

E78 GROSSETO - FANO
Tratto Nodo di Arezzo – Selci – Lama (E45)
Adeguamento a quattro corsie del tratto
San Zeno – Arezzo – Palazzo del Pero, 1° lotto

PROGETTO DEFINITIVO

FI 508

ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Roberto Salucci</i> Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 633</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI PROGETTAZIONE ATI:</p> <p><i>Ing. Ambrogio Sidi</i> (Mandatario) Ordine Ingegneri n. A35111 Provincia di Roma n. A35111 settore a-b-c (Mandante)</p> <p><i>Ing. Moreno Panfili</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657 (Mandante)</p> <p><i>Ing. Matteo Bordugo</i> Ordine Ingegneri Provincia di Pordenone al n. 790A (Mandante)</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>		<p>GP INGENGERIA GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</p> <p>cooprogetti</p> <p>engeko</p> <p>AIM Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</p> <p>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035</p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Arch. Santo Salvatore Vermiglio</i> Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270</p>			
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Francesco Pisani</i></p>			
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</p> <p><i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>			

OPERE D'ARTE MAGGIORI
Asse principale
GA.01 – Galleria Cignano
Relazione tecnica e di calcolo paratie

<p>CODICE PROGETTO</p> <p>PROGETTO LIV.PROG ANNO</p>	<p>NOME FILE</p> <p>P01GA01OSTRE01_B</p>	<p>REVISIONE</p>	<p>SCALA</p>
<p>DPFI508 D 23</p>	<p>CODICE ELAB. P 0 1 G A 0 1 O S T R E 0 1</p>	<p>B</p>	<p>-</p>
<p>D</p>			
<p>C</p>			
<p>B</p>	<p>Revisione a seguito Istruttoria n°U. 0016028.09-01-2024</p>	<p>Gennaio '24</p>	<p>Amoruso Signorelli Guiducci</p>
<p>A</p>	<p>Emissione</p>	<p>Agosto '23</p>	<p>Guastella Signorelli Guiducci</p>
<p>REV.</p>	<p>DESCRIZIONE</p>	<p>DATA</p>	<p>REDATTO VERIFICATO APPROVATO</p>

INDICE

<u>1. PREMESSA.....</u>	<u>2</u>
<u>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</u>	<u>3</u>
<u>3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI.....</u>	<u>3</u>
3.1. CALCESTRUZZO	3
3.2. ACCIAIO	3
3.3. ULTERIORI SPECIFICHE RELATIVE AI MATERIALI	4
<u>4. CARATTERIZZAZIONE E CRITERI DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA.....</u>	<u>5</u>
4.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO GALLERIA	5
4.2. STRATIGRAFIA DI PROGETTO GALLERIA.....	5
4.3. CRITERI DI CALCOLO E VERIFICA DELLE OPERE	5
4.3.1. Azioni	5
4.3.2. Approcci progettuali e metodi di verifica	5
<u>5. CARATTERISTICHE DELLA PARATIA.....</u>	<u>7</u>
<u>6. DEFINIZIONE DELL’AZIONE SISMICA</u>	<u>8</u>
6.1. CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	8
6.2. DEFINIZIONE DELL’ACCELERAZIONE SISMICA DI PROGETTO.....	8
<u>7. CALCOLO E VERIFICA</u>	<u>9</u>
7.1. PREMESSA NORMATIVA DI CALCOLO	9
7.2. COMBINAZIONE DELLE AZIONI (CAP. 2.5.3 D.M. 17/01/2018).....	9
7.3. COEFFICIENTI DELLE AZIONI AGLI STATI LIMITE.....	11
7.4. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE (SLU).....	11
7.4.1. Calcoli e verifiche Paratia.....	12
7.4.2. Verifiche tiranti	36
7.4.3. Verifica delle travi di ripartizione.....	40

1. PREMESSA

La presente relazione di calcolo è parte integrante del progetto definitivo “S.G.C. E78 GROSSETO - FANO – Tratto Selci Lama (E/45), Adeguamento a 4 corsie del Tratto San Zeno – Arezzo - Palazzo del Pero - Completamento ” identificato all’interno del Contratto di Programma ANAS-MIT con il codice FI 509.

L’opera d’arte in oggetto è la paratia provvisoria per la costruzione dello scatolare alla progressiva 2+661m e che si sviluppa per 131 m.

In tale relazione si riportano le analisi e le verifiche relative alla pk 2+770 la quale presenta la maggiore altezza di scavo, pari a 10.25m.

Vengono riportate nel seguito le analisi statiche e pseudo-statiche condotte e le relative verifiche, sia agli stati limite ultimi che di esercizio, secondo quanto previsto dalla Normativa vigente.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 17/01/2018, Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- [2] Circolare del 21/01/2019 n.7, “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”.
- [3] UNI EN 1992-1-1 EUROCODICE 2- Progettazione delle strutture in calcestruzzo armato - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- [4] UNI EN 1997-1: EUROCODICE 7 – Progettazione Geotecnica – Parte 1: Regole Generali
- [5] UNI EN 1998-5 EUROCODICE 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5 - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

3.1. CALCESTRUZZO

- Calcestruzzo per magrone

Classe di resistenza minima:	C_{min}	C12/15
------------------------------	-----------	--------

- Calcestruzzo per getto: pali, trave di coronamento

Conforme alla norma UNI EN 206-1/UNI11104		
Classe di resistenza minima:	Cmin	C28/35

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo e per la definizione della classe di resistenza di queste ultime in funzione delle condizioni ambientali, si farà riferimento alle indicazioni contenute nelle norme UNI EN 206-1 ed UNI 11104.

- Miscela cementizia per iniezioni tiranti
Rapporto a/c : ≤ 0.7
Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica a 48 h : $R_{ck} \geq 5$ Mpa
Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica a 28gg : $R_{ck} \geq 25$ Mpa

3.2. ACCIAIO

- Acciaio per armature ordinarie

Acciaio in barre ad aderenza migliorata tipo B450C controllato in stabilimento		
Tensione caratteristica di snervamento:	f_{yk}	$\geq 450N/mm^2$
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	$\geq 540N/mm^2$

- Acciaio da carpenteria per micropali: S355JR
- Acciaio di carpenteria per travi di ripartizione e piastre: S275JR

- Acciaio per trefoli

Tensione caratteristica di rottura : $f_{ptk} = 1860 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica all'1 % di deformazione totale : $f_{p(1)k} = 1670 \text{ N/mm}^2$

Allungamento sotto carico massimo : $(A_{gt}) = 3.50 \%$

Modulo di Elasticità : $E_s = 210000 \text{ N/mm}^2$

3.3. ULTERIORI SPECIFICHE RELATIVE AI MATERIALI

CALCESTRUZZI

La prescrizione del calcestruzzo all'atto del progetto deve essere caratterizzata almeno mediante la classe di resistenza, la classe di consistenza al getto ed il diametro massimo dell'aggregato, nonché la classe di esposizione ambientale, di cui alla norma UNI EN 206:2016.

Per le caratteristiche dei calcestruzzi si fa riferimento alle formule indicate di seguito:

- resistenza a compressione cubica: $R_{ck}=35 \text{ MPa}$
- resistenza a compressione cilindrica: $f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 29.05 \text{ MPa}$
- resistenza a compressione cilindrica media: $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 37.05 \text{ MPa}$
- resistenza media a trazione semplice per classi <C50/60: $f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.84 \text{ MPa}$
- modulo elastico: $E_{cm} = 22.000 \cdot [f_{cm}/ 10]^{0,3} = 32588 \text{ MPa}$
- coefficiente di Poisson: 0,20

4. CARATTERIZZAZIONE E CRITERI DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA

4.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO GALLERIA

Per l'inquadramento geologico e idrogeologico si veda quanto riportato negli specifici elaborati (T01GE01GEORE01, T01GE00GETRE01).

4.2. STRATIGRAFIA DI PROGETTO GALLERIA

Di seguito si riportano i valori caratteristici dei terreni presenti in sito, utilizzati per le successive analisi dell'opera in oggetto:

Descrizione	Unità	γ_{sat} [kN/m ³³]	ϕ' [°]	c' [kPa]
Arenaria alterata	AC	19,5	30	20-50

4.3. CRITERI DI CALCOLO E VERIFICA DELLE OPERE

Le verifiche sono state condotte in accordo con le prescrizioni e le indicazioni del DM 17.01.2018 e della relativa circolare esplicativa.

4.3.1. AZIONI

Le azioni considerate per la verifica delle opere di sostegno sono le seguenti:

- azioni permanenti strutturali: peso proprio degli elementi strutturali, spinta del terreno a monte e a valle dell'opera.
- azioni variabili: non presenti in considerazione della conformazione dei luoghi.
- azione sismica: l'azione è stata omessa in quanto le opere sono provvisoriale.

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 17.01.2018, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi e di esercizio in condizioni statiche e in condizioni sismiche:

- combinazione fondamentale (SLU)
- combinazione caratteristica (SLE)

4.3.2. APPROCCI PROGETTUALI E METODI DI VERIFICA

Di seguito viene presentato l'elenco delle diverse analisi effettuate per il dimensionamento e la verifica delle opere, nello spirito del metodo semiprobabilistico agli stati limite, in accordo alle disposizioni del DM 17.01.2018 e della relativa Circolare esplicativa del 21.01.2019.

Per le analisi relative alle paratie, sono stati presi in considerazione i seguenti stati limite di progetto:

PROGETTAZIONE ATI:

- Stato Limite di Esercizio (SLE) – Combinazione caratteristica: le analisi sono condotte considerando i valori caratteristici delle azioni esterne A_k e dei parametri geotecnici M_k . Questa modellazione verrà utilizzato per la valutazione degli spostamenti.
- Stato Limite Ultimo (STR) – Combinazione A1+M1+R1: le analisi sono condotte considerando i valori di progetto delle azioni esterne A1 (ottenuti amplificando con opportuni coefficienti parziali i valori caratteristici, $A1=\gamma_1 \cdot A_k$), mentre ai parametri geotecnici si assegnano coefficienti parziali unitari ($M1=M_k$).
- Stato Limite Ultimo (GEO): Combinazione A2+M2+R2: le analisi sono condotte considerando le azioni permanenti non strutturali e le azioni variabili (sovraccarichi) incrementate per mezzo dei coefficienti parziali (γ_G2, γ_Q) del gruppo A2, mentre i parametri geotecnici sono ridotti mediante i coefficienti parziali del gruppo M2 ($M2=M_k/\gamma_M2$).
- Stato Limite Ultimo con sisma – trattandosi di opere provvisoriale non si verifica la configurazione sismica in accordo al punto §2.4.1 di NTC2018.

