

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE
OBIETTIVO N. 443/01
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza
PROGETTO ESECUTIVO
SL-SOTTOVIA
SL01 – PROLUNGAMENTO SOTTOVIA ESISTENTE SOTTO LA LINEA STORICA
AL km 0+173.22
SCATOLARE DI PROLUNGAMENTO
Relazione di calcolo opere provvisionali**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE  Ing. Giovanni MALAVENDA Ingegnere di Venezia n. 4289 Data: Aprile 2021	Consorzio Iricav Due ing. Paolo CARMONA Data: Aprile 2021	ing. Luca Zaccaria iscritto all'ordine degli ingegneri di Ravenna n.A1206 Data: Aprile 2021		-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO																			
I	N	1	7	1	1	E	I	2	C	L	S	L	0	1	A	1	0	0	1	B	-	-	-	P	-	-	-

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI	

Progettazione:								
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	CODING	30/03/21	S.Cecchi	30/03/21	P. Luciani	30/03/21	 Giuseppe Fabrizio Coppa Data: 30/04/21
B	REVISIONE PER RECEPIMENTO ISTRUTTORIA ENTE VALIDATORE	CODING	30/04/21	S.Cecchi	30/04/21	P. Luciani	30/04/21	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E9100000009	File: IN1711EI2CLSL01A1001B.DOC
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	9
3	UNITÀ DI MISURA	10
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	11
4.1	Calcestruzzo	11
4.2	Acciaio per armature ordinarie	11
4.3	Acciaio per armature tubolari dei micropali	11
4.4	Acciaio armonico per tiranti	12
4.5	Copriferri	12
4.6	Durabilità e prescrizioni sui materiali	12
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	13
5.1	RILEVATI E RINTERRI	13
5.2	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI	13
5.3	LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI	14
6	ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO	15
6.1	Carichi Permanenti strutturali (G_1)	15
6.2	Spinta Statica delle terre (G_2)	15
6.3	Sovraccarico Variabile da traffico stradale (Q)	18
7	COMBINAZIONI DI CARICO	19
8	MODELLAZIONE NUMERICA	22
8.1	Programma per l'analisi automatica	22
8.2	Modello di calcolo	22
9	ANALISI DEI RISULTATI	28
9.1	Sollecitazioni	28
9.2	Spostamenti	31
9.3	Sforzi nei tiranti	32
10	VERIFICHE DELL'OPERA	33
10.1	Verifiche strutturali	33
10.2	Verifiche geotecniche	36
10.3	Verifiche dei tiranti di ancoraggio	37
11	TABULATO DI CALCOLO	42
12	DICHIARAZIONE SECONDO NTC2008 (§ 10.2)	75

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

1 PREMESSA

La presente relazione afferisce ai calcoli e alle verifiche strutturali delle opere di sostegno provvisorie necessarie per la realizzazione del prolungamento del sottovia ferroviario denominato 'SL01', ubicato al km 0+173.22, nell'ambito della redazione dei documenti tecnici relativi alla progettazione esecutiva della Linea AV/AC Verona - Padova, Sub tratta Verona Porta Vescovo – Montebello Vicentino.

Le opere provvisorie in esame, sfruttate durante la fase di demolizione dell'opera attualmente esistente, per non creare soggezioni alle strade/ferrovie limitrofe, saranno demolite non appena ultimate le sottostrutture.

La struttura scatolare ha dimensioni nette interne 14.50 x 5.60 m, con soletta di copertura di spessore 0.90 m, piedritti di spessore 0.90 m e soletta di fondazione di spessore 1.10 m. La distanza tra la quota del piano del ferro e l'estradosso della soletta superiore è pari a 0.80 m. Il monolite presenta uno sviluppo longitudinale di 16.08 m.

Si riporta a seguire per completezza graficamente la sezione di calcolo del sottovia, rimandando all'allegato apposito "IN1711EI2CLSL01A0001A" per i dettagli del caso.

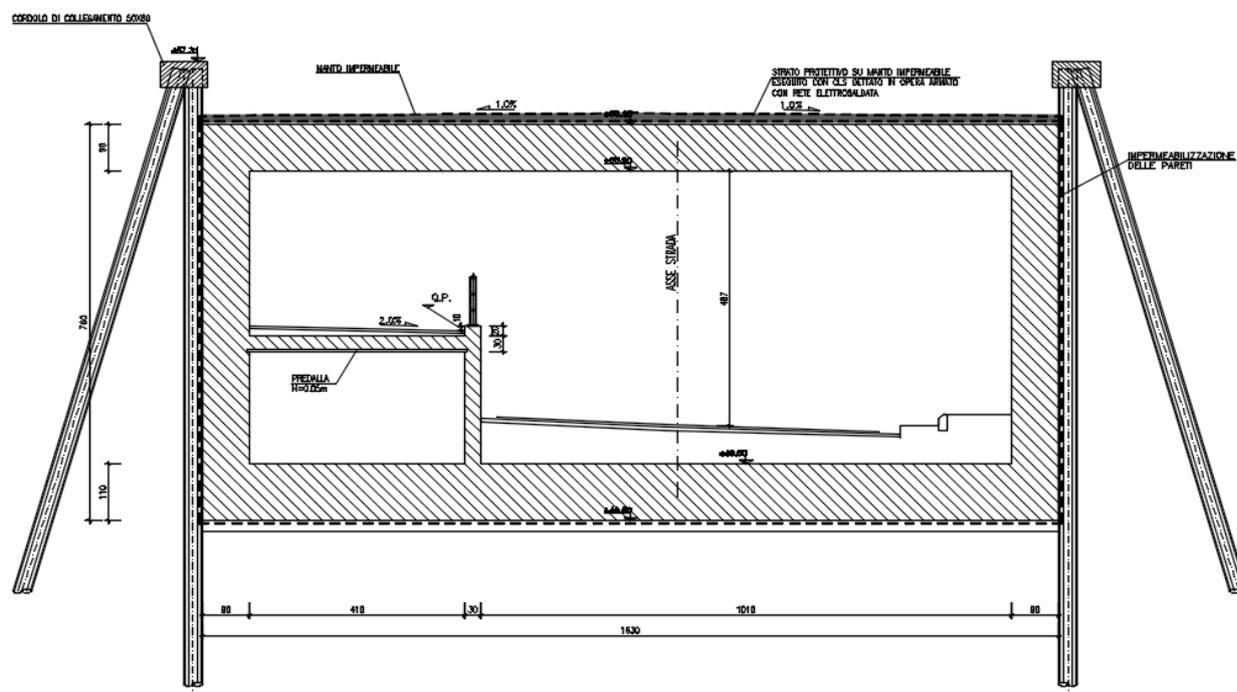


Figura 1.1: Sezione di calcolo Sottovia SL01

A seguire si riportano alcune immagini di inquadramento dell'opera provvisoria oggetto della presente relazione di calcolo.

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	11	EI2CLSL01A1001	B

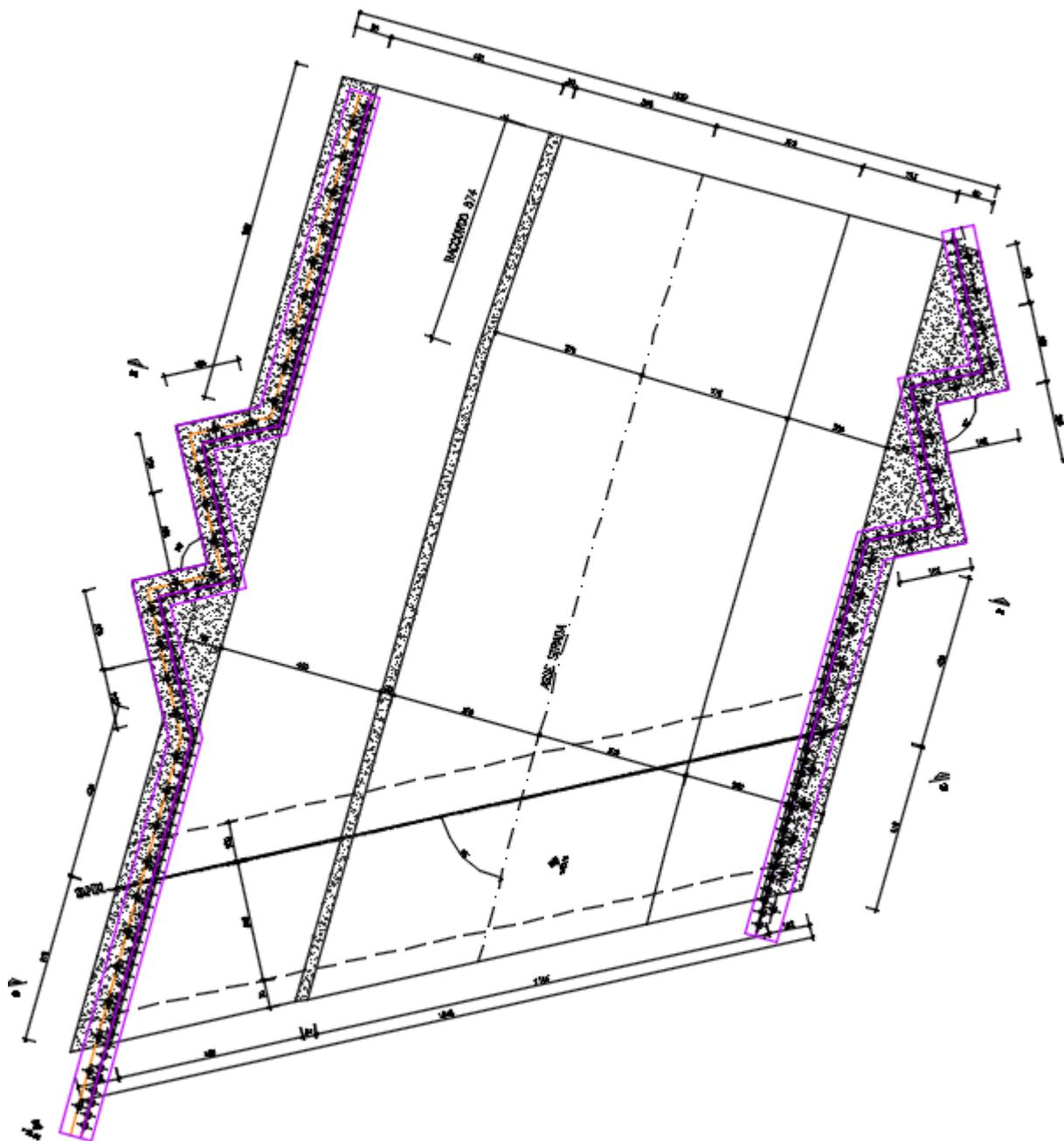


Figura 1.2: Stralcio della disposizione planimetrica della paratia provvisoria di micropali

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto	Lotto	Codifica	
IN17	11	EI2CLSL01A1001	B

