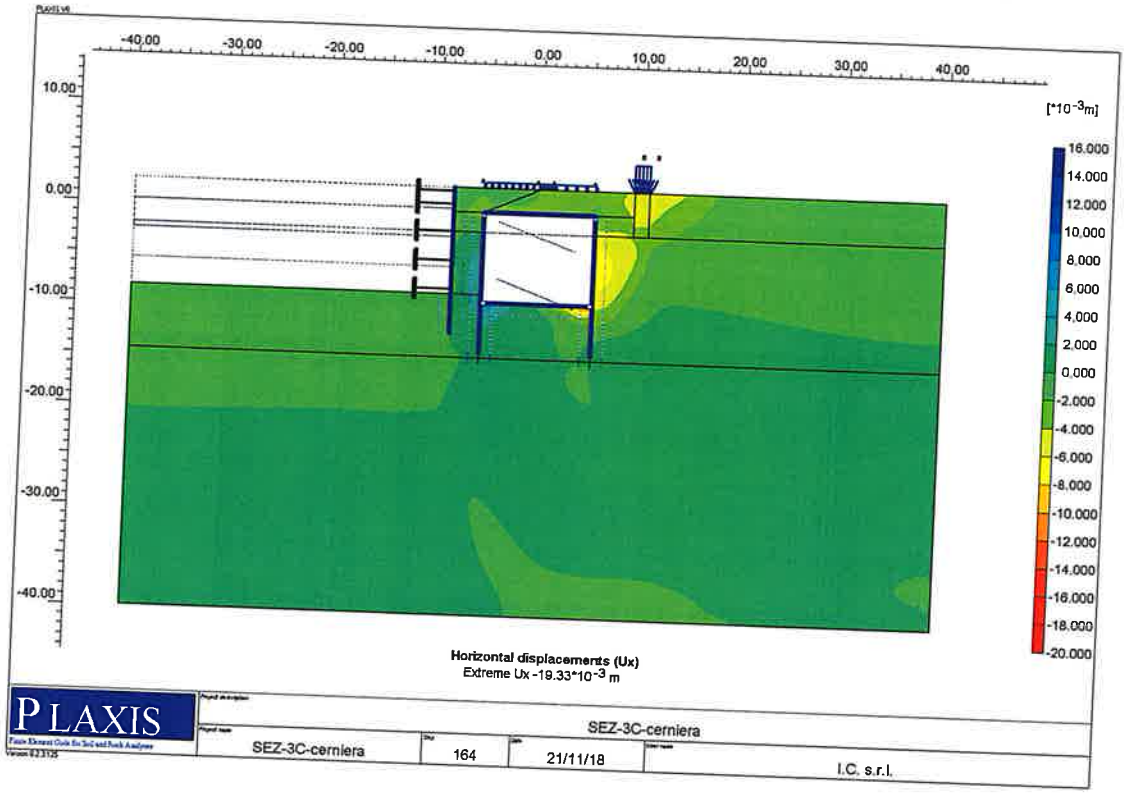


Figura n.5.7

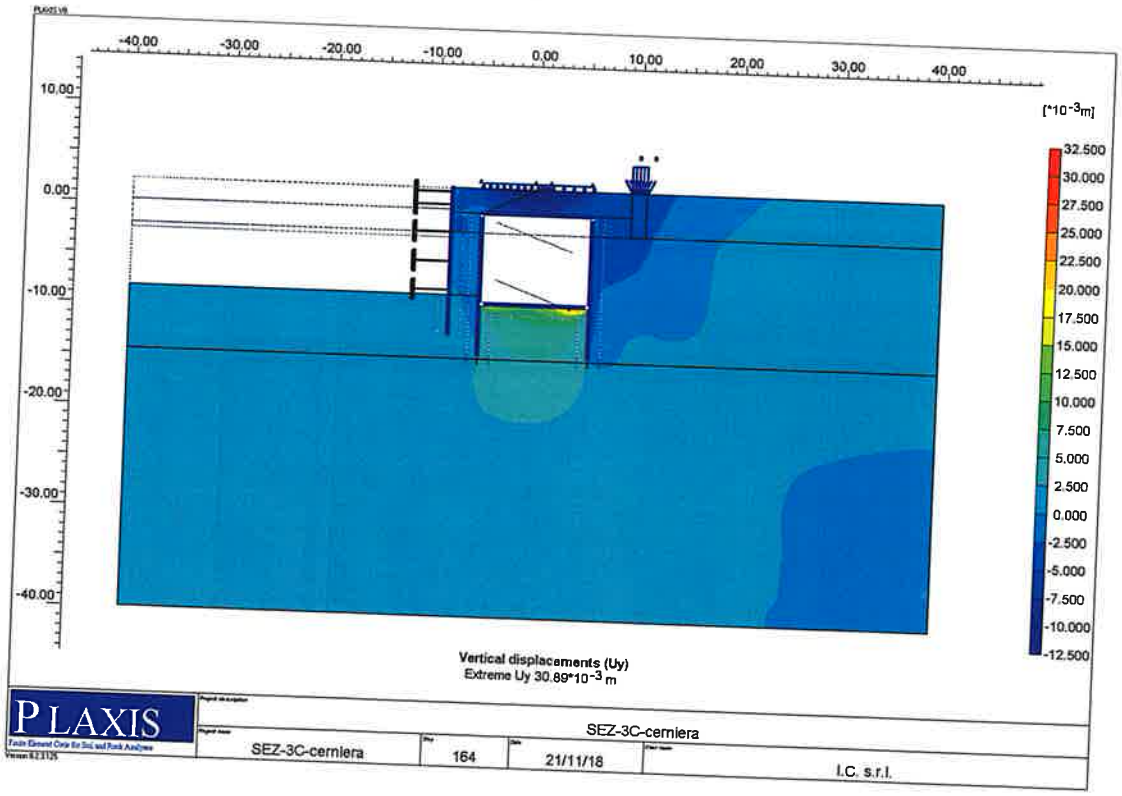


Figura n.5.8

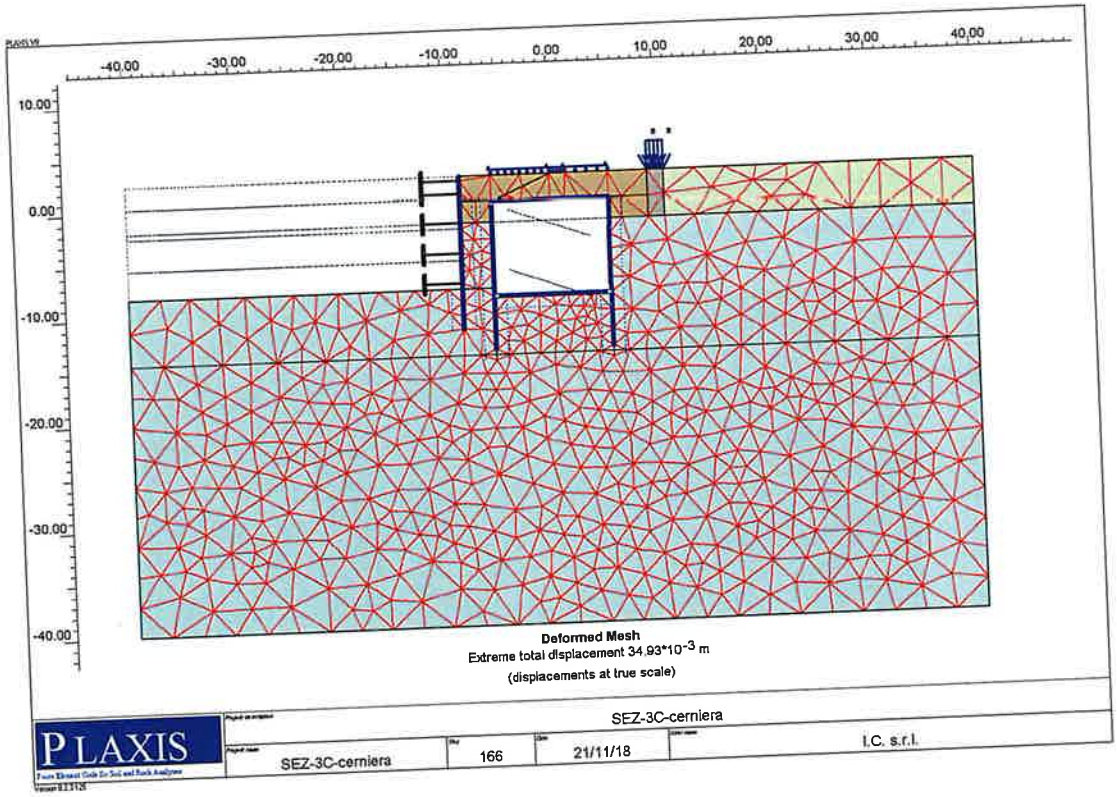


Figura n.5.9

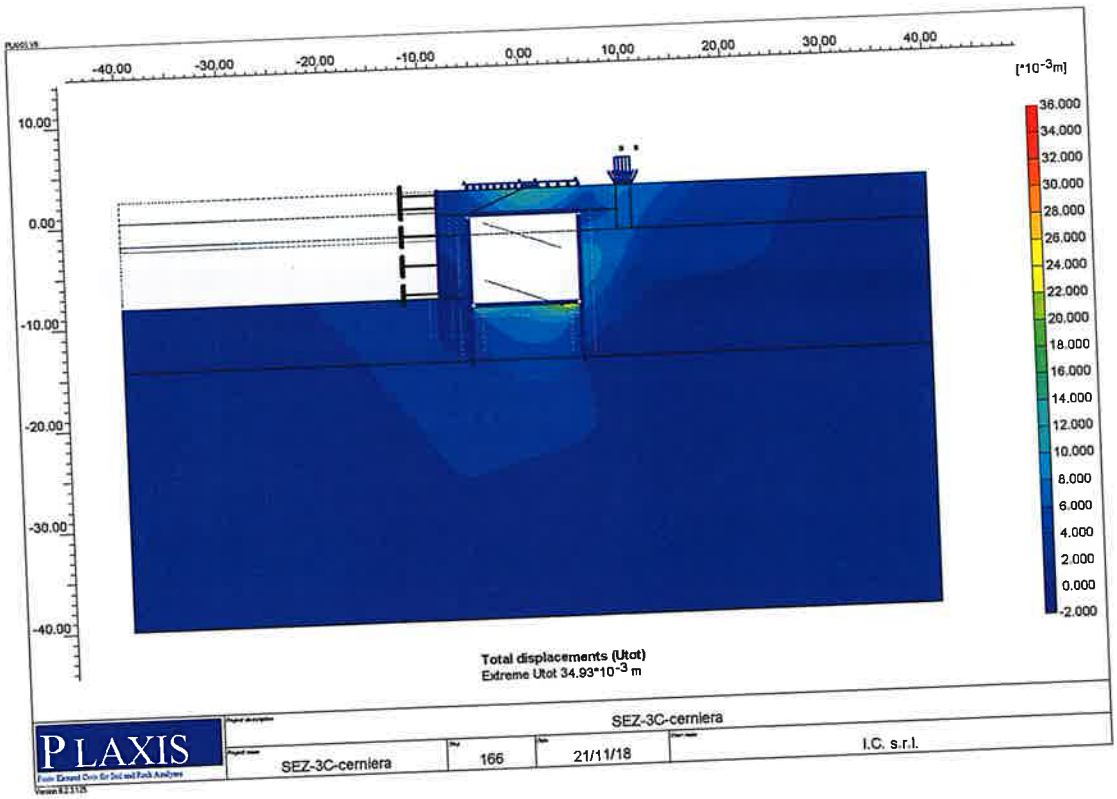


Figura n.5.10

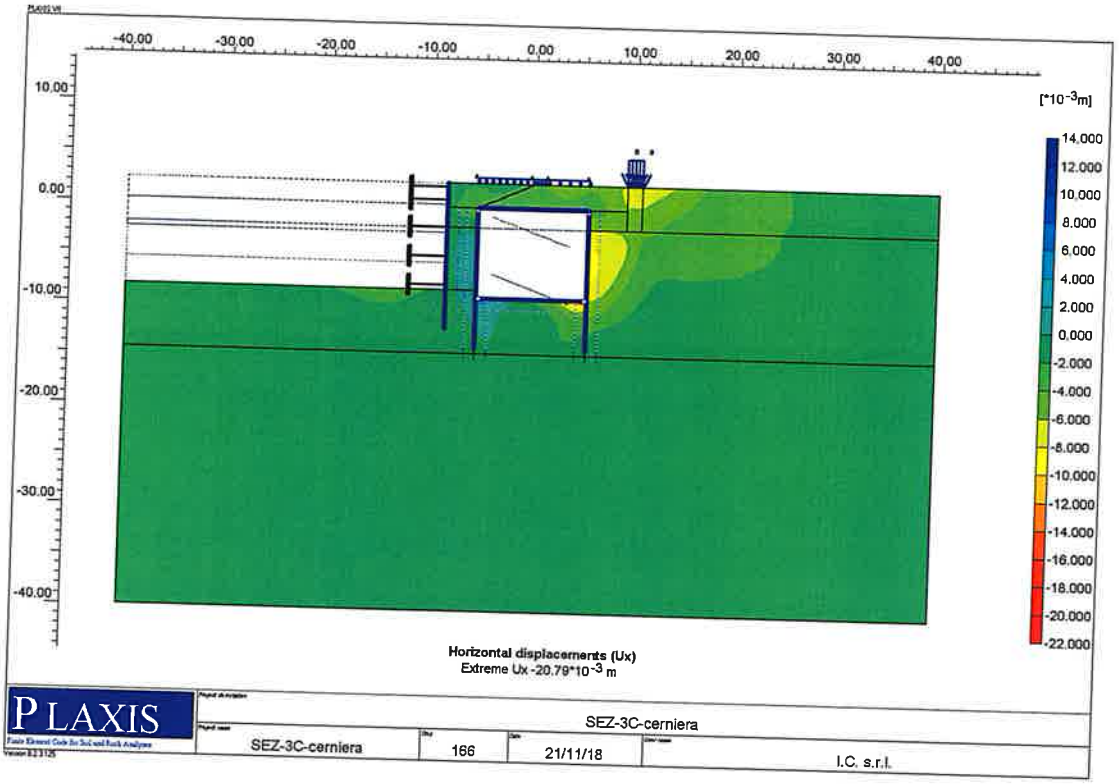


Figura n.5.11

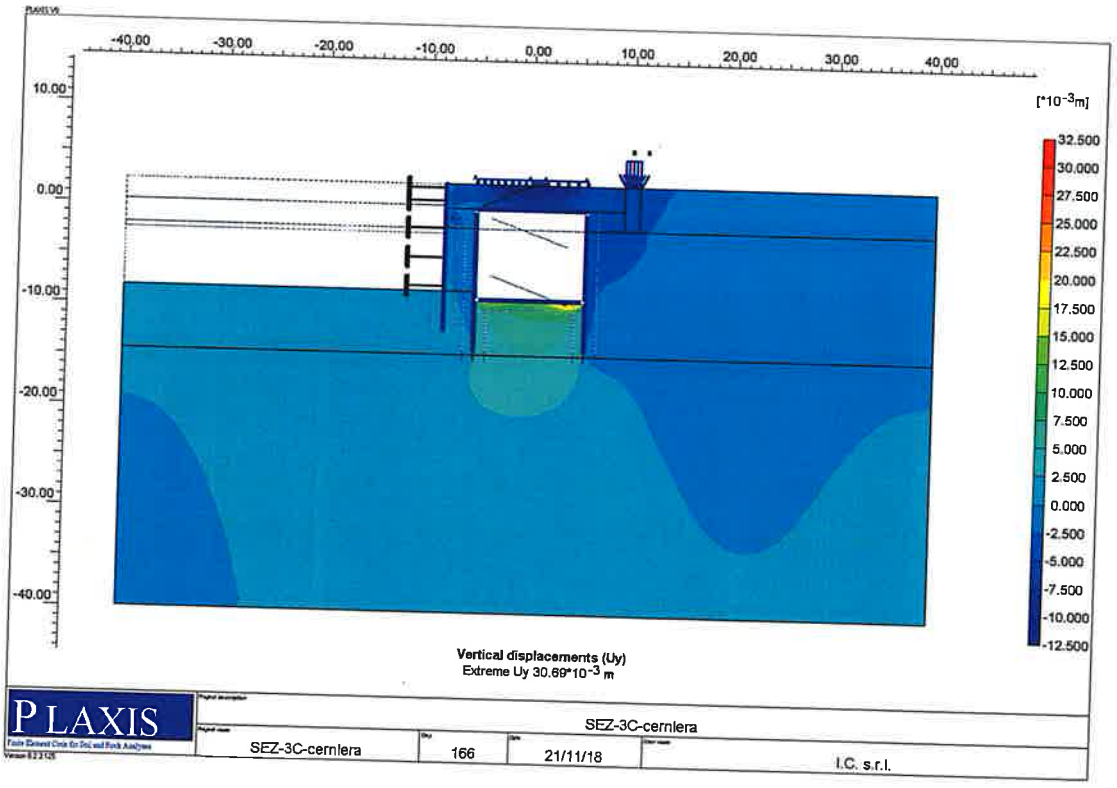


Figura n.5.12

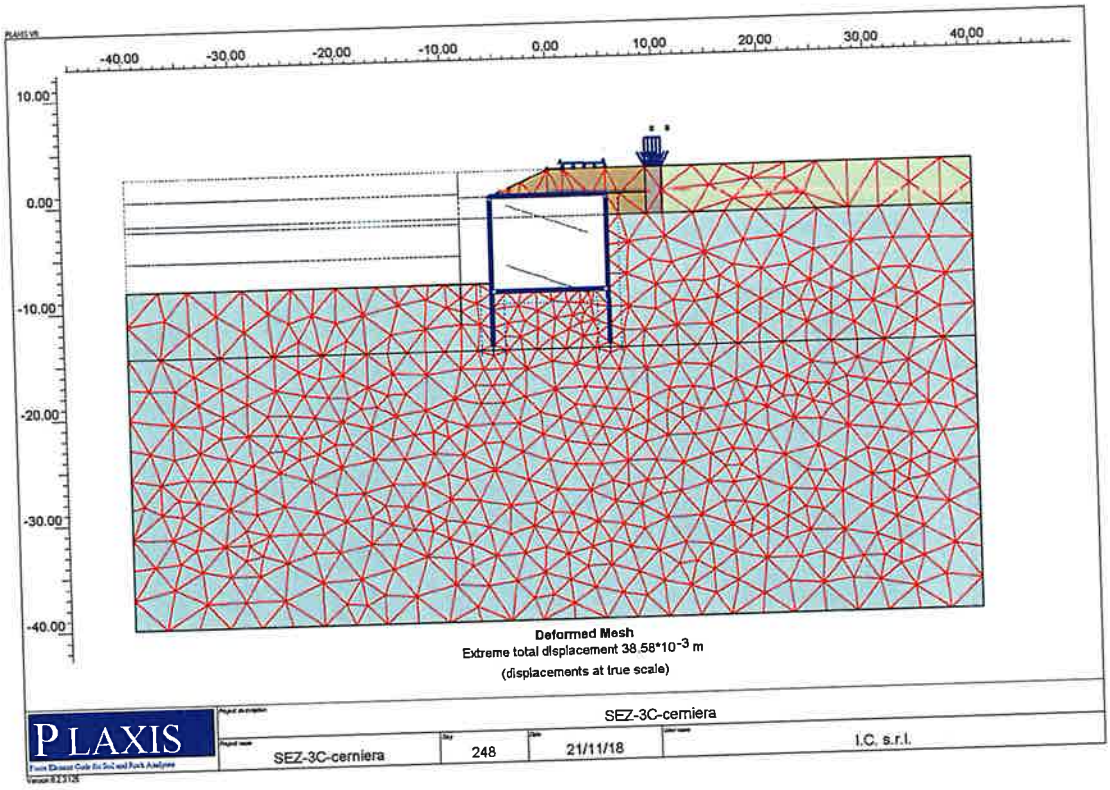


Figura n.5.13

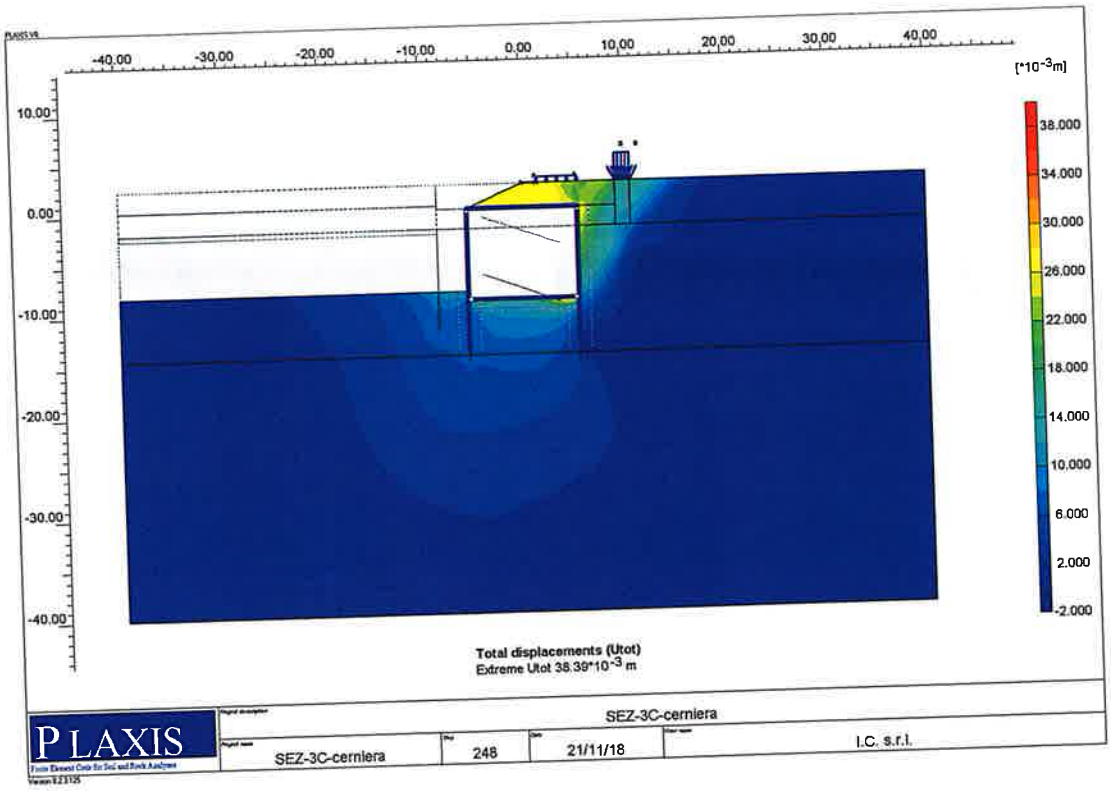


Figura n.5.14

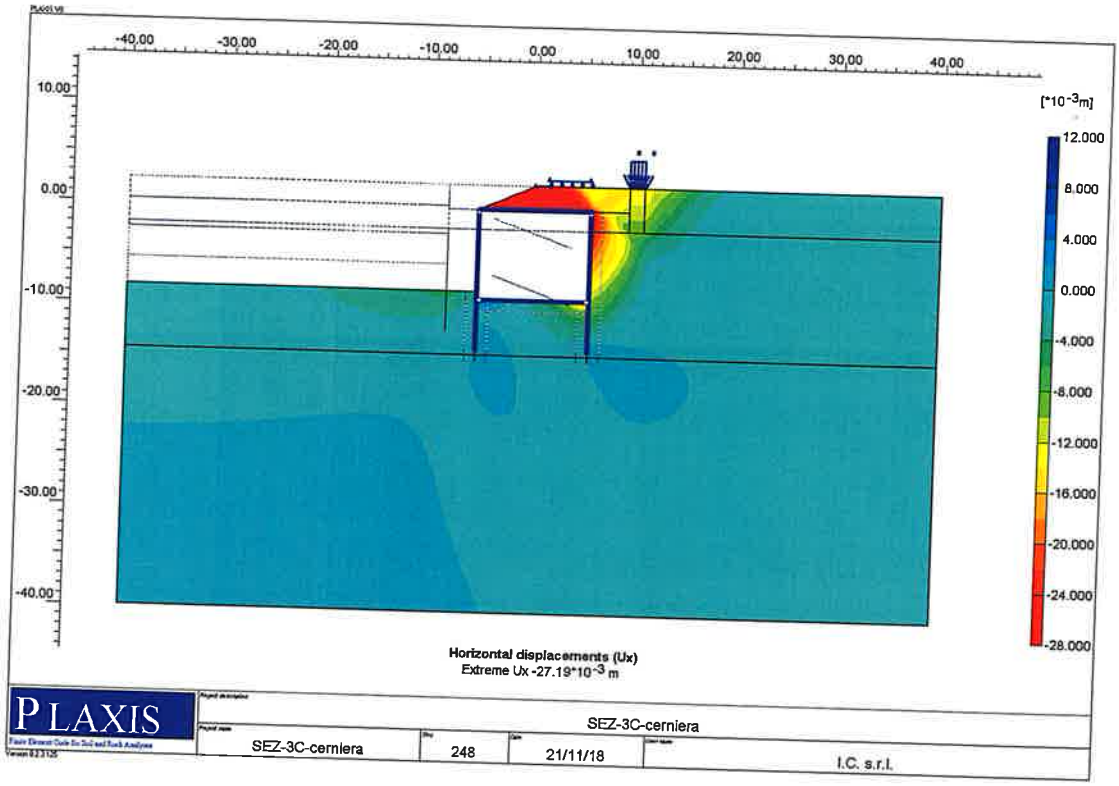


Figura n.5.15

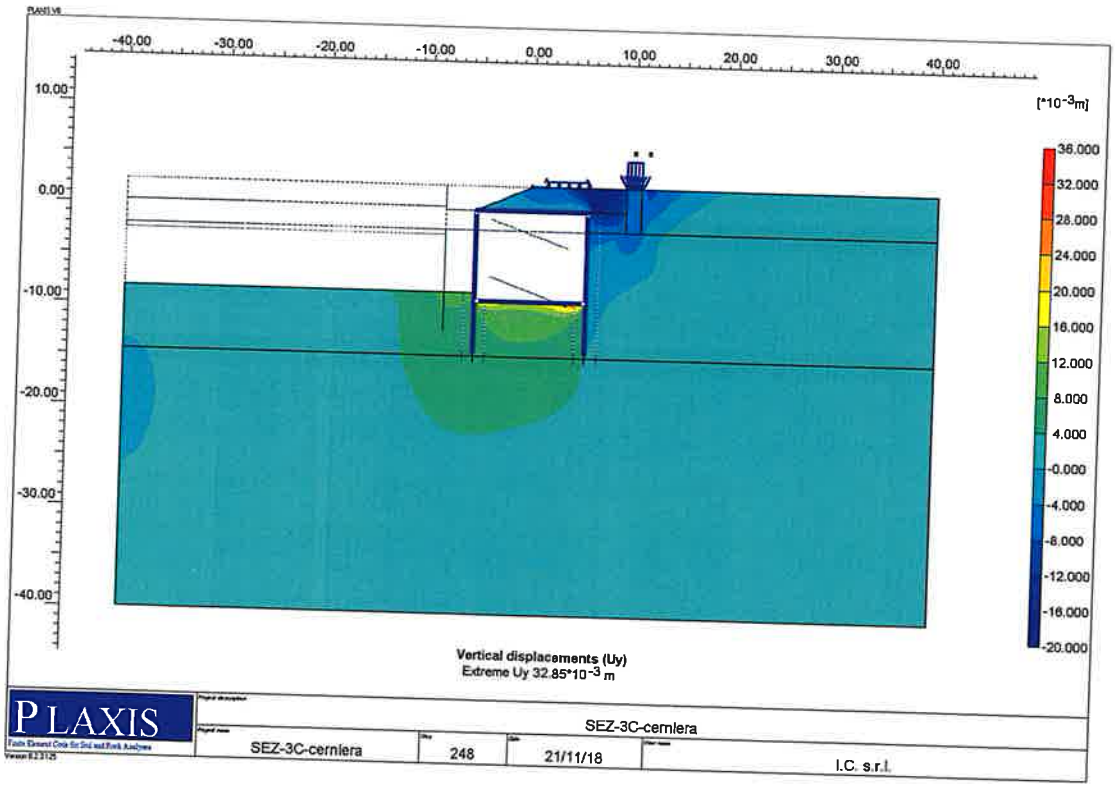


Figura n.5.16

D1.01.1a Erläuterungs- und Statikbericht

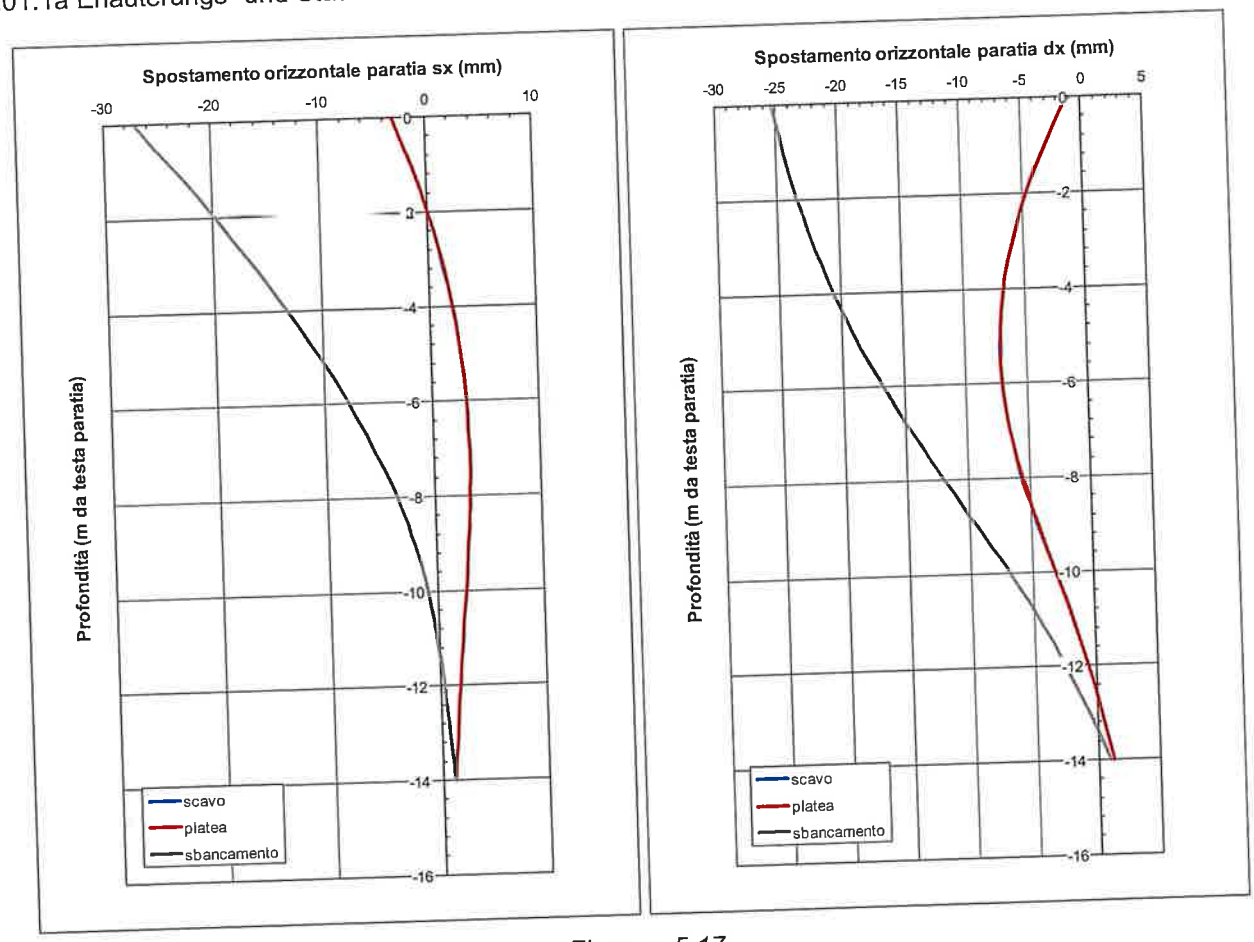


Figura n.5.17

D1.01.1a Erläuterungs- und Statikbericht

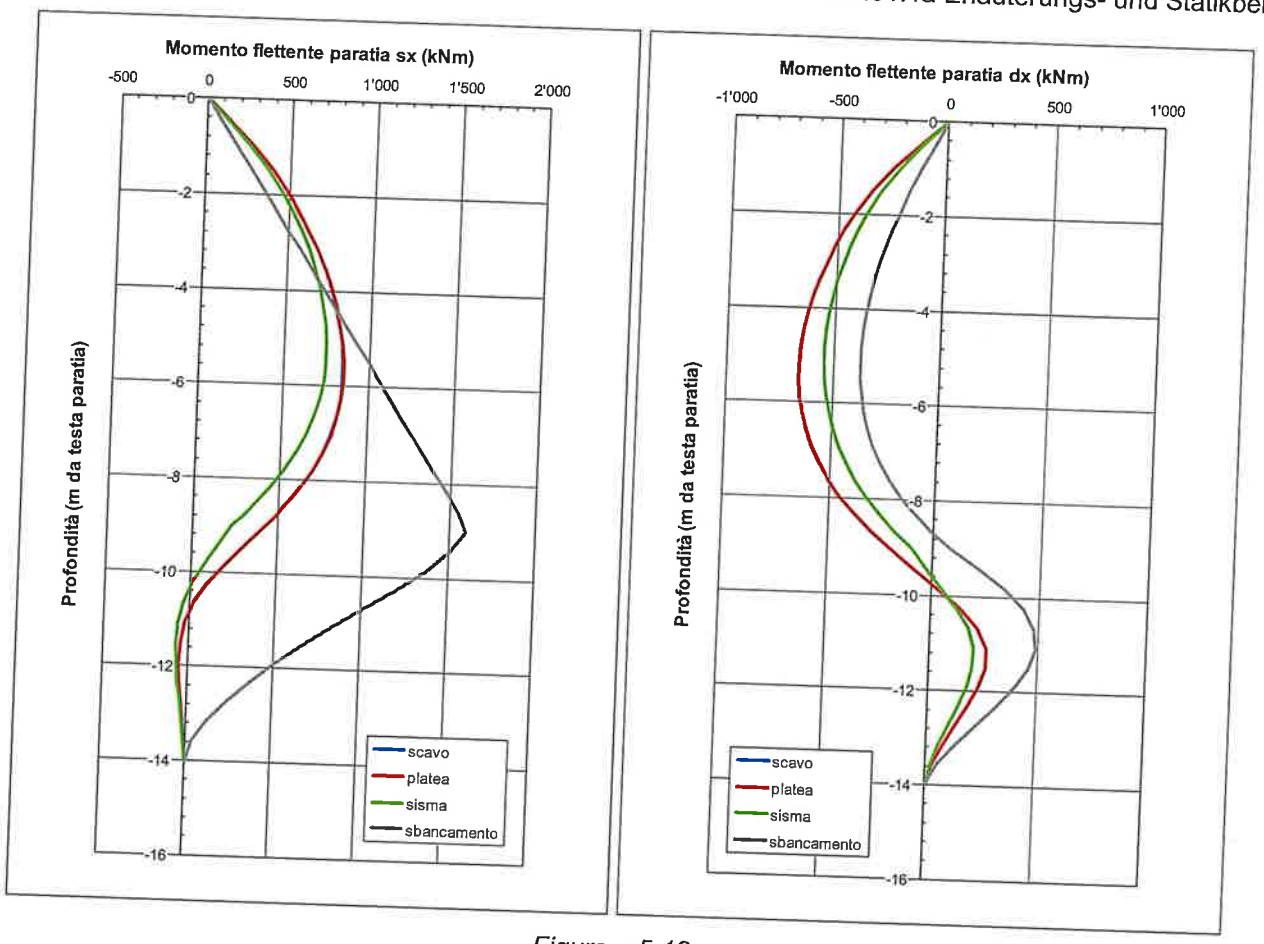


Figura n.5.18

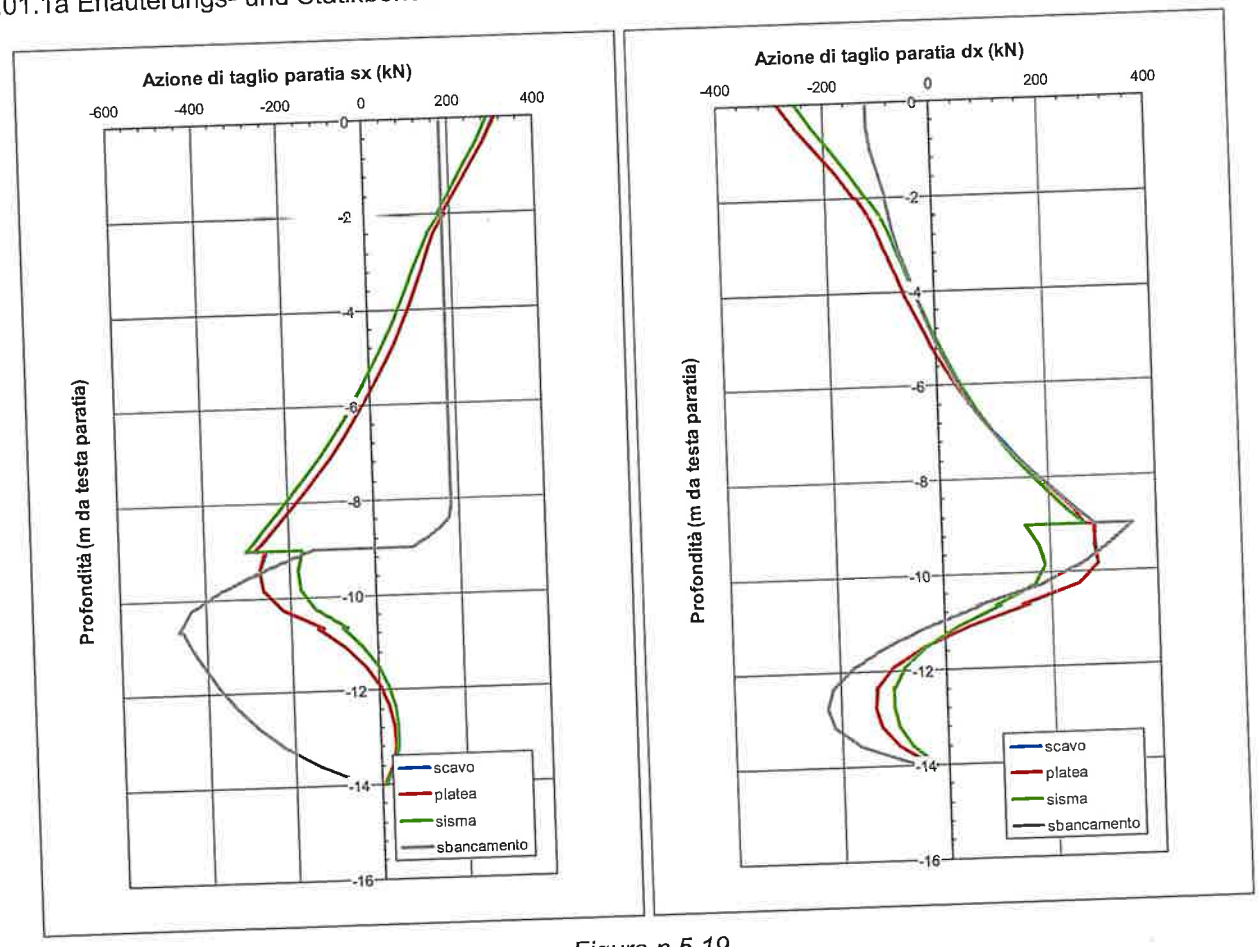


Figura n.5.19

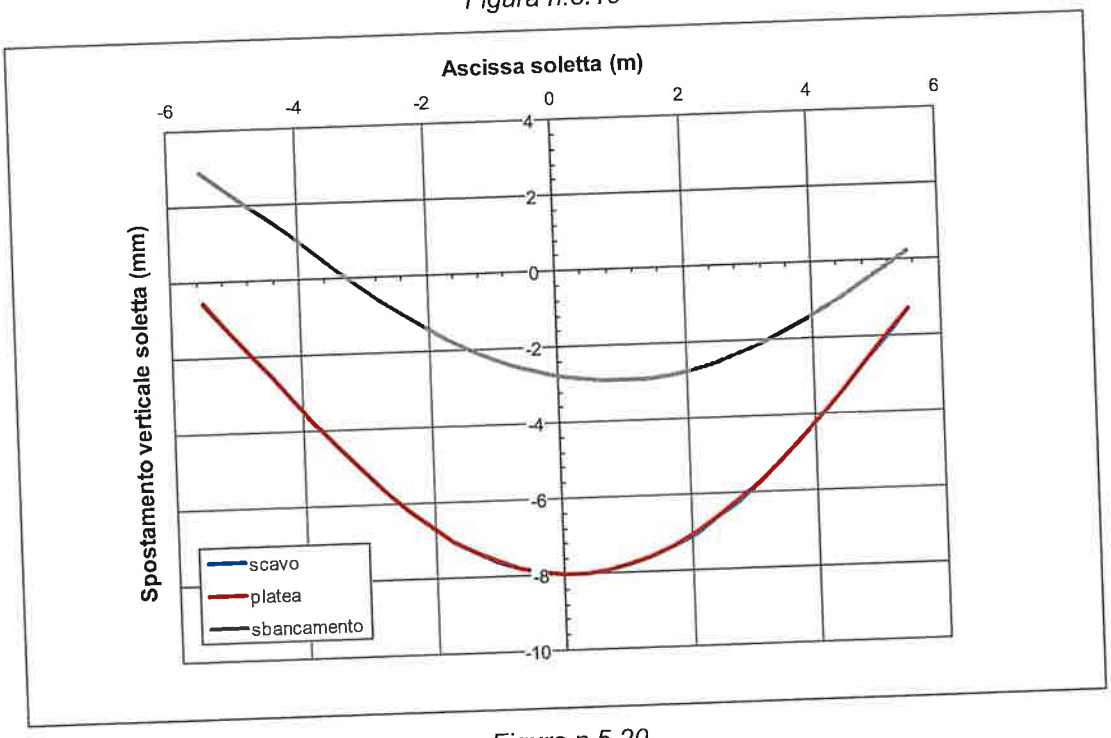


Figura n.5.20

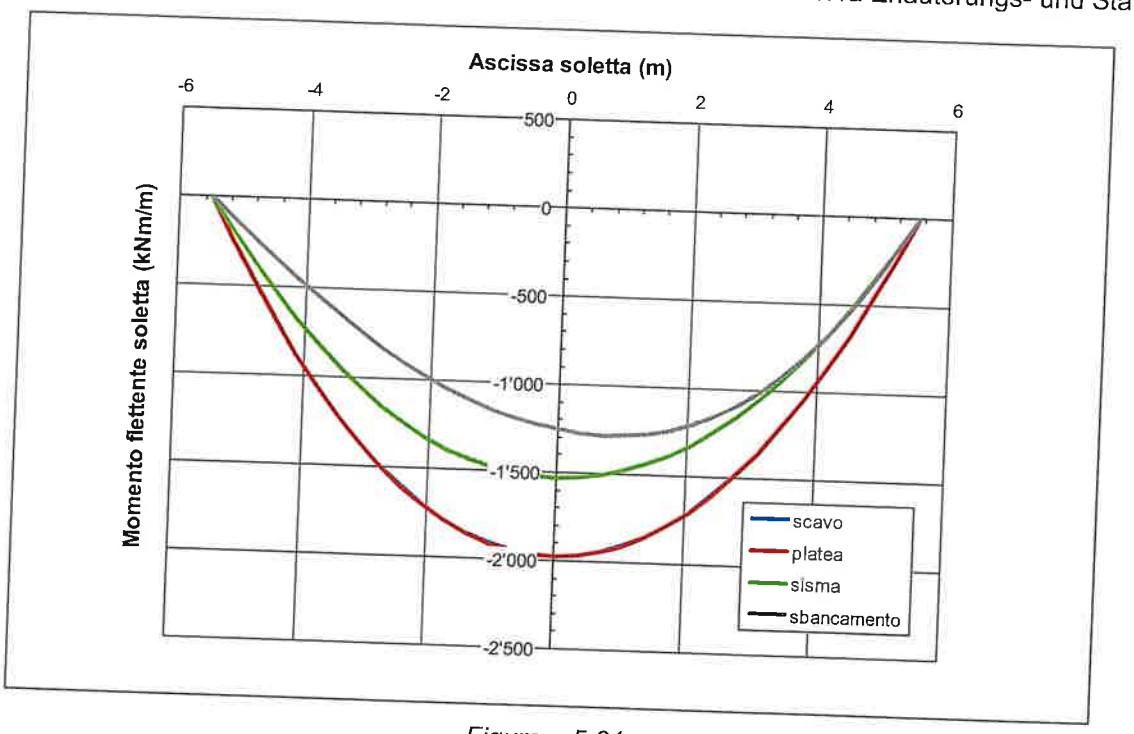


Figura n.5.21

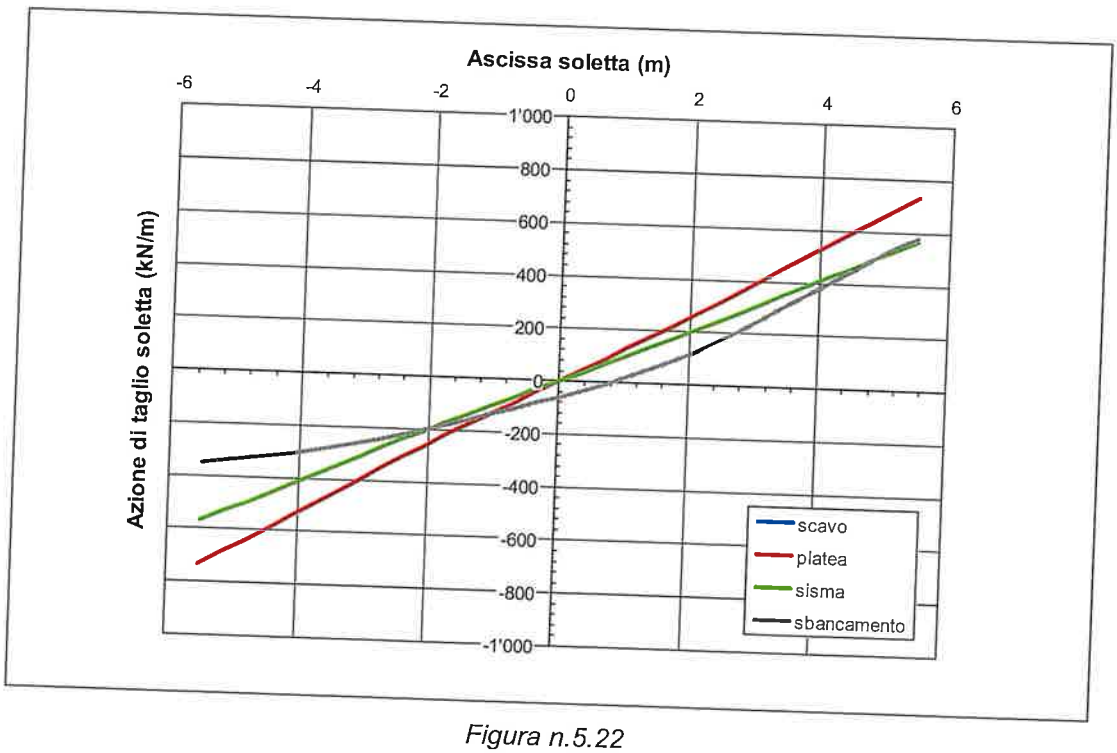


Figura n.5.22

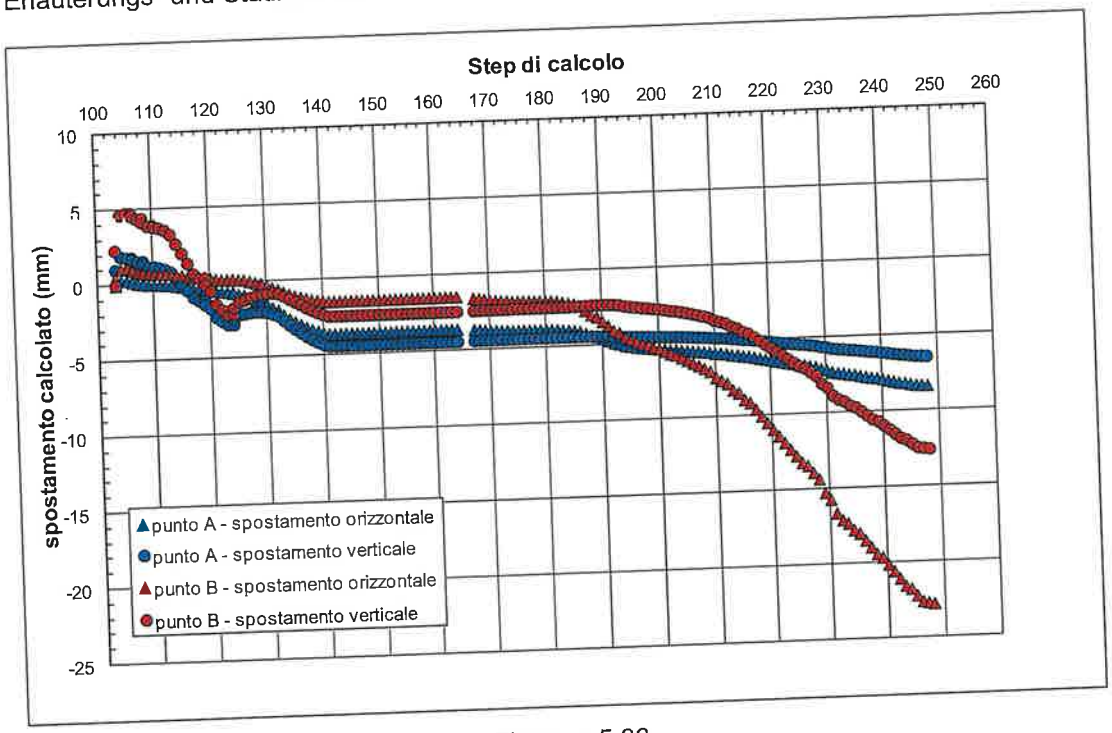
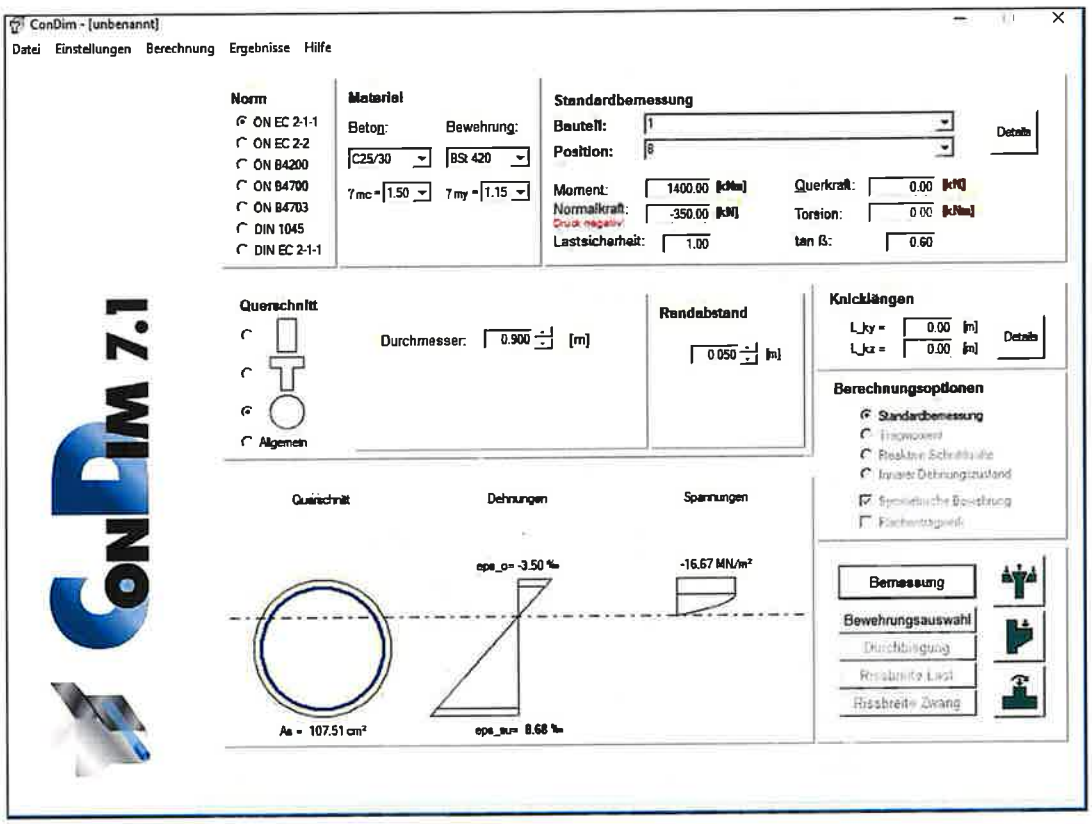

Step di calcolo
100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260
spostamento calcolato (mm)
10 5 0 -5 -10 -15 -20 -25
punto A - spostamento orizzontale
punto A - spostamento verticale
punto B - spostamento orizzontale
punto B - spostamento verticale

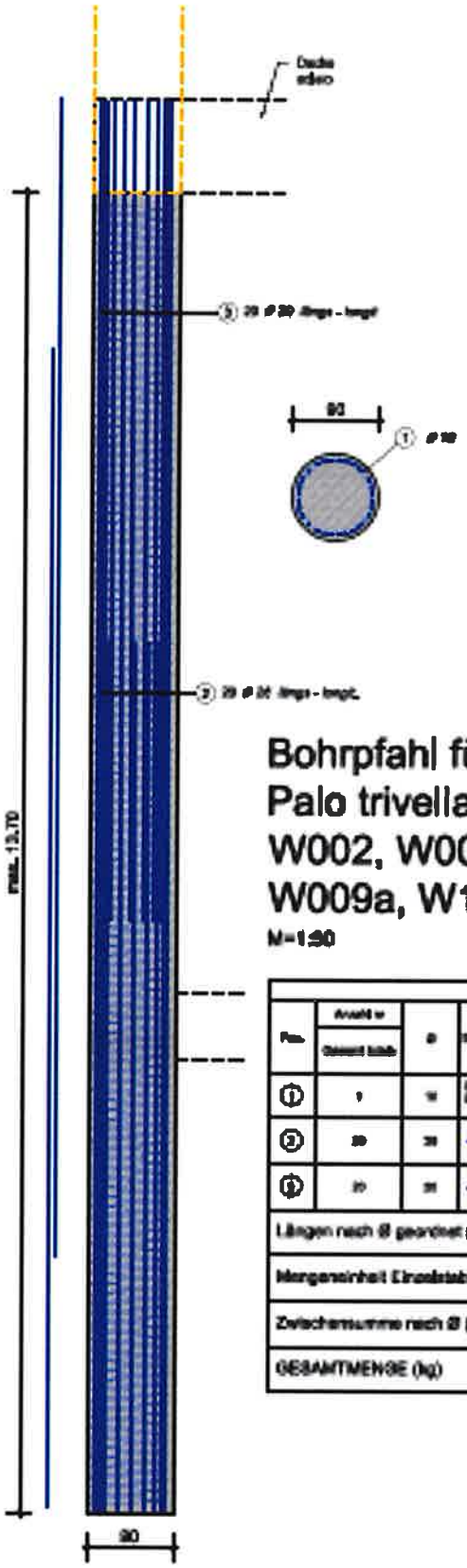
Figura n.5.23

D1.01.1a Erläuterungs- und Statikbericht

F.3.1.2 Querschnittnachweis Bohrpfahl

F.3.1.2 Verifica sezione palo





Bohrpfahl für Wand:
Palo trivellato per parete:
W002, W003, W004, W008b (*), W009a, W101c, W102, W106b