I coefficienti relativi alle varie combinazioni sono riportati nella sezione 7.

5. CARATTERISTICHE DELLA PARATIA

L'opera in progetto è costituita da una paratia in micropali di altezza massima di scavo pari a 10,25m.

Le caratteristiche sono le seguenti:

- Diametro di perforazione $\phi 240$ mm
- Lunghezza pali da 6.0 a 16.0m
- Interasse pari a 0,5m
- Tubolare $\phi 168,3$ sp.10mm

Si prevede la realizzazione di tiranti, fino ad un massimo di 4 file, distribuite lungo l'altezza.

I tiranti avranno un diametro di perforazione $\phi 160$ mm, interasse orizzontale pari a 2,5m e numero di trefoli pari a 3-4.

Di seguito viene riportata la sezione di calcolo, condotto con il software PAC 16.0 di Aztec Informatica.

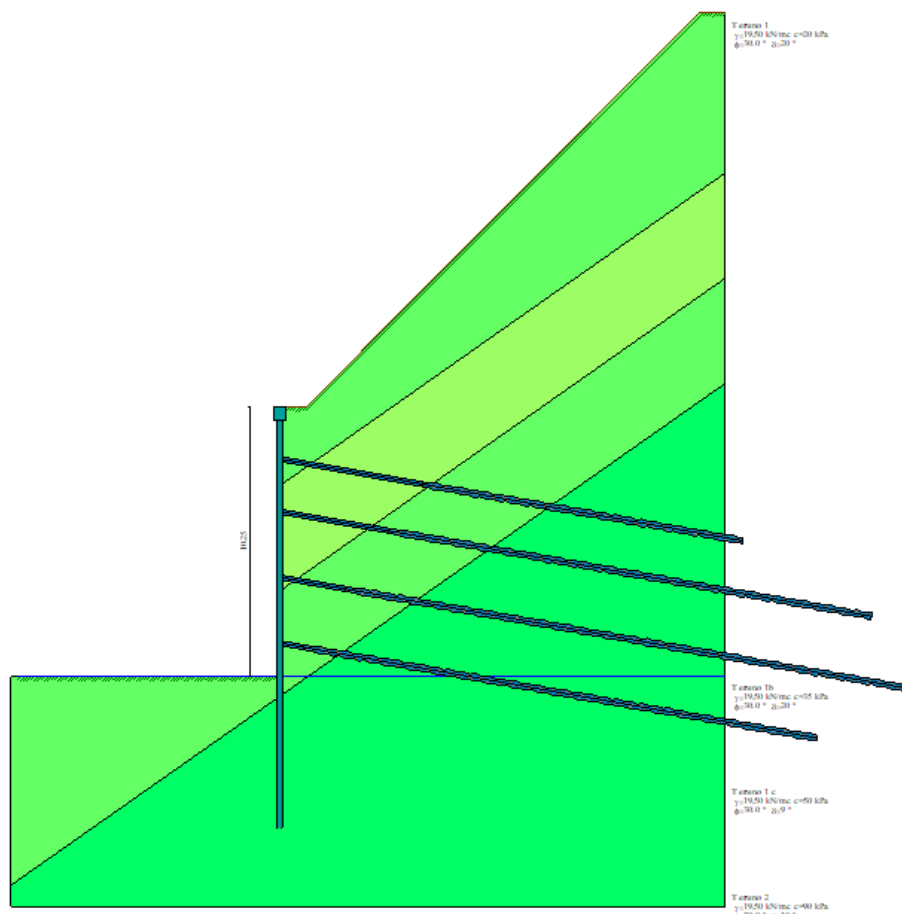


Figura 5-1 Modellazione geometrica paratia.

PROGETTAZIONE ATI:

6. DEFINIZIONE DELL’AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R .

Ai fini della normativa vigente le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Ai fini delle verifiche strutturali, in accordo con la normativa vigente, si considera lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV).

Per la definizione del tempo di ritorno del sisma, è stata considerata una vita nominale della struttura pari a 10 anni e classe d’uso IV ($c_u = 2$).

6.1. CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

A livello di categoria di suolo di fondazione si assume un terreno di categoria B: “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti”.

Per quanto concerne invece le condizioni topografiche, il sito in oggetto è attribuibile alla Categoria T1.

6.2. DEFINIZIONE DELL’ACCELERAZIONE SISMICA DI PROGETTO

Sulla base di quanto mostrato in precedenza sono riportati i parametri per la definizione dell’azione sismica massima di progetto la quale sarà necessaria per la definizione della forza pseudo-statica sismica.

Vengono qui di seguito riportati i principali parametri, oltre che l’azione sismica presente nella locazione specifica dei manufatti per Stato Limite di Salvaguardia della Vita:

$$a_g = 1.356 \text{ m/s}^2$$

$$SS = 1,2$$

$$St = 1,0$$

PROGETTAZIONE ATI:

7. CALCOLO E VERIFICA

7.1. PREMESSA NORMATIVA DI CALCOLO

Le verifiche contenute nel presente documento fanno riferimento a quanto prescritto per i sistemi fondazionali nelle NTC2018 e successiva circolare esplicativa.

Le verifiche strutturali sono eseguite nei confronti degli Stati Limite Ultimi (SLU) e degli Stati Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) riferiti allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione.

Gli stati limite di esercizio esaminati per il soddisfacimento delle prestazioni richieste ai manufatti sono:

- danneggiamenti locali che possono ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto (controllo delle tensioni massime e della fessurazione del calcestruzzo con verifiche sezionali);
- eccessive deformazioni che possono limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto (verifica dei rapporti limite deformazione massima o spessore /luce di calcolo).

Per ogni stato limite deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d \quad (\text{eq. 6.2.1 delle NTC2018})$$

dove

E_d valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

R_d valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

7.2. COMBINAZIONE DELLE AZIONI (CAP. 2.5.3 D.M. 17/01/2018)

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

PROGETTAZIONE ATI:

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} " + " P " + " \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} " + " P " + " A_{Ed} " + " \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

La progettazione e verifica degli elementi strutturali è condotta in conformità alla normativa vigente Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (DM 17/01/2018). Le verifiche tensionali degli elementi strutturali sono eseguite col metodo degli stati limite. Ai fini del dimensionamento e delle verifiche sono stati presi in esame i seguenti approcci di calcolo, secondo quanto specificato in NTC 2018:

SLU approccio 1:

- Combinazione Fondamentale
- Combinazione sismica

SLE:

- Combinazione Rara (SLE-R)
- Combinazione Frequente (SLE-F)
- Combinazione Quasi Permanente (SLE- Q)

Per ognuno degli stati limite sopra definiti si adotteranno le combinazioni di carico definite precedentemente. Si rimanda all'allegato per la definizione delle combinazioni di carico.

7.3. COEFFICIENTI DELLE AZIONI AGLI STATI LIMITE

Per la verifica agli SLU si adottano i valori dei coefficienti parziali della tabella sotto riportata (rif. Tab. 6.2.I delle NTC 2018):

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti G_2 ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

7.4. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE (SLU)

Per ogni stato limite ultimo SLU deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

Dove E_d è il valore di progetto delle azioni e R_d il valore di progetto della resistenza del sistema.

Effetto delle azioni sono espresse in funzione delle azioni di progetto $E_d = F_k \cdot \gamma_E$, dei parametri di progetto X_k / γ_M e della geometria di progetto. Nella formulazione della resistenza appare esplicitamente il coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza.

Combinazioni per analisi statiche SLU							
	Azioni (γ_F)				Proprietà del terreno (γ_M)		
	Permanenti		Variabili		tan φ'	c'	c _u
	Sfavorevoli	Favorevoli	Sfavorevoli	Favorevoli			
STR (A1 + M1)	1.30	1.00	1.50	0.00	1.00	1.00	1.00
GEO (A2 + M2)	1.00	1.00	1.30	0.00	1.25	1.25	1.40

Per i carichi permanenti G_1 si è considerato $\gamma_G = 1.3$ per le azioni sfavorevoli e $\gamma_G = 1$ per le azioni favorevoli.

Per i carichi permanenti G_2 si è considerato $\gamma_G = 1.5$ per le azioni sfavorevoli e $\gamma_G = 0,8$ per le azioni favorevoli.