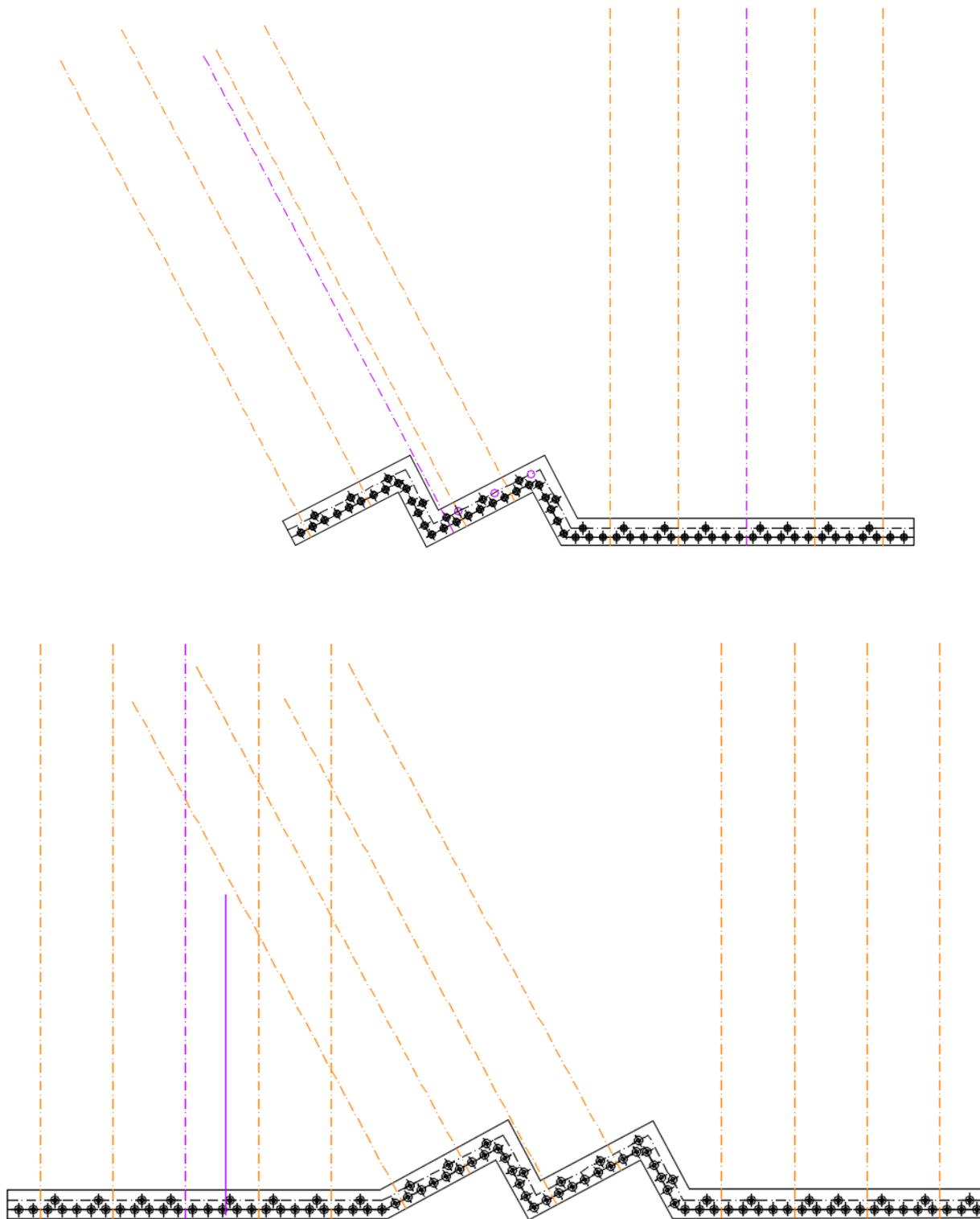


Figura 1.3: Stralcio delle sviluppate della paratia provvisoria di micropali

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	11	EI2CLSL01A1001	B

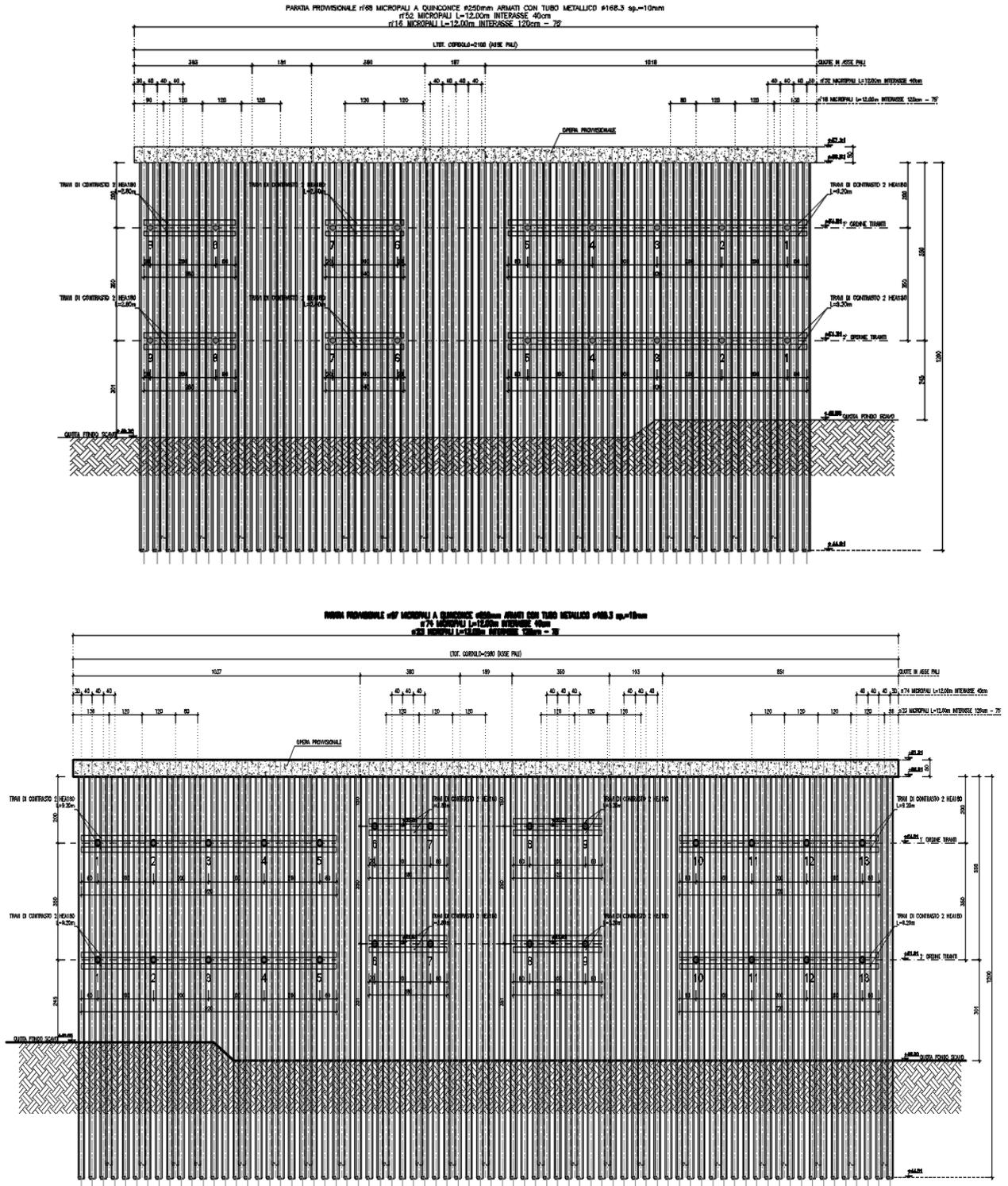


Figura 1.4: Prospetti longitudinali della paratia provvisoria di micropali

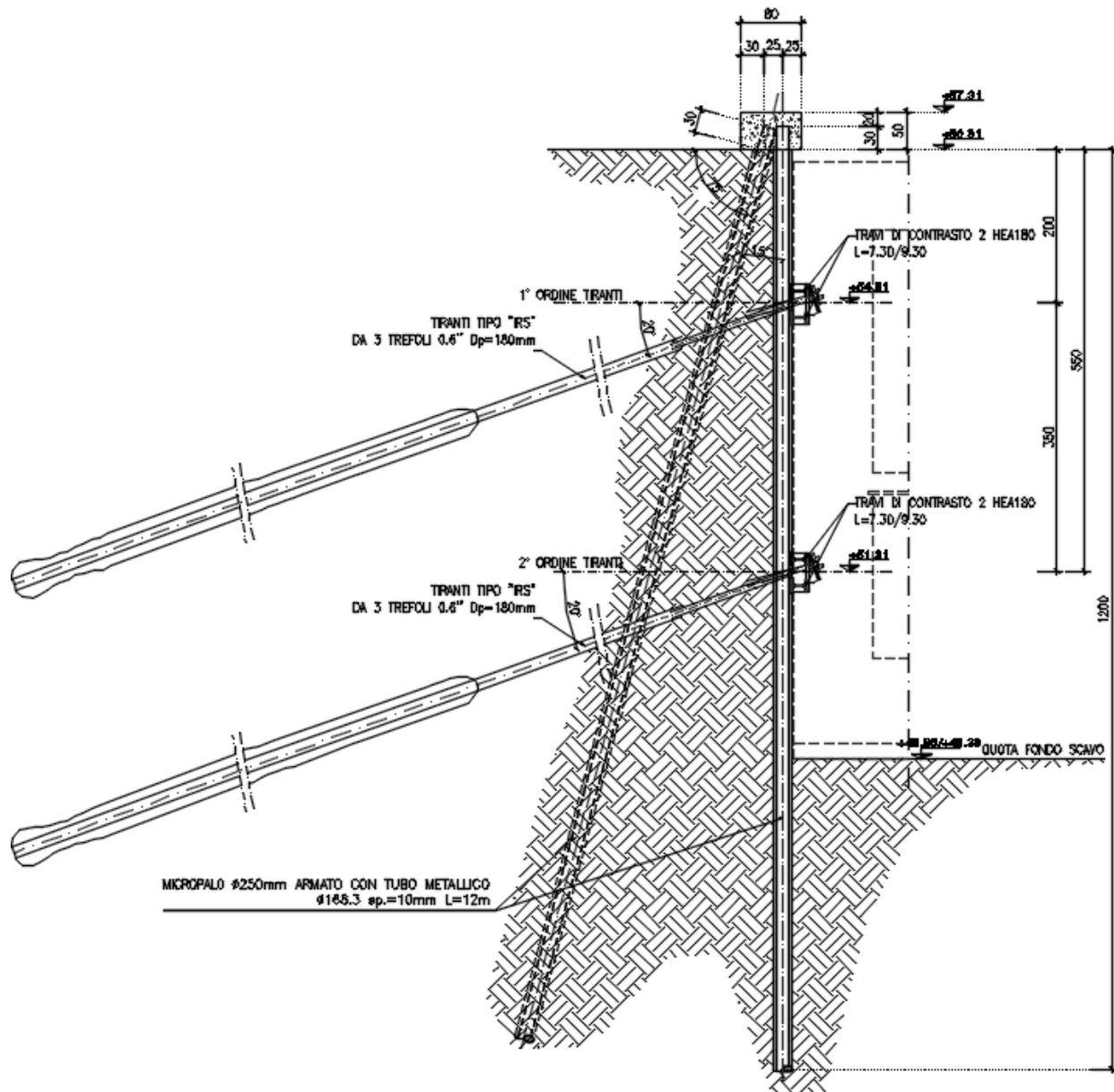


Figura 1.5: Sezione trasversale della paratia provvisoria di micropali

La paratia in esame, con altezza di scavo di circa 7.65 m, è realizzata con micropali di diametro $\varnothing 250$ mm a quinconce armati con tubi $\varnothing 168.3$ mm di spessore $s = 10$ mm, in cui si ha una fila di micropali verticali di lunghezza $L = 12.0$ m disposti ad interasse 0.4 m ed una fila di micropali inclinati di 15° rispetto alla verticale di lunghezza $L = 12.0$ m disposti ad interasse 1.2 m.

La paratia è vincolata da un doppio ordine di tiranti, tipo IRS, posti a quota -2.00 m e -5.50 m dall'intradosso del cordolo di collegamento dei micropali, che prevede perforazioni $\varnothing 180$ mm con inclinazione di 20° rispetto all'orizzontale e 3 trefoli da 0.6"; è prevista una trave di ripartizione per ciascun ordine di tiranti costituita da 2 HEA180.

In sommità è prevista la realizzazione di un cordolo 80 cm (larghezza) x 50 cm (altezza).

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2CLSL01A1001	B

La paratia provvisoria di micropali segue lo sviluppo planimetrico del sottovia.

Nel prospetto di seguito si fornisce una sintesi delle caratteristiche della paratia in esame.

tipo micropalo	Ø micropalo	Interasse micropalo	Armatura micropalo		Lunghezza micropalo	Ordini Tiranti	Interasse Tiranti	Incl.	n. trefoli	Tiro iniziale	L _{libera}	L _{bulbo}	D _p	Travi ripartiz.
			Ø [mm]	sp. [mm]										
verticale	250	400	168.3	10	12	2	2.0	20	3	250	6 (1°) 6 (2°)	11 (1°) 9 (2°)	180	2HEA180
sub-verticale (15° rispetto alla verticale)	250	1200	168.3	10	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-

FASI COSTRUTTIVE

Sono previste le seguenti fasi costruttive:

1. Realizzazione della paratia;
2. Scavo fino a quota -2.5 m e realizzazione del 1° ordine di tiranti;
2. Scavo fino a quota -6.0 m e realizzazione del 2° ordine di tiranti;
3. Scavo fino a quota fondo scavo;
4. Demolizione dell'opera attualmente esistente e getto della fondazione del prolungamento del nuovo sottovia;
5. Rimozione del 2° ordine di tiranti;
6. Inizio del getto dell'elevazione del sottovia e conseguente rimozione del 1° ordine di tiranti;
7. Completamento del getto del sottovia.

L'opera è stata progettata coerentemente con quanto previsto dalla normativa "Norme Tecniche per le Costruzioni"- DM 14.1.2008 e Circolare n .617 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".

Poiché si stima, per le lavorazioni necessarie alla realizzazione dei pali e dei plinti di fondazione, una durata inferiore a 2 anni, non sono state considerate le azioni sismiche, conformemente con quanto previsto nella succitata normativa.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'analisi dell'opera e le verifiche degli elementi strutturali sono state condotte in accordo con le disposizioni legislative in elenco e in particolare con le seguenti norme e circolari:

- Decreto Ministeriale del 14 Gennaio 2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare M.LL.PP. n. 617 del 2 Febbraio 2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale del 14/01/2008".