M=1:50

Pos.	Anzahl n / Gesamt total	Ø	Symbol einzeln	Länge/Lungh. (m)	BetSC		
①	1	12		331,00	331,00		
②	20	20		9,00			180,00
③	20	20		8,50		170,00	
Längen nach Ø gerundet (m)					331,00	170,00	180,00
Mengeneinheit Einzelstab (kg/m)					0,89	2,47	4,37
Zwischensumme nach Ø (kg)					294,59	419,90	786,84
GESAMTMENGE (kg)					1501,33		

F.3.2 Schnitt 8-8 - WAND W106a

F.3.2 Sezione 8-8 - Parete W106a

F.3.2.1 Berechnung mit FEM-2D PLAXIS V8 Professional

F.3.2.1 Calcolo con FEM-2D PLAXIS V8 Professional

1.1 Geometria della sezione tipo

In figura n.4.3 è illustrata la sezione tipo di intervento "8–8". Le principali caratteristiche della sezione sono di seguito elencate.

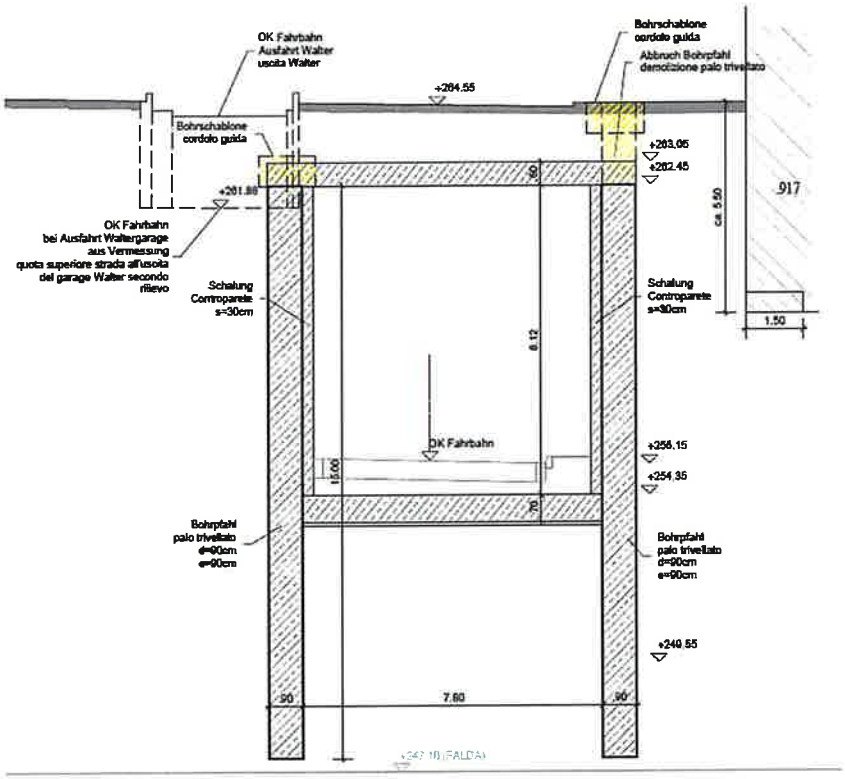


Figura n.4.3 – Sezione tipo "8–8"

Geometria dello scavo

B = larghezza (interasse piedritti)	= 8.70m
H = altezza (da imposta soletta di copertura)	= 8.90m

Piedritti

D = diametro palo	= 900mm
i = interasse palo	= 0.90m
L = lunghezza palo (da imposta soletta di copertura)	= 15.00m

Solette

sp_1 = spessore soletta di copertura	= 0.60m
sp_2 = spessore soletta di base	= 0.70m

h_1 = spessore ricoprimento soletta di copertura	≅ 1.50m
Strutture esistenti a tergo piedritto in DX	
d = distanza minima da asse piedritto	≅ 3.25m
z = quota di imposta	≅ 5.50m da p.c. locale
b = larghezza fondazione	= 1.50m
q_{perm} = carico permanente	= 200kPa
q_{acc} = carico accidentale	= 35kPa

Strutture esistenti a tergo piedritto in SX

--

1.2 Caratteristiche generali del modello numerico

Si riportano di seguito le principali caratteristiche del modello numerico (FEM-2D).