7.4.1. CALCOLI E VERIFICHE PARATIA

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di micropali**

Altezza fuori terra	10,25	[m]
Profondità di infissione	5,75	[m]
Altezza totale della paratia	16,00	[m]
Lunghezza paratia	10,00	[m]
Numero di file di micropali	1	
Interasse fra i micropali della fila	0,50	[m]
Diametro dei micropali	0,2400	[m]
Numero totale di micropali	19	
Numero di micropali per metro lineare	1.90	
Diametro esterno del tubolare	168,30	[mm]
Spessore del tubolare	10,00	[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 [m]
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [m]

Cordoli in acciaio

A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [mq]
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [m³]

N°	Y [m]	Tipo	B [m]	H [m]	A [mq]	W [m ³]
1	0,00	Acciaio	--	--	0,100000	0,00060000
2	2,00	Acciaio	--	--	0,004525	0,00029360
3	4,00	Acciaio	--	--	0,004525	0,00029360
4	6,50	Acciaio	--	--	0,004525	0,00029360
5	9,00	Acciaio	--	--	0,004525	0,00029360

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	1,00	0,00	0.00

PROGETTAZIONE ATI:

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
3	16,00	15,00	45.00
4	17,00	15,00	0.00

Profilo di valle - Fase n° 1

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-10,00	-2,50	--
2	0,00	-2,50	0.00

Profilo di valle - Fase n° 3

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-10,00	-4,50	--
2	0,00	-4,50	0.00

Profilo di valle - Fase n° 5

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-10,00	-7,00	--
2	0,00	-7,00	0.00

Profilo di valle - Fase n° 7

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-10,00	-9,50	--
2	0,00	-9,50	0.00

Profilo di valle - Fase n° 9

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-10,00	-10,25	--
2	0,00	-10,25	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_{sat} 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 [kPa]
- ca adesione terreno/paratia espressa in [kPa]

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

- Cesp coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato
- τ_l tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kPa]

I parametri medi e minimi vengono usati per il calcolo di portanza di progetto dei pali e per la resistenza di progetto a sfilamento dei tiranti

N°	Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c	ca	Cesp	τ_l
----	-------------	----------	----------------	--------	----------	---	----	------	----------

PROGETTAZIONE ATI:

		[kN/mc]	[kN/mc]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]		[kPa]	
1	Terreno 1	19,500	19,600	30.00	20.00	20,0	0,0	1.00	0,0	CAR
				30.00	20.00	50,0	0,0		0,0	MIN
				30.00	20.00	50,0	0,0		0,0	MED
2	Terreno 1 c	19,500	19,600	30.00	9.00	50,0	0,0	1.00	0,0	CAR
				30.00	9.00	50,0	0,0		0,0	MIN
				30.00	9.00	50,0	0,0		0,0	MED
3	Terreno 2	19,500	19,600	30.00	10.00	90,0	0,0	1.00	0,0	CAR
				30.00	10.00	100,0	0,0		0,0	MIN
				30.00	10.00	100,0	0,0		0,0	MED
4	Terreno 1b	19,500	19,600	30.00	20.00	35,0	0,0	1.00	0,0	CAR
				30.00	20.00	35,0	0,0		0,0	MIN
				30.00	20.00	35,0	0,0		0,0	MED

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 [°] (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 _{wM} [kg/cm ² /cm]	K _{wV} [kg/cm ² /cm]	Terreno M	Terreno V
1	3,00	35.00	35.00	1.16	1.16	Terreno 1	Terreno 1
2	4,00	35.00	35.00	2.87	2.87	Terreno 1b	Terreno 1b
3	4,00	35.00	35.00	4.75	4.75	Terreno 1 c	Terreno 1 c
4	8,00	0.00	0.00	8.13	8.13	Terreno 2	Terreno 2

Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia 6,00 [m]
 Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia 6,00 [m]
 Regime delle pressioni neutre: **Idrostatico**

Caratteristiche tiranti di ancoraggio

Tipologia tiranti n° 1 - Tirante attivo (trefoli)

Calcolo tiranti: PROGETTO
 Diametro della perforazione 0,1600 [m]
 Coeff. di espansione laterale 1.10
Malta utilizzata per i tiranti
 Classe di Resistenza R_{ck} 250
 Resistenza caratteristica a compressione R_{ck} 24517 [kPa]
Acciaio utilizzato per i tiranti
 Tipo Precomp
 Tensione di snervamento f_{yk} 1569089 [kPa]
Tiranti attivi armati con trefoli
 Area del singolo trefolo: 0,000139 [mq]
 Numero di trefoli del tirante: 3
 Coefficiente cadute di tensione: 1.30
 Coeff. correttivo ω: SI

PROGETTAZIONE ATI:

I parametri di interazione tiranti-terreno sono stati definiti come percentuale di angolo di attrito e coesione dello strato:

- Aliquota angolo di attrito	50.00	[%]
- Aliquota coesione	30.00	[%]
Superficie di ancoraggio	Angolo di rottura	
Coefficiente di spinta	Spinta a riposo	
Tensione limite resistenza malta	Tensione tangenziale aderenza acciaio-cla $f_{bd} = 1643$	[kPa]

Descrizione tiranti di ancoraggio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della fila
Tipologia	Descrizione tipologia tirante
Y	ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
I	interasse tra le file di tiranti espressa in [m]
f	franco laterale espressa in [m]
alfa	inclinazione dei tiranti della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
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]
T	tiro iniziale espresso in [kN]

n°	Tipo	Y [m]	I [m]	f [m]	Alfa [°]	ALL	nr	Lt [m]	Lf [m]	T [kN]
1	Tirante attivo (trefoli)	2,00	2,50	0,20	10.00	Centrati	3	---	--	0,0000
2	Tirante attivo (trefoli)	4,00	2,50	0,20	10.00	Centrati	3	---	--	0,0000
3	Tirante attivo (trefoli)	6,50	2,50	0,20	10.00	Centrati	3	---	--	0,0000
4	Tirante attivo (trefoli)	9,00	2,50	0,20	10.00	Centrati	3	---	--	0,0000

Caratteristiche materiali utilizzati

Simbologia adottata

γ_{cls}	Peso specifico cls, espresso in [kN/mc]
Classe cls	Classe di appartenenza del calcestruzzo
Rck	Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
Acciaio	Tipo di acciaio
n	Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γ_{cls} [kN/mc]	Classe cls	Rck [kPa]	E [kPa]	Acciaio	n
Paratia	24,52	C20/25	25000	30200389	S 355	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls teso/compresso 1.00

Descrizione	$\gamma_{acciaio}$ [kN/mc]	E [kPa]
Paratia	76,98	205942924
Cordolo	76,98	205942924

PROGETTAZIONE ATI:

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 2.50 metri	0
2	Inserimento tirante 1 (X=2.00) [Hscavo=2.50]	1
3	Tesatura tirante 1 N=20394 [Hscavo=2.50]	1
4	Scavo fino alla profondità di 4.50 metri	2
5	Inserimento tirante 2 (X=4.00) [Hscavo=4.50]	3
6	Tesatura tirante 2 N=35690 [Hscavo=4.50]	3
7	Scavo fino alla profondità di 7.00 metri	4
8	Quota falda valle 7.00 metri - Quota falda monte 7.00 metri [Hscavo=7.00]	4
9	Tesatura tirante 3 N=35690 [Hscavo=7.00]	5
10	Inserimento tirante 3 (X=6.50) [Hscavo=7.00]	5
11	Scavo fino alla profondità di 9.50 metri	6
12	Inserimento tirante 4 (X=9.00) [Hscavo=9.50]	7
13	Tesatura tirante 4 N=35690 [Hscavo=9.50]	7
14	Quota falda valle 10.25 metri - Quota falda monte 10.25 metri [Hscavo=10.25]	8
15	Scavo fino alla profondità di 10.25 metri	8
16	Inserimento sisma	9

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo: Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (17/01/2018)

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

Carichi	Effetto		Statici		Sismici	
			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}	0.80	0.80	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	$\gamma_{\tan\phi}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00

PROGETTAZIONE ATI:

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.00
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

Laterale γ_{st} **R3** 1,20

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

Numero di verticali indagate 1 $\xi_3=1,80$ $\xi_4=1,80$

Verifica materiali: Stato Limite

Impostazioni verifiche SLU

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

Sezione in acciaio

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v f_{yk}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

con:

A_v Area lorda sezione profilo

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie

Impostazioni di analisi

Analisi per Fasi di Scavo.

Rottura del terreno:

Pressione passiva

Applicata diminuzione quota valle secondo NTC2018 - par 6.5.2.2

PROGETTAZIONE ATI:

Impostazioni analisi per fasi di scavo:

- Analisi per condizioni di esercizio
- Analisi per coefficienti tipo A1-M1
- Analisi per coefficienti tipo A2-M2

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta K_a e K_p che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

Stabilità globale:

Metodo: Metodo di Fellenius
Maglia dei centri Passo maglia **Automatica**
Resistenza a taglio paratia **V_{Rd}**

Impostazioni analisi sismica

Identificazione del sito

Latitudine 43.471201
Longitudine 11.863062
Comune Arezzo
Provincia Arezzo
Regione Toscana

Punti di interpolazione del reticolo 21399 - 21621 - 21622 - 21400

Tipo di opera

Tipo di costruzione Opera ordinaria
Vita nominale 17 anni
Classe d'uso IV - Opere strategiche ed industrie molto pericolose
Vita di riferimento 34 anni

Combinazioni/Fase

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo $[m/s^2]$	1.356	0.556
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F_0	2.419	2.517
Valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione T_{c^*} [sec]	0.291	0.264
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.200	1.200
Tipo di sottosuolo	B	
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S_s)	1.200	1.200
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (α)	1.000	1.000
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza U_s [m]	0.075	0.075
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (β)	0.558	0.558
Prodotto $\alpha \beta$	0.558 > 0.2	0.558 > 0.2
Coefficiente di intensità sismica [%]	11.113	4.556
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (k_v)	0.00	
Coefficiente di riduzione (β_s)	0.380	0.470
Coefficiente di intensità sismica nella verifica di stabilità [%]	7.565	3.836

Inerzia massa strutturale **Non considerata**

Influenza sisma nella spinta attiva da monte

Forma diagramma incremento sismico: Triangolare con vertice in alto.

PROGETTAZIONE ATI:

Risultati

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 205 elementi fuori terra e 115 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 incrementi di carico.