Si è tenuto inoltre conto dei seguenti documenti:

- UNI EN 1990 – Aprile 2006: Eurocodice: Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1 – Agosto 2004: Eurocodice 1 – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi variabili.
- UNI EN 1991-1-4 – Luglio 2005: Eurocodice 1. Azioni sulle strutture. Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
- UNI EN 1991-2 – Marzo 2005: Eurocodice 1. Azioni sulle strutture. Parte 2: Carichi da traffico sui ponti.
- UNI EN 1992-1-1 – Novembre 2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1992-2 – Gennaio 2006: Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi.
- UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- UNI-EN 1998-1 – Marzo 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- Legge 5-11-1971 n° 1086: "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica".
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64.: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- UNI 11104:2016 "Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206".
- RFI DTC SI MA IFS 001 B – Dicembre 2017: Manuale di progettazione delle opere civili.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

3 UNITÀ DI MISURA

Le unità di misura usate nella presente relazione sono:

- lunghezze [m]
- forze [kN]
- momenti [kNm]
- tensioni [MPa]

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

4.1 CALCESTRUZZO

Per la realizzazione di cordolo di collegamento e micropali, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza 25/30 ($R_{ck} \geq 30.00 \text{ N/mm}^2$) che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)

$$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 24.90 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza media a compressione

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.90 \quad \text{N/mm}^2$$

Modulo elastico

$$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 31447 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza di calcolo a compressione

$$f_{cd} = a_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \times f_{ck} / 1.5 = 14.11 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza a trazione media

$$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 2.56 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza a trazione

$$f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 1.79 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza a trazione di calcolo

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza a compressione (comb. Rara)

$$\sigma_c = 0.60 \times f_{ck} = 14.94 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)

$$\sigma_c = 0.45 \times f_{ck} = 11.21 \quad \text{N/mm}^2$$

4.2 ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE

Classe acciaio per armature ordinarie	B450C
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di rottura	$f_t \geq 540 \text{ MPa}$
Modulo di elasticità	$E_s = 210000 \text{ Mpa}$

4.3 ACCIAIO PER ARMATURE TUBOLARI DEI MICROPALI

I tubolari impiegati come armature dei micropali sono laminati a caldo con profili a sezione cava; l'acciaio impiegato è del tipo S275JR (UNI EN 10210-1), avente le seguenti caratteristiche meccaniche:

$$t \leq 40 \text{ mm}$$

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

$$f_{tk} \geq 430 \text{ MPa}$$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

4.4 ACCIAIO ARMONICO PER TIRANTI

Si riassumono di seguito le caratteristiche dei tiranti previsti:

Diametro nominale	0.6''
Sezione nominale singolo trefolo	139 mm ²
Tensione caratteristica di rottura f_{ptk}	1860 MPa
Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale $f_{p(1)k}$	1670 MPa

4.5 COPRIFERRI

Si riportano di seguito i copriferri nominali per le strutture in calcestruzzo armato:

Cordolo di collegamento	4.0 cm
Micropali provvisionali	6.0 cm

4.6 DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario durante le operazioni di varo del monolite, le quali risultano esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Si adotta quanto segue:

Cordolo di collegamento, micropali provvisionali	Classe di esposizione XC2
--	---------------------------

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2CLSL01A1001	B

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

5.1 RILEVATI E RINTERRI

Sono riassunte nel prospetto riportato di seguito le caratteristiche del terreno dei rilevati ferroviari esistenti e di nuova progettazione (con γ pari al peso specifico del terreno; γ_{sat} pari al peso specifico saturo del terreno; c' pari alla coesione; ϕ' pari all'angolo di attrito; K_0 coefficiente di spinta a riposo):

Parametri del rilevato ferroviario				
γ	γ_{sat}	c'	ϕ'	k_0
(kN/m ³)	(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(-)
20.00	20.00	0.0	38.0	0.384

5.2 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Si riportano di seguito le caratteristiche geotecniche relative al terreno di fondazione della tratta in cui ricade il sottovia in esame, desunte dagli esiti delle indagini disponibili. Le formazioni indicate nei prospetti di seguito fanno riferimento alle unità geotecniche descritte nel seguente elenco:

- Unità 6 – Ghiaie, ghiaie con sabbie addensate.

La quota rispetto alla quale è individuata la stratigrafia riportata a seguire, corrispondente a 50.55 m s.l.m. , è assunta coincidente col p.c. locale dell'opera in esame intercettato sulla linea; la quota di intradosso cordolo è pari a 56.81 m s.l.m.

Per quanto riguarda la falda di progetto, questa è assunta alla quota di 49.90 m s.l.m. , ossia a circa 0.65 m dal p.c. Per ulteriori dettagli circa la posizione della falda di progetto si faccia riferimento alla relazione geotecnica della WBS SL01 in oggetto.

Tabella 1 - Stratigrafia e valori caratteristici dei parametri geotecnici di calcolo

Strato	Formazione	spessore strato	z_{base} strato	γ	ϕ'_k	c'_k	c_{uk}	E'	Note	
		(m)	(m da p.c.)	(kN/m ³)	(°)	(kPa)	(kPa)	(kN/m ²)		
1	UG6	25.0	25.0	19	39	0	-	50000		
z_w		Profondità della falda dal p.c.						0.65	m	

LEGENDA

γ = peso di volume naturale;

ϕ'_k = valore caratteristico dell'angolo di attrito;

c'_k = valore caratteristico della resistenza al taglio in condizioni drenate;

c_{uk} = valore caratteristico della coesione non drenata;

E' = modulo elastico del terreno.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica E12CLSL01A1001	B

5.3 LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI

Non sono stati rilevati livelli di terreni potenzialmente liquefacibili in corrispondenza dell'opera in esame; per maggiori dettagli si rimanda alla relazione geotecnica relativa alla WBS in esame.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

6 ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO

In accordo con quanto prescritto al par.2.4.1-NTC2008, le verifiche sismiche di opere provvisorie possono omettersi quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a due anni. Nell'analisi riportata di seguito, che fa cautelativamente riferimento alla porzione di paratia costituita dai pali che si trovano più vicini e paralleli alla linea ferroviaria storica, non si considera pertanto l'azione sismica.

6.1 CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI (G_1)

I carichi permanenti strutturali sono rappresentati dai pesi propri delle strutture portanti. Essi sono valutati sulla base della geometria degli elementi strutturali e del peso specifico assunto per i materiali:

calcestruzzo armato: $\gamma_{c.a.} = 25 \text{ kN/m}^3$;
acciaio: $\gamma_b = 78.5 \text{ kN/m}^3$.

6.2 SPINTA STATICA DELLE TERRE (G_2)

Nel modello di calcolo impiegato dal software di calcolo "ParatiePlus", la spinta del terreno viene determinata investigando l'interazione statica tra terreno e la struttura deformabile a partire da uno stato di spinta a riposo del terreno sulla paratia.

I parametri che identificano il tipo di legge costitutiva possono essere distinti in due sottoclassi: parametri di spinta e parametri di deformabilità del terreno.

I parametri di spinta sono il coefficiente di spinta a riposo K_0 , il coefficiente di spinta attiva K_a e il coefficiente di spinta passiva K_p .

Il coefficiente di spinta a riposo fornisce lo stato tensionale presente in sito prima delle operazioni di scavo. Esso lega la tensione orizzontale efficace s'_h a quella verticale s'_v attraverso la relazione:

$$\sigma'_h = K_0 \cdot \sigma'_v$$

K_0 dipende dalla resistenza del terreno, attraverso il suo angolo di attrito efficace ϕ' e dalla sua storia geologica. Si può assumere che:

$$K_0 = K_0^{NC} \cdot (\text{OCR})^m$$

dove

$$K_0^{NC} = 1 - \tan \phi'$$

è il coefficiente di spinta a riposo per un terreno normalconsolidato ($\text{OCR} = 1$). L'OCR è il grado di sovraconsolidazione e m è un parametro empirico, di solito compreso tra 0.4 e 0.7.

I coefficienti di spinta attiva e passiva sono forniti dalla teoria di Rankine per una parete liscia dalle seguenti espressioni:

$$K_a = \tan^2 (45 - \phi'/2)$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \phi'/2)$$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

Il software "ParatiePlus" impiega per K_a e K_p le formulazioni rispettivamente di Coulomb e Caquot – Kerisel.

Formulazione di Coulomb per k_a

$$k_a = \frac{\cos^2(\varphi' - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\beta + \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi') \cdot \sin(\varphi' - i)}{\cos(\beta + \delta) \cdot \cos(\beta - i)}} \right]^2}$$

dove:

φ' è l'angolo di attrito del terreno

β è l'angolo d'inclinazione del diaframma rispetto alla verticale

δ è l'angolo di attrito paratia-terreno

i è l'angolo d'inclinazione del terreno a monte della paratia rispetto all'orizzontale

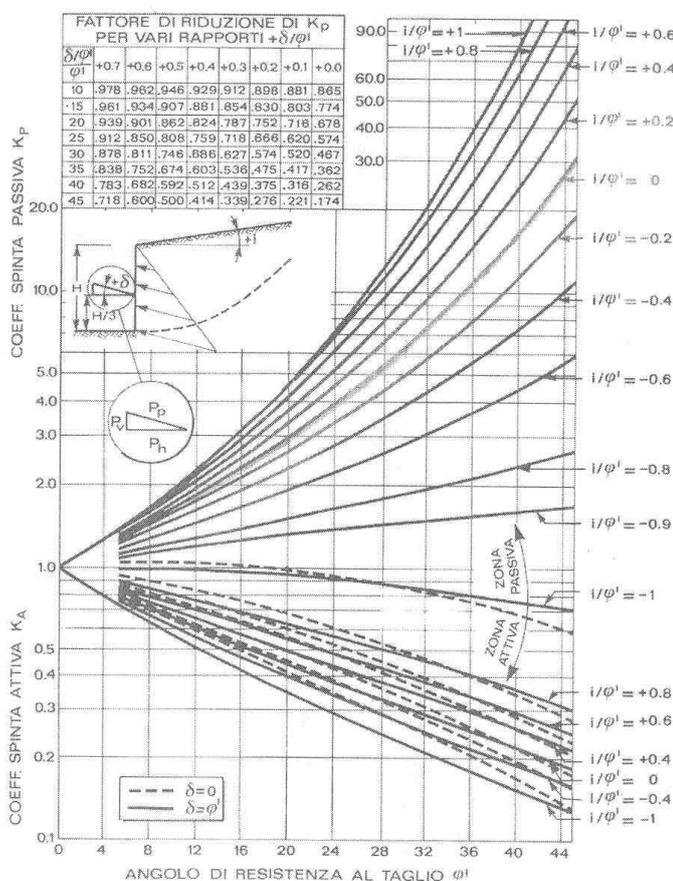


Figura 6.1: Formulazione di Caquot – Kerisel per K_p (superfici di rottura curvilinee)

Per quanto riguarda le assunzioni fatte per l'attrito paratia-terreno (angolo δ), di default viene tenuto in conto solo nel calcolo di k_p . Il coefficiente k_a viene sempre valutato con le formule di Coulomb, non considerando l'effetto di δ .

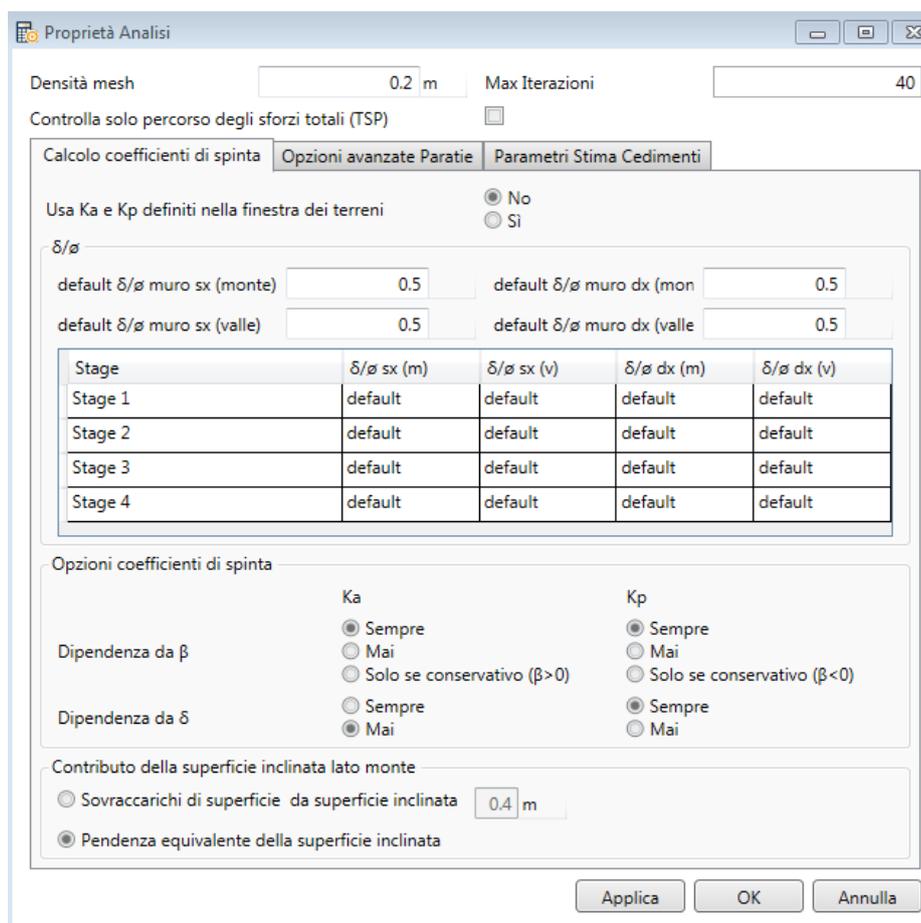
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

Il contributo ai coefficienti di spinta legato all'inclinazione della superficie di scavo (angolo β), sia a monte che a valle è tenuto in conto sia per k_a che per k_p . L'angolo β utilizzato in queste valutazioni viene stimato in base alla geometria.