Dimensioni modello:	80x42m
Origine assi:	X = 0.00 → mezzeria galleria artificiale
	Y = 0.00 → estradosso soletta di copertura
Discretizzazione modello:	elementi triangolari "*plane strain*" a 15 nodi
	Numero di elementi = 1'295
	Numero di nodi = 10'762
	Numero di punti di integrazione = 15'540
Piedritti:	elementi "*plate*"
	D = diametro palo = 900mm
	i = interasse pali = 0.90m
	E = modulo elastico cls = 30'000MPa
	EA = rigidezza assiale = 2.26E+07kN/m
	EI = rigidezza flessionale = 1.07E+06kNm^2/m
Soletta di copertura:	elementi "*plate*"
	sp = spessore = 600mm
	E = modulo elastico cls = 30'000MPa
	EA = rigidezza assiale = 1.80E+07kN/m
	EI = rigidezza flessionale = 5.40E+06kNm^2/m
Soletta di base:	elementi "*plate*"
	sp = spessore = 700mm
	E = modulo elastico cls = 30'000MPa
	EA = rigidezza assiale = 2.10E+07kN/m
	EI = rigidezza flessionale = 8.57E+05kNm^2/m

Condizioni di vincolo:	Modello 1: piedritto-soletta di copertura: CERNIERA
	piedritto-soletta di base: CERNIERA
	Modello 2: piedritto-soletta di copertura: INCASTRO
	piedritto-soletta di base: CERNIERA
Parametri geotecnici:	cfr. tabella n.3.1
Livello statico falda:	≈ 17m da p.c. locale
Modello costitutivo terreni:	*Hardening soil model* (libreria PLAXIS)

1.3 Fasi esecutive modellate

Sono state implementate nel calcolo le seguenti fasi:

1. Realizzazione edificio in DX
2. Prescavo fino a quota imposta soletta di copertura
3. Realizzazione paratie di pali in DX e SX
4. Getto soletta di copertura
5. Ritombamento scavo fino a quota p.c. locale
6. Applicazione carichi da traffico
7. Scavo in galleria fino a quota di progetto
8. Realizzazione platea di base
9. Applicazione sisma

Con riferimento alle fasi esecutive sopra elencate si precisa quanto segue:

- La fase 1 è stata implementata al fine di modellare correttamente lo stato tensionale iniziale a tergo del piedritto in DX;
- A titolo cautelativo il carico da traffico è stato applicato prima della realizzazione della platea di base;
- I principali risultati delle analisi dono documentati al capitolo successivo con riferimento alle fasi da 7 a 9.

- A titolo cautelativo il carico da traffico è stato applicato prima della realizzazione della platea di base;
- La fase 23 è stata implementata al fine di analizzare, con riferimento alle sole condizioni statiche, gli effetti sulla galleria artificiale di un ipotetica demolizione dell'edificio City Center con sbancamento del terreno fino alla messa a nudo del piedritto in SX;
- I principali risultati delle analisi dono documentati al capitolo successivo con riferimento alle fasi da 20 a 23.

1.4 ANALISI FEM-2D SEZIONE "8-8" – RISULTATI

Modello 1 (vincolo a cerniera tra piedritti e soletta di copertura)

I principali risultati delle analisi FEM-2D sono illustrati nelle seguenti figure. Per maggiori dettagli si rimanda ai tabulati di calcolo di cui all'allegato 2.

Figura n.6.1: FASE 7 (Scavo) – Layout modello di calcolo

Figura n.6.2: FASE 7 (Scavo) – Spostamenti totali

Figura n.6.3: FASE 7 (Scavo) – Spostamenti orizzontali

Figura n.6.4: FASE 7 (Scavo) – Spostamenti verticali

Figura n.6.5: FASE 8 (Platea) – Layout modello di calcolo

Figura n.6.6: FASE 8 (Platea) – Spostamenti totali

Figura n.6.7: FASE 8 (Platea) – Spostamenti orizzontali

Figura n.6.8: FASE 8 (Platea) – Spostamenti verticali

Figura n.6.9: FASE 9 (Sisma) – Layout modello di calcolo

Figura n.6.10: FASE 9 (Sisma) – Spostamenti totali

Figura n.6.11: FASE 9 (Sisma) – Spostamenti orizzontali

Figura n.6.12: FASE 9 (Sisma) – Spostamenti verticali

Figura n.6.13: Paratia sx e dx – Diagramma spostamento orizzontale

Figura n.6.14: Paratia sx e dx – Diagramma momento flettente

Figura n.6.15: Paratia sx e dx – Diagramma taglio

Figura n.6.16: Soletta sup. – Diagramma spostamento verticale

Figura n.6.17: Soletta sup. – Diagramma momento flettente

Figura n.6.18: Soletta sup. – Diagramma taglio

Figura n.6.19: Andamento spostamento orizzontale e verticale punti di controllo A e B

Si precisa quanto segue:

- Le sollecitazioni riportate nei grafici di cui alle figure n.6.14 e n.6.15 sono da intendersi **"di design" agenti sul singolo palo**;
- Le sollecitazioni riportate nei grafici di cui alle figure n.6.16 e n.6.17 sono da intendersi "**di design" agenti per metro lineare di sviluppo fuori piano**;
- I punti di controllo di cui alla figura n.6.19 sono ubicati rispettivamente alla quota di imposta della fondazione esistente in dx (punto A) ed in corrispondenza del nodo paratia-soletta superiore in dx (punto B). Si verifica che, fino allo step 35 (termine fase "platea") lo spostamento calcolato nei punti di controllo è dell'ordine di 1÷3mm.