Altezza fuori terra della paratia	10,25	[m]
Profondità di infissione	5,75	[m]
Altezza totale della paratia	16,00	[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	ESE	0,00	0,00	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	ESE	35,04	1,35	--	--	0,00	0,00	-3,80	6,67	27,85	3,45
3	ESE	55,99	2,05	--	--	0,00	0,00	-3,68	7,26	5,43	5,08
4	ESE	123,13	2,91	--	--	0,00	0,00	-6,36	8,19	41,96	5,19
5	ESE	160,53	3,43	--	--	0,00	0,00	-5,40	8,87	1,64	7,97
6	ESE	224,91	4,18	--	--	0,00	0,00	-6,64	10,31	41,44	7,60
7	ESE	280,44	5,00	--	--	0,00	0,00	-25,37	10,46	3,08	13,13
8	ESE	352,25	5,74	--	--	0,00	0,00	-2,64	11,97	11,61	9,79
9	ESE	382,15	6,07	--	--	0,00	0,00	-16,20	11,16	1,57	13,33
10	ESE	329,60	6,04	68,30	6,83	0,00	0,00	-22,58	11,10	2,47	13,39
1	SLU - STR	0,00	0,00	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	SLU - STR	35,04	1,35	--	--	0,00	0,00	-3,80	6,67	27,85	3,45
3	SLU - STR	55,99	2,05	--	--	0,00	0,00	-3,68	7,26	5,43	5,08
4	SLU - STR	123,13	2,91	--	--	0,00	0,00	-6,36	8,19	41,96	5,19
5	SLU - STR	206,55	4,29	--	--	0,00	0,00	-53,98	7,92	6,32	10,82
6	SLU - STR	270,92	4,70	--	--	0,00	0,00	-22,81	8,02	13,72	7,67
7	SLU - STR	365,82	5,82	--	--	0,00	0,00	-102,08	10,36	22,90	12,71
8	SLU - STR	437,66	6,28	--	--	0,00	0,00	-76,21	10,34	28,31	11,63
9	SLU - STR	472,80	6,59	--	--	0,00	0,00	-83,37	10,87	19,79	13,10
10	SLV - STR	271,52	6,38	202,74	6,83	0,00	0,00	-86,22	10,87	19,87	13,12
1	SLU - GEO	0,00	0,00	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	SLU - GEO	35,04	1,35	--	--	0,00	0,00	-3,80	6,67	27,85	3,45
3	SLU - GEO	62,72	2,33	--	--	0,00	0,00	-5,65	6,52	1,25	6,11
4	SLU - GEO	129,87	3,00	--	--	0,00	0,00	-5,68	8,14	35,12	5,18
5	SLU - GEO	247,26	4,59	--	--	0,00	0,00	-93,46	7,86	15,97	10,53
6	SLU - GEO	311,61	4,89	--	--	0,00	0,00	-61,93	7,86	23,00	8,76
7	SLU - GEO	394,57	5,81	--	--	0,00	0,00	-112,81	10,47	31,72	12,61

PROGETTAZIONE ATI:

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]
8	SLU - GEO	466,68	6,25	--	--	0,00	0,00	-86,95	10,49	37,21	11,79
9	SLU - GEO	502,13	6,53	--	--	0,00	0,00	-91,36	10,96	26,30	13,10
10	SLV - GEO	501,48	6,53	0,00	6,83	0,00	0,00	-91,22	10,96	26,28	13,10

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 [kN]	Y _{Rc} [m]	Rt [kN]	Y _{Rt} [m]	Rv [kN]	Y _{Rv} [m]	Rp [kN]	Y _{Rp} [m]
1	ESE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	ESE	0,00	0,00	59,09	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	ESE	0,00	0,00	57,75	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	ESE	0,00	0,00	158,73	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00
5	ESE	0,00	0,00	156,76	3,29	0,00	0,00	0,00	0,00
6	ESE	0,00	0,00	259,71	4,57	0,00	0,00	0,00	0,00
7	ESE	0,00	0,00	258,14	4,55	0,00	0,00	0,00	0,00
8	ESE	0,00	0,00	361,21	5,83	0,00	0,00	0,00	0,00
9	ESE	0,00	0,00	367,51	5,88	0,00	0,00	0,00	0,00
10	ESE	0,00	0,00	377,78	5,93	0,00	0,00	0,00	0,00
1	SLU - STR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	SLU - STR	0,00	0,00	59,09	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	SLU - STR	0,00	0,00	57,75	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	SLU - STR	0,00	0,00	158,73	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00
5	SLU - STR	0,00	0,00	158,88	3,31	0,00	0,00	0,00	0,00
6	SLU - STR	0,00	0,00	261,82	4,57	0,00	0,00	0,00	0,00
7	SLU - STR	0,00	0,00	286,63	4,75	0,00	0,00	0,00	0,00
8	SLU - STR	0,00	0,00	389,78	5,88	0,00	0,00	0,00	0,00
9	SLU - STR	0,00	0,00	409,25	6,03	0,00	0,00	0,00	0,00
10	SLV - STR	0,00	0,00	407,95	5,98	0,00	0,00	0,00	0,00
1	SLU - GEO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	SLU - GEO	0,00	0,00	59,09	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	SLU - GEO	0,00	0,00	58,32	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	SLU - GEO	0,00	0,00	159,30	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00
5	SLU - GEO	0,00	0,00	169,74	3,35	0,00	0,00	0,00	0,00
6	SLU - GEO	0,00	0,00	272,69	4,54	0,00	0,00	0,00	0,00
7	SLU - GEO	0,00	0,00	313,60	4,82	0,00	0,00	0,00	0,00
8	SLU - GEO	0,00	0,00	416,99	5,86	0,00	0,00	0,00	0,00
9	SLU - GEO	0,00	0,00	437,10	6,01	0,00	0,00	0,00	0,00
10	SLV - GEO	0,00	0,00	436,56	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00

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 [%]

n°	Tipo	P _{NUL} [m]	P _{INV} [m]	C _{ROT} [m]	MP [%]	R/R _{MAX} [%]
1	ESE	2,50	2,50	-11,00	0,00	100,00

PROGETTAZIONE ATI:

n°	Tipo	P _{NUL} [m]	P _{INV} [m]	C _{ROT} [m]	MP [%]	R/R _{MAX} [%]
2	ESE	2,50	7,05	5,11	0,00	0,11
3	ESE	4,50	7,05	5,75	0,00	0,05
4	ESE	4,50	7,75	6,84	0,00	0,25
5	ESE	7,00	8,45	7,53	0,00	0,06
6	ESE	7,00	9,85	8,93	0,00	0,35
7	ESE	9,50	9,80	11,98	0,00	0,32
8	ESE	9,50	11,60	10,80	0,00	0,15
9	ESE	10,25	11,05	10,31	0,00	0,21
10	ESE	10,25	11,05	10,31	0,00	0,29
1	SLU - STR	2,50	2,50	-11,00	0,00	100,00
2	SLU - STR	2,50	7,05	5,11	0,00	0,10
3	SLU - STR	4,50	7,05	5,75	0,00	0,04
4	SLU - STR	4,50	7,75	6,84	0,00	0,21
5	SLU - STR	7,00	7,30	9,45	0,00	0,42
6	SLU - STR	7,00	7,30	7,28	0,00	0,25
7	SLU - STR	9,50	9,80	11,55	0,00	1,12
8	SLU - STR	9,50	9,80	9,76	0,00	0,86
9	SLU - STR	10,25	10,25	11,94	0,00	0,92
10	SLV - STR	10,25	10,25	11,96	0,00	1,18
1	SLU - GEO	2,50	2,50	-11,00	0,00	100,00
2	SLU - GEO	2,50	7,05	5,11	0,00	0,16
3	SLU - GEO	4,50	5,95	4,96	0,00	0,05
4	SLU - GEO	4,50	7,70	6,78	0,00	0,25
5	SLU - GEO	7,00	7,30	9,16	0,55	1,06
6	SLU - GEO	7,00	7,30	7,27	0,00	0,78
7	SLU - GEO	9,50	10,35	9,75	8,40	2,10
8	SLU - GEO	9,50	10,35	9,77	0,00	1,82
9	SLU - GEO	10,25	11,05	11,94	9,48	1,84
10	SLV - GEO	10,25	11,05	11,94	9,48	1,85

Verifiche geotecniche

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

P_{P,med}, P_{P,min} Portanza di punta media e minima, espressa in [kN]

P_{L,med}, P_{L,min} Portanza laterale media e minima, espressa in [kN]

P_d Portanza di progetto, espressa in [kN]

N Sforzo normale alla base del palo, espressa in [kN]

FS Fattore di sicurezza (rapporto Pd/N)

n°	Tipo	P _{P,med} [kN]	P _{L,med} [kN]	P _{P,min} [kN]	P _{L,min} [kN]	P _d [kN]	N [kN]	FS
1	SLU - STR	321,57	0,00	321,57	0,00	140,12	17,75	7.896
2	SLU - STR	321,57	0,00	321,57	0,00	140,12	23,23	6.032
3	SLU - STR	293,53	0,00	293,53	0,00	127,90	23,11	5.535
4	SLU - STR	293,53	0,00	293,53	0,00	127,90	32,48	3.938
5	SLU - STR	195,64	0,00	195,64	0,00	85,25	32,49	2.624
6	SLU - STR	195,64	0,00	195,64	0,00	85,25	42,04	2.028
7	SLU - STR	178,04	0,00	178,04	0,00	77,58	44,35	1.749
8	SLU - STR	178,04	0,00	178,04	0,00	77,58	53,92	1.439
9	SLU - STR	172,75	0,00	172,75	0,00	75,27	55,73	1.351
10	SLV - STR	172,75	0,00	172,75	0,00	75,27	55,60	1.354

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

PROGETTAZIONE ATI:

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 [kNm]	Y _M [m]	T [kN]	Y _T [m]	N [kN]	Y _N [m]	
1	ESE	0,00	0,00	0,00	0,00	33,72	16,00	MAX
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MIN
2	ESE	24,46	2,00	27,56	2,00	44,14	16,00	MAX
		-7,41	4,05	-31,53	2,00	0,00	0,00	MIN
3	ESE	25,49	2,00	29,97	2,00	43,90	16,00	MAX
		-7,16	4,70	-27,78	2,00	0,00	0,00	MIN
4	ESE	28,51	4,00	44,94	4,00	61,71	16,00	MAX
		-11,98	5,70	-58,46	4,00	0,00	0,00	MIN
5	ESE	28,35	4,00	50,44	4,00	61,36	16,00	MAX
		-9,86	6,40	-51,01	4,00	0,00	0,00	MIN
6	ESE	24,49	6,50	50,01	6,50	79,51	16,00	MAX
		-11,39	8,00	-53,39	6,50	0,00	0,00	MIN
7	ESE	28,97	6,50	56,16	6,50	79,23	16,00	MAX
		-20,85	8,80	-52,65	4,00	0,00	0,00	MIN
8	ESE	24,07	6,50	57,91	9,00	97,41	16,00	MAX
		-13,88	8,10	-53,17	4,00	0,00	0,00	MIN
9	ESE	24,82	6,50	55,60	9,00	98,52	16,00	MAX
		-12,38	8,10	-54,22	9,00	0,00	0,00	MIN
10	ESE	24,92	6,50	56,66	9,00	100,33	16,00	MAX
		-14,75	9,90	-59,55	9,00	0,00	0,00	MIN
1	SLU - STR	0,00	0,00	0,00	0,00	33,72	16,00	MAX
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MIN
2	SLU - STR	24,46	2,00	27,56	2,00	44,14	16,00	MAX
		-7,41	4,05	-31,53	2,00	0,00	0,00	MIN
3	SLU - STR	25,49	2,00	29,97	2,00	43,90	16,00	MAX
		-7,16	4,70	-27,78	2,00	0,00	0,00	MIN
4	SLU - STR	28,51	4,00	44,94	4,00	61,71	16,00	MAX
		-11,98	5,70	-58,46	4,00	0,00	0,00	MIN
5	SLU - STR	38,25	4,00	49,65	4,00	61,73	16,00	MAX
		-40,10	6,35	-54,54	4,00	0,00	0,00	MIN
6	SLU - STR	32,04	4,00	58,36	6,50	79,88	16,00	MAX
		-21,36	5,95	-56,03	4,00	0,00	0,00	MIN
7	SLU - STR	40,10	4,00	79,18	9,50	84,26	16,00	MAX
		-62,02	8,25	-95,67	6,50	0,00	0,00	MIN
8	SLU - STR	40,30	4,00	97,67	9,00	102,45	16,00	MAX
		-61,76	7,95	-98,18	6,50	0,00	0,00	MIN
9	SLU - STR	40,02	4,00	86,08	9,00	105,88	16,00	MAX
		-55,04	7,95	-95,33	6,50	0,00	0,00	MIN
10	SLV - STR	35,85	4,00	85,68	9,00	105,65	16,00	MAX
		-55,60	8,05	-90,43	6,50	0,00	0,00	MIN
1	SLU - GEO	0,00	0,00	0,00	0,00	33,72	16,00	MAX
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MIN
2	SLU - GEO	24,46	2,00	27,56	2,00	44,14	16,00	MAX
		-7,41	4,05	-31,53	2,00	0,00	0,00	MIN
3	SLU - GEO	25,82	2,00	29,56	2,00	44,00	16,00	MAX
		-9,65	4,40	-28,76	2,00	0,00	0,00	MIN
4	SLU - GEO	25,64	4,00	45,55	4,00	61,81	16,00	MAX
		-10,73	5,65	-57,85	4,00	0,00	0,00	MIN

PROGETTAZIONE ATI:

n°	Tipo	M [kNm]	Y _M [m]	T [kN]	Y _T [m]	N [kN]	Y _N [m]	
5	SLU - GEO	42,70	4,00	77,49	7,00	63,65	16,00	MAX
		-63,39	5,95	-89,23	4,10	0,00	0,00	MIN
6	SLU - GEO	36,49	4,00	87,88	6,50	81,80	16,00	MAX
		-55,62	5,65	-90,72	4,00	0,00	0,00	MIN
7	SLU - GEO	50,74	4,00	82,48	9,75	89,01	16,00	MAX
		-64,06	8,15	-88,68	6,50	0,00	0,00	MIN
8	SLU - GEO	51,02	4,00	100,95	9,00	107,24	16,00	MAX
		-65,03	7,90	-90,86	6,50	0,00	0,00	MIN
9	SLU - GEO	50,74	4,00	90,35	9,00	110,79	16,00	MAX
		-58,31	7,85	-87,97	6,50	0,00	0,00	MIN
10	SLV - GEO	50,67	4,00	90,41	9,00	110,69	16,00	MAX
		-58,47	7,85	-88,07	6,50	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 [m] positivo verso valle

V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [m] positivo verso il basso

n°	Tipo	U [m]	Y _U [m]	V [m]	Y _V [m]	
1	ESE	0,00000 0	0,00	0,00010 4	0,00	MAX
		0,00000 0	0,00	0,00000 0	0,00	MIN
2	ESE	0,00005 8	6,10	0,00016 0	0,00	MAX
		- 0,00148 2	1,80	0,00000 0	0,00	MIN
3	ESE	0,00005 1	6,70	0,00015 9	0,00	MAX
		- 0,00175 5	2,00	0,00000 0	0,00	MIN
4	ESE	0,00007 2	7,75	0,00024 1	0,00	MAX
		- 0,00247 5	2,85	0,00000 0	0,00	MIN
5	ESE	0,00006 1	8,45	0,00023 9	0,00	MAX
		- 0,00260 2	3,30	0,00000 0	0,00	MIN
6	ESE	0,00007 2	9,85	0,00030 6	0,00	MAX
		- 0,00261 4	3,75	0,00000 0	0,00	MIN
7	ESE	0,00062 6	9,30	0,00030 5	0,00	MAX
		-	3,80	0,00000	0,00	MIN

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)

GALLERIA ARTIFICIALE 01 – CIGNANO – RELAZIONE DI CALCOLO PARATIA

n°	Tipo	U [m]	Y _U [m]	V [m]	Y _V [m]	
		0,00262 3		0		
8	ESE	0,00002 0	11,60	0,00035 4	0,00	MAX
		- 0,00259 9	3,75	0,00000 0	0,00	MIN
9	ESE	0,00023 6	10,30	0,00035 7	0,00	MAX
		- 0,00260 1	3,80	0,00000 0	0,00	MIN
10	ESE	0,00039 9	10,10	0,00036 2	0,00	MAX
		- 0,00242 9	3,75	0,00000 0	0,00	MIN
1	SLU - STR	0,00000 0	0,00	0,00010 4	0,00	MAX
		0,00000 0	0,00	0,00000 0	0,00	MIN
2	SLU - STR	0,00005 8	6,10	0,00016 0	0,00	MAX
		- 0,00148 2	1,80	0,00000 0	0,00	MIN
3	SLU - STR	0,00005 1	6,70	0,00015 9	0,00	MAX
		- 0,00175 5	2,00	0,00000 0	0,00	MIN
4	SLU - STR	0,00007 2	7,75	0,00024 1	0,00	MAX
		- 0,00247 5	2,85	0,00000 0	0,00	MIN
5	SLU - STR	0,00165 1	6,60	0,00024 1	0,00	MAX
		- 0,00260 8	2,75	0,00000 0	0,00	MIN
6	SLU - STR	0,00047 6	7,05	0,00030 7	0,00	MAX
		- 0,00253 3	2,85	0,00000 0	0,00	MIN
7	SLU - STR	0,00611 1	8,15	0,00032 3	0,00	MAX
		- 0,00274 4	3,00	0,00000 0	0,00	MIN
8	SLU - STR	0,00549 6	8,00	0,00037 2	0,00	MAX
		- 0,00273 5	2,95	0,00000 0	0,00	MIN
9	SLU - STR	0,00568	8,10	0,00038	0,00	MAX

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)

GALLERIA ARTIFICIALE 01 – CIGNANO – RELAZIONE DI CALCOLO PARATIA

n°	Tipo	U [m]	Y _U [m]	V [m]	Y _V [m]	
		4		1		
		- 0,00273 3	3,00	0,00000 0	0,00	MIN
10	SLV - STR	0,00545 4	8,25	0,00038 2	0,00	MAX
		- 0,00219 7	3,00	0,00000 0	0,00	MIN
1	SLU - GEO	0,00000 0	0,00	0,00010 4	0,00	MAX
		0,00000 0	0,00	0,00000 0	0,00	MIN
2	SLU - GEO	0,00005 8	6,10	0,00016 0	0,00	MAX
		- 0,00148 2	1,80	0,00000 0	0,00	MIN
3	SLU - GEO	0,00008 8	5,95	0,00015 9	0,00	MAX
		- 0,00163 9	1,90	0,00000 0	0,00	MIN
4	SLU - GEO	0,00006 5	7,70	0,00024 1	0,00	MAX
		- 0,00226 6	2,60	0,00000 0	0,00	MIN
5	SLU - GEO	0,00446 0	6,05	0,00025 0	0,00	MAX
		- 0,00236 5	2,10	0,00000 0	0,00	MIN
6	SLU - GEO	0,00332 5	5,90	0,00031 6	0,00	MAX
		- 0,00227 5	2,10	0,00000 0	0,00	MIN
7	SLU - GEO	0,00907 0	7,80	0,00034 2	0,00	MAX
		- 0,00250 1	2,20	0,00000 0	0,00	MIN
8	SLU - GEO	0,00863 8	7,65	0,00039 1	0,00	MAX
		- 0,00250 2	2,15	0,00000 0	0,00	MIN
9	SLU - GEO	0,00872 3	7,75	0,00040 1	0,00	MAX
		- 0,00249 8	2,15	0,00000 0	0,00	MIN
10	SLV - GEO	0,00871 0	7,75	0,00040 0	0,00	MAX
		- 0,00249	2,20	0,00000 0	0,00	MIN

PROGETTAZIONE ATI:

n°	Tipo	U [m]	Y _U [m]	V [m]	Y _V [m]
		9			

Verifica a spostamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione/Fase

Tipo Tipo combinazione/Fase

U_{lim} spostamento orizzontale limite, espresso in [m]

U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [m] (positivo verso valle)

n°	Tipo	U _{lim} [m]	U [m]
1	ESE	0,07500 0	0,00000 0
2	ESE	0,07500 0	0,00005 8
3	ESE	0,07500 0	0,00005 1
4	ESE	0,07500 0	0,00007 2
5	ESE	0,07500 0	0,00006 1
6	ESE	0,07500 0	0,00007 2
7	ESE	0,07500 0	0,00062 6
8	ESE	0,07500 0	0,00002 0
9	ESE	0,07500 0	0,00023 6
10	ESE	0,07500 0	0,00039 9
1	SLU - STR	0,07500 0	0,00000 0
2	SLU - STR	0,07500 0	0,00005 8
3	SLU - STR	0,07500 0	0,00005 1
4	SLU - STR	0,07500 0	0,00007 2
5	SLU - STR	0,07500 0	0,00165