Dell'inclinazione i del pendio a ridosso dell'opera si è tenuto conto nel calcolo del coefficiente di spinta attiva k_a con la formula di Coulomb.

L'angolo d'attrito δ all'interfaccia tra parete e terreno è posto cautelativamente pari a $0.5 \phi'$.

Nel prospetto di seguito la sintesi delle assunzioni fatte per la valutazione dei parametri di spinta del terreno.



The screenshot shows the 'Proprietà Analisi' window with the following settings:

- Densità mesh: 0.2 m
- Max Iterazioni: 40
- Controlla solo percorso degli sforzi totali (TSP):
- Calcolo coefficienti di spinta: **Opzioni avanzate Paratie** (selected)
- Usa K_a e K_p definiti nella finestra dei terreni: No
- δ/ϕ parameters:
 - default δ/ϕ muro sx (monte): 0.5
 - default δ/ϕ muro dx (mon): 0.5
 - default δ/ϕ muro sx (valle): 0.5
 - default δ/ϕ muro dx (valle): 0.5
- Table of δ/ϕ values for different stages:

Stage	δ/ϕ sx (m)	δ/ϕ sx (v)	δ/ϕ dx (m)	δ/ϕ dx (v)
Stage 1	default	default	default	default
Stage 2	default	default	default	default
Stage 3	default	default	default	default
Stage 4	default	default	default	default
- Opzioni coefficienti di spinta:
 - Dipendenza da β :
 - K_a : Sempre, Mai, Solo se conservativo ($\beta > 0$)
 - K_p : Sempre, Mai, Solo se conservativo ($\beta < 0$)
 - Dipendenza da δ :
 - K_a : Sempre, Mai
 - K_p : Sempre, Mai
- Contributo della superficie inclinata lato monte:
 - Sovraccarichi di superficie da superficie inclinata: 0.4 m
 - Pendenza equivalente della superficie inclinata

Infine, il valore limite della tensione orizzontale sarà pari a

$$\sigma'_h = K_a \cdot \sigma'_v - 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_a}$$

$$\sigma'_h = K_p \cdot \sigma'_v + 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_p}$$

a seconda che il collasso avvenga in spinta attiva o passiva rispettivamente.

Nelle formulazioni sopra riportate, c' è la coesione drenata del terreno.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

6.3 SOVRACCARICO VARIABILE DA TRAFFICO STRADALE (Q)

A monte dell'opera di sostegno, cautelativamente, si considera agente un sovraccarico variabile di entità pari a 20 kPa (il quale tiene conto della presenza di eventuali mezzi di cantiere durante le fasi di demolizione di parte dell'opera esistente) agente per una larghezza di 3.0 m a partire da una distanza dall'asse dell'opera di 1.0 m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSLO1A1001	B

7 COMBINAZIONI DI CARICO

Le verifiche strutturali sono effettuate secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite di esercizio (SLE) e agli stati limite ultimi (SLU), in accordo con la normativa vigente (NTC 2008). Sono state considerate le seguenti combinazioni delle azioni:

- Combinazione fondamentale, impiegata per le verifiche agli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), impiegata per le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, impiegata per le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

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

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

In accordo con quanto prescritto al par.6.5.3.1.2 del DM 14.1.2008, la verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera deve essere effettuata secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II e 6.8.1.

Le rimanenti verifiche della paratia devono essere effettuate considerando le seguenti combinazioni di coefficienti:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)

- Combinazione 2: (A2+M2+R1)

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.1.

In particolare, per le verifiche per il dimensionamento geotecnico delle paratie (GEO) si considera lo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e in particolare dal raggiungimento delle condizioni di equilibrio limite nel terreno interagente con la paratia. L'analisi di stabilità del tratto di paratia infisso e/o collasso per rotazione rigida al piede è stata condotta con la Combinazione 2 (A2+M2+R1), in cui i parametri di resistenza del terreno sono ridotti tramite i coefficienti parziali M2 e le azioni sono amplificate tramite i coefficienti parziali A2.

Nelle verifiche strutturali delle paratie (STR) si considerano gli stati limite ultimi per il raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali (micropali e travi). Le analisi sono condotte in accordo con la

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	11	E12CLSL01A1001	B

Combinazione 1 (A1+M1+R1), in cui i parametri di resistenza del terreno (M1) sono unitari e le azioni sono amplificate mediante i coefficienti parziali A1.

Di seguito si riportano le Tabelle di riferimento per i coefficienti parziali delle azioni, dei materiali e delle resistenze.

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{G3}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_T	1,0	1,0

Tabella 6.5.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

Per quanto riguarda i tiranti di ancoraggio, la verifica di sfilamento della fondazione dell'ancoraggio deve essere effettuata con riferimento alla combinazione A1+M1+R3, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.6.I.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

Tabella 6.6.I – Coefficienti parziali per la resistenza di ancoraggi

	SIMBOLO	COEFFICIENTE PARZIALE
	γ_R	
Temporanei	$\gamma_{R,t}$	1,1
Permanenti	$\gamma_{R,p}$	1,2

Di seguito si riporta la sintesi delle combinazioni adottate per le verifiche dell'opera provvisoria:

SLU di tipo Geotecnico (GEO):

- Stabilità del tratto di paratia infissa e/o collasso per rotazione rigida al piede A2+M2+R1 (Comb. 2)
- Stabilità globale dell'insieme terreno-opera A2+M2+R2 (Comb. 2)
- Sfilamento dei tiranti A1+M1+R3 (Comb. 1)

SLU di tipo Strutturale (STR):

- Resistenza elementi strutturali (micropali e trave di testa) A1+M1+R1 (Comb. 1)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

8 MODELLAZIONE NUMERICA

8.1 PROGRAMMA PER L'ANALISI AUTOMATICA

Lo stato tenso-deformativo degli elementi strutturali in esame è stato investigato, come già anticipato, mediante il software di calcolo "ParatiePlus" ver.20.0, programma non lineare agli elementi finiti per l'analisi di strutture di sostegno flessibili.

8.2 MODELLO DI CALCOLO

Si è considerato un comportamento piano nelle deformazioni, analizzando una striscia di parete di larghezza unitaria.

La realizzazione dello scavo sostenuto dalla paratia viene seguita in tutte le varie fasi attraverso un'analisi statica incrementale: ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una certa quota di scavo, da un insieme di puntoni e tiranti applicati e da una ben precisa disposizione di carichi applicati.

Poiché il comportamento degli elementi finiti è di tipo elastoplastico, ogni configurazione dipende in generale dalle configurazioni precedenti e lo sviluppo di deformazioni plastiche ad un certo passo condiziona la risposta della struttura nei passi successivi.

In questa impostazione particolare, inoltre, gli sforzi verticali nel terreno non sono per ipotesi influenzati dal comportamento deformativo orizzontale, ma sono una variabile del tutto indipendente, legata ad un calcolo basato sulle classiche ipotesi di distribuzione geostatica.

Nei modelli di calcolo implementati, l'esecuzione dello scavo è schematizzata mediante una successione di step, corrispondenti ad eventi che hanno rilevanza nello stato tenso-deformativo del sistema (approfondimenti dello scavo, applicazione di puntelli, applicazione di carichi ecc.).

Per le opere oggetto della presente relazione, essendo di carattere provvisoria, sono state considerate le condizioni di carico previste dalla normativa vigente:

- Stato limite di servizio → SLE
- Stato limite ultimo verifiche STR: Combinazione A1+M1 → SLU1
- Stato limite ultimo verifiche GEO: Combinazione A2+M2 → SLU2

Si fa presente che la sezione di verifica presentata nell'analisi a seguire fa riferimento a quella in corrispondenza della quale si registra la distanza minore della paratia dal binario più vicino (si veda la Fig. 1.4 della presente relazione di calcolo); le inerzie dei micropali sono state valutate trascurando il contributo del calcestruzzo, oltretutto considerando il solo contributo dell'armatura tubolare metallica.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	11	EI2CLSL01A1001
				B

In fase di modellazione le operazioni di demolizione dei muri di imbocco esistenti propedeutiche al varo del prolungamento del sottovia e del getto del muro ad "U" di completamento sono state implementate mediante la seguente successione di step:

Step 1: Condizione geostatica per la valutazione delle tensioni verticali e delle tensioni orizzontali in assenza di deformazioni (spinta in quiete). In tale step vengono definiti i micropali;

Step 2: Scavo a 0.50 m al di sotto della quota del 1° ordine di tiranti previsto;

Step 3: Realizzazione del 1° ordine di tiranti previsto ed applicazione del pre-tiro;

Step 4: Scavo a 0.50 m al di sotto della quota del 2° ordine di tiranti previsto;

Step 5: Realizzazione del 2° ordine di tiranti previsto ed applicazione del pre-tiro;

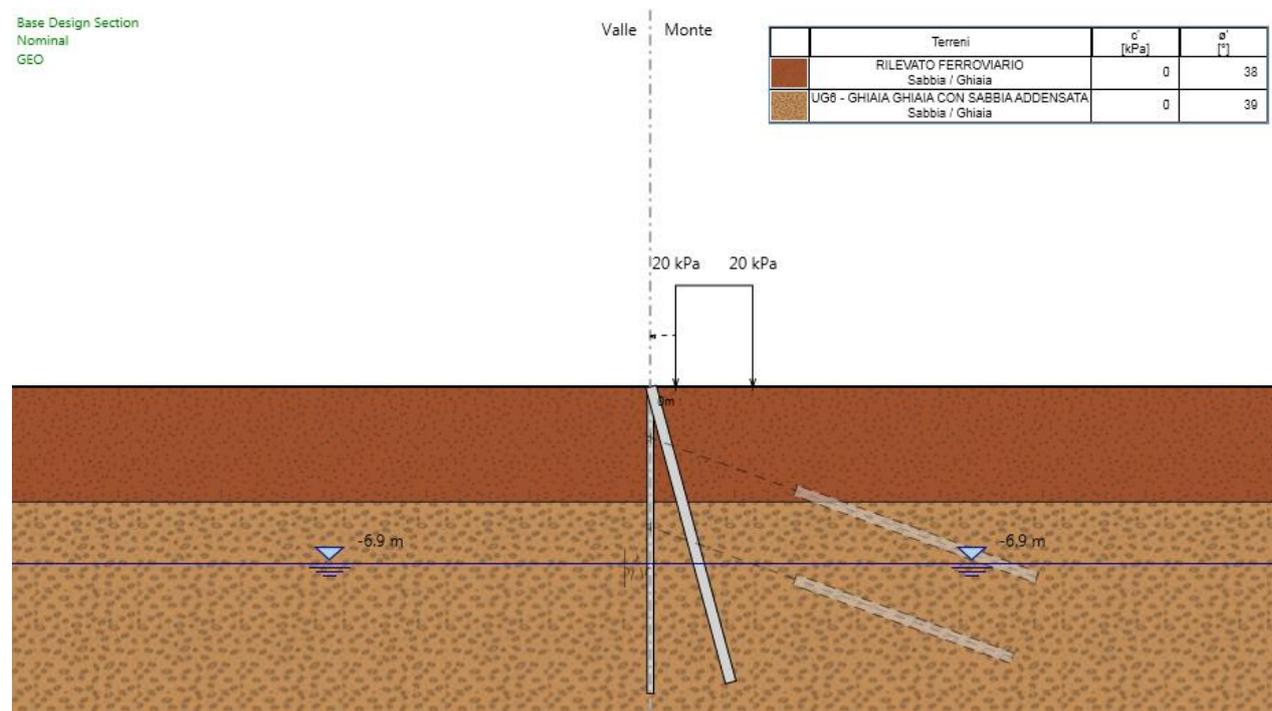
Step 6: Scavo fino alla profondità di calcolo;

Step 7: Getto della fondazione (modellata come vincolo elastico posto ad una profondità pari a quella del baricentro della membratura);

Step 8: Rimozione del 2° ordine di tiranti previsto;

Step 9: Rimozione del 1° ordine di tiranti previsto.