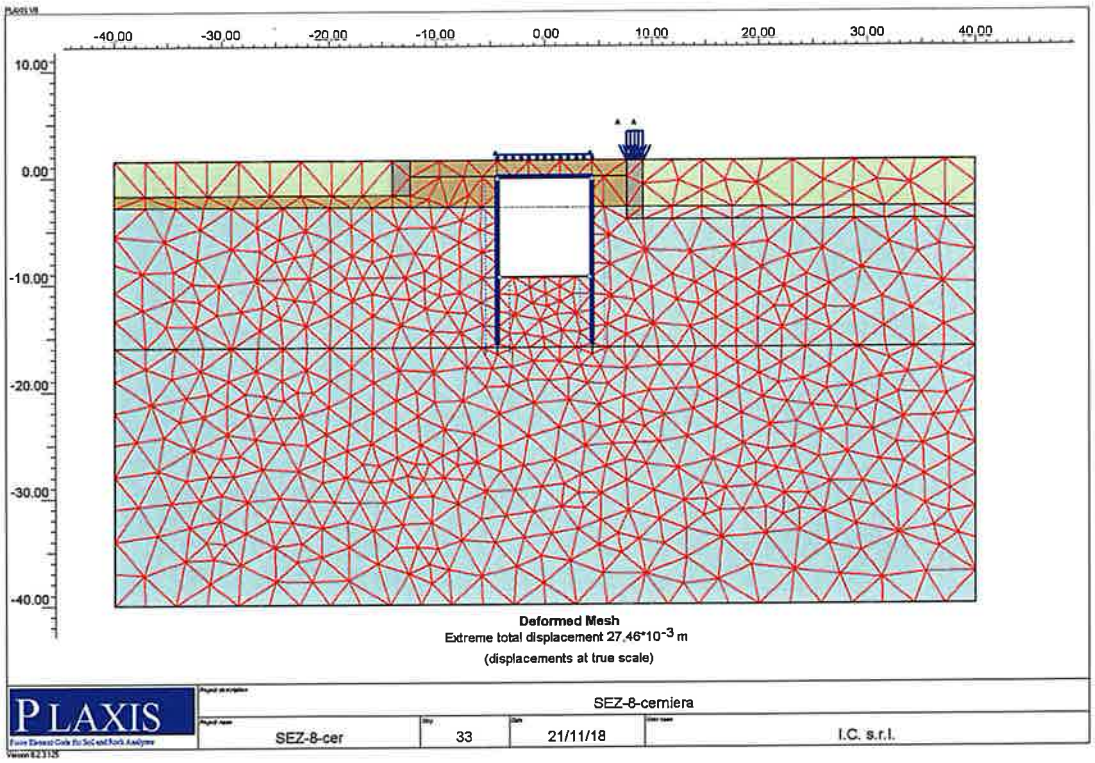


Figura n.6.1

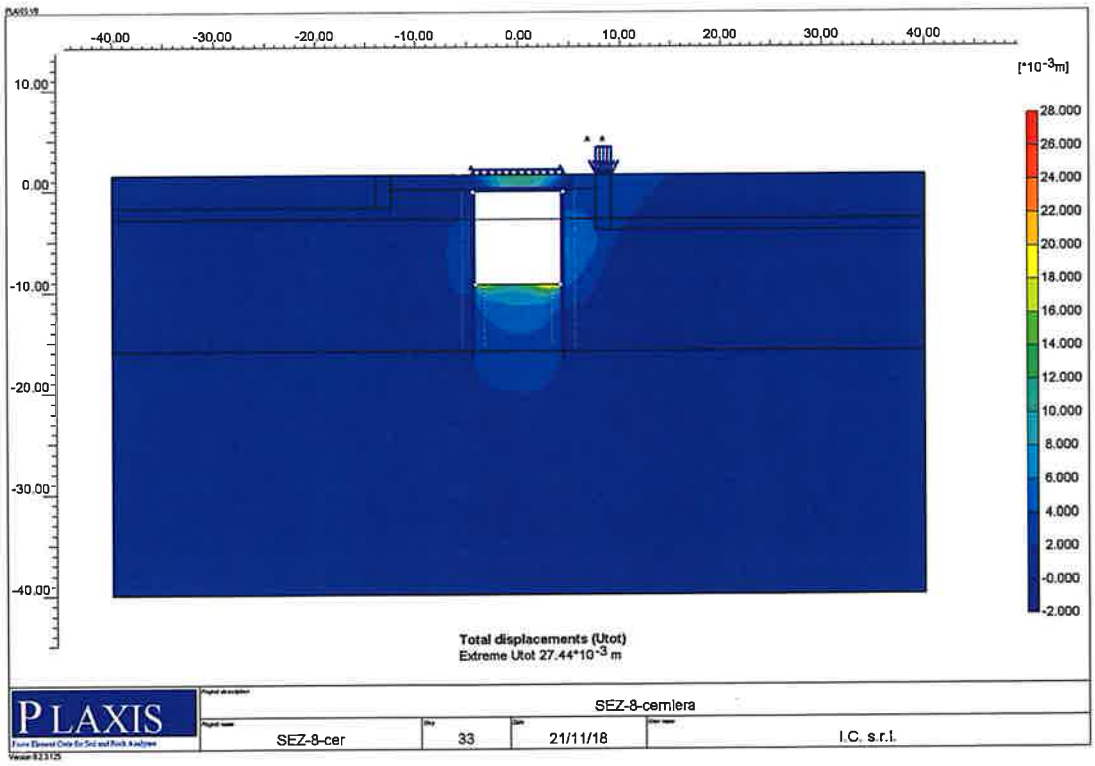


Figura n.6.2

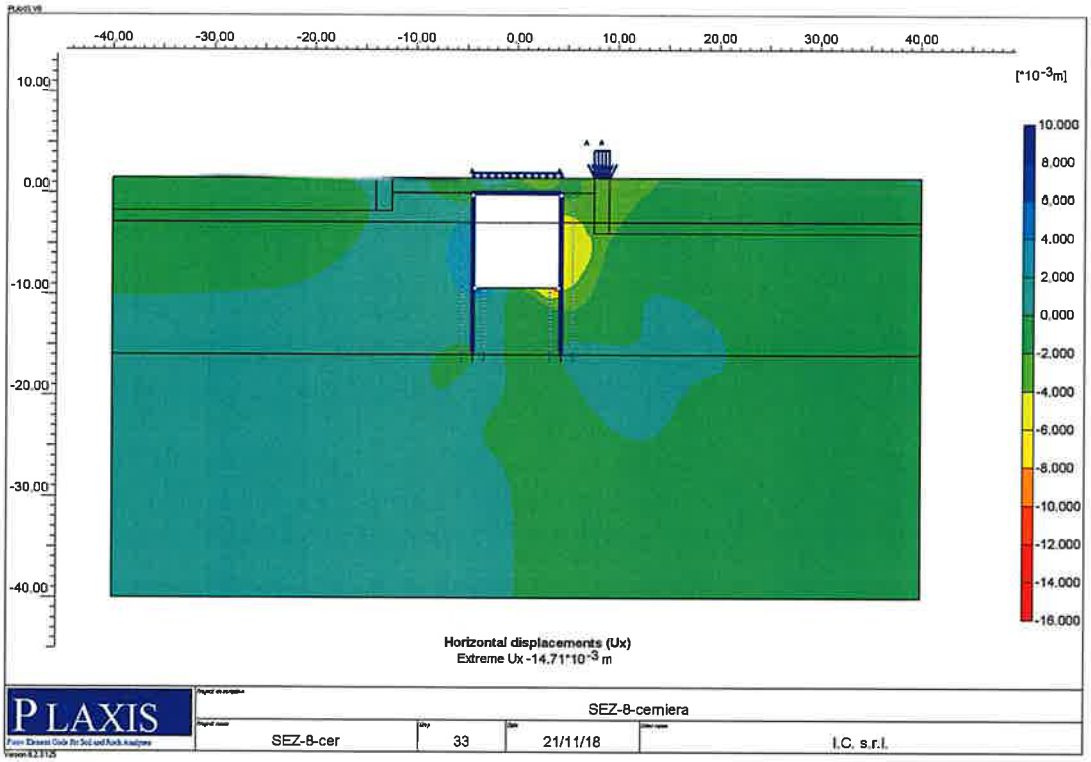


Figura n.6.3

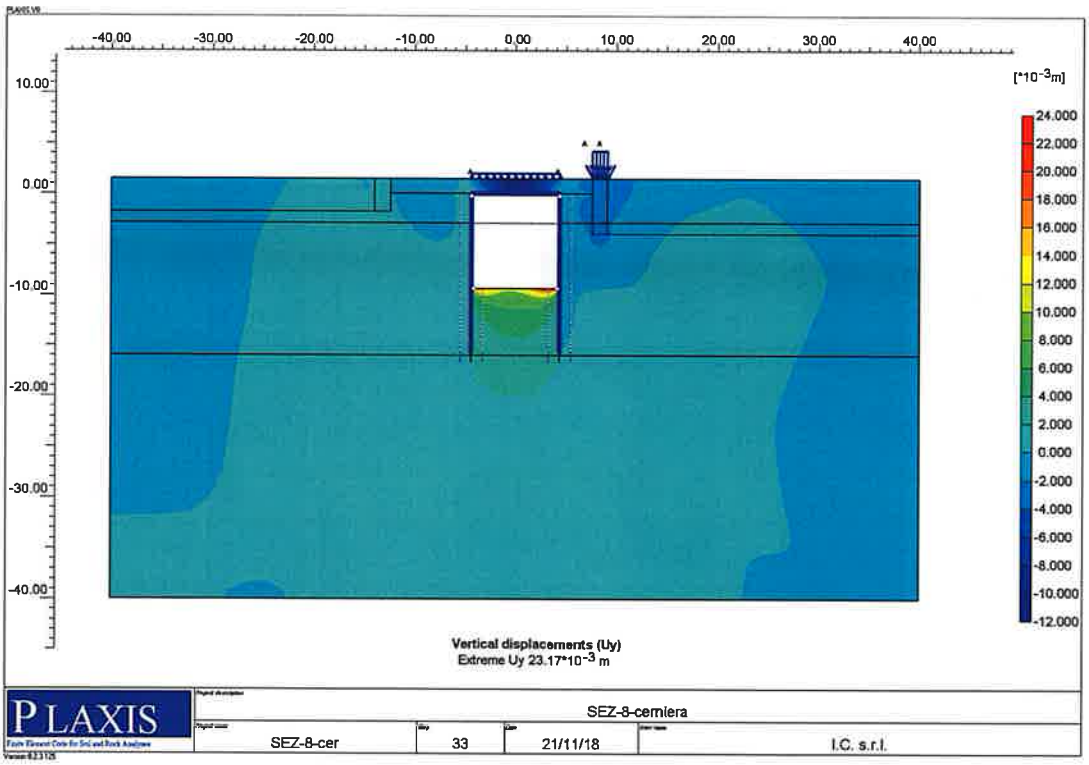


Figura n.6.4

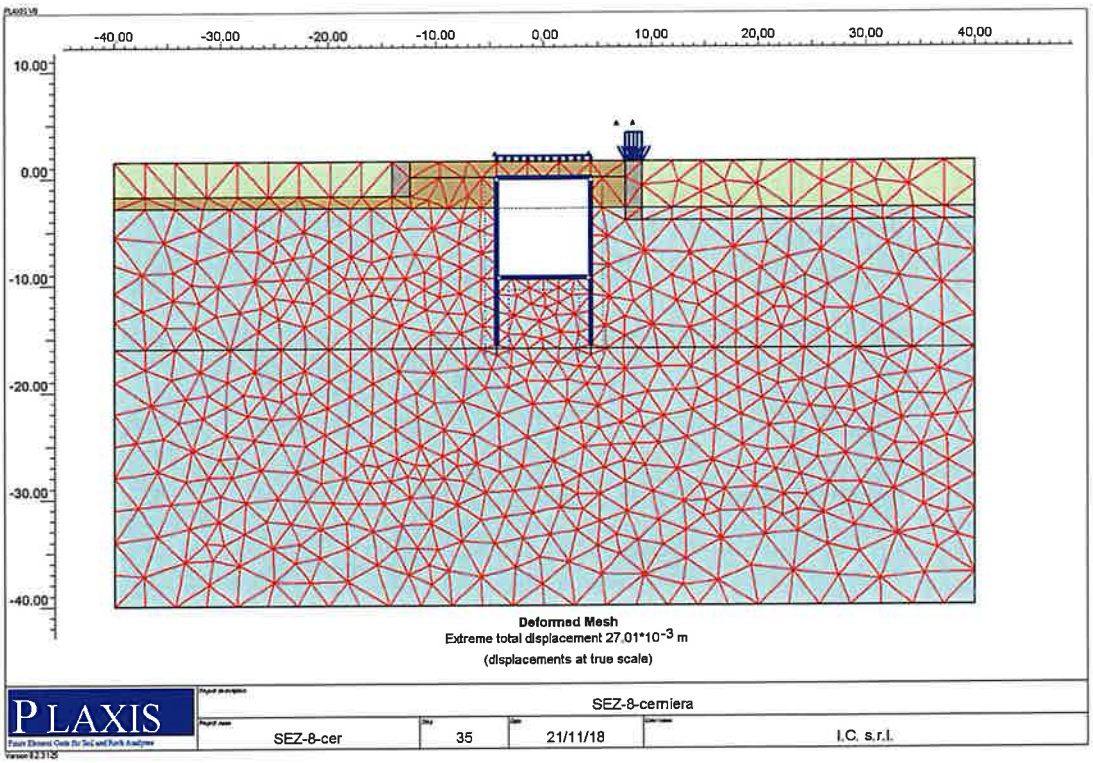


Figura n.6.5

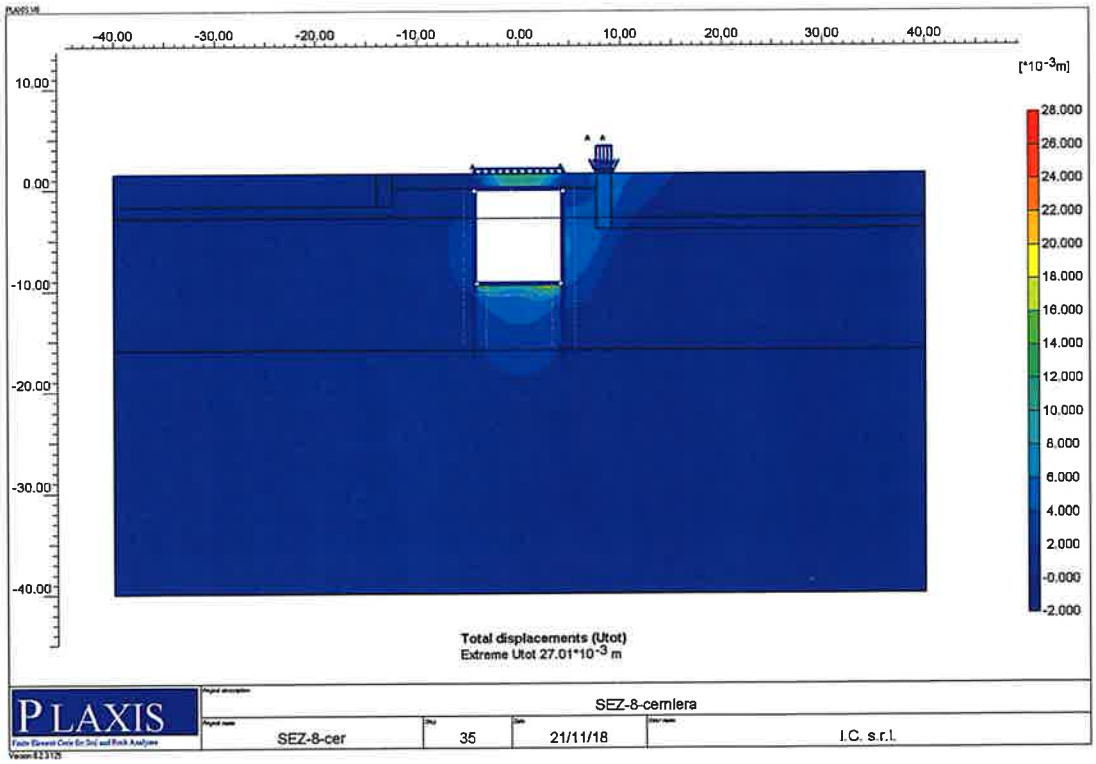


Figura n.6.6

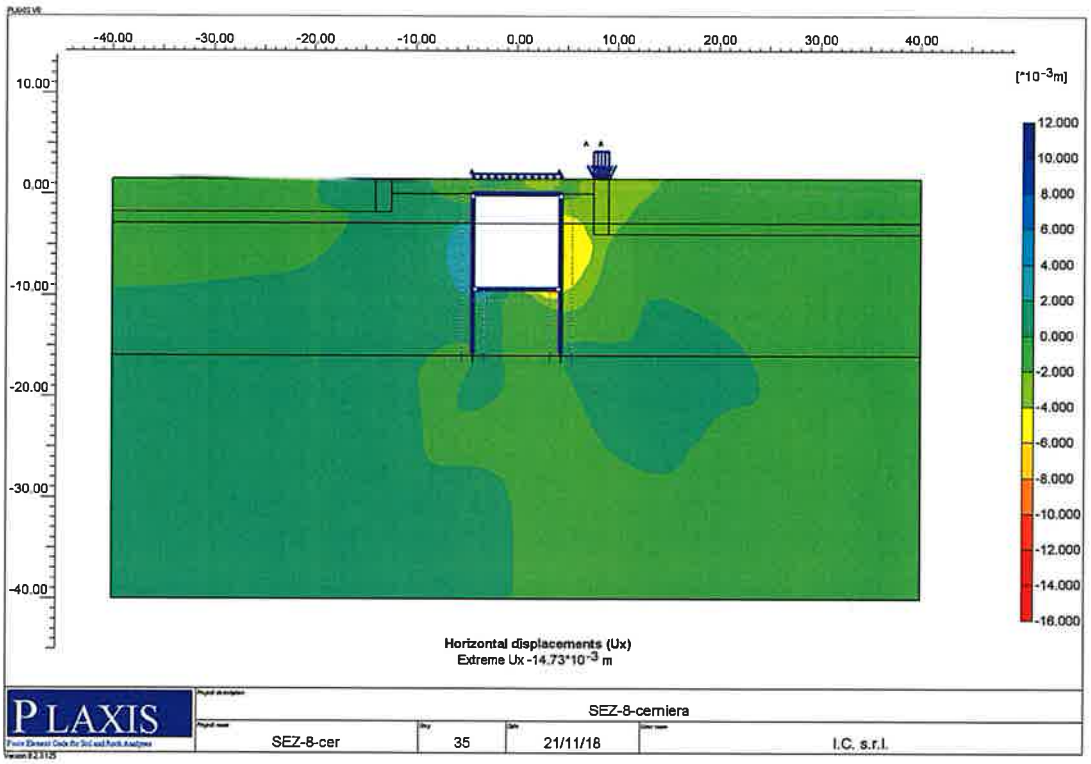


Figura n.6.7

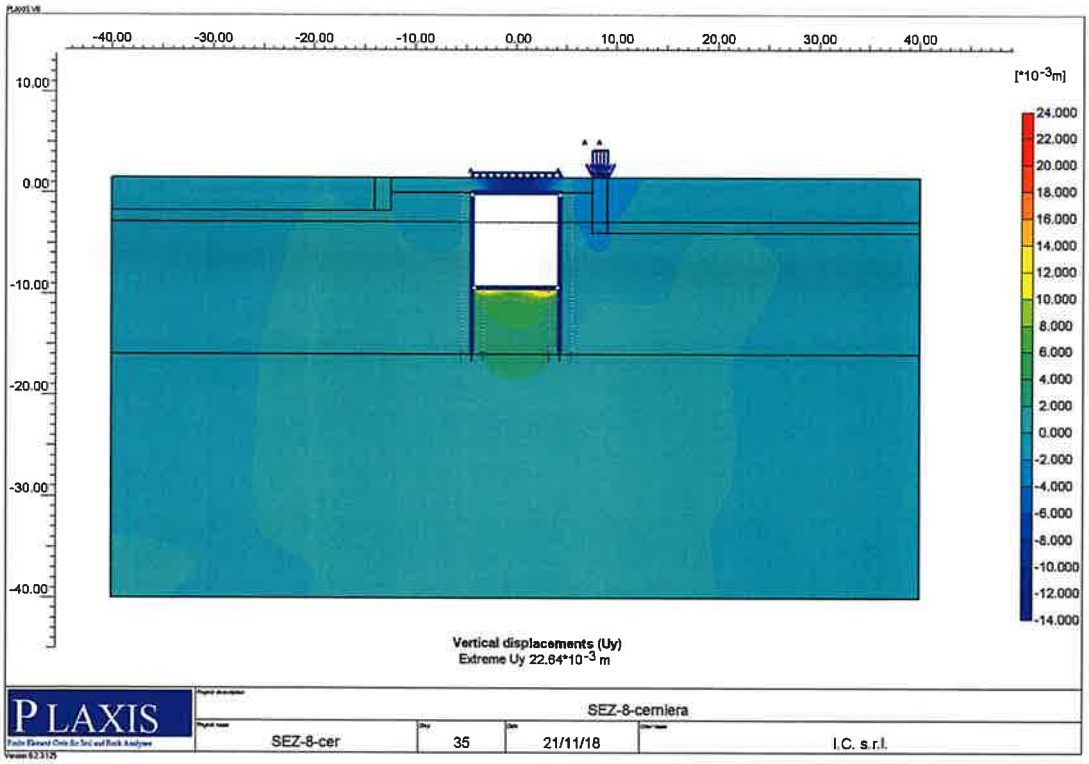


Figura n.6.8

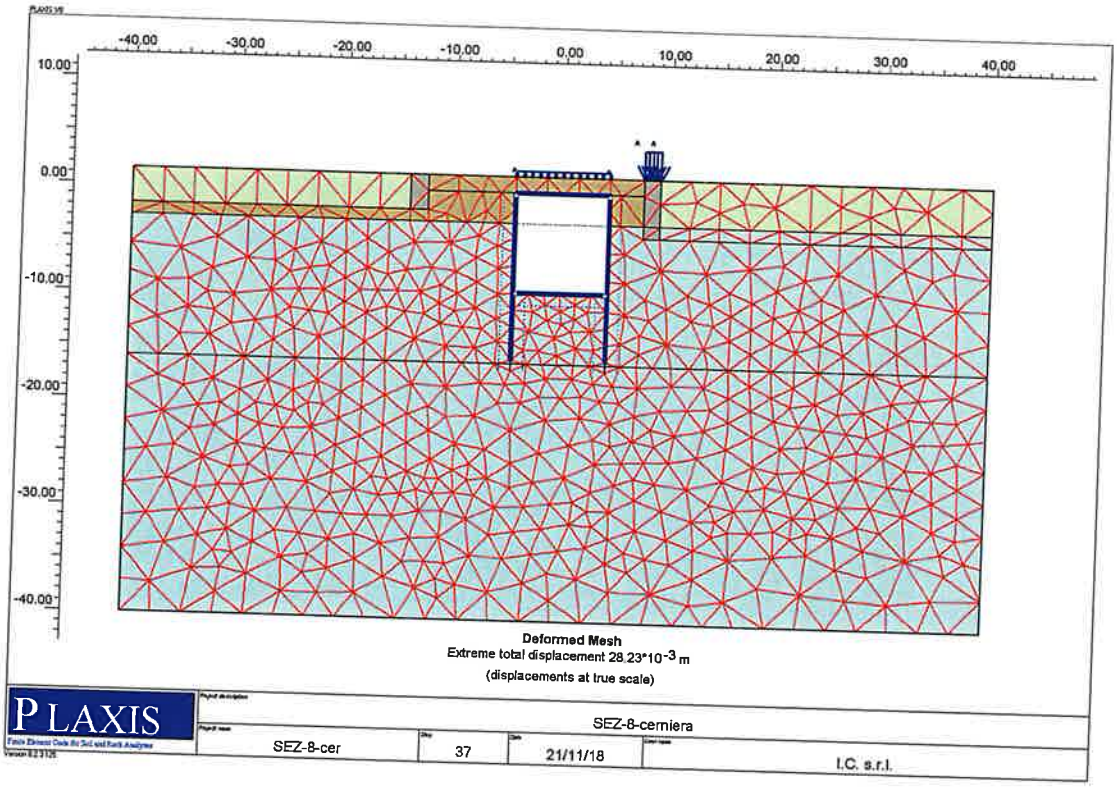


Figura n.6.9

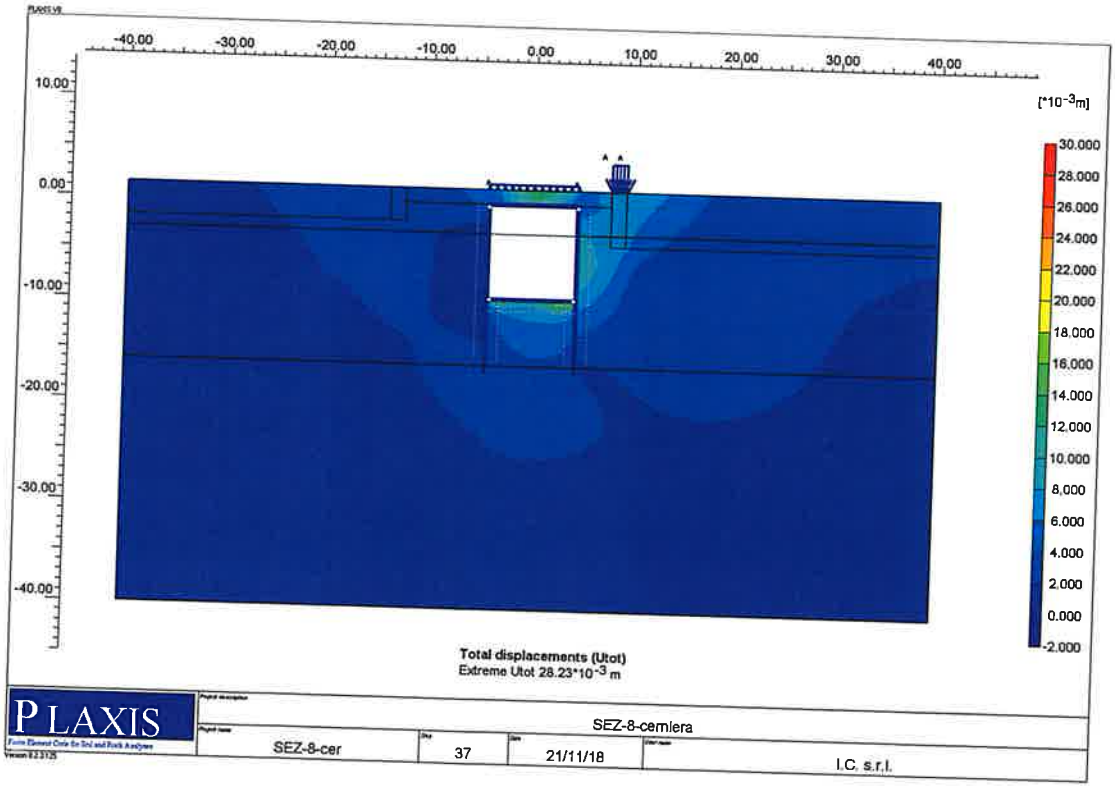


Figura n.6.10

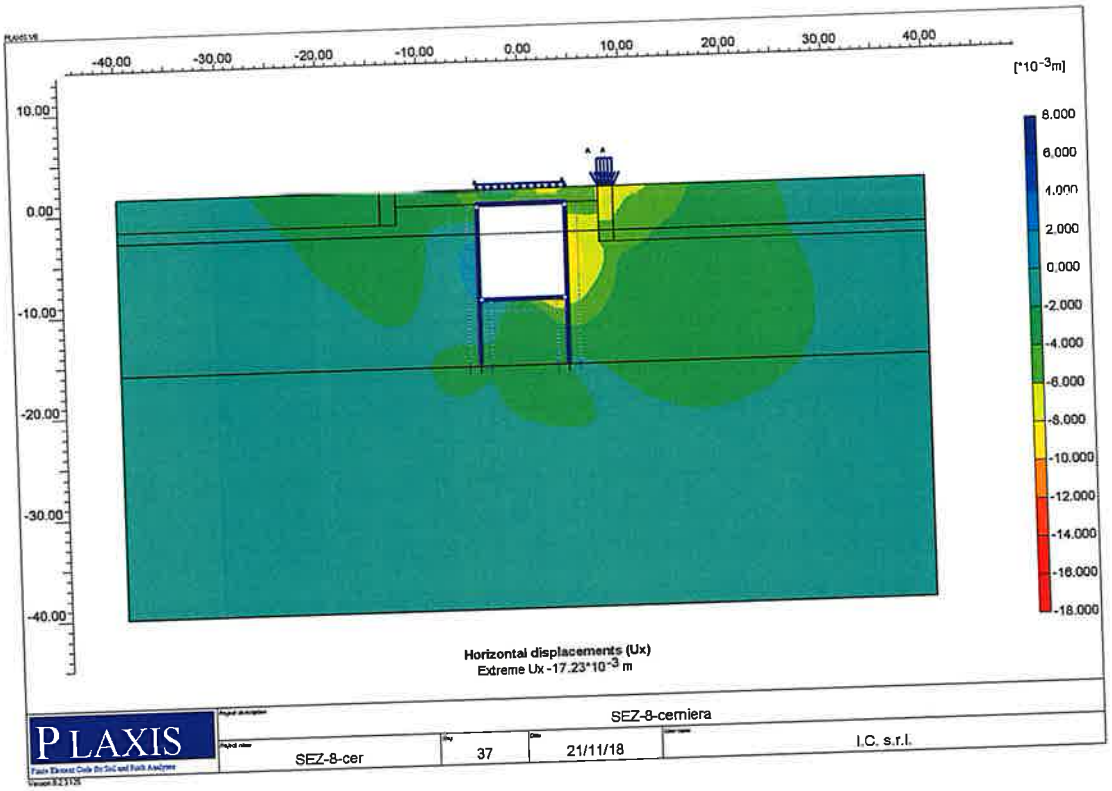


Figura n.6.11

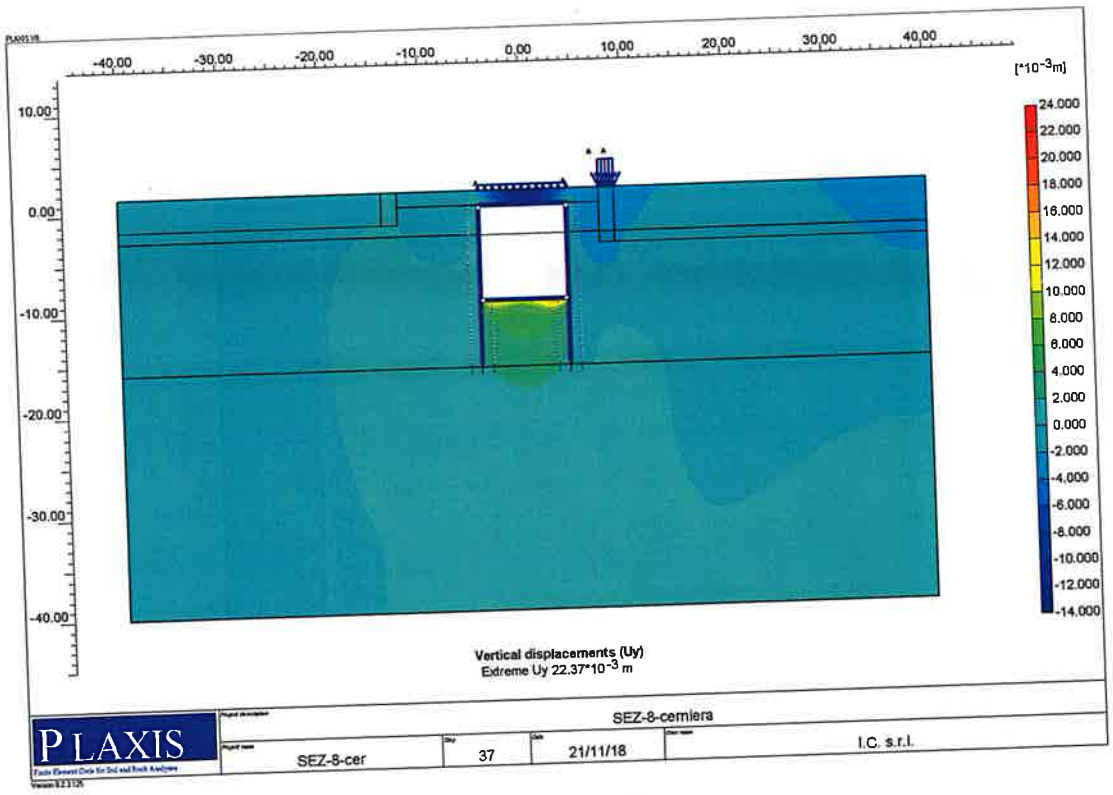


Figura n.6.12

D1.01.1a Erläuterungs- und Statikbericht

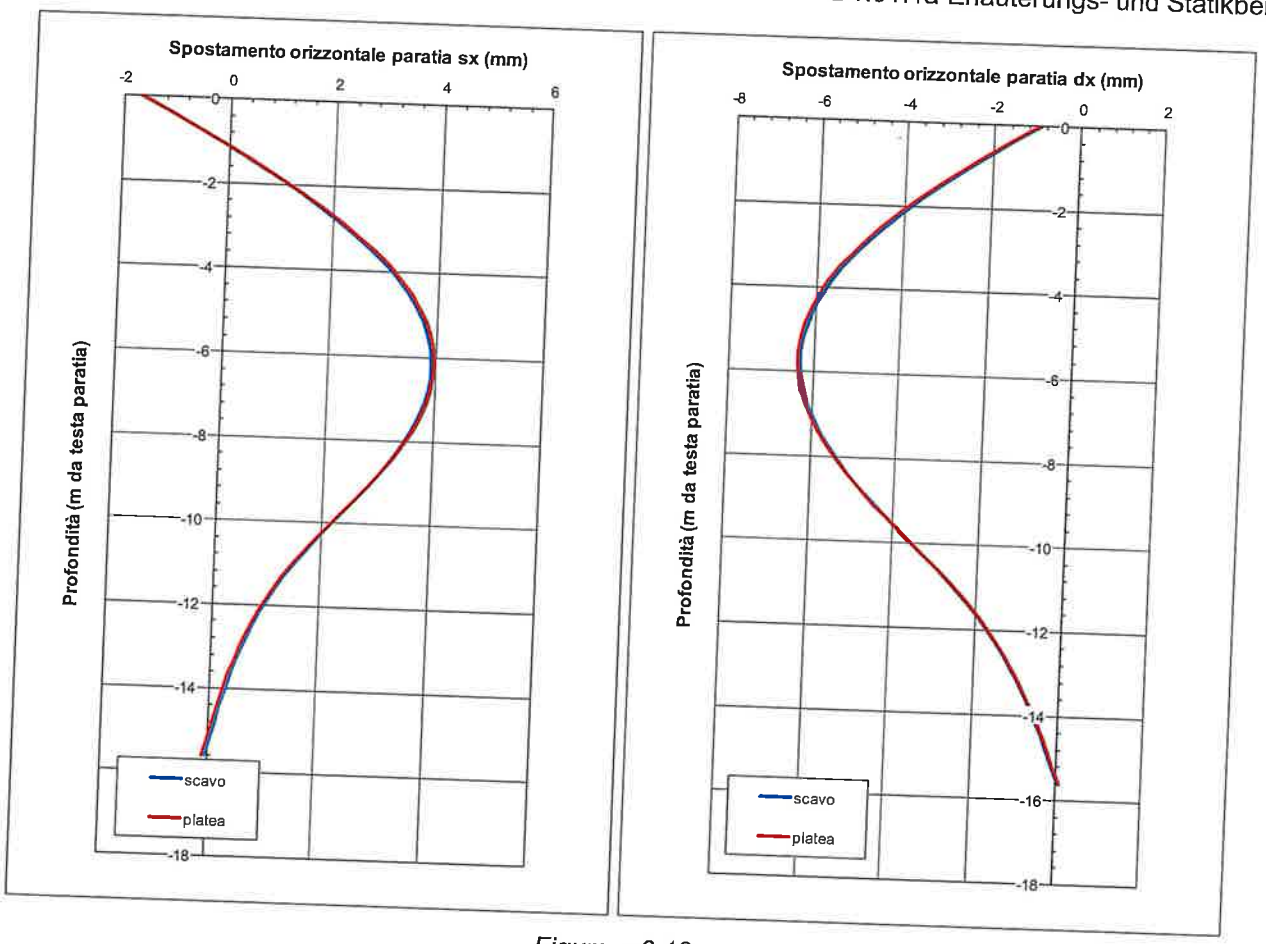


Figura n.6.13

D1.01.1a Erläuterungs- und Statikbericht

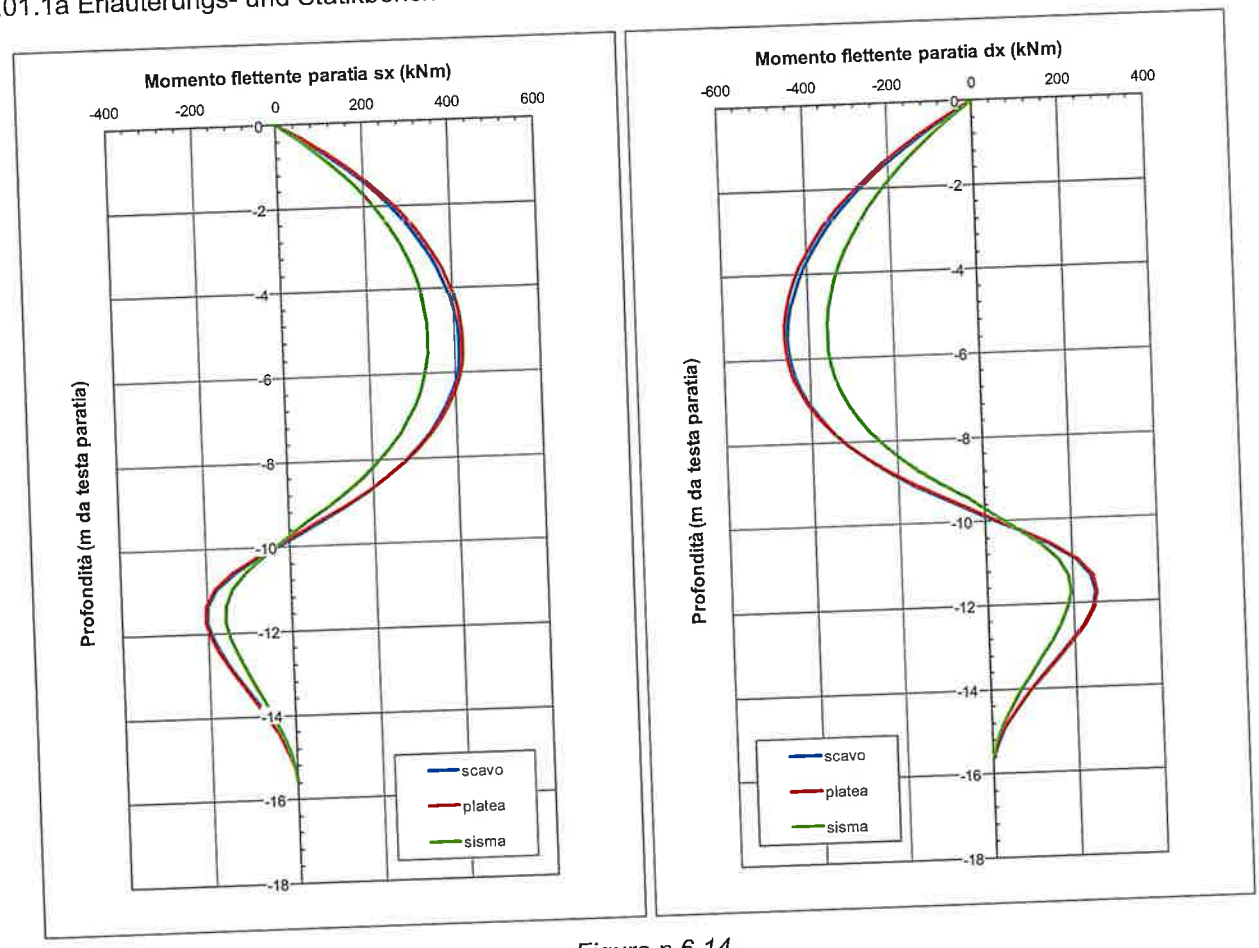


Figura n.6.14

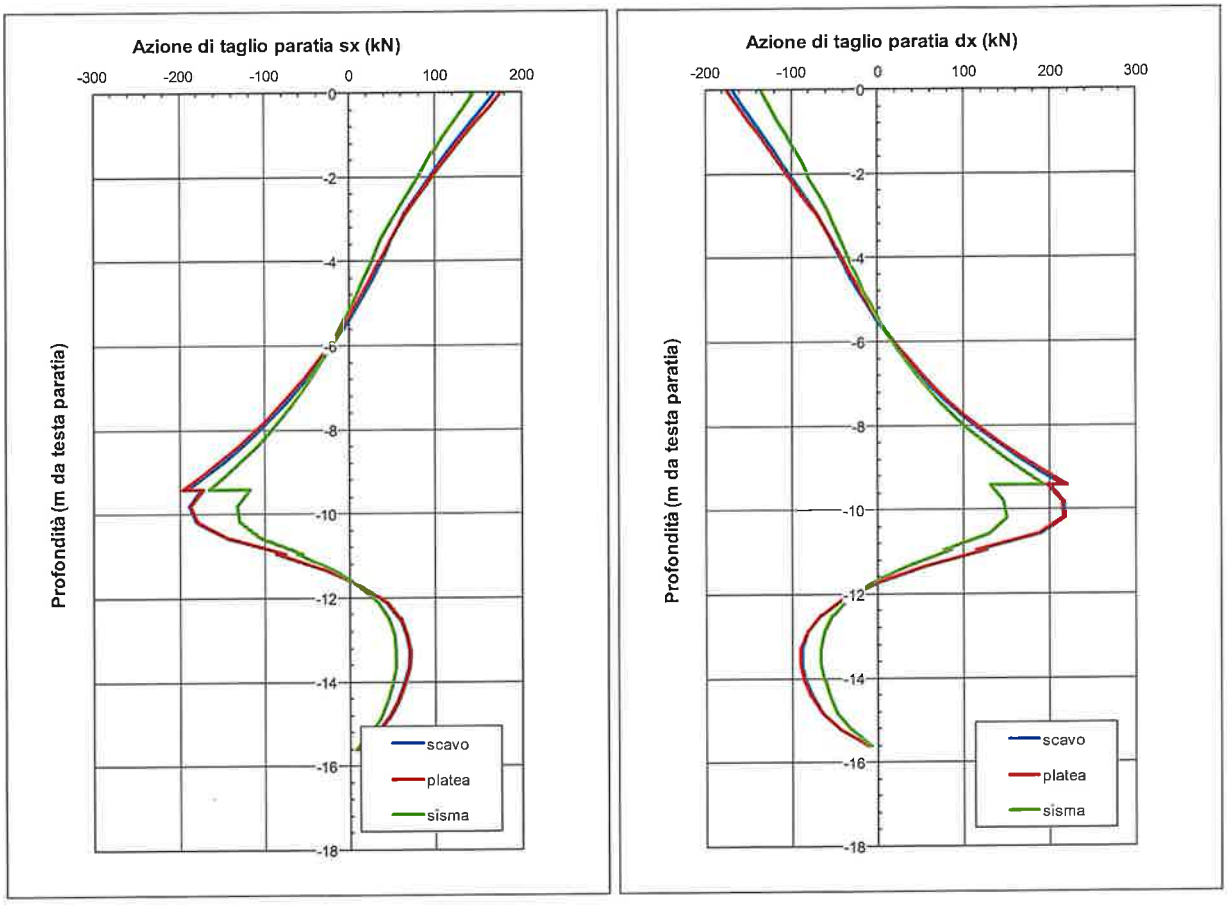


Figura n.6.15

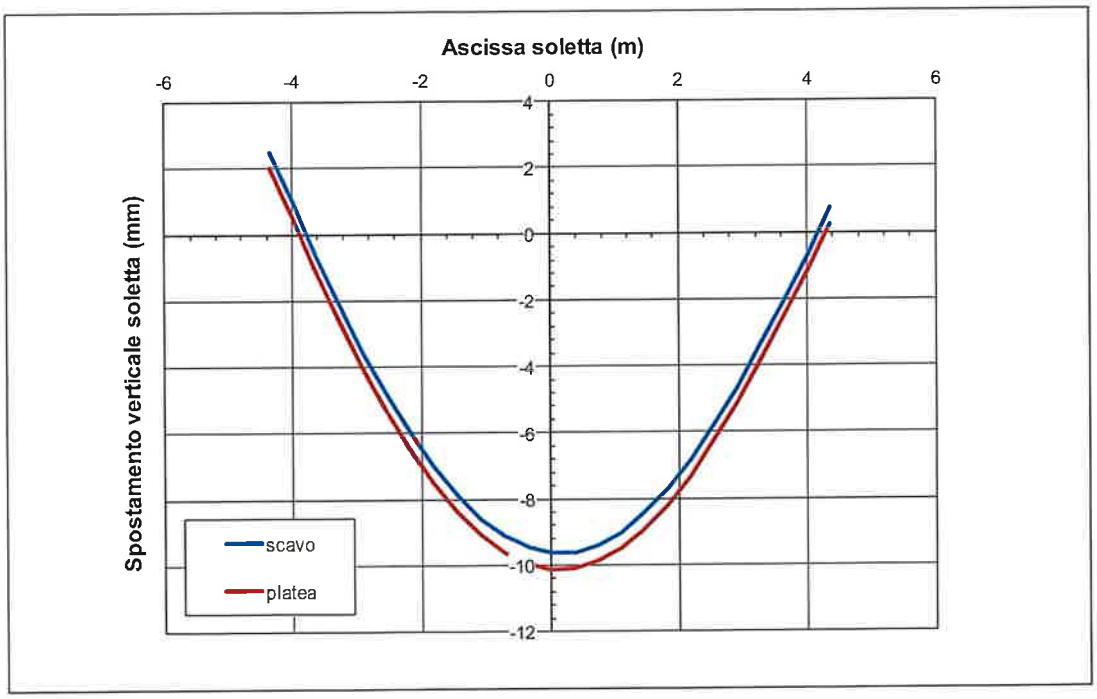


Figura n.6.16

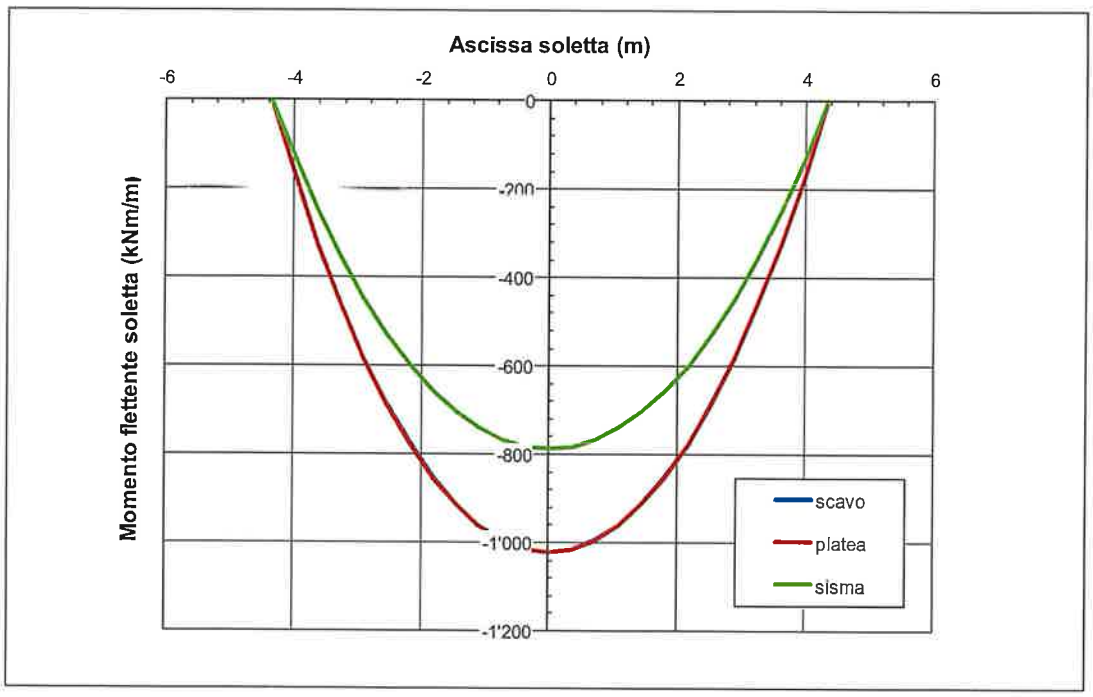


Figura n.6.17

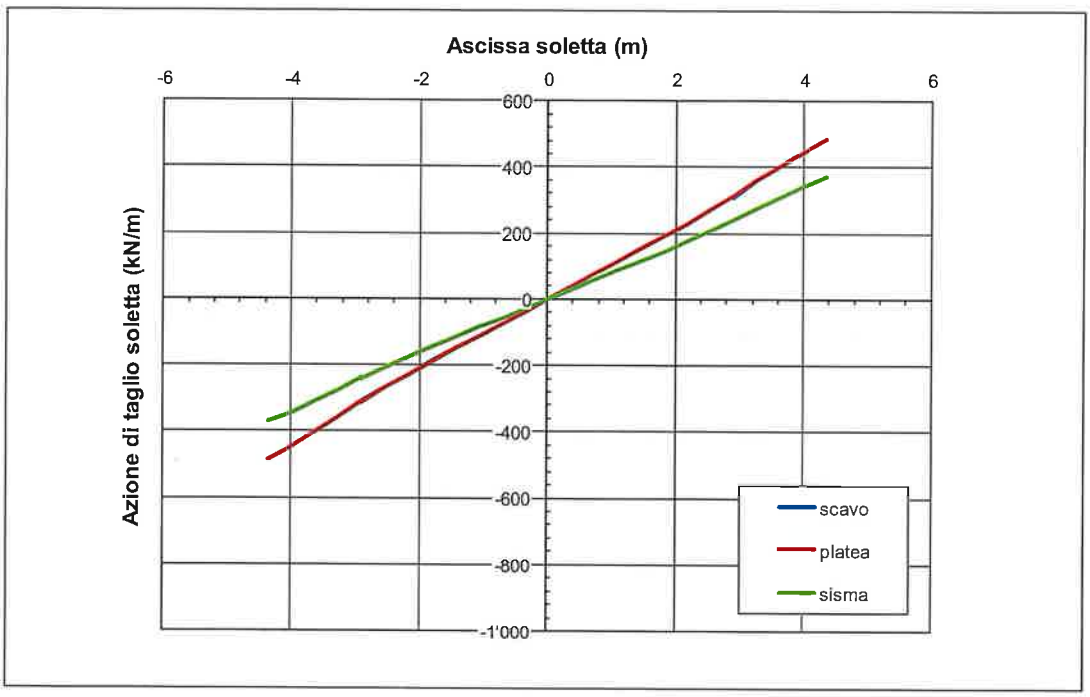


Figura n.6.18

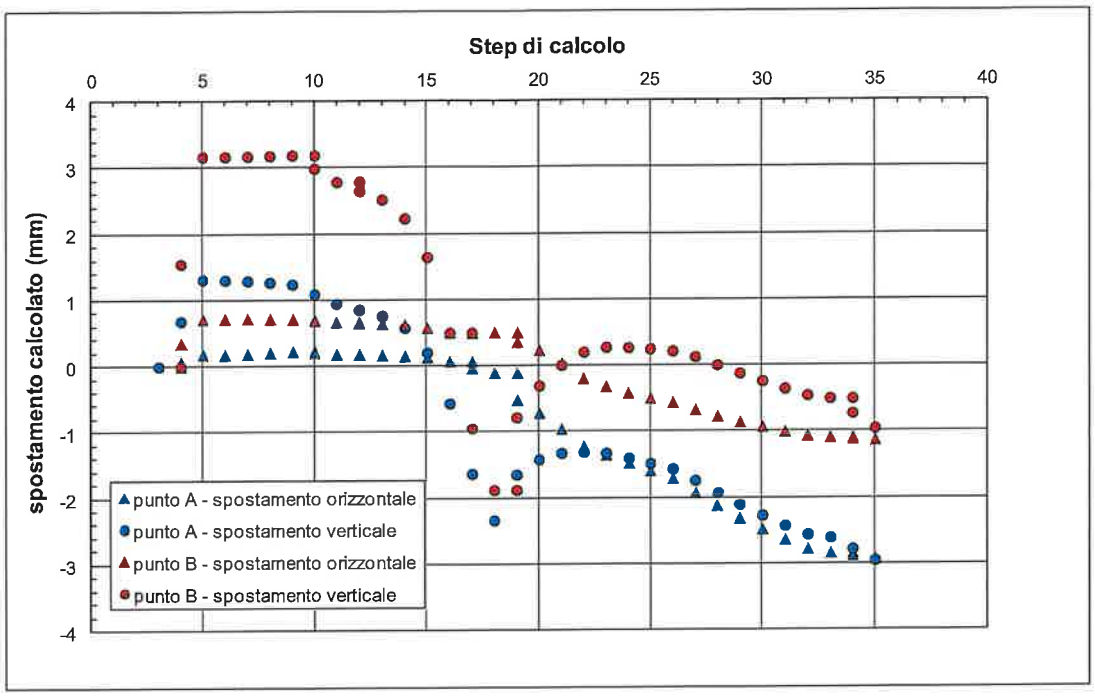
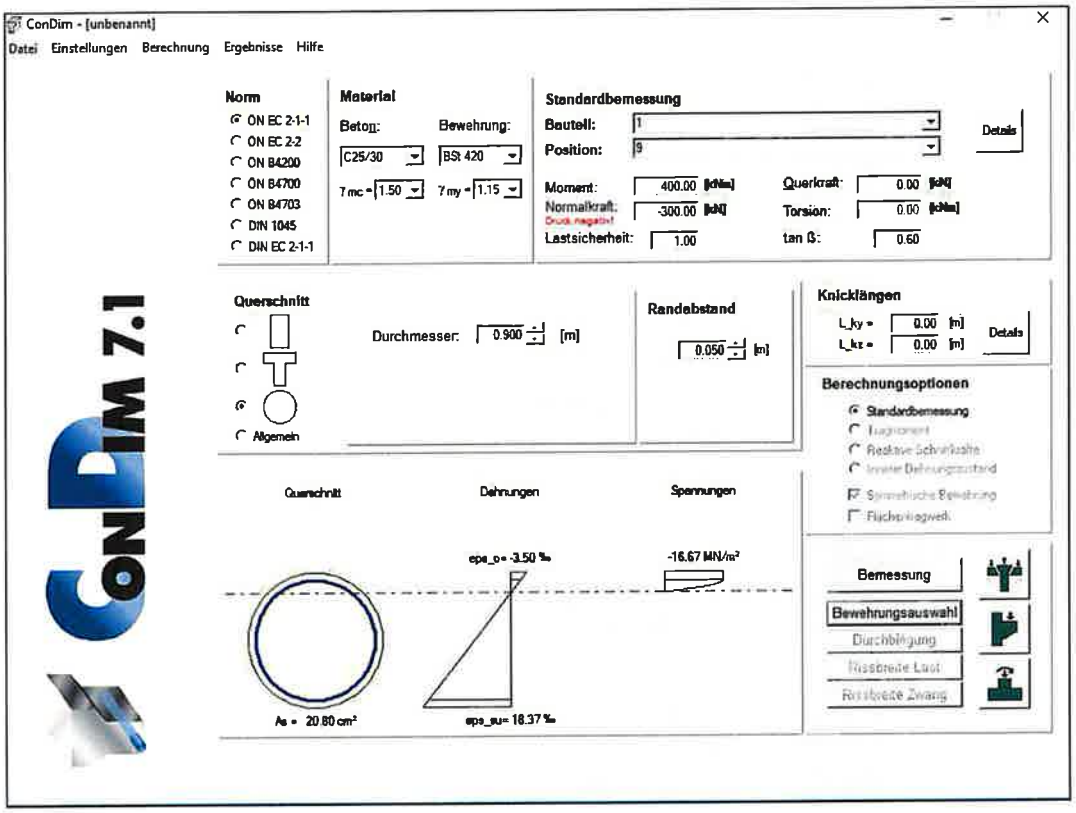
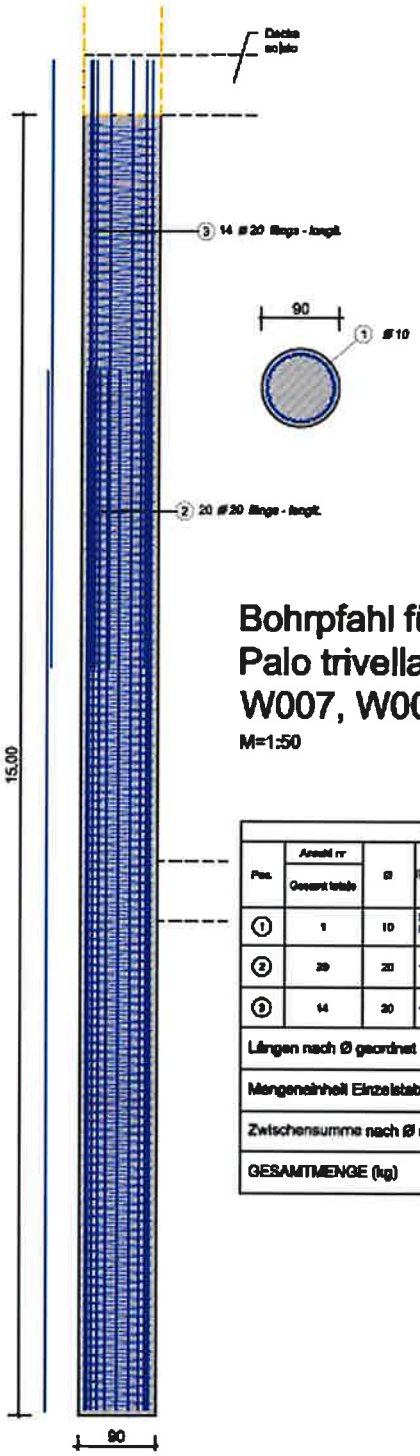

Step di calcolo
0
5
10
15
20
25
30
35
40
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
spostamento calcolato (mm)
punto A - spostamento orizzontale
punto A - spostamento verticale
punto B - spostamento orizzontale
punto B - spostamento verticale

Figura n.6.19

F.3.2.2 Querschnittnachweis Bohrpfahl

F.3.2.2 Verifica sezione palo





Bohrpfahl für Wand:
Palo trivellato per parete:
W007, W008a, W106a

M=1:50

Pos.	Anzahl nr / Gesamt totale	Ø	Symbol simbolo	Länge lungh. (m)	B450C Ø 10	B450C Ø 20
①	1	10		352,91	352,91	
②	20	20		12,00		240,00
③	14	20		7,00		98,00
Längen nach Ø geordnet (m)					352,91	338,00
Mengeneinheit Einzelstab (kg/m)					0,62	2,47
Zwischensumme nach Ø (kg)					223,92	834,86
GESAMTMENGE (kg)					1058,78	

F.3.3 Schnitt 10-10 - Wände W106d-008d

F.3.3 Sezione 10-10 – pareti W106d–008d

F.3.3.1 Berechnung mit FEM-2D PLAXIS V8 Professional

F.3.3.1 Calcolo con FEM-2D PLAXIS V8 Professional

1.1 Geometria della sezione tipo

In figura n.4.3 è illustrata la sezione tipo di intervento "8–8". Le principali caratteristiche della sezione
In figura n.4.4 è illustrata la sezione tipo di intervento "10–10". Le principali caratteristiche della sezione sono di seguito elencate.