PROGETTAZIONE ATI:

n°	Tipo	Ulim [m]	U [m]
			1
6	SLU - STR	0,07500 0	0,00047 6
7	SLU - STR	0,07500 0	0,00611 1
8	SLU - STR	0,07500 0	0,00549 6
9	SLU - STR	0,07500 0	0,00568 4
10	SLV - STR	0,07500 0	0,00545 4
1	SLU - GEO	0,07500 0	0,00000 0
2	SLU - GEO	0,07500 0	0,00005 8
3	SLU - GEO	0,07500 0	0,00008 8
4	SLU - GEO	0,07500 0	0,00006 5
5	SLU - GEO	0,07500 0	0,00446 0
6	SLU - GEO	0,07500 0	0,00332 5
7	SLU - GEO	0,07500 0	0,00907 0
8	SLU - GEO	0,07500 0	0,00863 8
9	SLU - GEO	0,07500 0	0,00872 3
10	SLV - GEO	0,07500 0	0,00871 0

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della combinazione/fase
 S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kN]
 R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kN]
 W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kN]
 T Reazione tiranti espresso in [kN]

PROGETTAZIONE ATI:

- P Reazione puntoni espresso in [kN]
V Reazione vincoli espresso in [kN]
C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kN]
Y Punto di applicazione, espresso in [m]
Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]
Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
FS_{RIB} Fattore di sicurezza a ribaltamento
FS_{SCO} Fattore di sicurezza a scorrimento

I punti di applicazione delle azioni sono riferiti alla testa della paratia.

La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS _{RIB}	FS _{SCO}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]		
29	SLU - GEO	611,34 48 9,55	1696,4 842 13,53	0,0000 0,00	437,09 88 6,01	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	3943,43 02	8558,10 46	2.170	3.490

Stabilità globale

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
R Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X _C , Y _C [m]	R [m]	X _V , Y _V [m]	X _M , Y _M [m]	FS	R
1	ESE	0,00; 12,80	28,80	-24,41; -2,48	28,73; 10,72	3.162	1.100
2	ESE	0,00; 12,80	28,80	-24,41; -2,48	28,73; 10,72	3.162	1.100
3	ESE	0,00; 11,20	27,20	-22,22; -4,49	26,94; 7,45	2.807	1.100
4	ESE	0,00; 11,20	27,20	-22,22; -4,49	26,94; 7,45	2.813	1.100
5	ESE	-1,60; 9,60	25,65	-21,16; -6,99	23,48; 4,25	2.104	1.100
6	ESE	-1,60; 9,60	25,65	-21,16; -6,99	23,48; 4,25	2.117	1.100
7	ESE	-1,60; 9,60	25,65	-18,73; -9,49	23,48; 4,25	1.928	1.100
8	ESE	-1,60; 9,60	25,65	-18,73; -9,49	23,48; 4,25	1.940	1.100
9	ESE	-4,80; 11,20	27,62	-22,22; -10,24	22,57; 7,46	1.899	1.100
10	ESE	-4,80; 11,20	27,62	-22,22; -10,24	22,57; 7,46	1.819	1.200
1	SLU - GEO	0,00; 12,80	28,80	-24,41; -2,48	28,73; 10,72	2.529	1.100
2	SLU - GEO	0,00; 12,80	28,80	-24,41; -2,48	28,73; 10,72	2.529	1.100
3	SLU - GEO	0,00; 11,20	27,20	-22,22; -4,49	26,94; 7,45	2.246	1.100
4	SLU - GEO	0,00; 11,20	27,20	-22,22; -4,49	26,94; 7,45	2.250	1.100
5	SLU - GEO	-1,60; 9,60	25,65	-21,16; -6,99	23,48; 4,25	1.684	1.100
6	SLU - GEO	-1,60; 9,60	25,65	-21,16; -6,99	23,48; 4,25	1.694	1.100
7	SLU - GEO	-1,60; 9,60	25,65	-18,73; -9,49	23,48; 4,25	1.547	1.100
8	SLU - GEO	-1,60; 9,60	25,65	-18,73; -9,49	23,48; 4,25	1.557	1.100
9	SLU - GEO	-4,80; 11,20	27,62	-22,22; -10,24	22,57; 7,46	1.527	1.100
10	SLV - GEO	-4,80; 11,20	27,62	-22,22; -10,24	22,57; 7,46	1.752	1.200

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

PROGETTAZIONE ATI:

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 [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

L sviluppo della base della striscia espressa in [m] ($L=b/\cos\alpha$)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kN]

Fase n° 9 - SLU - GEO

Numero di strisce 52

Caratteristiche delle strisce

N°	Wi [kN]	α [°]	L [m]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kN]
1	5,0789	-38.00	1,05	24.79	40,0	3,1	(0,00; 0,00)
2	15,2296	-35.84	1,02	24.79	40,0	9,2	(0,00; 0,00)
3	24,6165	-33.74	1,00	24.79	40,0	14,8	(0,00; 0,00)
4	33,2959	-31.70	0,98	24.79	40,0	20,1	(0,00; 0,00)
5	41,3152	-29.69	0,96	24.79	40,0	24,9	(0,00; 0,00)
6	48,7143	-27.73	0,94	24.79	40,0	29,4	(0,00; 0,00)
7	55,5274	-25.80	0,92	24.79	40,0	33,5	(0,00; 0,00)
8	61,7836	-23.90	0,91	24.79	40,0	37,2	(0,00; 0,00)
9	67,5082	-22.03	0,90	24.79	40,0	40,7	(0,00; 0,00)
10	72,7228	-20.19	0,88	24.79	40,0	43,8	(0,00; 0,00)
11	77,4461	-18.36	0,87	24.79	40,0	46,7	(0,00; 0,00)
12	81,6943	-16.56	0,87	24.79	40,0	49,2	(0,00; 0,00)
13	85,4814	-14.77	0,86	24.79	40,0	51,5	(0,00; 0,00)
14	94,1369	-12.94	0,90	24.79	40,0	53,6	(0,00; 0,00)
15	97,3588	-11.08	0,90	24.79	40,0	55,4	(0,00; 0,00)
16	100,0706	-9.23	0,89	24.79	40,0	57,0	(0,00; 0,00)
17	102,2811	-7.38	0,89	24.79	40,0	58,2	(0,00; 0,00)
18	103,9974	-5.55	0,88	24.79	56,0	59,2	(0,00; 0,00)
19	105,2248	-3.72	0,88	24.79	72,0	59,9	(0,00; 0,00)
20	105,9671	-1.89	0,88	24.79	72,0	60,3	(0,00; 0,00)
21	106,2266	-0.07	0,88	24.79	72,0	60,5	(0,00; 0,00)
22	106,0041	1.75	0,88	24.79	72,0	60,3	(0,00; 0,00)
23	105,2989	3.58	0,88	24.79	72,0	59,9	(0,00; 0,00)
24	104,1089	5.41	0,88	24.79	72,0	59,3	(0,00; 0,00)
25	102,4303	7.24	0,89	24.79	72,0	58,3	(0,00; 0,00)
26	100,257	9.08	0,89	24.79	72,0	57,1	(0,00; 0,00)

PROGETTAZIONE ATI:

N°	Wi [kN]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kN]
	9						
27	269,857	10.92	0,88	24.79	72,0	55,6	(0,00; 0,00)
	6						
28	272,039	12.76	0,89	24.79	72,0	53,8	(0,00; 0,00)
	0						
29	282,959	14.62	0,90	24.79	72,0	51,7	(0,00; 0,00)
	5						
30	293,537	16.49	0,91	24.79	72,0	49,3	(0,00; 0,00)
	6						
31	303,589	18.37	0,91	24.79	72,0	46,7	(0,00; 0,00)
	1						
32	313,097	20.28	0,93	24.79	72,0	43,7	(0,00; 0,00)
	2						
33	322,042	22.22	0,94	24.79	72,0	40,4	(0,00; 0,00)
	6						
34	330,402	24.17	0,95	24.79	72,0	36,7	(0,00; 0,00)
	6						
35	338,150	26.16	0,97	24.79	72,0	32,7	(0,00; 0,00)
	8						
36	345,256	28.19	0,98	24.79	72,0	28,3	(0,00; 0,00)
	3						
37	351,683	30.25	1,00	24.79	72,0	23,6	(0,00; 0,00)
	1						
38	357,388	32.36	1,03	24.79	72,0	18,4	(0,00; 0,00)
	7						
39	362,322	34.52	1,05	24.79	72,0	12,8	(0,00; 0,00)
	8						
40	366,425	36.73	1,08	24.79	72,0	6,7	(31,74; 29,88)
	1						
41	369,630	39.02	1,12	24.79	72,0	0,1	(0,00; 0,00)
	6						
42	371,891	41.37	1,16	24.79	72,0	0,0	(0,00; 0,00)
	5						
43	373,062	43.82	1,20	24.79	72,0	0,0	(42,10; 30,79)
	7						
44	372,997	46.37	1,26	24.79	72,0	0,0	(0,00; 0,00)
	6						
45	369,175	49.05	1,32	24.79	72,0	0,0	(26,10; 15,65)
	2						
46	352,741	51.89	1,41	24.79	72,0	0,0	(0,00; 0,00)
	8						
47	332,927	54.91	1,51	24.79	72,0	0,0	(0,09; 0,04)
	0						
48	310,636	58.18	1,65	24.79	72,0	0,0	(0,00; 0,00)
	1						
49	285,103	61.80	1,84	24.79	72,0	0,0	(0,00; 0,00)
	9						
50	254,985	65.91	2,13	24.79	72,0	0,0	(0,00; 0,00)
	2						
51	217,400	70.86	2,65	24.79	72,0	0,0	(0,00; 0,00)
	9						
52	161,961	77.91	4,14	24.79	40,0	0,0	(0,00; 0,00)
	6						

Resistenza a taglio paratia = 0,0000 [kN]

$\Sigma W_i = 10285,0435$ [kN]

PROGETTAZIONE ATI:

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 4483,1983$ [kN]
 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 3816,7973$ [kN]
 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 3559,5065$ [kN]

Risultati tiranti

Simbologia adottata

- N sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kN]
A_f area di armatura in ogni tirante espressa in [mq]
L lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]
L_f lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]
σ_f tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [kPa]
u spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [m]
R1, R2, R3 resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-armatura, resistenza malta) espressa in [kN]
FS Fattore di sicurezza (rapporto min(R1, R2, R3)/N)

n°	N	A _f	L _f	L	σ _f	u	R1	R2	R3	FS	cmb
	[kN]	[mq]	[m]	[m]	[kPa]	[m]	[kN]	[kN]	[kN]		
1	200,00	0,000417	12,40	17,80	479616	-0,0014664	200,12	1263,54	6598,55	1.001	2
2	381,92	0,000417	18,70	22,80	915881	-0,0003213	382,20	3043,19	15892,28	1.001	27
3	492,55	0,000417	21,90	24,30	1181185	0,0070851	492,79	3577,08	18680,40	1.000	30
4	419,55	0,000417	19,90	20,70	1006111	0,0068004	419,66	3060,98	15985,22	1.000	30

Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della sezione
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)
M_u momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
N_u sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
FS coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

Area della sezione del tubolare 0,004973 [mq]
Sezione resistente: SOLO TUBOLARE
Sezione in classe di resistenza 1
Modulo di resistenza PLASTICO 0,00025092 [m³]

n° - Tipo	Y	M	N	M _u	N _u	FS
	[m]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
8 - SLU - GEO	7,90	-34,23	37,86	84,84	0,00	2.479

Verifica a taglio

Simbologia adottata

PROGETTAZIONE ATI:

n° numero d'ordine della sezione
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
 V_{Ed} taglio agente sul palo, espresso in [kN]
 V_{Rd} taglio resistente, espresso in [kN]
 FS coefficiente di sicurezza a taglio (V_{Rd}/V_{Ed})

La verifica a taglio sui micropali viene eseguita considerando il solo contributo resistente del tubolare. L'area della sezione effettiva di verifica (A_{eff}) viene determinata come area lorda (A) della sezione tubolare moltiplicata per 2 / π.
 A_{eff} = 0,003166 mq

n° - Tipo	Y [m]	V _{Ed} [kN]	V _{Rd} [kN]	FS
8 - SLU - GEO	9,00	53,13	618,00	11.632

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n° numero d'ordine della sezione
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
 σ_f tensione nell'acciaio espressa in [kPa]
 τ_f tensione tangenziale in [kPa]
 σ_{id} tensione ideale espressa in [kPa]

Area della sezione del tubolare 0,004973 [mq]

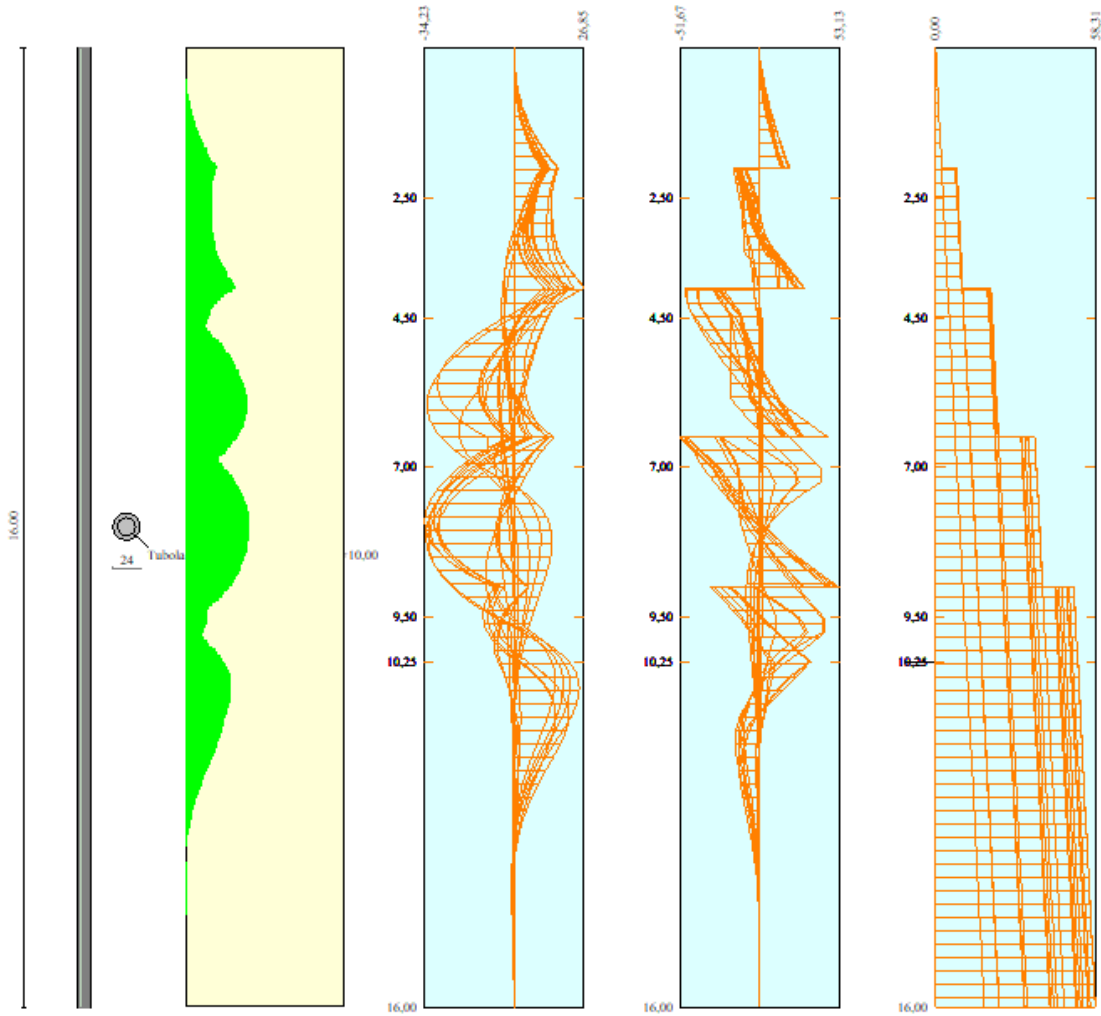
σ _f [kPa]	τ _f [kPa]	σ _{id} [kPa]	cmb
88308	9678	89885	7

Di seguito i seguenti involuipi:

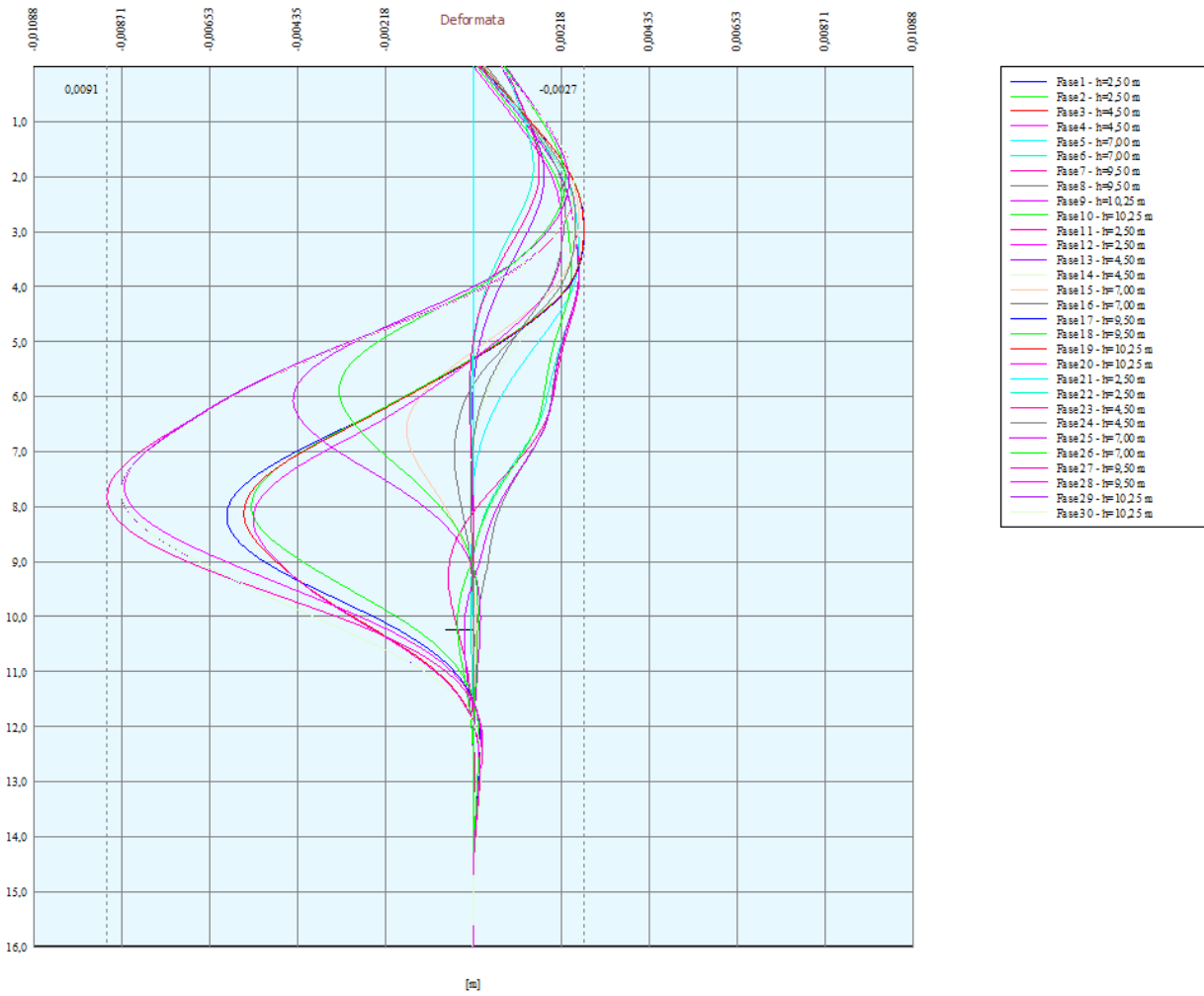
- Sollecitazioni
- Spostamenti

Per quanto riguarda gli spostamenti, si hanno i seguenti valori massimi:

- SLE: 2,6 mm
- SLU (A1-M1): 5,4 mm
- SLU (A2-M2): 8,7 mm



Inviluppo sollecitazioni



Inviluppo spostamenti

Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (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 17/01/2018. 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	16.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA S.R.L.
Licenza	AIU6511C7

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.