Di seguito, la rappresentazione degli step di analisi considerati.

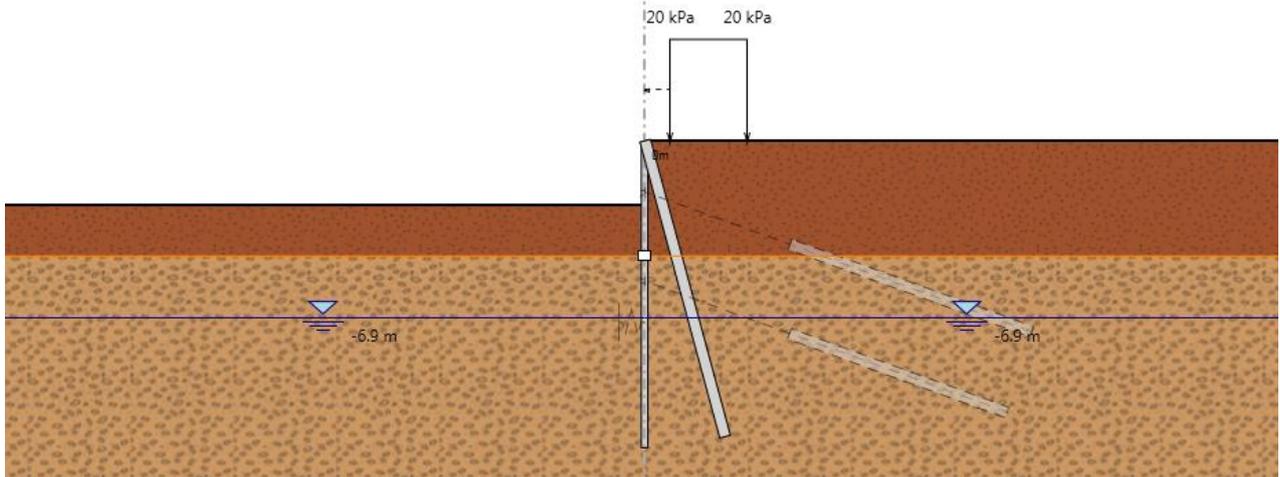


	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	11	EI2CLSL01A1001	B

Base Design Section
Nominal
Scavo per 1° tirante

Valle Monte

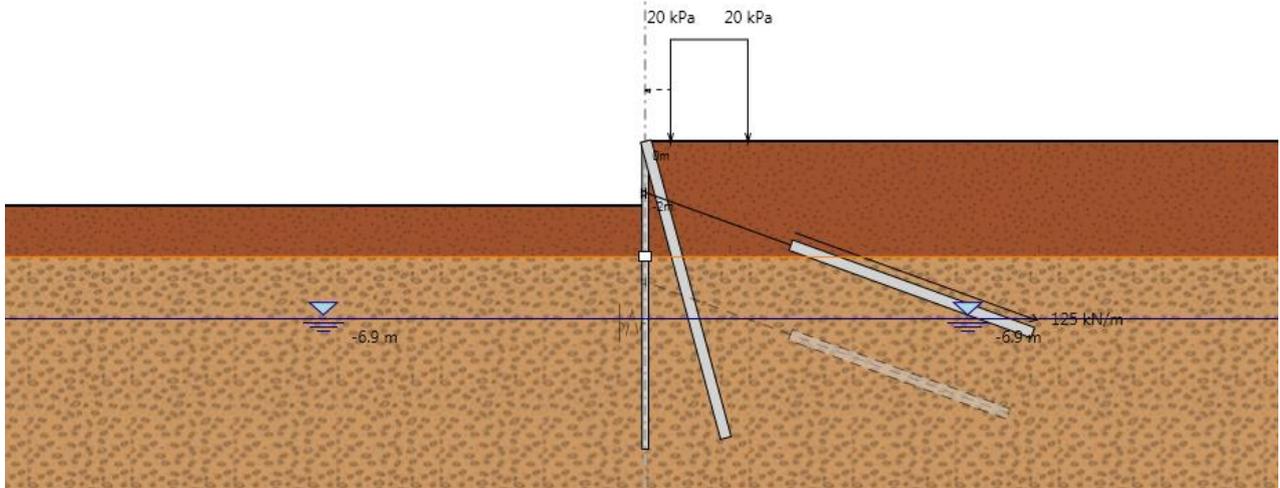
Terreni	c' [kPa]	φ' [°]
RILEVATO FERROVIARIO Sabbia / Ghiaia	0	38
UG6 - GHIAIA GHIAIA CON SABBIA ADDENSATA Sabbia / Ghiaia	0	39



Base Design Section
Nominal
1° tirante

Valle Monte

Terreni	c' [kPa]	φ' [°]
RILEVATO FERROVIARIO Sabbia / Ghiaia	0	38
UG6 - GHIAIA GHIAIA CON SABBIA ADDENSATA Sabbia / Ghiaia	0	39



Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

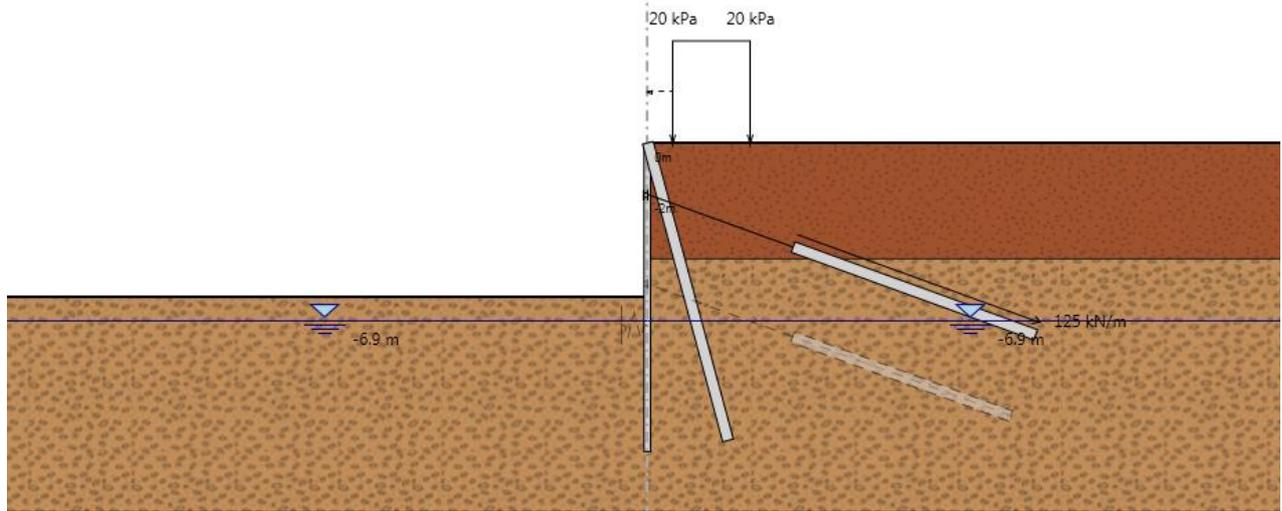
EI2CLSL01A1001

B

Base Design Section
Nominal
Scavo per 2° tirante

Valle Monte

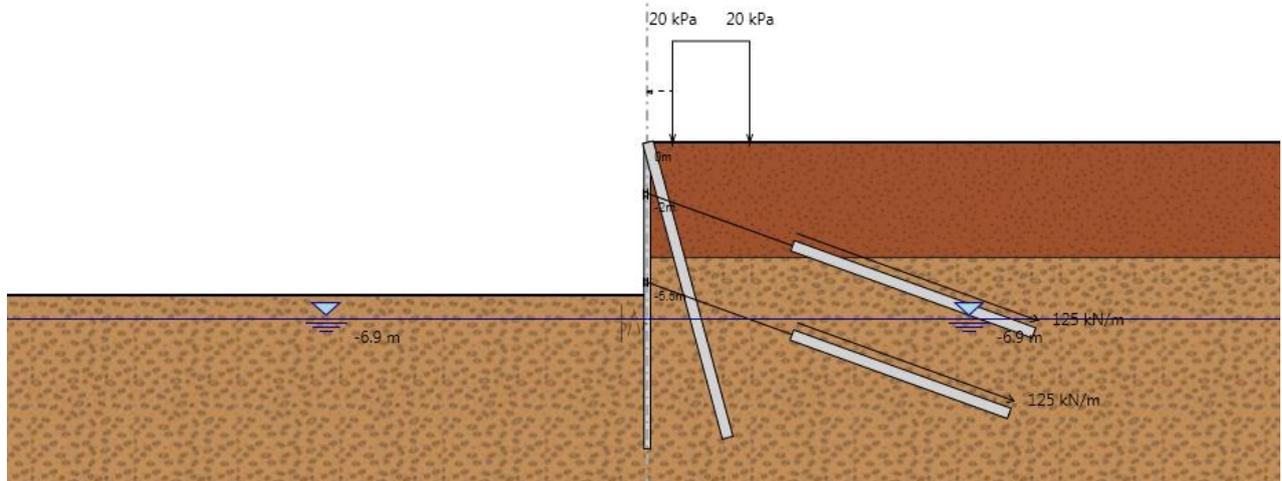
	Terreni	c' [kPa]	φ' [°]
	RILEVATO FERROVIARIO Sabbia / Ghiaia	0	38
	UG8 - GHIAIA GHIAIA CON SABBIA ADDENSATA Sabbia / Ghiaia	0	39



Base Design Section
Nominal
2° tirante

Valle Monte

	Terreni	c' [kPa]	φ' [°]
	RILEVATO FERROVIARIO Sabbia / Ghiaia	0	38
	UG8 - GHIAIA GHIAIA CON SABBIA ADDENSATA Sabbia / Ghiaia	0	39



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

11

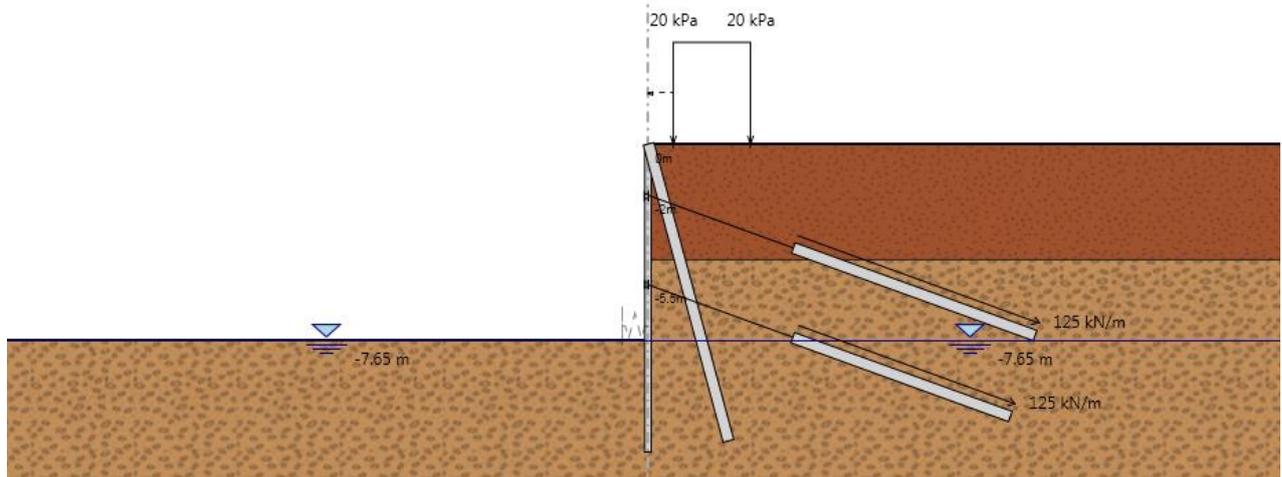
EI2CLSL01A1001

B

Base Design Section
Nominal
Scavo finale

Valle Monte

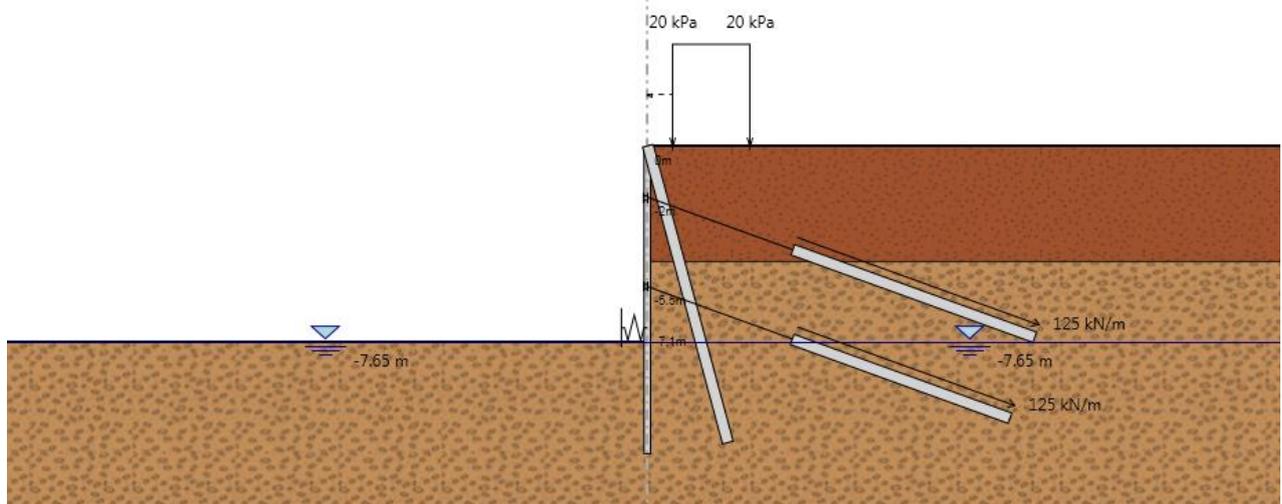
Terreni		c' [kPa]	ϕ' [°]
	RILEVATO FERROVIARIO Sabbia / Ghiaia	0	38
	UG6 - GHIAIA GHIAIA CON SABBIA ADDENSATA Sabbia / Ghiaia	0	39