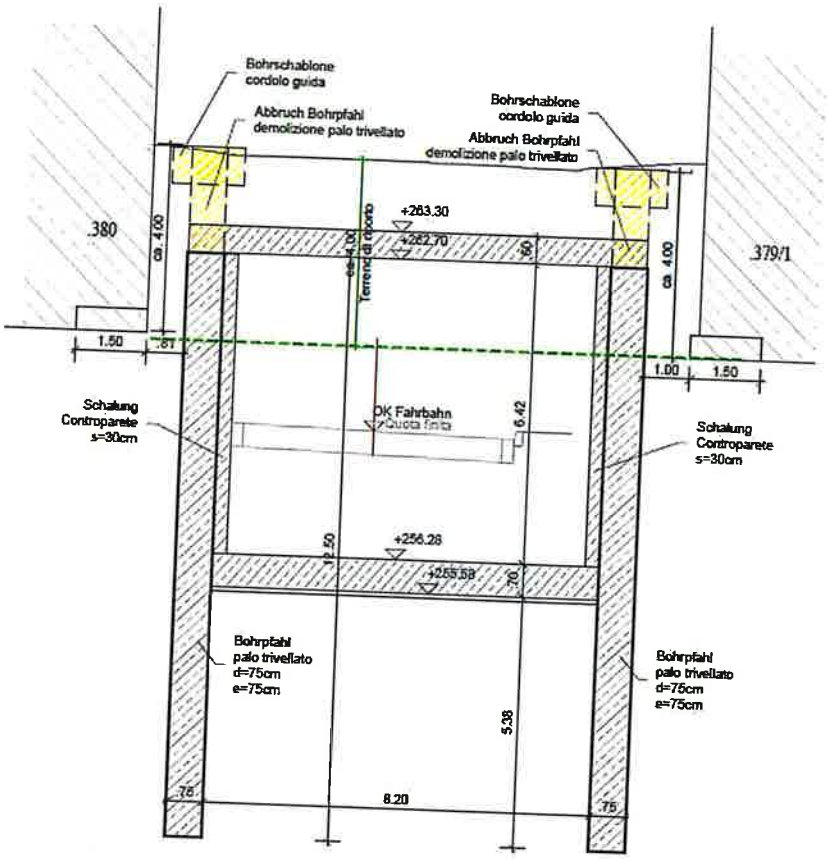


Figura n.4.4 – Sezione tipo "10–10"

Geometria dello scavo

B = larghezza (interasse piedritti) = 9.00m

H = altezza (da imposta soletta di copertura) = 7.20m

Piedritti

D = diametro palo = 750mm

i = interasse palo = 0.75m

L = lunghezza palo (da imposta soletta di copertura) = 12.50m

Solette

sp_1 = spessore soletta di copertura	= 0.60m
sp_2 = spessore soletta di base	= 0.70m
h_1 = spessore ricoprimento soletta di copertura	≅ 1.50m

Strutture esistenti a tergo piedritto in DX

d = distanza minima da asse piedritto	≅ 1.40m
z = quota di imposta	≅ 4.00m da p.c. locale
b = larghezza fondazione	= 1.50m
q_{perm} = carico permanente	= 140kPa
q_{acc} = carico accidentale	= 30kPa

Strutture esistenti a tergo piedritto in SX

d = distanza minima da asse piedritto	≅ 1.20m
z = quota di imposta	≅ 4.00m da p.c. locale
b = larghezza fondazione	= 1.50m
q_{perm} = carico permanente	= 110kPa
q_{acc} = carico accidentale	= 20kPa

1.2 Caratteristiche generali del modello numerico

Si riportano di seguito le principali caratteristiche del modello numerico (FEM-2D).

Dimensioni modello:	80x42m
Origine assi:	X = 0.00 → mezzeria galleria artificiale
	Y = 0.00 → estradosso soletta di copertura
Discretizzazione modello:	elementi triangolari "*plane strain*" a 15 nodi
	Numero di elementi = 1'085
	Numero di nodi = 9'030
	Numero di punti di integrazione = 13'020
Piedritti:	elementi "*plate*"
	D = diametro palo = 750mm
	i = interasse pali = 0.75m
	E = modulo elastico cls = 30'000MPa
	EA = rigidezza assiale = 1.89E+07kN/m
	EI = rigidezza flessionale = 6.21E+05kNm^2/m

Soletta di copertura:	elementi "*plate*"
	sp = spessore = 600mm
	E = modulo elastico cls = 30'000MPa
	EA = rigidezza assiale = 1.80E+07kN/m
	EI = rigidezza flessionale = 5.40E+06kNm^2/m
Soletta di base:	elementi "*plate*"
	sp = spessore = 700mm
	E = modulo elastico cls = 30'000MPa
	EA = rigidezza assiale = 2.10E+07kN/m
	EI = rigidezza flessionale = 8.57E+05kNm^2/m
Condizioni di vincolo:	Modello 1: piedritto-soletta di copertura: CERNIERA
	piedritto-soletta di base: CERNIERA
	Modello 2: piedritto-soletta di copertura: INCASTRO
	piedritto-soletta di base: CERNIERA
Parametri geotecnici:	cfr. tabella n.3.1
Livello statico falda:	≈ 17m da p.c. locale
Modello costitutivo terreni:	*Hardening soil model* (libreria PLAXIS)

1.3 Fasi esecutive modellate

Sono state implementate nel calcolo le seguenti fasi:

1. Realizzazione edifici in DX e in SX
2. Prescavo fino a quota imposta soletta di copertura
3. Realizzazione paratie di pali in DX e SX
4. Getto soletta di copertura
5. Ritombamento scavo fino a quota p.c. locale
6. Applicazione carichi da traffico
7. Scavo in galleria fino a quota di progetto
8. Realizzazione platea di base
9. Applicazione sisma

Con riferimento alle fasi esecutive sopra elencate si precisa quanto segue:

- La fase 1 è stata implementata al fine di modellare correttamente lo stato tensionale iniziale a tergo del piedritto in DX e in SX;
- A titolo cautelativo il carico da traffico è stato applicato prima della realizzazione della platea di base;
- I principali risultati delle analisi dono documentati al capitolo successivo con riferimento alle fasi da 7 a 9.

1.4 ANALISI FEM-2D SEZIONE "10-10" – RISULTATI

Modello 1 (vincolo a cerniera tra piedritti e soletta di copertura)

I principali risultati delle analisi FEM-2D sono illustrati nelle seguenti figure. Per maggiori dettagli si rimanda ai tabulati di calcolo di cui all'allegato 3.

Figura n.7.1: FASE 7 (Scavo) – Layout modello di calcolo

Figura n.7.2: FASE 7 (Scavo) – Spostamenti totali

Figura n.7.3: FASE 7 (Scavo) – Spostamenti orizzontali

Figura n.7.4: FASE 7 (Scavo) – Spostamenti verticali

Figura n.7.5: FASE 8 (Platea) – Layout modello di calcolo

Figura n.7.6: FASE 8 (Platea) – Spostamenti totali

Figura n.7.7: FASE 8 (Platea) – Spostamenti orizzontali

Figura n.7.8: FASE 8 (Platea) – Spostamenti verticali

Figura n.7.9: FASE 9 (Sisma) – Layout modello di calcolo

Figura n.7.10: FASE 9 (Sisma) – Spostamenti totali

Figura n.7.11: FASE 9 (Sisma) – Spostamenti orizzontali

Figura n.7.12: FASE 9 (Sisma) – Spostamenti verticali

Figura n.7.13: Paratia sx e dx – Diagramma spostamento orizzontale

Figura n.7.14: Paratia sx e dx – Diagramma momento flettente

Figura n.7.15: Paratia sx e dx – Diagramma taglio

Figura n.7.16: Soletta sup. – Diagramma spostamento verticale

Figura n.7.17: Soletta sup. – Diagramma momento flettente

Figura n.7.18: Soletta sup. – Diagramma taglio

Figura n.7.19: Andamento spostamento orizzontale e verticale punti di controllo A, B, C e D

Si precisa quanto segue:

- Le sollecitazioni riportate nei grafici di cui alle figure n.7.14 e n.7.15 sono da intendersi **"di design" agenti sul singolo palo**;
- Le sollecitazioni riportate nei grafici di cui alle figure n.7.17 e n.7.18 sono da intendersi **"di design" agenti per metro lineare di sviluppo fuori piano**;
- I punti di controllo A e B di cui alla figura n.6.19 sono ubicati rispettivamente alla quota di imposta della fondazione esistente ed in corrispondenza del nodo paratia-soletta superiore in DX. Si verifica che, fino allo step 29 (termine fase "platea") lo spostamento calcolato nei punti di controllo è dell'ordine di 2÷3mm;
- I punti di controllo C e D di cui alla figura n.6.19 sono ubicati rispettivamente alla quota di imposta della fondazione esistente ed in corrispondenza del nodo paratia-soletta superiore in SX. Si verifica che, fino allo step 29 (termine fase "platea") lo spostamento calcolato nei punti di controllo è dell'ordine di 2÷3mm.