7.4.2. VERIFICHE TIRANTI

Verifiche geotecniche

1° ordine

Nd = 200 kN

Diametro trefolo:	$d_{tre} =$	15,2	(mm)
Numero trefoli:	$n =$	3	
Area singolo trefolo A_t :		140	(mm ²)
Area complessiva dell'acciaio ($A = n \cdot A_t$):		420	(mm ²)
Diametro equivalente dei trefoli $Deq = (A \cdot 4 / \pi)^{0,5}$	$Deq =$	23,12	(mm)
Tensione caratteristica di rottura dell'acciaio (f_{ptk})		1860	(Mpa)
Tensione caratt. all'1% di deformazione dell'acciaio ($f_{p(1)k}$)		1670	(Mpa)
Adesione malta-acciaio e malta-corrugato:	$\tau_{cls} =$	0,60	(Mpa)

Aderenza Malta -Terreno $L = Nt / (Ds \cdot \pi \cdot s_d)$

D (cm) Diametro della perforazione =		160	(mm)
α (-) Coeff. moltiplicativo =		1,1	
Ds (cm) Diametro di calcolo ($Ds = \alpha \cdot D$) =		176	(mm)
$s_{k, med}$ (MPa) tensione unitaria media di adesione malta - terreno =		0,20	(Mpa)
$s_{k, min}$ (MPa) tensione unitaria minima di adesione malta - terreno =		0,20	(Mpa)
s_d (MPa) tensione unitaria di progetto adesione malta - terreno =		0,10	(Mpa)
$s_d = \text{Min}(s_{med} / \xi_3 \gamma_s ; s_{min} / \xi_4 \gamma_s)$			
	$L1 =$	3,58	(m)

PROGETTAZIONE ATI:

2° ordine

Nd = 350 kN

Diametro trefolo:	$d_{tre} =$	15,2	(mm)
Numero trefoli:	$n =$	3	
Area singolo trefolo A_t :		140	(mm ²)
Area complessiva dell'acciaio ($A = n \cdot A_t$):		420	(mm ²)
Diametro equivalente dei trefoli $Deq = (A \cdot 4 / \pi)^{0,5}$	$Deq =$	23,12	(mm)
Tensione caratteristica di rottura dell'acciaio (f_{ptk})		1860	(Mpa)
Tensione caratt. all'1% di deformazione dell'acciaio ($f_{p(1)k}$)		1670	(Mpa)
Adesione malta-acciaio e malta-corrugato:	$\tau_{cls} =$	0,60	(Mpa)

Aderenza Malta -Terreno $L = Nt / (Ds \cdot \pi \cdot s_d)$

D (cm) Diametro della perforazione =		160	(mm)
α (-) Coeff. moltiplicativo =		1,1	
Ds (cm) Diametro di calcolo ($Ds = \alpha \cdot D$) =		176	(mm)
$s_{k, med}$ (MPa) tensione unitaria media di adesione malta - terreno =		0,20	(Mpa)
$s_{k, min}$ (MPa) tensione unitaria minima di adesione malta - terreno =		0,20	(Mpa)
s_d (MPa) tensione unitaria di progetto adesione malta - terreno =		0,10	(Mpa)
$s_d = \text{Min}(s_{med} / \xi_3 \gamma_s ; s_{min} / \xi_4 \gamma_s)$			
	$L1 =$	5,82	(m)

3° ordine

Nd = 440 kN

Diametro trefolo:	$d_{tre} =$	15,2	(mm)
Numero trefoli:	$n =$	4	
Area singolo trefolo A_t :		140	(mm ²)
Area complessiva dell'acciaio ($A = n \cdot A_t$):		560	(mm ²)
Diametro equivalente dei trefoli $Deq = (A \cdot 4 / \pi)^{0,5}$	$Deq =$	26,70	(mm)
Tensione caratteristica di rottura dell'acciaio (f_{ptk})		1860	(Mpa)
Tensione caratt. all'1% di deformazione dell'acciaio ($f_{p(1)k}$)		1670	(Mpa)
Adesione malta-acciaio e malta-corrugato:	$\tau_{cls} =$	0,60	(Mpa)
N_G Azione permanente sul tirante:		440	kN
N_Q Azione variabile sul tirante:		0	kN
N_t Azione di calcolo ($N_G \cdot \gamma_G + N_Q \cdot \gamma_Q$):		440	kN

Aderenza Malta -Terreno $L = N_t / (D_s \cdot \pi \cdot s_d)$

D (cm) Diametro della perforazione =		160	(mm)
α (-) Coeff. moltiplicativo =		1,1	
D_s (cm) Diametro di calcolo ($D_s = \alpha \cdot D$) =		176	(mm)
$s_{k, med}$ (MPa) tensione unitaria media di adesione malta - terreno =		0,20	(Mpa)
$s_{k, min}$ (MPa) tensione unitaria minima di adesione malta - terreno =		0,20	(Mpa)
s_d (MPa) tensione unitaria di progetto adesione malta - terreno =		0,10	(Mpa)
$s_d = \text{Min}(s_{med} / \zeta_3 \gamma_s ; s_{min} / \zeta_4 \gamma_s)$			
	$L1 =$	7,88	(m)

PROGETTAZIONE ATI:

4° ordine

Nd = 420 kN

Diametro trefolo:	$d_{tre} =$	15,2	(mm)
Numero trefoli:	$n =$	4	
Area singolo trefolo A_t :		140	(mm ²)
Area complessiva dell'acciaio ($A = n \cdot A_t$):		560	(mm ²)
Diametro equivalente dei trefoli $Deq = (A \cdot 4 / \pi)^{0,5}$	$Deq =$	26,70	(mm)
Tensione caratteristica di rottura dell'acciaio (f_{ptk})		1860	(Mpa)
Tensione caratt. all'1% di deformazione dell'acciaio ($f_{p(1)k}$)		1670	(Mpa)
Adesione malta-acciaio e malta-corrugato:	$\tau_{cls} =$	0,60	(Mpa)
N_G Azione permanente sul tirante:		420	kN
N_Q Azione variabile sul tirante:		0	kN
N_t Azione di calcolo ($N_G \cdot \gamma_G + N_Q \cdot \gamma_Q$):		420	kN

Aderenza Malta -Terreno $L = N_t / (D_s \cdot \pi \cdot s_d)$

D (cm) Diametro della perforazione =		160	(mm)
α (-) Coeff. moltiplicativo =		1,1	
D_s (cm) Diametro di calcolo ($D_s = \alpha \cdot D$) =		176	(mm)
$s_{k, med}$ (MPa) tensione unitaria media di adesione malta - terreno =		0,20	(Mpa)
$s_{k, min}$ (MPa) tensione unitaria minima di adesione malta - terreno =		0,20	(Mpa)
s_d (MPa) tensione unitaria di progetto adesione malta - terreno =		0,10	(Mpa)
$s_d = \text{Min}(s_{med} / \xi_3 \gamma_s ; s_{min} / \xi_4 \gamma_s)$			
	$L1 =$	7,52	(m)

Verifiche strutturali

In condizioni ultime, lo sforzo massimo di trazione di calcolo P_d ricavato dall'analisi, deve risultare non maggiore dello sforzo di snervamento di progetto dei tiranti N_{yd} ottenuto moltiplicando l'area totale A_t della sezione resistente per la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio $f_{p(1)k}$, fattorizzata con il coefficiente parziale $\gamma_s = 1.15$

Nota il valore di $f_{p(1)k} = 1670 \text{ N/mm}^2$ e la sezione del singolo trefolo pari a 140 mm si ottiene:

	3 trefoli	4 trefoli
N_{yd} [KN]	609,91	813,22

Le verifiche risultano soddisfatte.

PROGETTAZIONE ATI:

7.4.3. VERIFICA DELLE TRAVI DI RIPARTIZIONE

La verifica delle travi di ripartizione è condotta con riferimento alle massime sollecitazioni di analisi relative alle combinazioni STR.

Ai fini del calcolo, ciascuna trave è caratterizzata da uno schema statico tipico di trave continua su più appoggi, sollecitata da un carico distribuito uniforme pari alla reazione del generico tirante **N_q** diviso il relativo interasse **i**.

In considerazione dello schema statico, la verifica dimensionante è quella fatta in prossimità del generico appoggio (tirante), in corrispondenza del quale, i profili costituenti la trave sono sollecitati a taglio e flessione.

A favore di sicurezza si considera la trave semplicemente appoggiata sulla luce di 2.50 metri, pari all'interasse dei tiranti.

Le travi sono costituite da n.2 HEB160.

La massima azione di calcolo sul tirante è pari a 420 kN, da cui:

$$q_d = 420/2.5 = 168 \text{ kN/m}$$

$$M_d = q_d \times L^2 / 8 = 131.3 \text{ kNm}$$

$$V_d = 5q_d \times L / 8 = 262.5 \text{ kN}$$

Le relative resistenze sono pari a:

$$M_{pl,Rd} = 2 \times W_{pl} f_{yk} / \gamma_{M0} = 185.4 \text{ kNm}$$

In cui:

$$W_{pl} = 352.4 \text{ cm}^3$$

$$f_{yk} = 275 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

$$V_{Rd} = 2 \times A_v f_{yk} / (\gamma_{M0} \sqrt{3}) = 532.0 \text{ kN}$$

In cui:

$$A_v = 17.6 \text{ cm}^2$$

$$f_{yk} = 275 \text{ MPa}$$

Le verifiche risultano soddisfatte.