Base Design Section
Nominal
Fondazione

Valle Monte

Terreni		c' [kPa]	ϕ' [°]
	RILEVATO FERROVIARIO Sabbia / Ghiaia	0	38
	UG6 - GHIAIA GHIAIA CON SABBIA ADDENSATA Sabbia / Ghiaia	0	39



Progetto

Lotto

Codifica

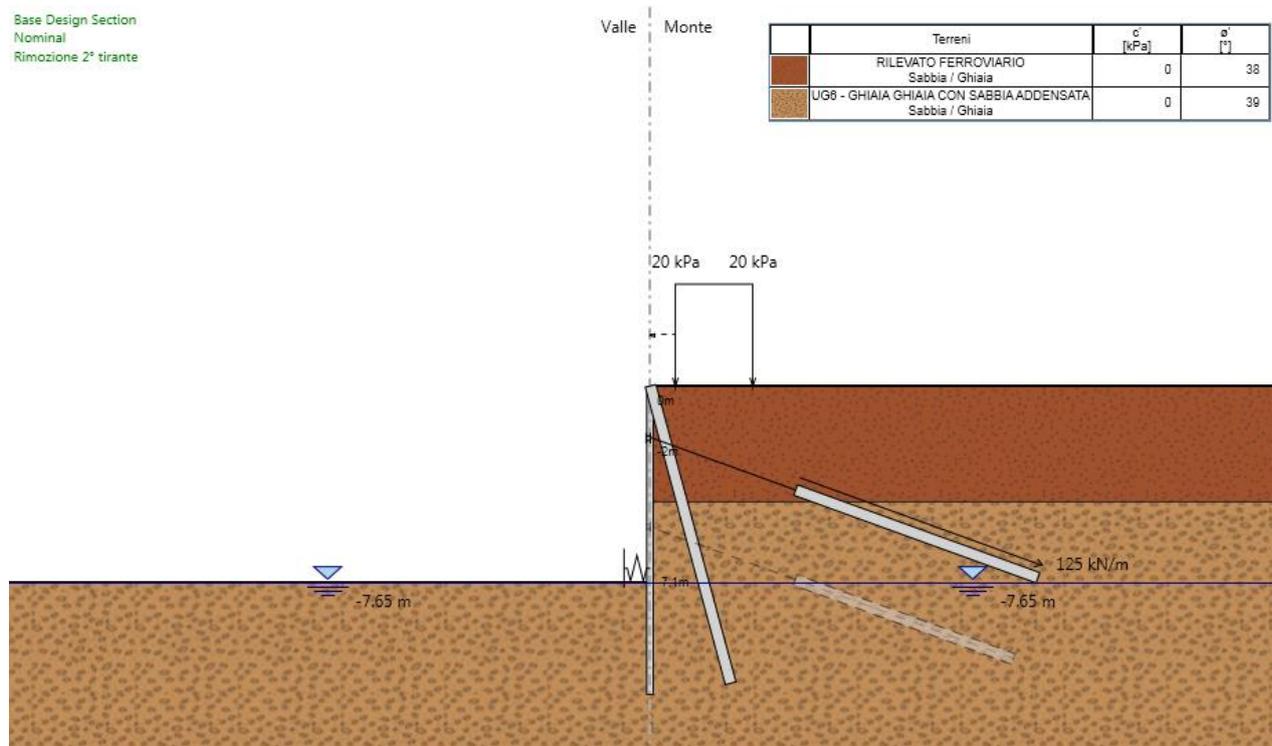
IN17

11

EI2CLSL01A1001

B

Base Design Section
Nominal
Rimozione 2° tirante



Base Design Section
Nominal
Rimozione 1° tirante

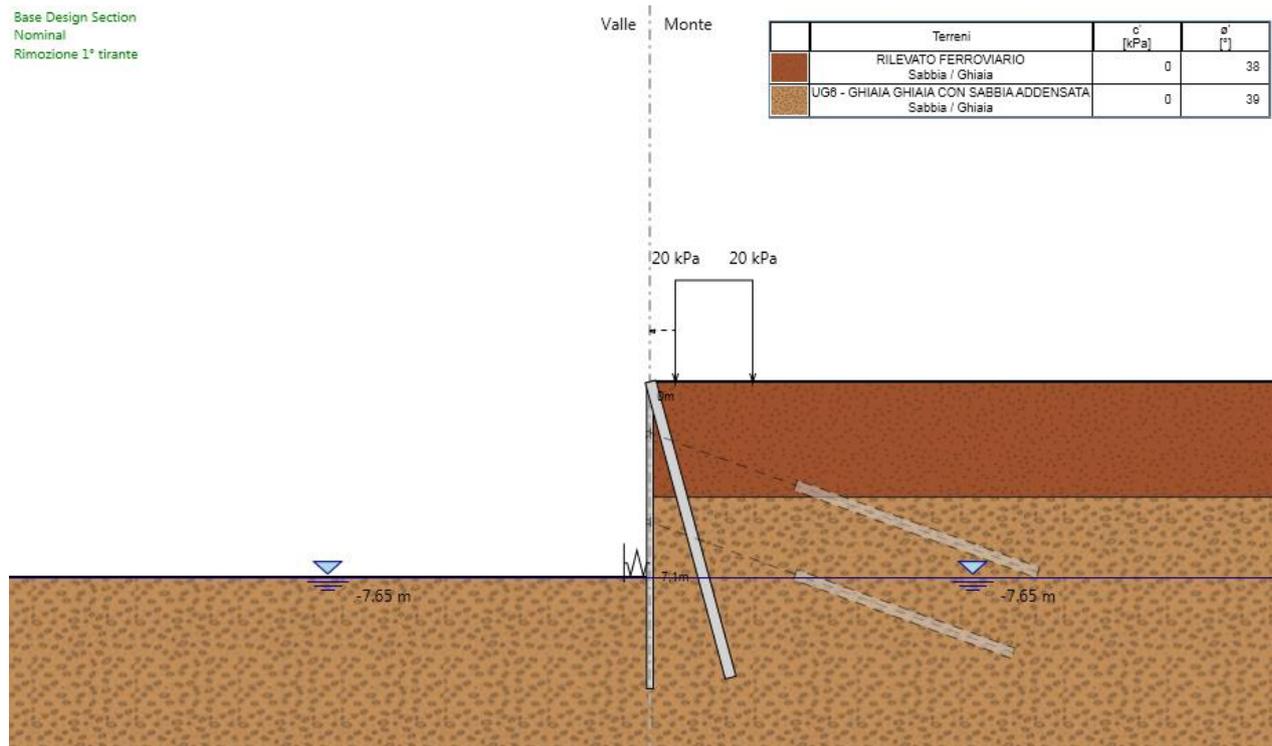


Figura 8.1: Step di calcolo della paratia provvisoria

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica E12CLSL01A1001	B

9 ANALISI DEI RISULTATI

9.1 SOLLECITAZIONI

Nei paragrafi seguenti si riportano i risultati delle analisi condotte per il modello implementato, con le indicazioni dei valori massimi delle sollecitazioni flettenti e taglianti e delle rispettive profondità. I valori riportati sono relativi all'analisi al metro lineare di parete.

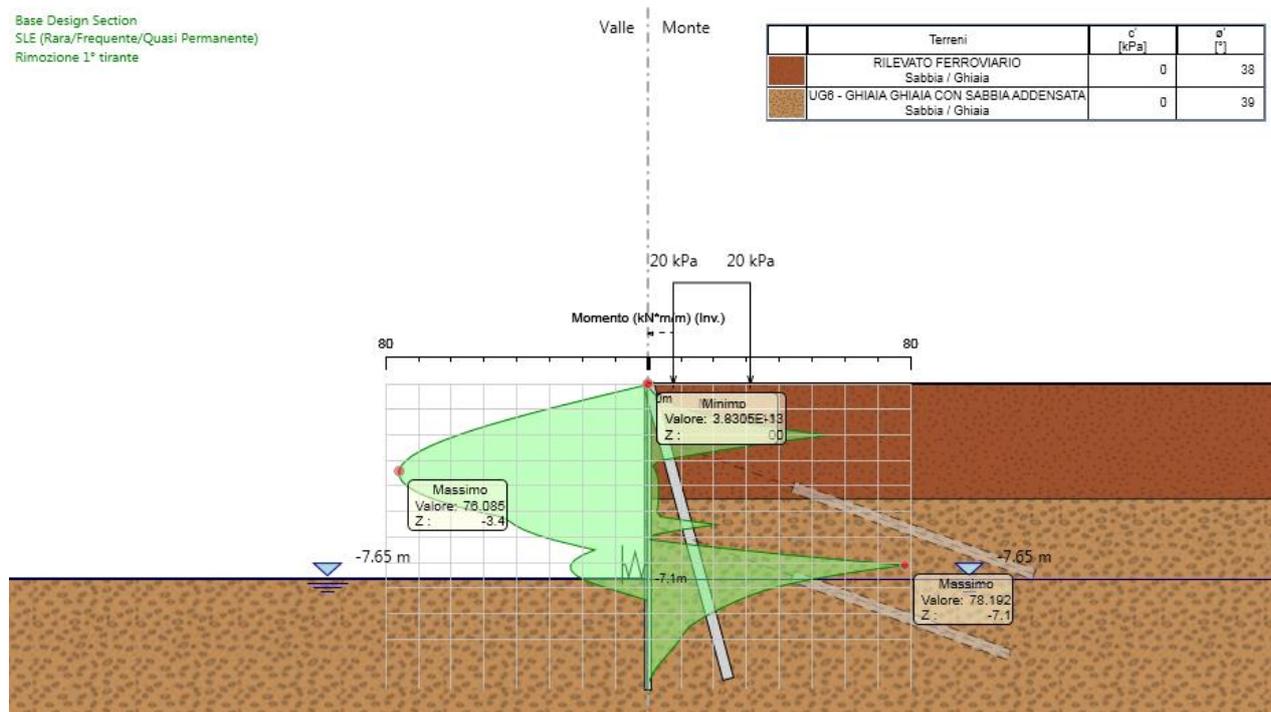


Figura 9.1: Involuppo SLE – diagramma del momento flettente

Base Design Section
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
Rimozione 1° tirante

Valle | Monte

Terreni	c' [kPa]	φ' [°]
RILEVATO FERROVIARIO Sabbia / Ghiaia	0	38
UG8 - GHIAIA GHIAIA CON SABBIA ADDENSATA Sabbia / Ghiaia	0	39