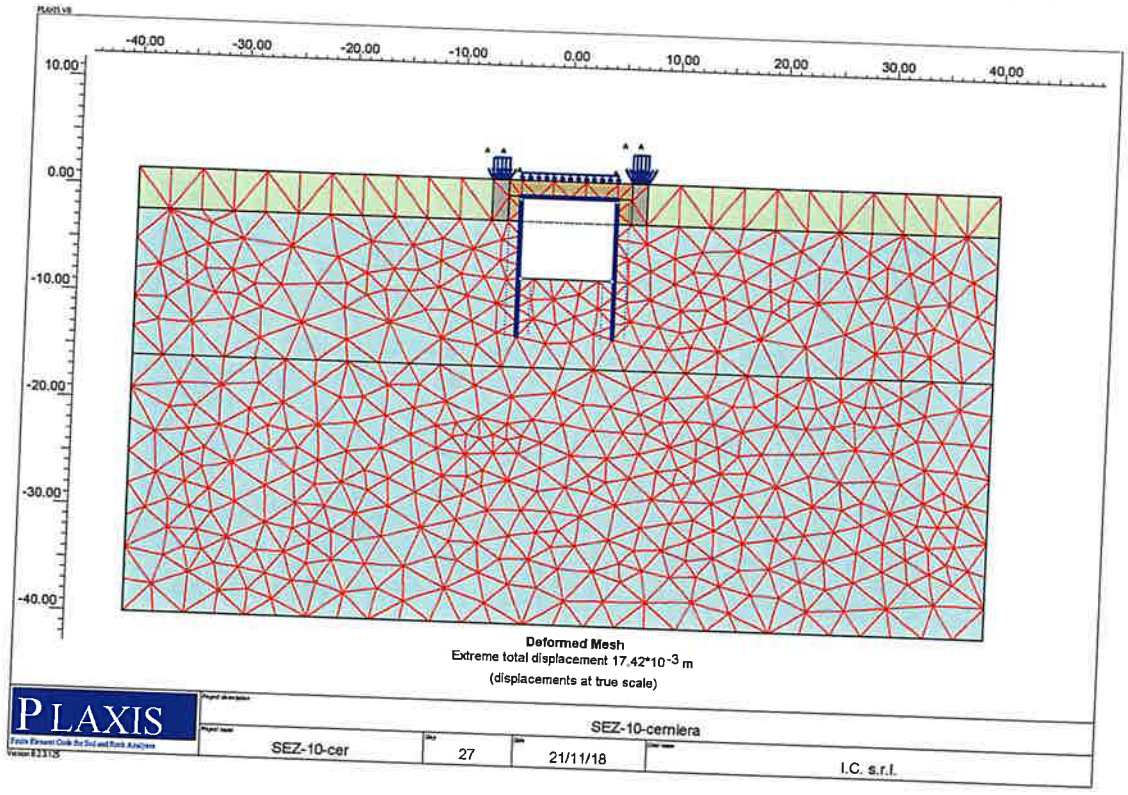


Figura n.7.1

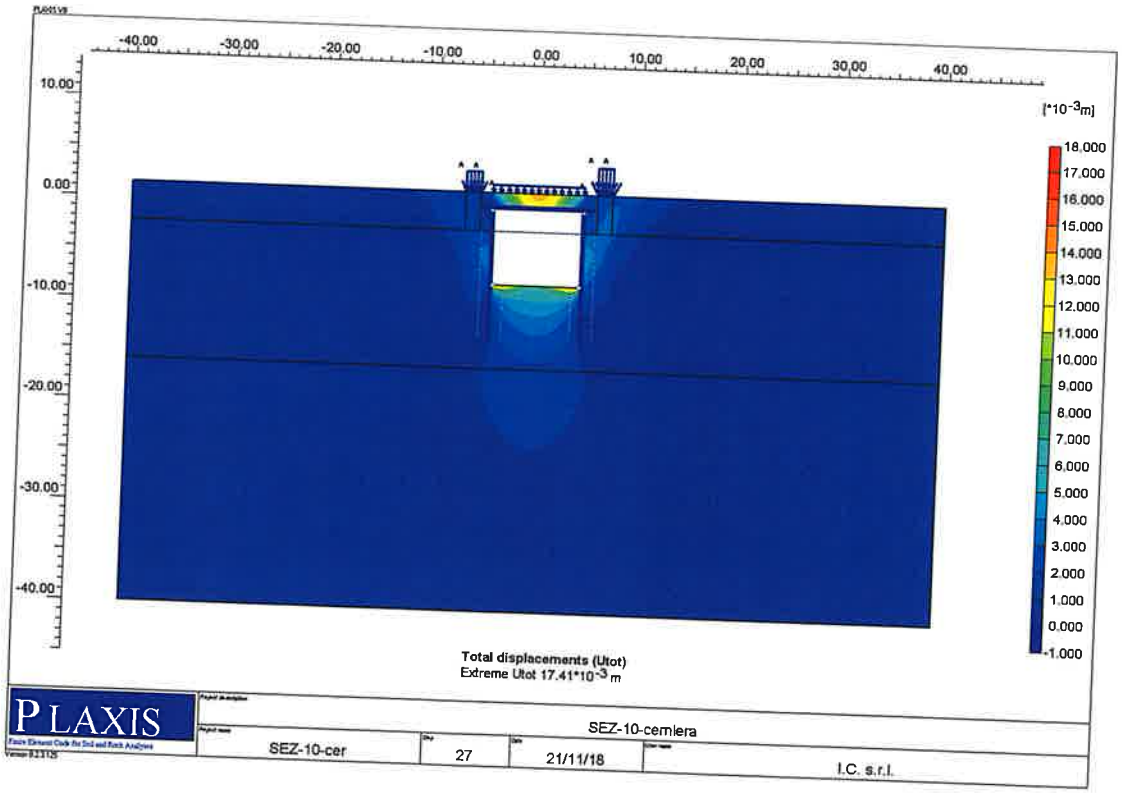


Figura n.7.2

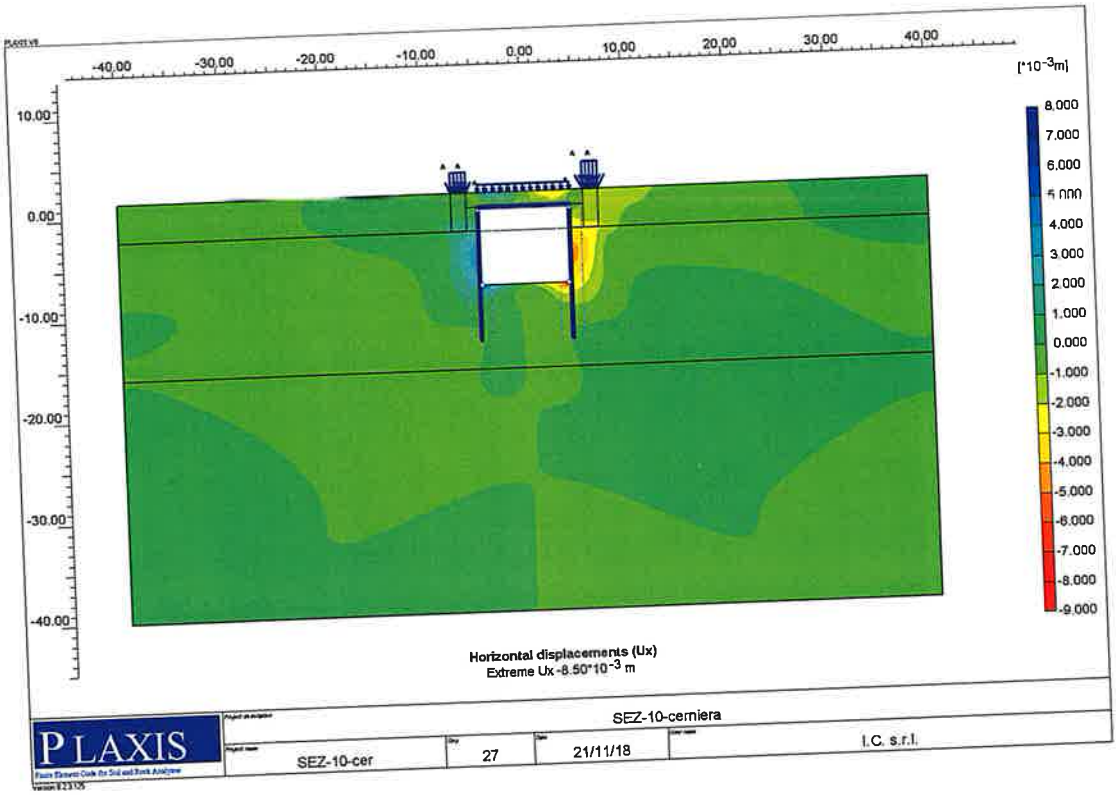


Figura n.7.3

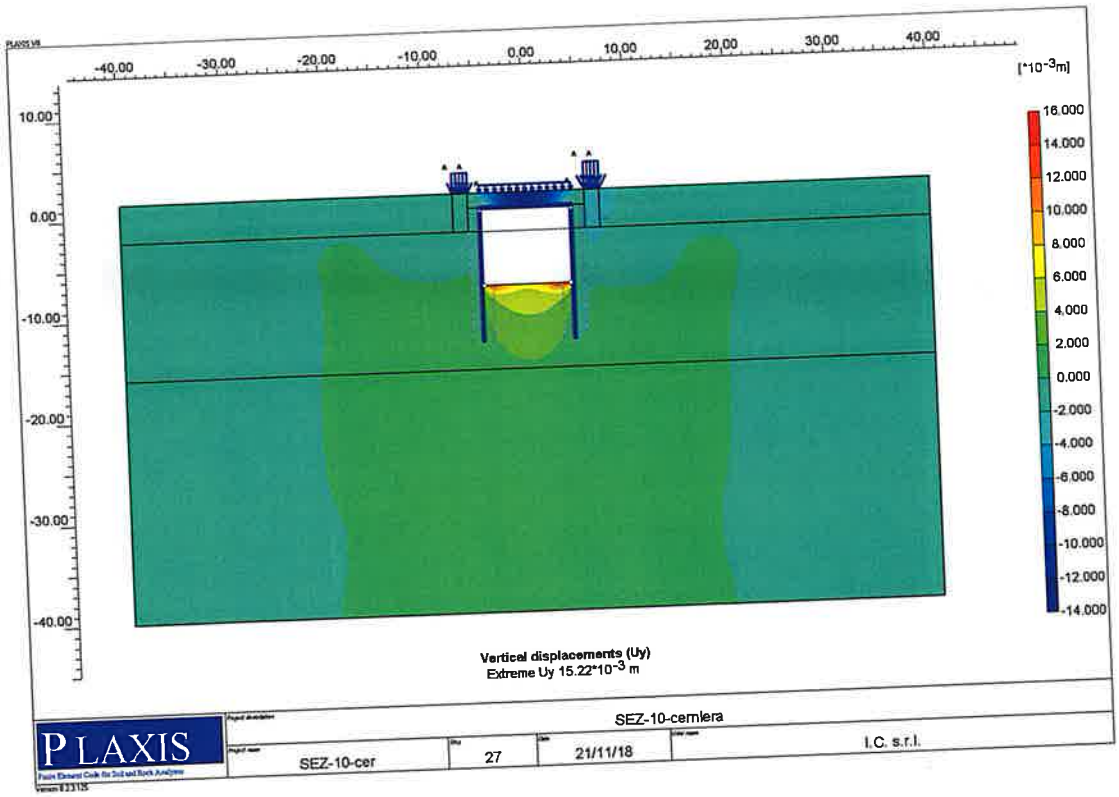


Figura n.7.4

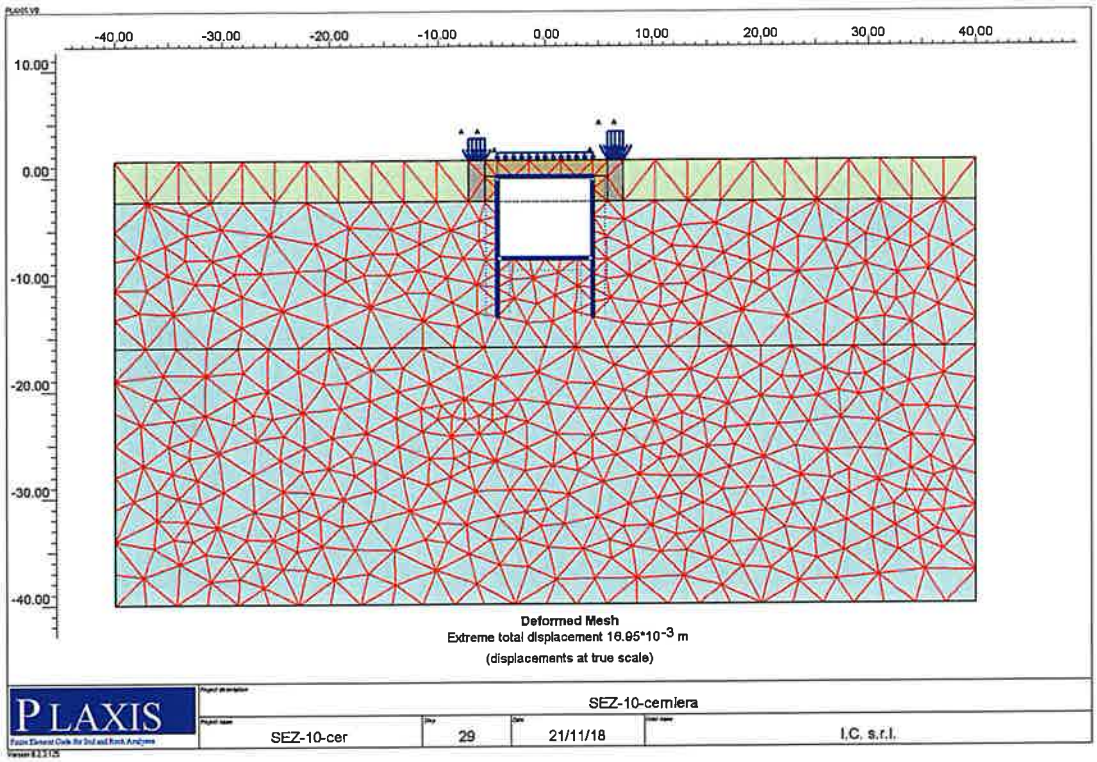


Figura n.7.5

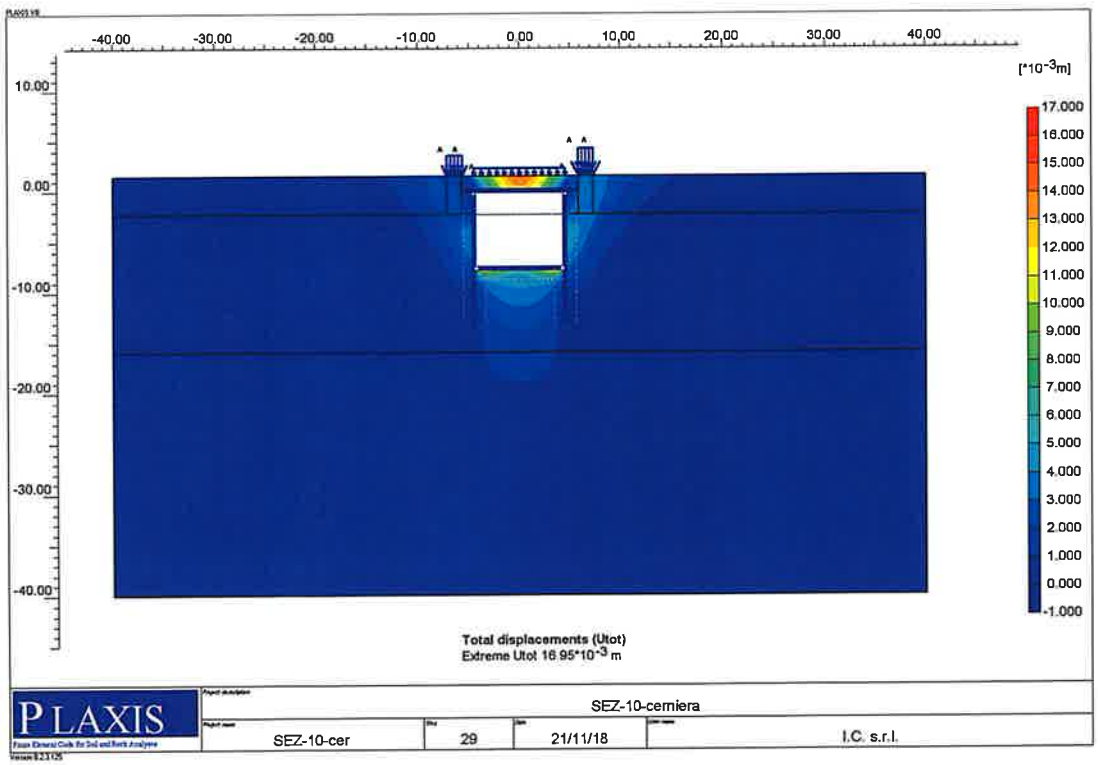


Figura n.7.6

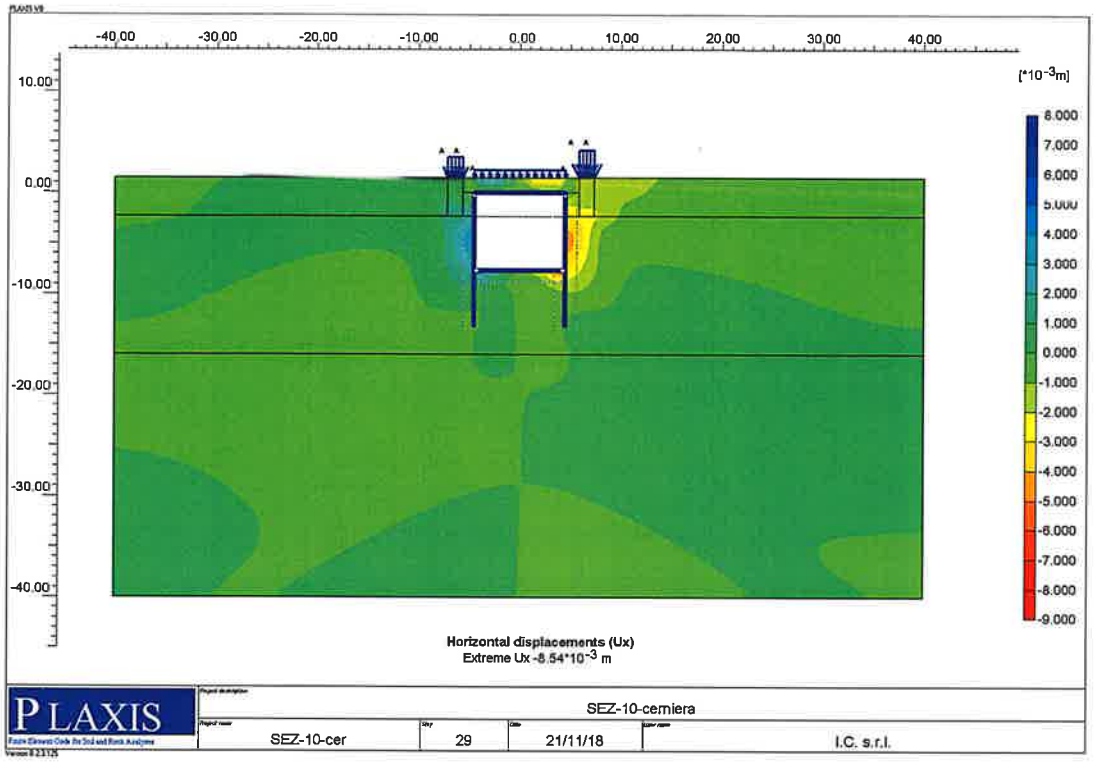


Figura n.7.7

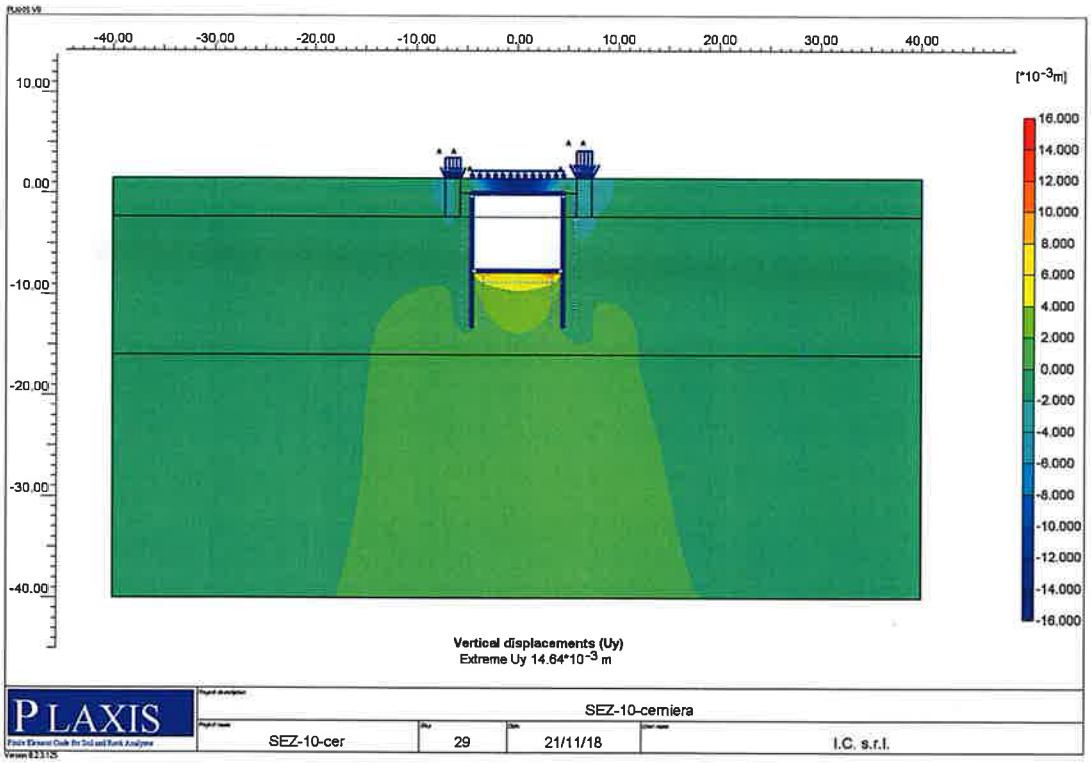


Figura n.7.8

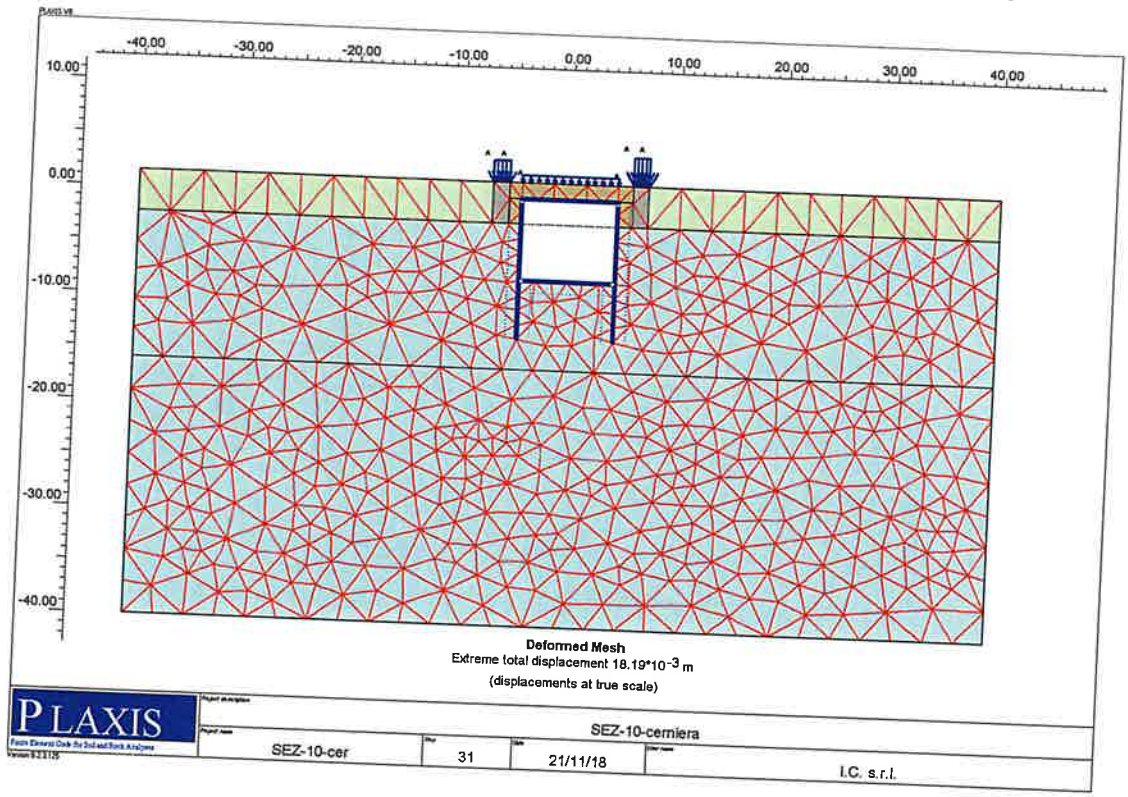


Figura n.7.9

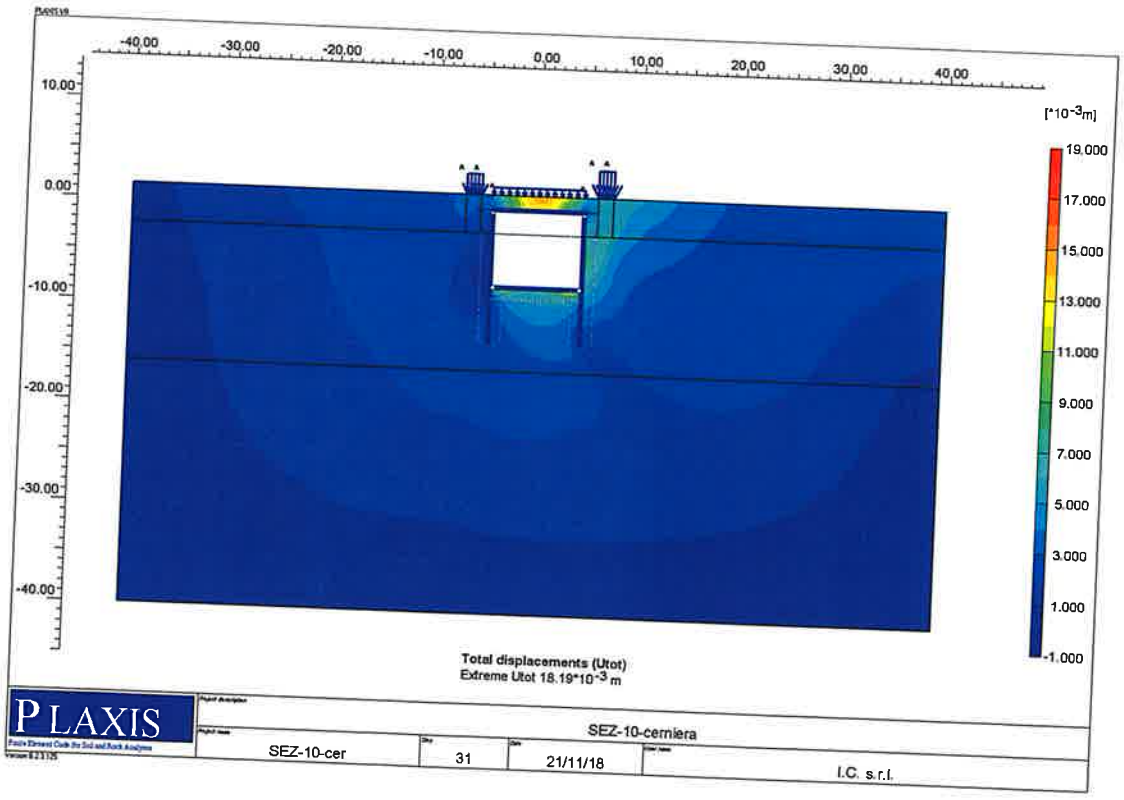


Figura n.7.10

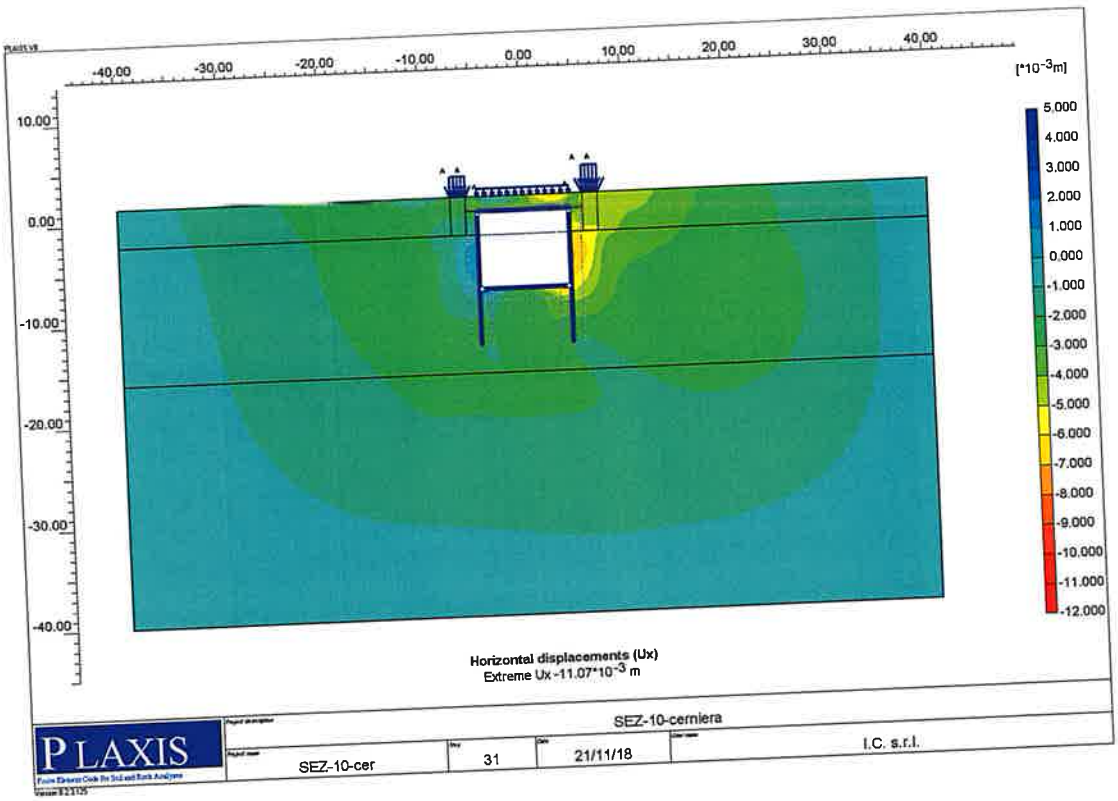


Figura n.7.11

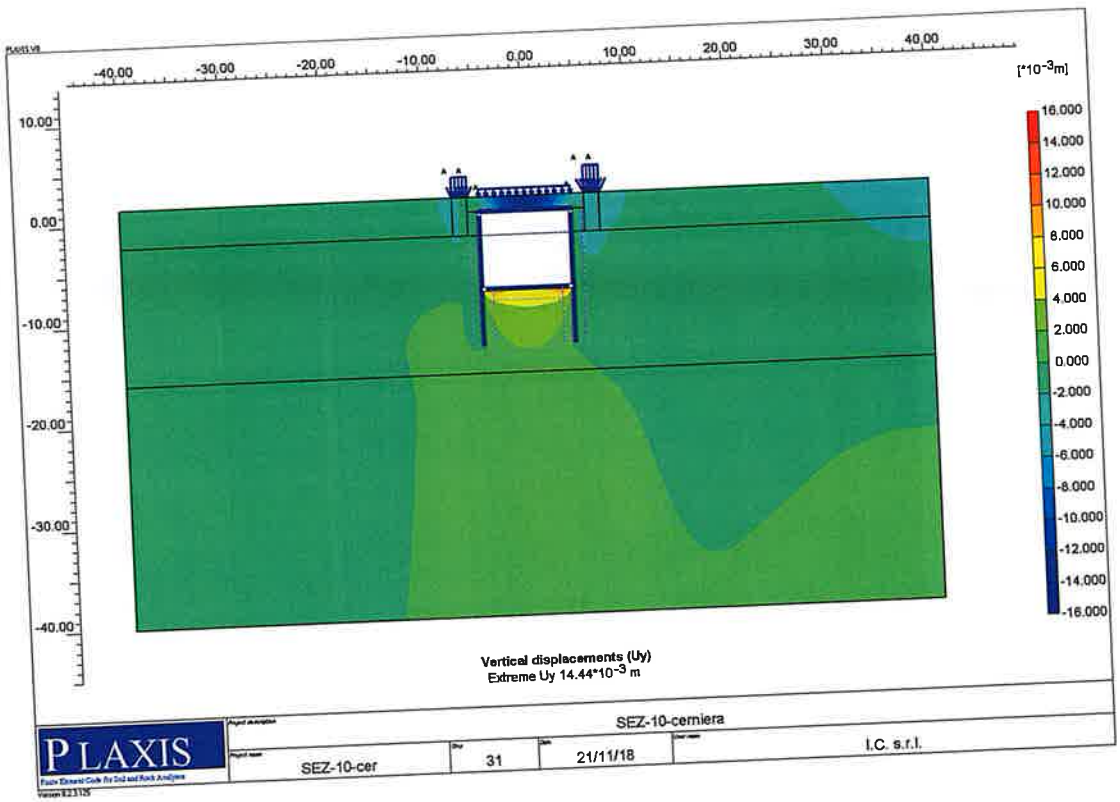


Figura n.7.12

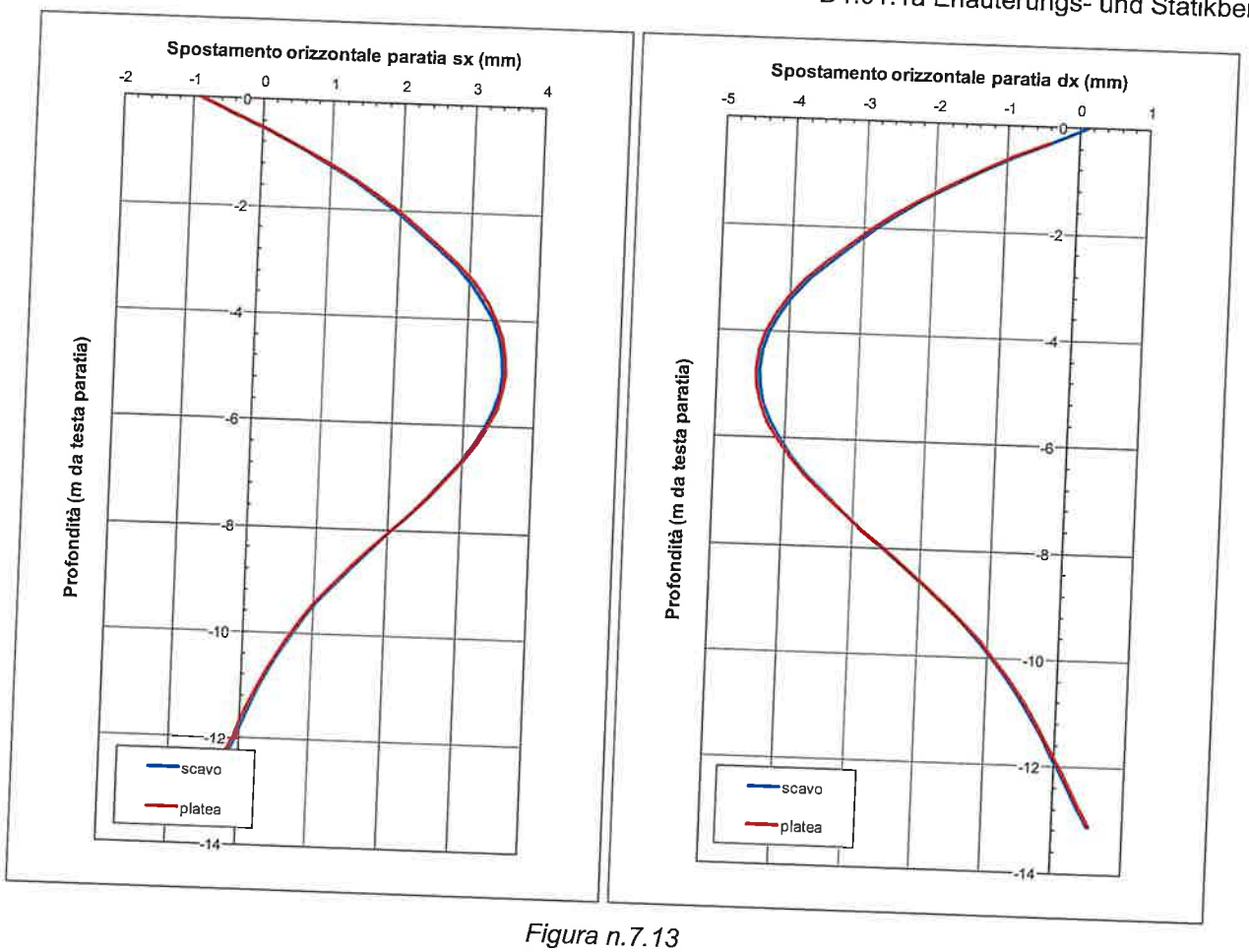

Spostamento orizzontale paratia sx (mm)
Profondità (m da testa paratia)
scavo
platea
Spostamento orizzontale paratia dx (mm)
Profondità (m da testa paratia)
scavo
platea