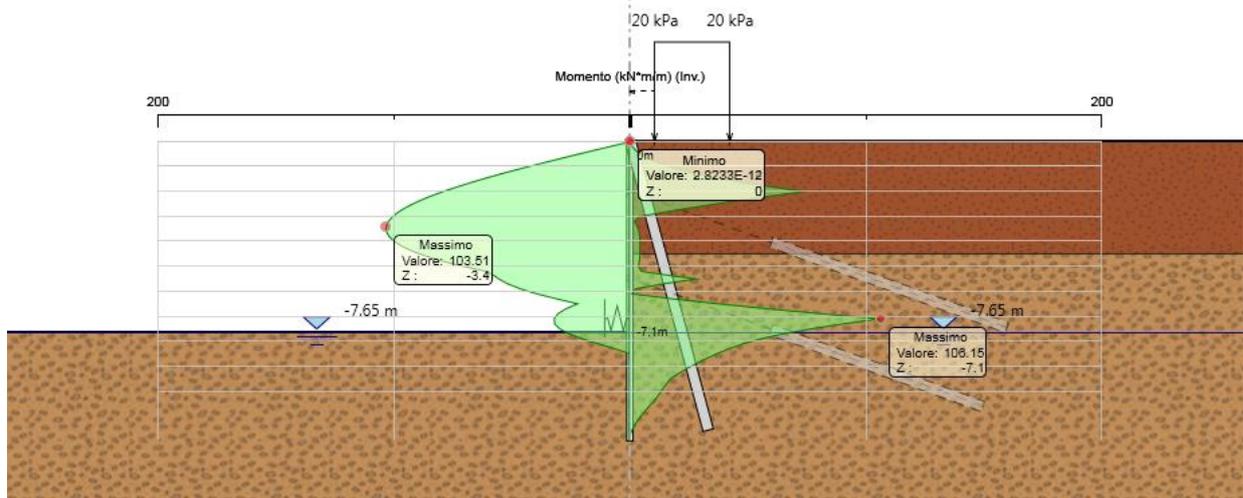


Figura 9.2: Involuppo SLU – diagramma del momento flettente

Base Design Section
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)
Rimozione 1° tirante

Valle | Monte

Terreni	c' [kPa]	φ' [°]
RILEVATO FERROVIARIO Sabbia / Ghiaia	0	38
UG8 - GHIAIA GHIAIA CON SABBIA ADDENSATA Sabbia / Ghiaia	0	39

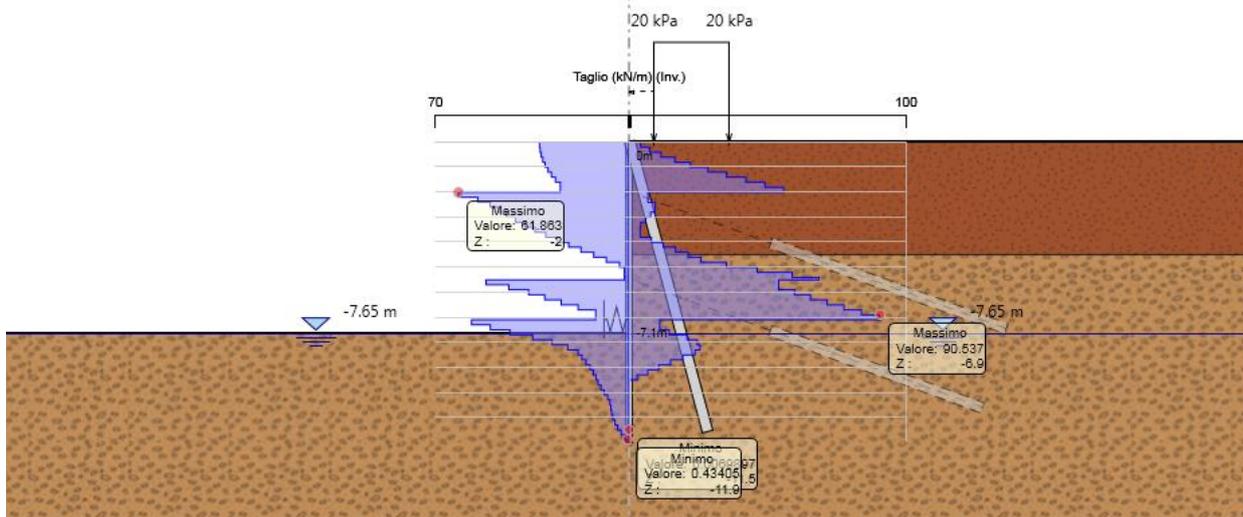


Figura 9.3: Involuppo SLE – diagramma del taglio

Base Design Section
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
Rimozione 1° tirante

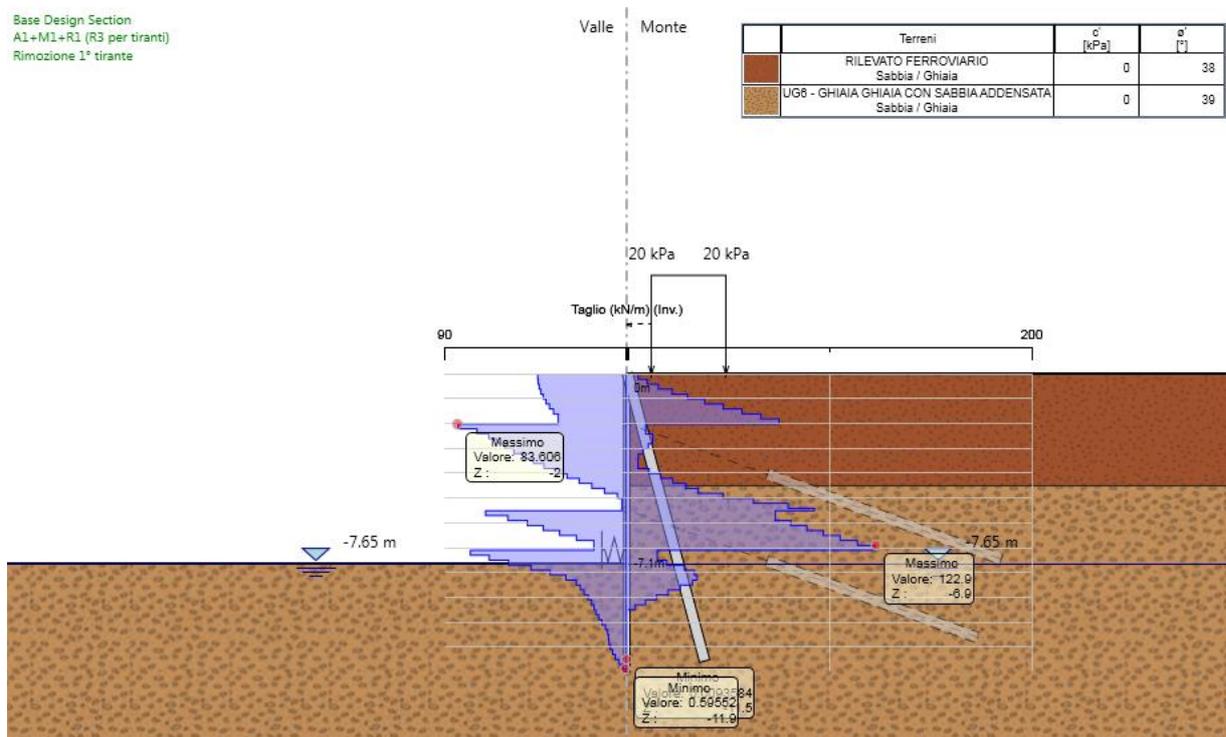


Figura 9.4: Involuppo SLU – diagramma del taglio

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica E12CLSL01A1001	B

9.2 SPOSTAMENTI

Di seguito si forniscono le indicazioni dei valori massimi degli spostamenti riscontrati in fase di esercizio.

Base Design Section
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)
Rimozione 1° tirante

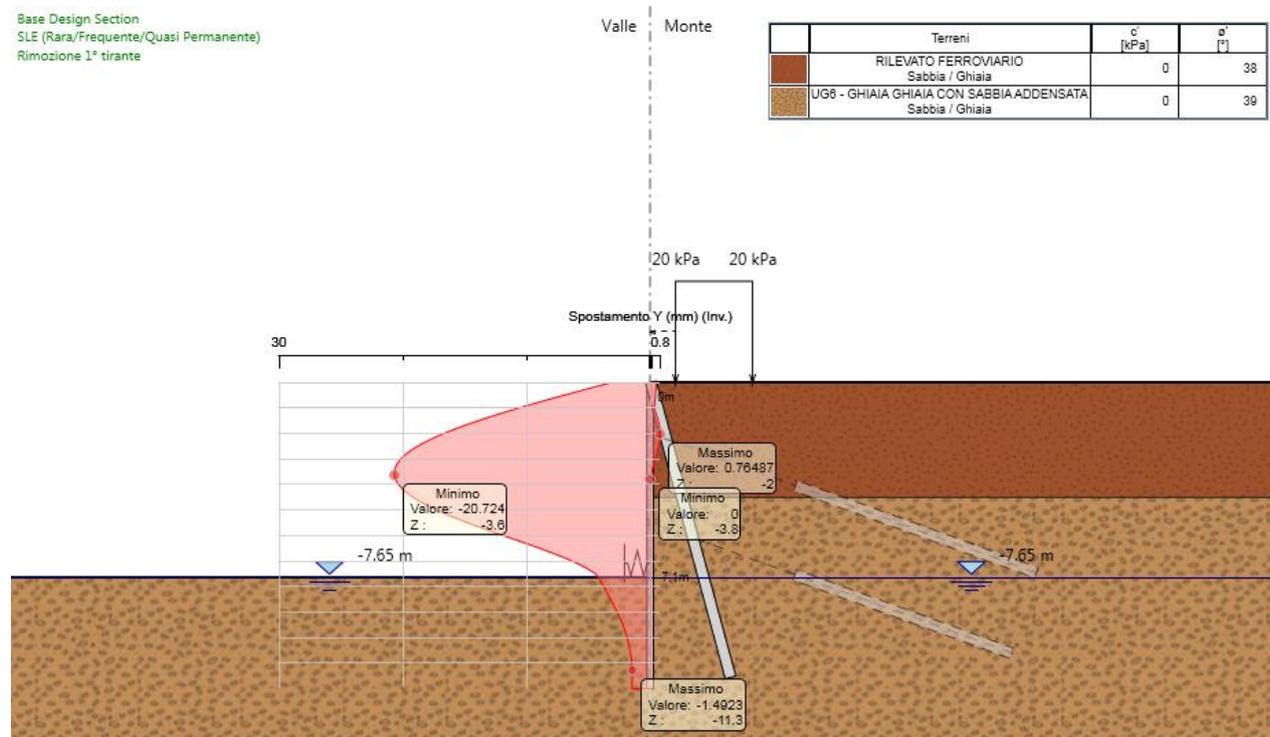


Figura 9.5: Inviluppo SLE – spostamenti orizzontali della paratia

Lo spostamento massimo orizzontale della paratia risulta pari a circa 2.07 cm, ritenuto ammissibile anche in virtù del fatto che in fase di calcolo si trascura la presenza dell'elevazione del sottovia in fase di getto (la quale rappresenta un ulteriore vincolo allo spostamento orizzontale dell'opera provvisoria).

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	11	EI2CLSL01A1001
				B

9.3 SFORZI NEI TIRANTI

Di seguito si forniscono le indicazioni dei valori massimi di sollecitazione nei tiranti.

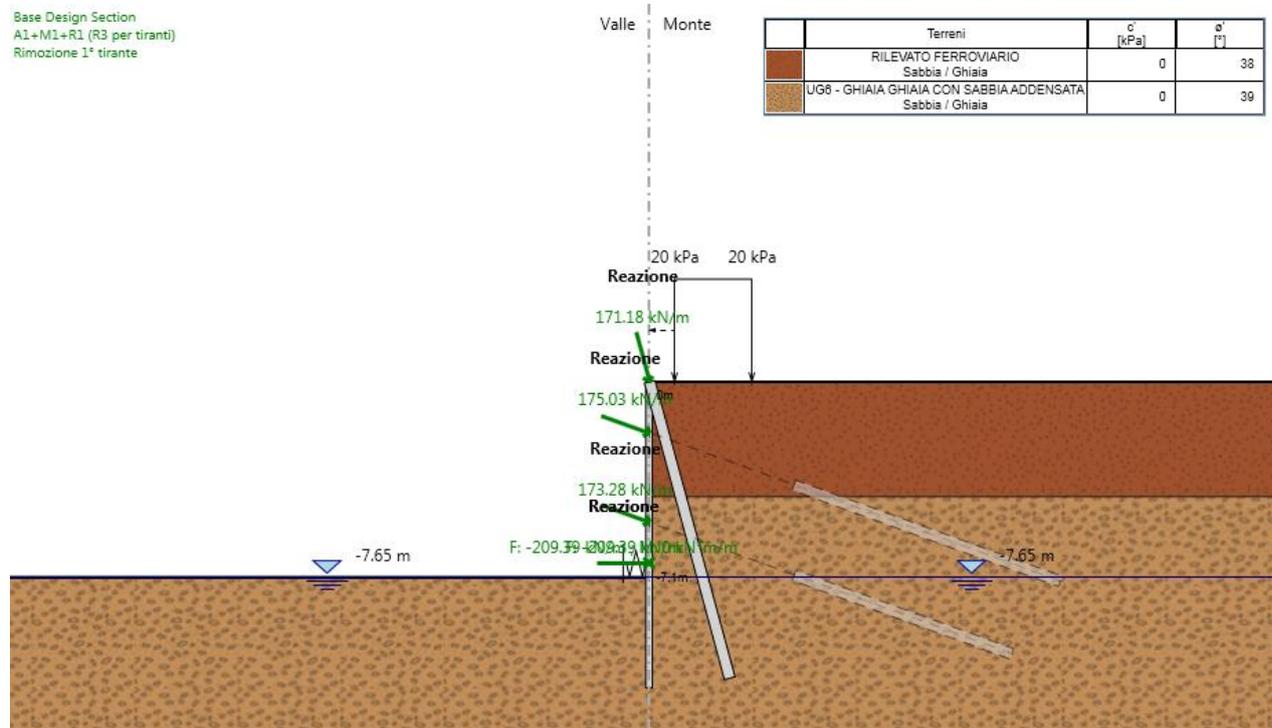


Figura 9.6: Involuppo SLU – sollecitazioni nei tiranti di ancoraggio (fase di raggiungimento fondo scavo)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

10 VERIFICHE DELL'OPERA

Si riportano a seguire le seguenti verifiche dell'opera provvisoria:

- Verifiche strutturali: sono eseguite le verifiche allo SLU a flessione e a taglio dei micropali provvisori verticali e della trave di ripartizione più sollecitata;
- Verifiche geotecniche: sono eseguite le verifiche di stabilità globale dell'opera e di collasso per rotazione rigida attorno al piede dell'opera;
- Verifiche dei tiranti di ancoraggio: sono eseguite le verifiche sulla lunghezza libera minima, a sfilamento del bulbo di ancoraggio (verifica geotecnica) e a rottura dell'elemento allo SLU (verifica strutturale).