Figura n.7.13

D1.01.1a Erläuterungs- und Statikbericht

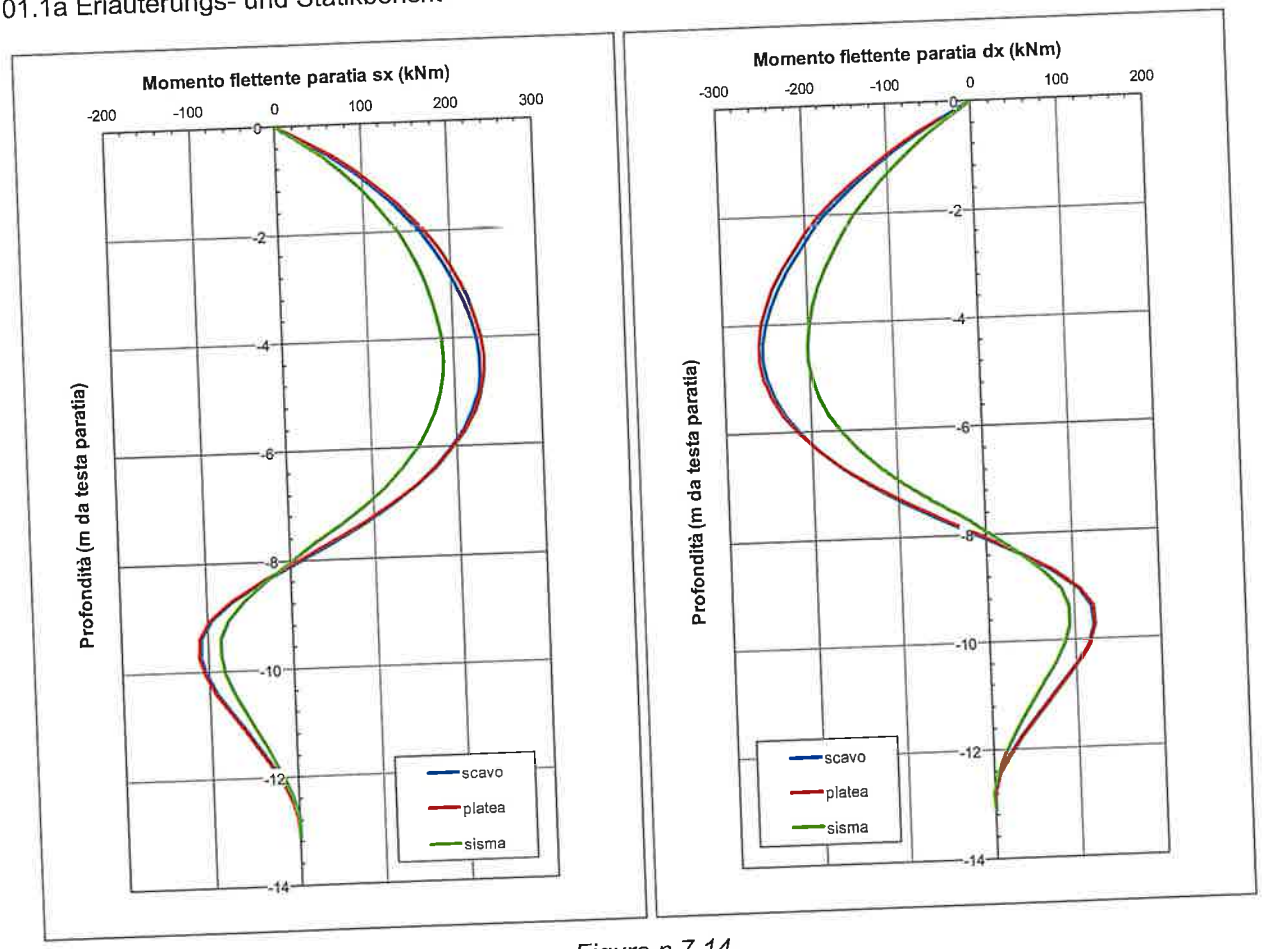


Figura n.7.14

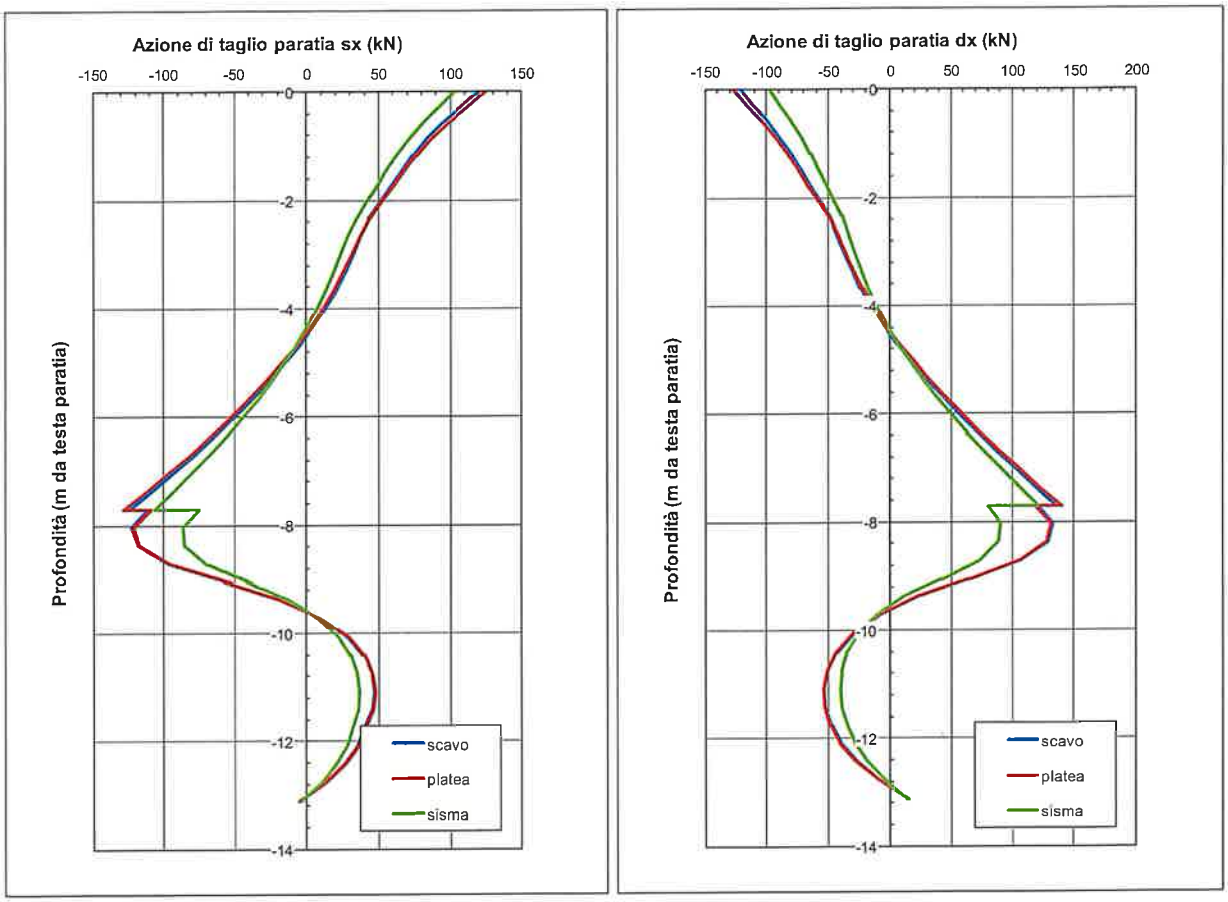


Figura n.7.15

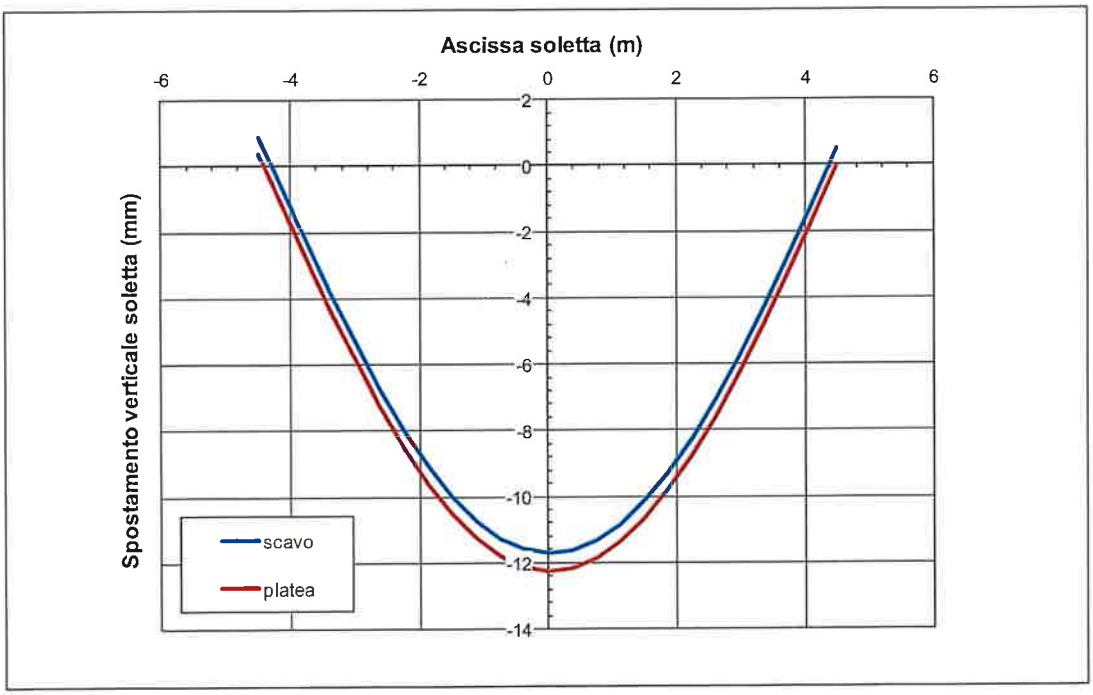


Figura n.7.16

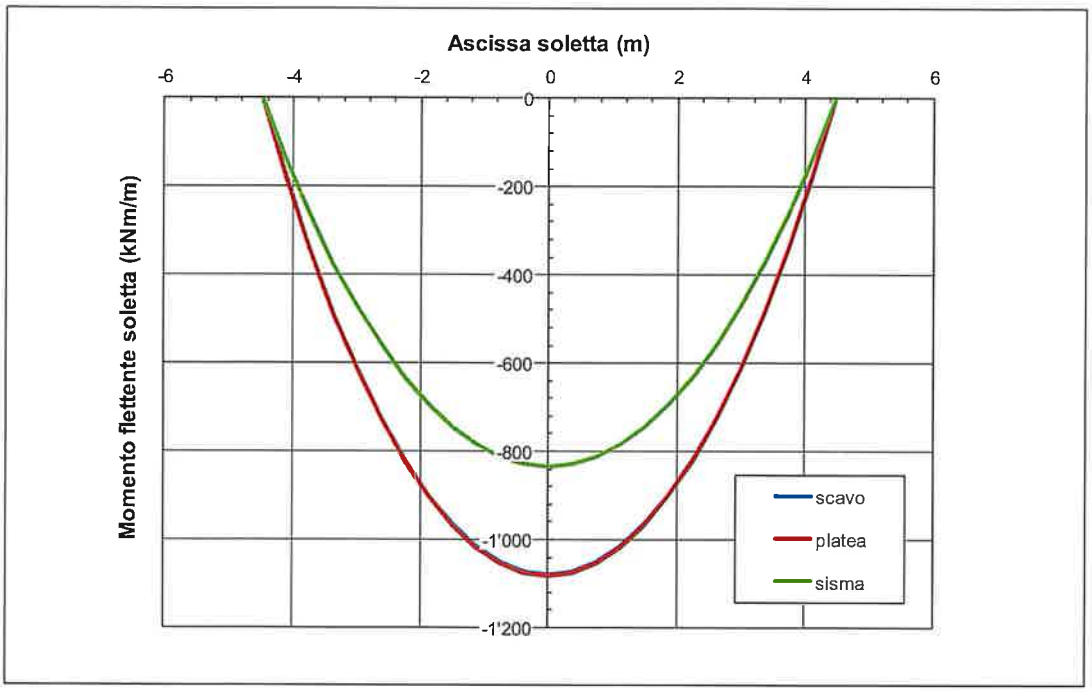


Figura n.7.17

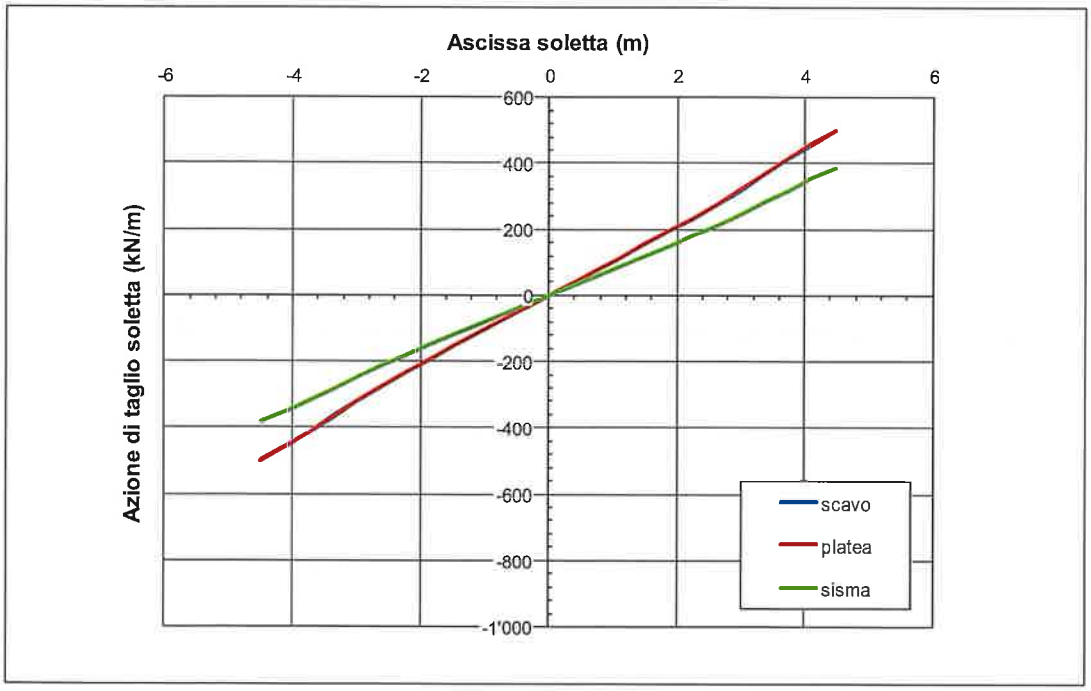


Figura n.7.18

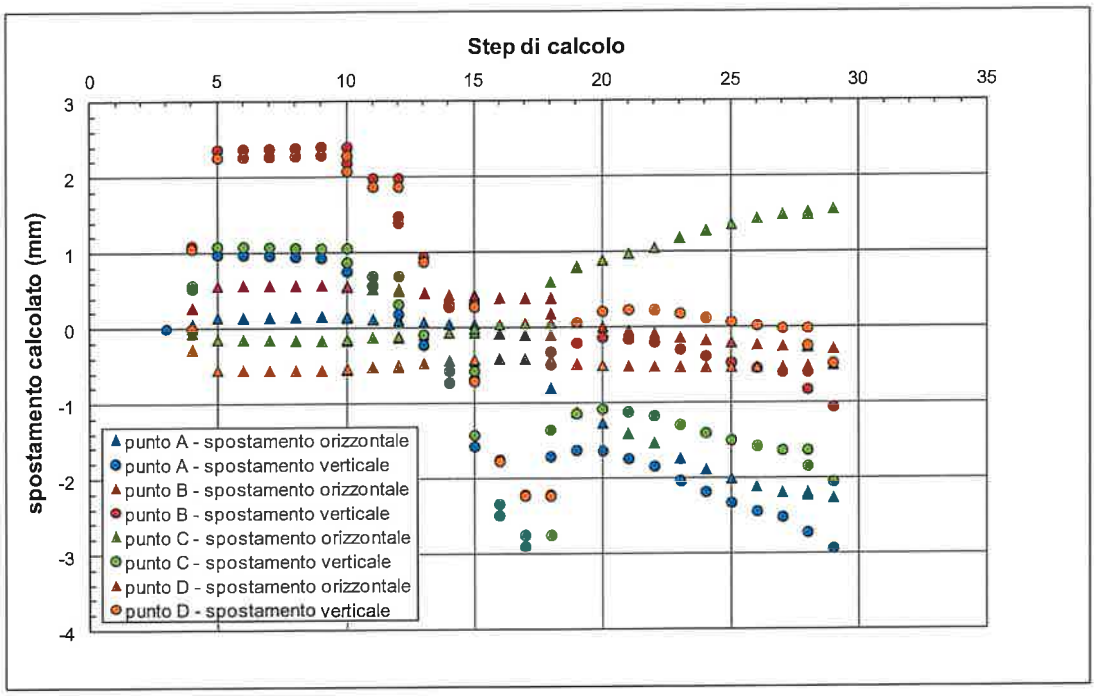
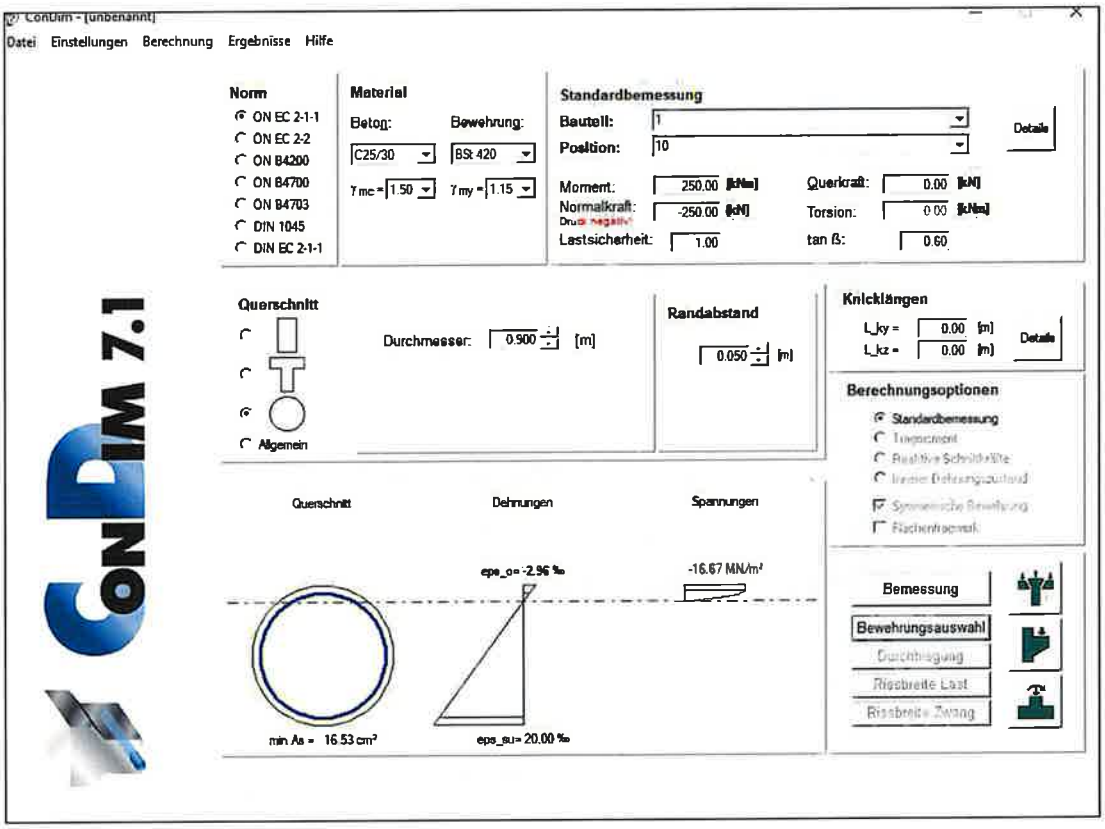

Step di calcolo
0
5
10
15
20
25
30
35
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
spostamento calcolato (mm)
punto A - spostamento orizzontale
punto A - spostamento verticale
punto B - spostamento orizzontale
punto B - spostamento verticale
punto C - spostamento orizzontale
punto C - spostamento verticale
punto D - spostamento orizzontale
punto D - spostamento verticale

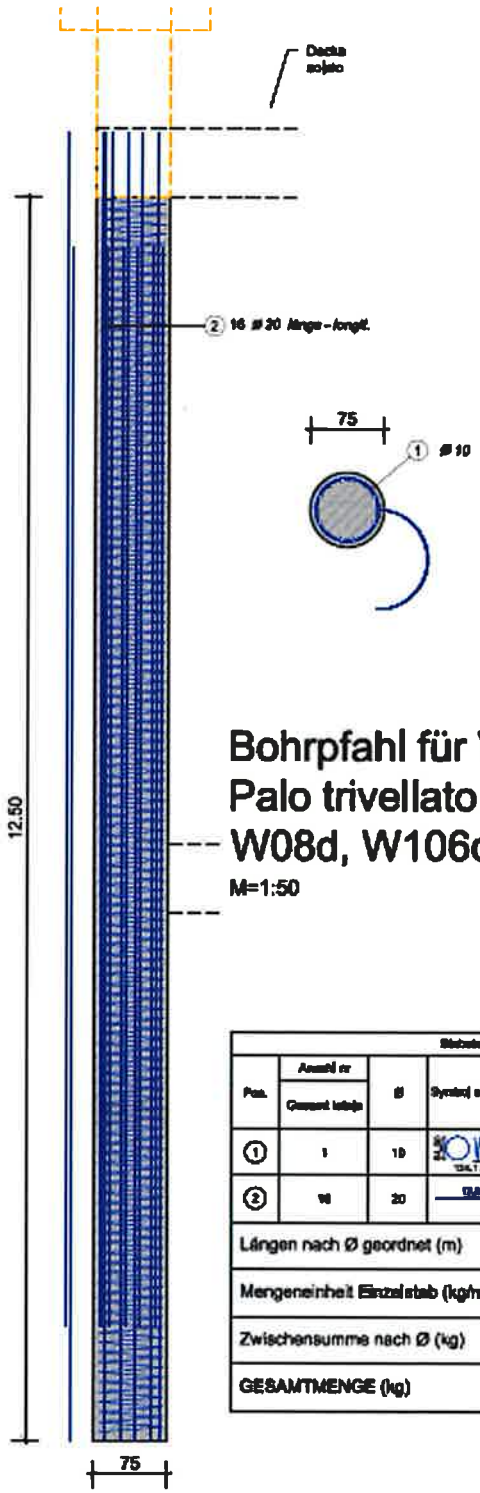
Figura n.7.19

F.3.3.2 Querschnittnachweis Bohrpfahl

F.3.3.2 Verifica sezione palo



D1.01.1a Erläuterungs- und Statikbericht



Bohrpfahl für Wand:
Palo trivellato per parete:
W08d, W106d

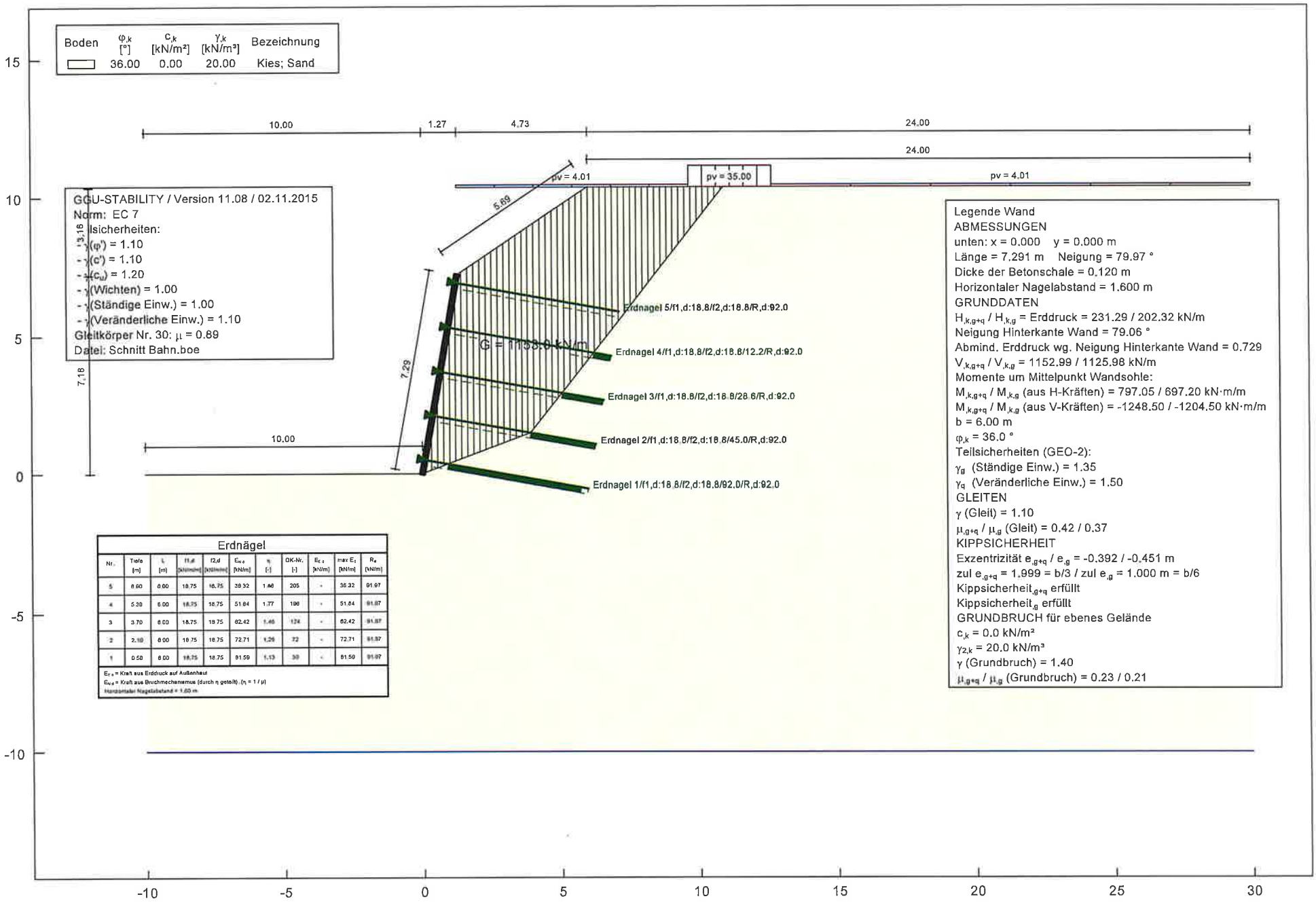
M=1:50

Pos.	Anzahl nr / Gesamt totale	ø	Symbol simbolo	Länge lungh. (m)	Gesamt totale	
					ø 10	ø 20
①	1	10		245.92	245.92	
②	16	20		17.00		182.00
Längen nach Ø geordnet (m)					245,92	182,00
Mengeneinheit Einzelstab (kg/m)					0,62	2,47
Zwischensumme nach Ø (kg)					151,55	474,24
GESAMTMENGE (kg)					625,79	

F.4 NACHWEIS NAGELWAND SEITE EISENBAHN

F.4 VERIFICA PARETE CHIODATA LATO FERROVIA

Schnitt Bahn



GGU-STABILITY / Version 11.08 / 02.11.2015
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma_{(\varphi')}$ = 1.10
- $\gamma_{(c')}$ = 1.10
- $\gamma_{(c_u)}$ = 1.20
- $\gamma_{(Wichten)}$ = 1.00
- $\gamma_{(Ständige\ Einw.)}$ = 1.00
- $\gamma_{(Veränderliche\ Einw.)}$ = 1.10

Gleitkörper Nr. 30: μ = 0.89
Datei: Schnitt Bahn.boe

Erdnägel

Nr.	Tiefe [m]	l_i [m]	f1,d [kN/m²]	f2,d [kN/m²]	$E_{w,d}$ [kN/m]	η [-]	GK-Nr. [-]	$E_{E,d}$ [kN/m]	max E_S [kN/m]	R_d [kN/m]
5	8.60	6.00	18.75	18.75	39.32	1.86	205	-	36.32	91.97
4	5.30	6.00	18.75	18.75	51.84	1.77	196	-	51.84	91.97
3	3.70	6.00	18.75	18.75	62.42	1.46	124	-	62.42	91.97
2	2.10	6.00	18.75	18.75	72.71	1.26	72	-	72.71	91.97
1	0.50	6.00	18.75	18.75	81.59	1.13	30	-	81.59	91.97

$E_{E,d}$ = Kraft aus Erddruck auf Außenhaut
$E_{w,d}$ = Kraft aus Bruchmechanismus (durch η geteilt) (η = 1 / μ)
Horizontaler Nagelabstand = 1.60 m

Legende Wand
ABMESSUNGEN
unten: x = 0.000 y = 0.000 m
Länge = 7.291 m Neigung = 79.97 °
Dicke der Betonschale = 0.120 m
Horizontaler Nagelabstand = 1.600 m
GRUNDDATEN
$H_{k,g+q}$ / $H_{k,g}$ = Erddruck = 231.29 / 202.32 kN/m
Neigung Hinterkante Wand = 79.06 °
Abmind. Erddruck wg. Neigung Hinterkante Wand = 0.729
$V_{k,g+q}$ / $V_{k,g}$ = 1152.99 / 1125.98 kN/m
Momente um Mittelpunkt Wandsohle:
$M_{k,g+q}$ / $M_{k,g}$ (aus H-Kräften) = 797.05 / 697.20 kN·m/m
$M_{k,g+q}$ / $M_{k,g}$ (aus V-Kräften) = -1248.50 / -1204.50 kN·m/m
b = 6.00 m
φ_k = 36.0 °
Teilsicherheiten (GEO-2):
γ_g (Ständige Einw.) = 1.35
γ_q (Veränderliche Einw.) = 1.50
GLEITEN
γ (Gleit) = 1.10
$\mu_{,g+q}$ / $\mu_{,g}$ (Gleit) = 0.42 / 0.37
KIPPSICHERHEIT
Exzentrizität $e_{,g+q}$ / $e_{,g}$ = -0.392 / -0.451 m
zul $e_{,g+q}$ = 1.999 = b/3 / zul $e_{,g}$ = 1.000 m = b/6
Kippsicherheit$_{,g+q}$ erfüllt
Kippsicherheit$_{,g}$ erfüllt
GRUNDBRUCH für ebenes Gelände
$c_{,k}$ = 0.0 kN/m²
$\gamma_{2,k}$ = 20.0 kN/m³
γ (Grundbruch) = 1.40
$\mu_{,g+q}$ / $\mu_{,g}$ (Grundbruch) = 0.23 / 0.21

GGU-STABILITY / Version 11.08 / 02.11.2015

Böschungsberechnung nach EC 7
mit polygonalen Gleitflächen

Datei: Schnitt Bahn.boe

Parameterliste
φ [°] = Reibungswinkel
c [kN/m²] = Kohäsion
γ [kN/m³] = Wichte
μ [-] = Ausnutzungsgrad

Teilsicherheiten: (GEO-3)
- gam(phi)= 1.10
- gam(c') = 1.10
- gam(cu) = 1.20
- gam(Wichten) = 1.00
- gam(Ständige Einw.) = 1.00
- gam(Veränderliche Einw.) = 1.10

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-10.000	0.000	2	0.000	0.000	3	1.270	7.180	4	6.000	10.340	5	30.000	10.340

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	$\varphi_{,k}$	$c_{,k}$	$\gamma_{,k}$	dräniert	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]		
1	36.00	0.00	20.00	ja	Kies; Sand

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	$\varphi_{,d}$	$c_{,d}$	$\gamma_{,d}$	dräniert	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]		
1	33.44	0.00	20.00	ja	Kies; Sand

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	-10.000	-10.000	30.000	-10.000	1

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-10.000	-10.000	2	30.000	-10.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m²]	[kN/m²]	[m]	[m]	[m]
1	4.01	4.01	1.26	9.66	10.34
2	35.00	35.00	9.66	12.66	10.34
3	4.01	4.01	12.66	30.00	10.34

Erdnägel
f1,d [kN/m/m] = Bemessungswert der Mantelreibung am Kopf
f2,d [kN/m/m] = Bemessungswert der Mantelreibung am Fuß
berechnet aus Mantelreibung [kN/m²] / gamma(Herausziehen) · Umfang Verpresskörper [m] / Erdnagelabstand [m]
R,d [kN/m] = aufnehmbare Bemessungskraft

Nr.	x1	y1	x2	y2	f1,d	f2,d	R,d
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m/m]	[kN/m/m]	[kN/m/m]
1	0.09	0.50	6.00	-0.54	18.75	18.75	91.97
2	0.37	2.10	6.28	1.06	18.75	18.75	91.97
3	0.65	3.70	6.56	2.66	18.75	18.75	91.97
4	0.94	5.30	6.85	4.26	18.75	18.75	91.97
5	1.22	6.90	7.13	5.86	18.75	18.75	91.97

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 0.00
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 0.00

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Wand
Abmessungen
unten: x = 0.000 y = 0.000 m
Länge = 7.291 m Neigung = 79.97 °
Dicke der Betonschale = 0.120 m
Horizontaler Nagelabstand = 1.600 m

Grunddaten
H,k,g+q = Erddruck = 231.29 kN/m
H,k,g = Erddruck = 202.32 kN/m
Neigung Hinterkante Wand = 79.06 °
Abminderung Erddruck infolge Neigung Hinterkante Wand = 0.729
V,k,g+q = 1152.99 kN/m
V,k,g = 1125.98 kN/m
Momente um Mittelpunkt Wandsohle:
M,k,g+q (aus H-Kräften) = 797.05 kN*m/m
M,k,g (aus H-Kräften) = 697.20 kN*m/m
M,k,g+q (aus V-Kräften) = -1248.50 kN*m/m
M,k,g (aus V-Kräften) = -1204.50 kN*m/m
b = 6.00 m
$\varphi_{,k}$ = 36.0 °

Gleitsicherheit
γ (Gleit) = 1.10
μ,g+q (Gleit) = 0.42
μ,g (Gleit) = 0.37

Kippsicherheit
Exzentrizität e,g+q / e,g = -0.392 / -0.451 m
zul e,g+q = 1.999 m = b/3 / zul e,g = 1.000 m = b/6
Kippsicherheit,g+q erfüllt
Kippsicherheit,g erfüllt

Grundbruchsicherheit
für ebenes Gelände
$\varphi_{,k}$ = 36.0 °
$c_{,k}$ = 0.0 kN/m²
$\gamma_{2,k}$ = 20.0 kN/m³
γ (Grundbruch) = 1.40
μ,g+q (Grundbruch) = 0.23
μ,g (Grundbruch) = 0.21

Maximale Kräfte: Erdnägel

Nr [-]	Tiefe [m]	L [m]	f1,d [kN/m/m]	f2,d [kN/m/m]	E(N,d) [kN/m]	eta [-]	GK-Nr [-]	E(E,d) [kN/m]	max.E,d [kN/m]	R,d [kN/m]
5	6.90	6.00	18.75	18.75	36.32	1.86	205	-	36.32	91.97
4	5.30	6.00	18.75	18.75	51.84	1.77	196	-	51.84	91.97
3	3.70	6.00	18.75	18.75	62.42	1.46	124	-	62.42	91.97
2	2.10	6.00	18.75	18.75	72.71	1.26	72	-	72.71	91.97
1	0.50	6.00	18.75	18.75	81.59	1.13	30	-	81.59	91.97

E(E,d) = Kraft aus Erddruck auf Außenhaut
E(N,d) = Kraft aus Bruchmechanismus (durch eta geteilt)
Horizontaler Nagelabstand = 1.60 m

Ergebnisse

Nr [-]	μ [-]	Zähler [kN/m]	Nenner [kN/m]	H(Ti) [kN/m]	H(R) [kN/m]	H(Gi) [kN/m]	H(S) [kN/m]	Lamellen [-]
1	0.662	1248.384	1886.599	1886.599	0.000	1248.384	0.000	50
2	0.697	1275.437	1829.797	1829.797	0.000	1275.437	0.000	50
3	0.716	1311.946	1831.406	1831.406	0.000	1311.946	0.000	50
4	0.682	1249.335	1831.679	1831.679	0.000	1249.335	0.000	50
5	0.752	1230.787	1636.240	1636.240	0.000	1230.787	0.000	50
6	0.795	1255.363	1578.820	1578.820	0.000	1255.363	0.000	50
7	0.794	1218.757	1535.637	1535.637	0.000	1218.757	0.000	50
8	0.735	1127.464	1533.324	1533.324	0.000	1127.464	0.000	50
9	0.833	1189.947	1429.122	1429.122	0.000	1189.947	0.000	50
10	0.861	1174.723	1364.798	1364.798	0.000	1174.723	0.000	50
11	0.816	1088.165	1333.617	1333.617	0.000	1088.165	0.000	50
12	0.730	1044.880	1431.255	1431.255	0.000	1044.880	0.000	50

13	0.884	1124.592	1272.060	1272.060	0.000	1124.592	0.000	50
14	0.862	1038.951	1205.953	1205.953	0.000	1038.951	0.000	50
15	0.778	970.030	1247.553	1247.553	0.000	970.030	0.000	50
16	0.677	926.082	1368.200	1368.200	0.000	926.082	0.000	50
17	0.855	981.288	1147.526	1147.526	0.000	981.288	0.000	50
18	0.785	885.160	1127.840	1127.840	0.000	885.160	0.000	50
19	0.695	831.828	1197.108	1197.108	0.000	831.828	0.000	50
20	0.577	753.475	1305.091	1305.091	0.000	753.475	0.000	50
21	0.747	1158.307	1550.108	1550.108	0.000	1158.307	0.000	50
22	0.788	1185.435	1504.230	1504.230	0.000	1185.435	0.000	50
23	0.801	1185.699	1480.149	1480.149	0.000	1185.699	0.000	50
24	0.770	1125.381	1461.899	1461.899	0.000	1125.381	0.000	50
25	0.831	1127.892	1357.237	1357.237	0.000	1127.892	0.000	50
26	0.872	1136.722	1304.104	1304.104	0.000	1136.722	0.000	50
27	0.862	1079.229	1251.364	1251.364	0.000	1079.229	0.000	50
28	0.812	1019.197	1255.011	1255.011	0.000	1019.197	0.000	50
29	0.882	1071.707	1215.254	1215.254	0.000	1071.707	0.000	50
30	0.887	1016.388	1145.737	1145.737	0.000	1016.388	0.000	50
31	0.838	951.370	1135.713	1135.713	0.000	951.370	0.000	50
32	0.774	936.197	1210.076	1210.076	0.000	936.197	0.000	50
33	0.844	941.814	1116.032	1116.032	0.000	941.814	0.000	50
34	0.804	863.787	1074.834	1074.834	0.000	863.787	0.000	50
35	0.752	838.232	1113.985	1113.985	0.000	838.232	0.000	50
36	0.675	801.053	1187.042	1187.042	0.000	801.053	0.000	50
37	0.642	711.171	1107.281	1107.281	0.000	711.171	0.000	50
38	0.573	664.086	1158.997	1158.997	0.000	664.086	0.000	50
39	0.498	597.959	1200.236	1200.236	0.000	597.959	0.000	50
40	0.792	783.275	989.478	989.478	0.000	783.275	0.000	50
41	0.744	705.373	948.652	948.652	0.000	705.373	0.000	50
42	0.687	679.990	989.743	989.743	0.000	679.990	0.000	50
43	0.602	642.703	1066.736	1066.736	0.000	642.703	0.000	50
44	0.732	649.782	887.177	887.177	0.000	649.782	0.000	50
45	0.681	603.136	885.721	885.721	0.000	603.136	0.000	50
46	0.602	556.057	923.624	923.624	0.000	556.057	0.000	50
47	0.498	490.089	984.390	984.390	0.000	490.089	0.000	50
48	0.815	1075.680	1319.290	1319.290	0.000	1075.680	0.000	50
49	0.856	1101.448	1286.282	1286.282	0.000	1101.448	0.000	50
50	0.857	1063.979	1242.004	1242.004	0.000	1063.979	0.000	50
51	0.829	1008.643	1217.023	1217.023	0.000	1008.643	0.000	50
52	0.865	1032.314	1193.860	1193.860	0.000	1032.314	0.000	50
53	0.883	999.900	1132.714	1132.714	0.000	999.900	0.000	50
54	0.868	946.854	1090.817	1090.817	0.000	946.854	0.000	50
55	0.833	927.102	1112.613	1112.613	0.000	927.102	0.000	50
56	0.829	931.890	1124.713	1124.713	0.000	931.890	0.000	50
57	0.818	876.697	1071.148	1071.148	0.000	876.697	0.000	50
58	0.794	856.666	1078.741	1078.741	0.000	856.666	0.000	50
59	0.755	845.351	1120.234	1120.234	0.000	845.351	0.000	50
60	0.688	749.345	1088.410	1088.410	0.000	749.345	0.000	50
61	0.648	728.121	1124.252	1124.252	0.000	728.121	0.000	50
62	0.610	696.893	1143.271	1143.271	0.000	696.893	0.000	50
63	0.402	481.313	1196.571	1196.571	0.000	481.313	0.000	50
64	0.696	855.215	1229.367	1229.367	0.000	855.215	0.000	50
65	0.732	881.154	1203.662	1203.662	0.000	881.154	0.000	50
66	0.724	843.612	1165.956	1165.956	0.000	843.612	0.000	50
67	0.686	788.285	1148.374	1148.374	0.000	788.285	0.000	50
68	0.772	830.916	1075.661	1075.661	0.000	830.916	0.000	50
69	0.784	798.394	1017.891	1017.891	0.000	798.394	0.000	50
70	0.761	745.428	979.083	979.083	0.000	745.428	0.000	50
71	0.721	725.754	1005.994	1005.994	0.000	725.754	0.000	50
72	0.791	743.670	940.622	940.622	0.000	743.670	0.000	50
73	0.771	688.509	893.568	893.568	0.000	688.509	0.000	50
74	0.741	668.476	902.671	902.671	0.000	668.476	0.000	50
75	0.694	657.170	946.786	946.786	0.000	657.170	0.000	50
76	0.725	622.040	858.128	858.128	0.000	622.040	0.000	50
77	0.686	592.200	863.303	863.303	0.000	592.200	0.000	50
78	0.663	571.009	860.842	860.842	0.000	571.009	0.000	50
79	0.601	539.959	898.383	898.383	0.000	539.959	0.000	50
80	0.546	466.703	854.532	854.532	0.000	466.703	0.000	50
81	0.484	425.606	879.195	879.195	0.000	425.606	0.000	50
82	0.427	380.331	890.652	890.652	0.000	380.331	0.000	50
83	0.678	490.189	722.819	722.819	0.000	490.189	0.000	50
84	0.650	460.287	708.098	708.098	0.000	460.287	0.000	50

85	0.603	439.098	727.799	727.799	0.000	439.098	0.000	50
86	0.531	408.033	768.553	768.553	0.000	408.033	0.000	50
87	0.622	399.884	642.838	642.838	0.000	399.884	0.000	50
88	0.578	369.189	638.198	638.198	0.000	369.189	0.000	50
89	0.505	327.913	649.638	649.638	0.000	327.913	0.000	50
90	0.417	282.702	678.673	678.673	0.000	282.702	0.000	50
91	0.839	998.682	1190.850	1190.850	0.000	998.682	0.000	50
92	0.858	982.766	1146.007	1146.007	0.000	982.766	0.000	50
93	0.854	948.234	1110.735	1110.735	0.000	948.234	0.000	50
94	0.828	898.258	1084.391	1084.391	0.000	898.258	0.000	50
95	0.820	921.725	1123.371	1123.371	0.000	921.725	0.000	50
96	0.816	885.005	1083.924	1083.924	0.000	885.005	0.000	50
97	0.801	856.788	1069.884	1069.884	0.000	856.788	0.000	50
98	0.795	856.580	1076.982	1076.982	0.000	856.580	0.000	50
99	0.715	770.969	1077.755	1077.755	0.000	770.969	0.000	50
100	0.707	765.459	1081.947	1081.947	0.000	765.459	0.000	50
101	0.674	757.381	1122.909	1122.909	0.000	757.381	0.000	50
102	0.549	625.210	1138.053	1138.053	0.000	625.210	0.000	50
103	0.522	599.287	1147.012	1147.012	0.000	599.287	0.000	50
104	0.753	784.907	1042.431	1042.431	0.000	784.907	0.000	50
105	0.769	768.749	1000.025	1000.025	0.000	768.749	0.000	50
106	0.759	734.480	967.298	967.298	0.000	734.480	0.000	50
107	0.725	684.306	943.581	943.581	0.000	684.306	0.000	50
108	0.772	711.534	922.113	922.113	0.000	711.534	0.000	50
109	0.769	675.119	877.978	877.978	0.000	675.119	0.000	50
110	0.752	647.013	860.762	860.762	0.000	647.013	0.000	50
111	0.735	646.417	879.547	879.547	0.000	646.417	0.000	50
112	0.710	616.367	868.400	868.400	0.000	616.367	0.000	50
113	0.710	595.771	839.147	839.147	0.000	595.771	0.000	50
114	0.700	590.334	843.485	843.485	0.000	590.334	0.000	50
115	0.675	582.179	861.979	861.979	0.000	582.179	0.000	50
116	0.592	498.850	842.834	842.834	0.000	498.850	0.000	50
117	0.570	481.489	844.459	844.459	0.000	481.489	0.000	50
118	0.517	455.790	882.382	882.382	0.000	455.790	0.000	50
119	0.333	298.963	898.509	898.509	0.000	298.963	0.000	50
120	0.641	601.500	937.845	937.845	0.000	601.500	0.000	50
121	0.651	585.273	899.074	899.074	0.000	585.273	0.000	50
122	0.633	551.133	870.544	870.544	0.000	551.133	0.000	50
123	0.588	500.873	851.141	851.141	0.000	500.873	0.000	50
124	0.685	544.065	793.842	793.842	0.000	544.065	0.000	50
125	0.676	507.846	751.506	751.506	0.000	507.846	0.000	50
126	0.652	479.539	736.029	736.029	0.000	479.539	0.000	50
127	0.631	479.250	759.456	759.456	0.000	479.250	0.000	50
128	0.661	458.351	693.685	693.685	0.000	458.351	0.000	50
129	0.663	437.592	659.874	659.874	0.000	437.592	0.000	50
130	0.650	432.113	665.300	665.300	0.000	432.113	0.000	50
131	0.618	424.103	685.981	685.981	0.000	424.103	0.000	50
132	0.615	378.616	615.879	615.879	0.000	378.616	0.000	50
133	0.585	365.694	625.256	625.256	0.000	365.694	0.000	50
134	0.546	348.368	637.828	637.828	0.000	348.368	0.000	50
135	0.523	322.702	616.486	616.486	0.000	322.702	0.000	50
136	0.440	262.559	597.315	597.315	0.000	262.559	0.000	50
137	0.392	231.058	589.526	589.526	0.000	231.058	0.000	50
138	0.351	210.690	600.278	600.278	0.000	210.690	0.000	50
139	0.585	277.691	474.746	474.746	0.000	277.691	0.000	50
140	0.569	264.775	465.195	465.195	0.000	264.775	0.000	50
141	0.529	247.439	467.927	467.927	0.000	247.439	0.000	50
142	0.463	221.800	479.236	479.236	0.000	221.800	0.000	50
143	0.517	209.869	405.565	405.565	0.000	209.869	0.000	50
144	0.469	183.226	390.874	390.874	0.000	183.226	0.000	50
145	0.395	151.735	383.818	383.818	0.000	151.735	0.000	50
146	0.332	131.303	395.426	395.426	0.000	131.303	0.000	50
147	0.807	913.517	1131.396	1131.396	0.000	913.517	0.000	50
148	0.812	890.198	1096.487	1096.487	0.000	890.198	0.000	50
149	0.803	859.737	1070.215	1070.215	0.000	859.737	0.000	50
150	0.795	846.563	1065.004	1065.004	0.000	846.563	0.000	50
151	0.728	781.850	1074.032	1074.032	0.000	781.850	0.000	50
152	0.730	782.023	1070.712	1070.712	0.000	782.023	0.000	50
153	0.719	781.764	1086.911	1086.911	0.000	781.764	0.000	50
154	0.613	681.938	1112.947	1112.947	0.000	681.938	0.000	50
155	0.607	676.755	1115.157	1115.157	0.000	676.755	0.000	50
156	0.439	516.604	1176.544	1176.544	0.000	516.604	0.000	50

157	0.744	684.365	920.144	920.144	0.000	684.365	0.000	50
158	0.746	661.444	886.417	886.417	0.000	661.444	0.000	50
159	0.733	630.593	860.309	860.309	0.000	630.593	0.000	50
160	0.721	617.859	856.747	856.747	0.000	617.859	0.000	50
161	0.699	607.709	869.966	869.966	0.000	607.709	0.000	50
162	0.696	588.849	846.636	846.636	0.000	588.849	0.000	50
163	0.702	588.584	838.256	838.256	0.000	588.584	0.000	50
164	0.698	588.763	843.646	843.646	0.000	588.763	0.000	50
165	0.613	517.538	843.983	843.983	0.000	517.538	0.000	50
166	0.615	513.704	835.148	835.148	0.000	513.704	0.000	50
167	0.607	508.441	837.167	837.167	0.000	508.441	0.000	50
168	0.458	395.582	864.127	864.127	0.000	395.582	0.000	50
169	0.438	380.600	869.043	869.043	0.000	380.600	0.000	50
170	0.660	506.238	766.879	766.879	0.000	506.238	0.000	50
171	0.658	483.542	734.596	734.596	0.000	483.542	0.000	50
172	0.638	452.630	709.250	709.250	0.000	452.630	0.000	50
173	0.621	439.680	707.585	707.585	0.000	439.680	0.000	50
174	0.644	429.672	667.182	667.182	0.000	429.672	0.000	50
175	0.640	410.419	640.999	640.999	0.000	410.419	0.000	50
176	0.642	410.523	639.271	639.271	0.000	410.523	0.000	50
177	0.635	410.417	645.909	645.909	0.000	410.417	0.000	50
178	0.597	373.875	626.098	626.098	0.000	373.875	0.000	50
179	0.597	371.186	621.234	621.234	0.000	371.186	0.000	50
180	0.606	367.572	606.580	606.580	0.000	367.572	0.000	50
181	0.569	362.228	636.275	636.275	0.000	362.228	0.000	50
182	0.487	289.624	594.497	594.497	0.000	289.624	0.000	50
183	0.472	275.649	583.579	583.579	0.000	275.649	0.000	50
184	0.452	260.599	576.018	576.018	0.000	260.599	0.000	50
185	0.260	159.107	613.090	613.090	0.000	159.107	0.000	50
186	0.557	361.849	649.146	649.146	0.000	361.849	0.000	50
187	0.548	339.023	618.205	618.205	0.000	339.023	0.000	50
188	0.518	308.296	594.875	594.875	0.000	308.296	0.000	50
189	0.495	295.387	597.147	597.147	0.000	295.387	0.000	50
190	0.562	298.698	531.714	531.714	0.000	298.698	0.000	50
191	0.552	279.626	506.710	506.710	0.000	279.626	0.000	50
192	0.552	279.566	506.512	506.512	0.000	279.566	0.000	50
193	0.542	279.543	516.066	516.066	0.000	279.543	0.000	50
194	0.561	248.504	442.807	442.807	0.000	248.504	0.000	50
195	0.548	245.740	448.247	448.247	0.000	245.740	0.000	50
196	0.564	242.134	429.601	429.601	0.000	242.134	0.000	50
197	0.547	236.841	433.041	433.041	0.000	236.841	0.000	50
198	0.507	194.426	383.450	383.450	0.000	194.426	0.000	50
199	0.498	184.164	369.808	369.808	0.000	184.164	0.000	50
200	0.474	170.029	358.734	358.734	0.000	170.029	0.000	50
201	0.441	155.072	351.479	351.479	0.000	155.072	0.000	50
202	0.296	103.132	347.936	347.936	0.000	103.132	0.000	50
203	0.268	94.352	352.207	352.207	0.000	94.352	0.000	50
204	0.245	89.119	363.349	363.349	0.000	89.119	0.000	50
205	0.538	129.190	240.144	240.144	0.000	129.190	0.000	50
206	0.525	118.857	226.404	226.404	0.000	118.857	0.000	50
207	0.485	104.792	215.854	215.854	0.000	104.792	0.000	50
208	0.428	89.838	209.695	209.695	0.000	89.838	0.000	50
209	0.395	68.180	172.575	172.575	0.000	68.180	0.000	50
210	0.325	49.908	153.779	153.779	0.000	49.908	0.000	50
211	0.281	41.120	146.512	146.512	0.000	41.120	0.000	50
212	0.248	35.905	144.571	144.571	0.000	35.905	0.000	50

Ungünstigster Gleitkörper 30

Nr	μ	Zähler	Nenner	H(Ti)	H(R)	H(Gi)	H(S)	Lamellen
[-]	[-]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[-]
30	0.887	1016.388	1145.737	1145.737	0.000	1016.388	0.000	50

Koordinaten (Gleitkörper 30)

Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]
1	0.000	0.000	2	3.917	1.475	3	10.927	10.340

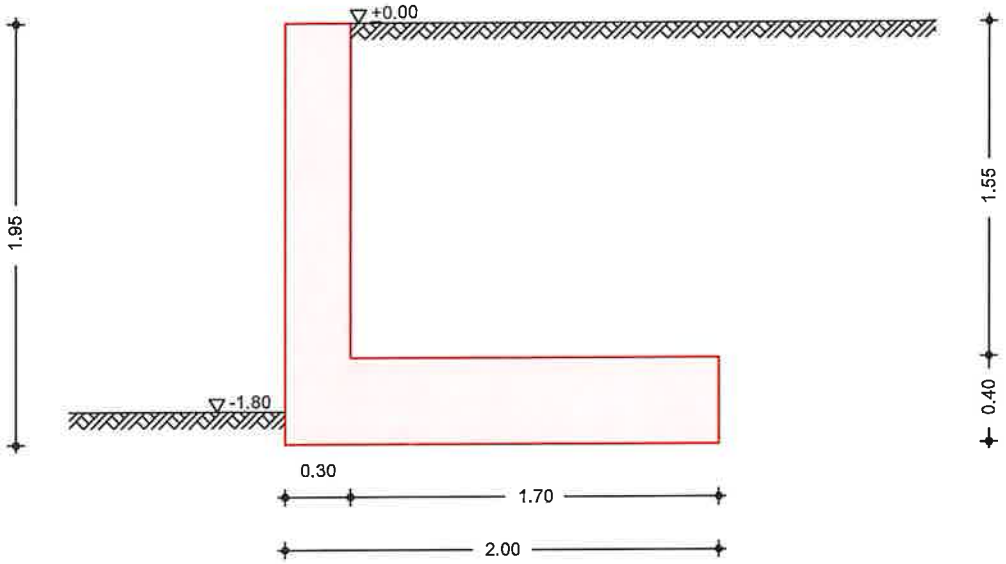
F.5 NACHWEIS STÜTZMAUERN W301-W303

F.5 VERIFICA MURI DI SOSTEGNO W301-W303

Pos. W301-302 Winkelstützwand

System

M 1:35



Geometrie

Wandschenkel

h[m]	d_o[m]	α_{luft}[°]	α_{erd}[°]
1.55	0.30	0.00	0.00

Sporne

	l[m]	h_a[m]	h_e[m]
erds.	1.70	0.40	0.40

Gelände

ebene Geländeoberfläche
Abstand OK Gelände-Wandkopf

z_{luft} = 1.80 m
z_{erd} = 0.00 m

Baugrund

Boden

h [m]	γ [kN/m³]	γ'	φ [°]	c_a [kN/m²]	c_p	δ_a [°]	δ_p [°]	δ_o [°]
999.0	18.0	10.0	30.0	-	-	20.0	0.0	0.0

Belastungen

Eigengewicht

EW	Anteil	G [kN/m]
Gk	Gesamtlast Wand	31.63
Gk	Sporn erdseitig	17.00
Gk	Wandschenkel	11.63
Gk	Bodenkeil erdseitig	47.43

Gleichlasten erdseitig

Nr.	EW	p [kN/m²]
1	Qk.N	40.00

Kombinationen

Kombinationsbildung nach DIN EN 1997-1

Standsicherheit

	Ek	Σ (γ*ψ*EW)		
GZ EQU, BS-P	1	1.10*Gk	+1.50*Qk.N	+1.10*Gk.E.A
		+1.10*Gk.E.P		
	2	1.10*Gk	+1.10*Gk.E.A	+1.10*Gk.E.P
	3	1.10*Gk	+1.50*Qk.N	+1.10*Gk.E.A
		+0.90*Gk.E.P		
	4	1.10*Gk	+1.10*Gk.E.A	+0.90*Gk.E.P
	5	1.10*Gk	+1.50*Qk.N	+0.90*Gk.E.A
		+1.10*Gk.E.P		
	6	1.10*Gk	+0.90*Gk.E.A	+1.10*Gk.E.P
	7	1.10*Gk	+1.50*Qk.N	+0.90*Gk.E.A
		+0.90*Gk.E.P		
	8	1.10*Gk	+0.90*Gk.E.A	+0.90*Gk.E.P
	9	**0.90*Gk**	**+1.50*Qk.N**	**+1.10*Gk.E.A**
		+1.10*Gk.E.P		
	10	0.90*Gk	+1.10*Gk.E.A	+1.10*Gk.E.P
	11	0.90*Gk	+1.50*Qk.N	+1.10*Gk.E.A
		+0.90*Gk.E.P		
	12	0.90*Gk	+1.10*Gk.E.A	+0.90*Gk.E.P
	13	0.90*Gk	+1.50*Qk.N	+0.90*Gk.E.A
		+1.10*Gk.E.P		
	14	0.90*Gk	+0.90*Gk.E.A	+1.10*Gk.E.P
	15	0.90*Gk	+1.50*Qk.N	+0.90*Gk.E.A
		+0.90*Gk.E.P		
	16	0.90*Gk	+0.90*Gk.E.A	+0.90*Gk.E.P
GZ GEO-2, BS-P	17	1.35*Gk	+1.50*Qk.N	+1.35*Gk.E.A
		+1.35*Gk.E.P		
	18	1.35*Gk	+1.35*Gk.E.A	+1.35*Gk.E.P
GZ SLS	**19**	**1.00*Gk**	**+1.00*Qk.N**	**+1.00*Gk.E.A**
		+1.00*Gk.E.P		
	20	1.00*Gk	+1.00*Gk.E.A	+1.00*Gk.E.P

Bemessung (GZT)

	Ek	Σ (γ*ψ*EW)		
GZ STR, BS-P	**21**	**1.35*Gk**	**+1.50*Qk.N**	**+1.35*Gk.E.A**
		+1.35*Gk.E.P		
	22	**1.35*Gk**	**+1.35*Gk.E.A**	**+1.35*Gk.E.P**

Standsicherheit

Standsicherheitsnachweise nach DIN EN 1997-1:2014-03
ständige Situationen

Kippen

nach DIN 1054:2010-12, GZ EQU

Ek	M_{Ed} [kNm/m]	V_{Ed} [kN/m]	e/b [-]	zul e/b [-]	η [-]
9	-44.42	75.00	-0.296	1/2	0.59

1. Kernweite

nach DIN EN 1997-1:2014-03, GZ SLS

Ek	M_{Ed} [kNm/m]	V_{Ed} [kN/m]	e/b [-]	zul e/b [-]	η [-]
20	-8.77	80.34	-0.055	1/6	0.33

2. Kernweite

nach DIN EN 1997-1:2014-03, GZ SLS

Ek	M_{Ed} [kNm/m]	V_{Ed} [kN/m]	e/b [-]	zul e/b [-]	η [-]
19	-32.32	81.96	-0.197	1/3	0.59

Bemessung (GZT)

Achsabstand

Bauteil	Seite	d' [mm]	c_{nom} [mm]
Wand	luftseitig	50	40
Wand	erdseitig	50	40
Sporn	oben	50	40
Sporn	unten	50	40

Biegebemessung

Berücksichtigung der Mindestlängsbewehrung nach DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01, NDP Zu 9.2.1.1(1)

Wand

z [m]	Seite	Ek	M_{Ed} [kNm/m]	N_{Ed} [kN/m]	a_s [cm²/m]	min a_s [cm²/m]
1.55	lufts.	22	-3.77	18.66	-	
		21	-22.49	28.12		-
	erds.	21	-22.49	28.12	1.64	
		22	-3.77	18.66		3.34

Sporn erdseitig

Seite	Ek	M_{Ed} [kNm/m]	N_{Ed} [kN/m]	a_s [cm²/m]	min a_s [cm²/m]
oben	21	29.58	-23.32	2.16	
	21	29.58	-23.32		4.55
unten	21	29.58	-23.32	-	

Querkraftbemessung

Berücksichtigung der Mindestquerkraftbewehrung nach DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01, NDP Zu 9.2.2(5)

Wand

z [m]	Ek	θ [°]	V_{Ed} [kN/m]	$V_{Rd,c}$ [kN/m]	$V_{Rd,max}$ [kN/m]	a_{sw} [cm²/m²]
1.55	21	18.43	34.14	116.89	573.75	8.32M

Sporn erdseitig

Ek	θ [°]	V_{Ed} [kN/m]	$V_{Rd,c}$ [kN/m]	$V_{Rd,max}$ [kN/m]	a_{sw} [cm²/m²]
21	18.43	11.95	140.07	892.50	8.32M

erf. Bewehrung

Biege- und Querkraftbewehrung

Wand

z [m]	a_{sl} [cm²/m]	a_{se} [cm²/m]	a_{sw} [cm²/m²]
1.55	-	3.34M	8.32M

Sporne

	a_{so} [cm²/m]	a_{su} [cm²/m]	a_{sw} [cm²/m²]
erdseitig	4.55M	-	8.32M

M Mindestlängsbewehrung nach DIN EN 1992-1-1/NA, NDP Zu 9.2.1.1(1)
M Mindestquerkraftbewehrung nach DIN EN 1992-1-1/NA, NDP Zu 9.2.2(5)

Zusammenfassung

Zusammenfassung der Nachweise

Nachweise (GZT)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Nachweis		η [-]
Kippen	OK	0.59

Nachweise (GZG)

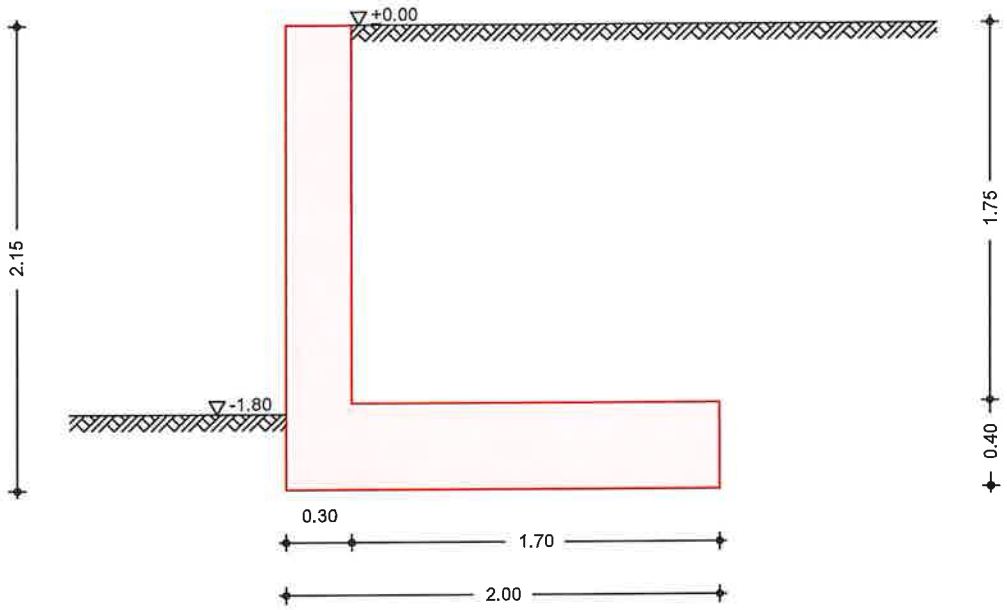
Nachweise im Grenzzust. der Gebrauchstauglichkeit

Nachweis		η [-]
1. Kernweite	OK	0.33
2. Kernweite	OK	0.59

Pos. W303 Winkelstützwand

System

M 1:35



Geometrie

Wandschenkel

h[m]	d_o[m]	α_{luft}[°]	α_{erd}[°]
1.75	0.30	0.00	0.00

Sporne

	l[m]	h_a[m]	h_e[m]
erds.	1.70	0.40	0.40

Gelände

ebene Geländeoberfläche
Abstand OK Gelände-Wandkopf

z_{luft} = 1.80 m
z_{erd} = 0.00 m

Baugrund

Boden

h [m]	γ	γ' [kN/m³]	ϕ [°]	c_a	c_p [kN/m²]	δ_a [°]	δ_p [°]	δ_0 [°]
999.0	18.0	10.0	30.0	-	-	20.0	0.0	0.0

Belastungen

Eigengewicht

EW	Anteil	G [kN/m]
Gk	Gesamtlast Wand	33.13
Gk	Sporn erdseitig	17.00
Gk	Wandschenkel	13.13
Gk	Bodenkeil erdseitig	53.55

Gleichlasten erdseitig

Nr.	EW	p [kN/m²]
1	Qk.N	40.00

Kombinationen

Kombinationsbildung nach DIN EN 1997-1

Standsicherheit

	Ek	Σ (γ*ψ*EW)		
GZ EQU, BS-P	1	1.10*Gk	+1.50*Qk.N	+1.10*Gk.E.A
		+1.10*Gk.E.P		
	2	1.10*Gk	+1.10*Gk.E.A	+1.10*Gk.E.P
	3	1.10*Gk	+1.50*Qk.N	+1.10*Gk.E.A
		+0.90*Gk.E.P		
	4	1.10*Gk	+1.10*Gk.E.A	+0.90*Gk.E.P
	5	1.10*Gk	+1.50*Qk.N	+0.90*Gk.E.A
		+1.10*Gk.E.P		
	6	1.10*Gk	+0.90*Gk.E.A	+1.10*Gk.E.P
	7	1.10*Gk	+1.50*Qk.N	+0.90*Gk.E.A
		+0.90*Gk.E.P		
	8	1.10*Gk	+0.90*Gk.E.A	+0.90*Gk.E.P
	9	**0.90*Gk**	**+1.50*Qk.N**	**+1.10*Gk.E.A**
		+1.10*Gk.E.P		
	10	0.90*Gk	+1.10*Gk.E.A	+1.10*Gk.E.P
	11	0.90*Gk	+1.50*Qk.N	+1.10*Gk.E.A
		+0.90*Gk.E.P		
	12	0.90*Gk	+1.10*Gk.E.A	+0.90*Gk.E.P
	13	0.90*Gk	+1.50*Qk.N	+0.90*Gk.E.A
		+1.10*Gk.E.P		
	14	0.90*Gk	+0.90*Gk.E.A	+1.10*Gk.E.P
	15	0.90*Gk	+1.50*Qk.N	+0.90*Gk.E.A
		+0.90*Gk.E.P		
	16	0.90*Gk	+0.90*Gk.E.A	+0.90*Gk.E.P
GZ GEO-2, BS-P	17	1.35*Gk	+1.50*Qk.N	+1.35*Gk.E.A
		+1.35*Gk.E.P		
	18	1.35*Gk	+1.35*Gk.E.A	+1.35*Gk.E.P
GZ SLS	**19**	**1.00*Gk**	**+1.00*Qk.N**	**+1.00*Gk.E.A**
		+1.00*Gk.E.P		
	20	1.00*Gk	+1.00*Gk.E.A	+1.00*Gk.E.P

Bemessung (GZT)

	Ek	Σ (γ*ψ*EW)		
GZ STR, BS-P	**21**	**1.35*Gk**	**+1.50*Qk.N**	**+1.35*Gk.E.A**
		+1.35*Gk.E.P		
	22	**1.35*Gk**	**+1.35*Gk.E.A**	**+1.35*Gk.E.P**

Standsicherheit

Standsicherheitsnachweise nach DIN EN 1997-1:2014-03
ständige Situationen

Kippen

nach DIN 1054:2010-12, GZ EQU

Ek	M_{Ed} [kNm/m]	V_{Ed} [kN/m]	e/b [-]	zul e/b [-]	η [-]
9	-55.54	82.02	-0.339	1/2	0.68

1. Kernweite

nach DIN EN 1997-1:2014-03, GZ SLS

Ek	M_{Ed} [kNm/m]	V_{Ed} [kN/m]	e/b [-]	zul e/b [-]	η [-]
20	-11.49	88.10	-0.065	1/6	0.39

2. Kernweite

nach DIN EN 1997-1:2014-03, GZ SLS

Ek	M_{Ed} [kNm/m]	V_{Ed} [kN/m]	e/b [-]	zul e/b [-]	η [-]
19	-40.51	89.73	-0.226	1/3	0.68

Bemessung (GZT)

Achsabstand

Bauteil	Seite	d' [mm]	c_{nom} [mm]
Wand	luftseitig	50	40
Wand	erdseitig	50	40
Sporn	oben	50	40
Sporn	unten	50	40

Biegebemessung

Berücksichtigung der Mindestlängsbewehrung nach DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01, NDP Zu 9.2.1.1(1)

Wand

z [m]	Seite	Ek	M_{Ed} [kNm/m]	N_{Ed} [kN/m]	a_s [cm²/m]	min a_s [cm²/m]
1.75	lufts.	22	-5.50	21.50	-	
		21	-29.56	32.18		-
	erds.	21	-29.56	32.18	2.23	
		22	-5.50	21.50		3.32

Sporn erdseitig

Seite	Ek	M_{Ed} [kNm/m]	N_{Ed} [kN/m]	a_s [cm²/m]	min a_s [cm²/m]
oben	21	37.93	-26.37	2.74	
	21	37.93	-26.37		4.57
unten	22	8.50	-6.86	-	

Querkraftbemessung

Berücksichtigung der Mindestquerkraftbewehrung nach DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01, NDP Zu 9.2.2(5)

Wand

z [m]	Ek	θ [°]	V_{Ed} [kN/m]	$V_{Rd,c}$ [kN/m]	$V_{Rd,max}$ [kN/m]	a_{sw} [cm²/m²]
1.75	21	18.43	39.73	117.29	573.75	8.32M

Sporn erdseitig

Ek	θ [°]	V_{Ed} [kN/m]	$V_{Rd,c}$ [kN/m]	$V_{Rd,max}$ [kN/m]	a_{sw} [cm²/m²]
21	18.43	14.01	139.75	892.50	8.32M

erf. Bewehrung

Biege- und Querkraftbewehrung

Wand

z [m]	a_{sl} [cm²/m]	a_{se} [cm²/m]	a_{sw} [cm²/m²]
1.75	-	3.32M	8.32M

Sporne

	a_{so} [cm²/m]	a_{su} [cm²/m]	a_{sw} [cm²/m²]
erdseitig	4.57M	-	8.32M

M Mindestlängsbewehrung nach DIN EN 1992-1-1/NA, NDP Zu 9.2.1.1(1)
M Mindestquerkraftbewehrung nach DIN EN 1992-1-1/NA, NDP Zu 9.2.2(5)

Zusammenfassung

Zusammenfassung der Nachweise

Nachweise (GZT)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Nachweis		η [-]
Kippen	OK	0.68

Nachweise (GZG)

Nachweise im Grenzzust. der Gebrauchstauglichkeit

Nachweis		η [-]
1. Kernweite	OK	0.39
2. Kernweite	OK	0.68