10.1 VERIFICHE STRUTTURALI

10.1.1 VERIFICA DEI MICROPALI

Di seguito si riporta la verifica strutturale del singolo profilo tubolare di armatura dei micropali, $\phi 168.3$ spessore 10 mm, eseguita secondo la combinazione A1+M1+R1, considerando le seguenti sollecitazioni massime flettenti e di taglio allo SLU:

Max. momento (assoluto) [kNm/m]	106.15	Z = -7.1 m
Max. taglio [kN/m]	122.9	Z = -6.9 m

In favore di sicurezza, la verifica della sezione più sollecitata (sezione di Classe I) è condotta in campo elastico. Di seguito, la sintesi del calcolo condotto. Le verifiche strutturali risultano soddisfatte.

Verifica strutturale micropali

Massimo momento agente (A1+M1+R1)	M_{max}	106.15	kN*m/m
Diametro foro	D_f	0.25	m
Diametro tubolare	D_m	168.3	mm
Spessore tubolare	t	10	mm
Interasse micropali	i	0.4	m
Momento riferito al singolo micropalo	M_m	42.46	kN*m
Modulo resistenza elastico micropalo	W	185 857	mm ³
Tensione massima acciaio	s_{max}	228	N/mm ²
Massimo taglio agente a metro	$V_{ed/m}$	122.9	kN/m

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

Taglio riferito al singolo micropalo	V_{ed}	49.16	kN	
Area sezione acciaio	A	4973	mm ²	
Area resistente a taglio $A_v=2 \cdot A/\pi$	A_v	3166	mm ²	
Resistenza caratteristica acciaio	f_{yk}	275.0	N/mm ²	
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ_{m0}	1.05		
Tensione di taglio	τ	15.53	N/mm ²	
Tensione di verifica secondo DM 14.1.2008 - 4.2.4.1.2	$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$	230	N/mm ²	$< f_{yk}/\gamma_{m0} \quad 262 \quad \text{N/mm}^2$

10.1.2 VERIFICA DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE PIU' SOLLECITATA

La verifica delle travi di ripartizione è stata effettuata considerando tutte le azioni sui tiranti di ogni ordine per tutte le fasi di calcolo. Il comportamento globale della trave è schematizzabile come quello di trave semplicemente appoggiata in corrispondenza delle testate dei tiranti, per la parte centrale. Si considera quindi un carico uniformemente distribuito sulla trave che equilibra le reazioni dei tiranti ricavate dal programma di calcolo.

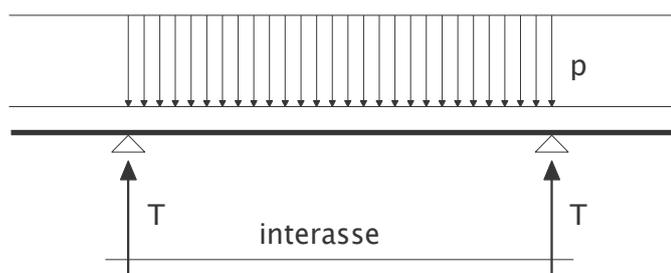


Figura 10.1: Modello di calcolo della trave di ripartizione

In favore di sicurezza, la verifica della sezione più sollecitata (sezione di Classe I) della zona centrale è condotta in campo elastico. Di seguito, la sintesi del calcolo condotto. La verifica risulta soddisfatta.

Caratteristiche delle sollecitazioni

T	=	181.1231	kN/m	sollecitazione nel tirante per metro di profondità (SLU/sisma)
L	=	2	m	interasse tiranti
n°	=	2		n° travi di ripartizione

Momento e taglio ultimo

Msd	=	45.3	kNm	momento sollecitante ultimo
Vsd	=	90.6	kNm	taglio sollecitante ultimo

Caratteristiche travi di ripartizione

W	=	293.6	cm ³	modulo elastico di resistenza singolo profilato
---	---	-------	-----------------	---

2HEA180

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

h	=	171	mm	altezza trave
tw	=	6	mm	spessore anima
tf	=	9.5	mm	spessore ali
A	=	912		area anima
fyd	=	262	MPa	tensione di snervamento (S275)
tyd	=	151	MPa	tensione tangenziale di snervamento

Momento e taglio resistente

Mrd	=	77	kNm	momento resistente ultimo
Vrd	=	138	kN	taglio resistente ultimo

Verifiche

Msd	=	45.3	kNm	<	Mrd	=	76.9	kNm	verificato
Vsd	=	90.6	kNm	<	Vrd	=	138	kN	verificato

Per quanto riguarda la verifica della zona di estremità della trave di ripartizione, si considera cautelativamente uno schema a mensola con una luce pari a 1.2 m. Di seguito si riporta il calcolo della sezione più sollecitata della zona di estremità. In favore di sicurezza, la verifica della sezione (Classe I) è condotta in campo elastico. Di seguito, la sintesi del calcolo condotto. La verifica risulta soddisfatta.

Caratteristiche delle sollecitazioni

T	=	181.1231	kN/m	sollecitazione nel tirante per metro di profondità (SLU/sisma)
L	=	0.6	m	lunghezza mensola (dall'ultimo tirante all'estremità libera della trave)
n°	=	2		n° travi di ripartizione

Momento e taglio ultimo

Msd	=	16.3	kNm	momento sollecitante ultimo
Vsd	=	54.3	kNm	taglio sollecitante ultimo

Caratteristiche travi di ripartizione

2HEA 180

W	=	293.6	cm ³	modulo di resistenza
h	=	171	mm	altezza trave
tw	=	6	mm	spessore anima
tf	=	9.5	mm	spessore ali
A	=	912		area anima
fyd	=	262	MPa	tensione di snervamento (S275)
tyd	=	151	MPa	tensione tangenziale di snervamento

Momento e taglio resistente

Mrd	=	77	kNm	momento resistente ultimo
Vrd	=	138	kN	taglio resistente ultimo

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica E12CLSL01A1001	B

Verifiche

Msd	=	16.3 kNm	<	Mrd	=	76.9 kNm	verificato
Vsd	=	54.3 kNm	<	Vrd	=	137.9 kN	verificato

10.2 VERIFICHE GEOTECNICHE

10.2.1 VERIFICA GEOTECNICA DI STABILITA' GLOBALE DELL'OPERA

In accordo con le norme tecniche, le verifiche di stabilità globale dell'insieme terreno-opera è stata condotta secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2 + M2 + R2).

I risultati ottenuti assicurano la stabilità globale dell'opera, garantendo, lungo tutte le superfici di scivolamento analizzate, dei coefficienti di sicurezza conformi a quanto richiesto dalle NTC.

L'analisi di stabilità globale è stata condotta mediante il programma "ParatiePlus", applicando il metodo di Bishop. Le superfici analizzate presentano coefficiente di sicurezza minimo pari a:

$$2.46 > 1.1$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

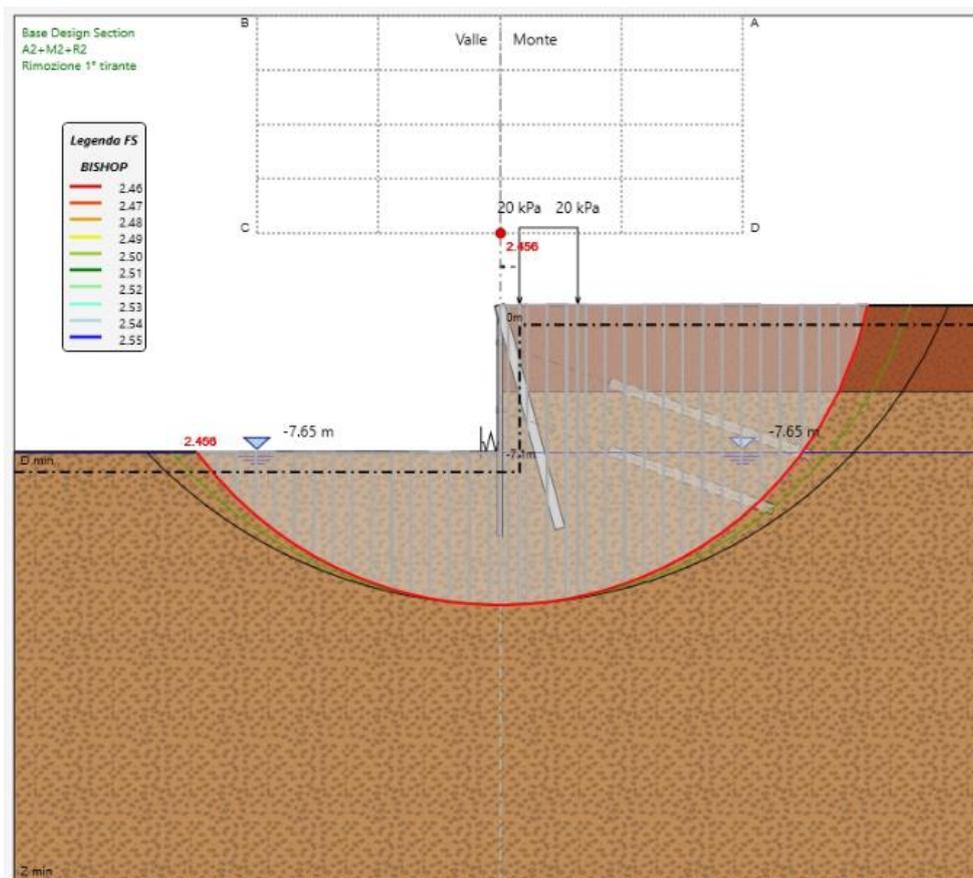


Figura 10.2: Risultati dell'analisi di stabilità globale dell'opera

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

10.2.2 VERIFICA GEOTECNICA A COLLASSO PER ROTAZIONE RIGIDA ATTORNO AL PIEDE

Le verifiche geotecniche sono svolte valutando il coefficiente di sicurezza in termini di rapporto di mobilitazione della spinta passiva, cioè come rapporto tra spinta passiva mobilitata al piede della paratia e la spinta passiva mobilitabile. La verifica è soddisfatta se tale rapporto è inferiore all'unità.

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) **0.6**

D.A. A2+M2+R1 (Stage di getto della fondazione)

10.3 VERIFICHE DEI TIRANTI DI ANCORAGGIO

10.3.1 CONTROLLO DELLA LUNGHEZZA LIBERA DEL TIRANTE

La lunghezza libera dei tiranti è calcolata imponendo che l'ancoraggio sia posizionato oltre la potenziale superficie di rottura inclinata di $45 - \phi'/2$ sull'orizzontale.

$$L_{lib} = (h_{paratia} - h_{tirante}) \frac{\text{sen}(45 - \phi/2)}{\text{sen}(45 + \phi/2 + \theta)}$$

dove:

$h_{paratia}$ = altezza della paratia;

$h_{tirante}$ = quota del tirante rispetto alla testa della paratia;

ϕ = angolo di attrito del terreno;

θ = inclinazione del tirante sull'orizzontale.

1° ORDINE

CONDIZIONE STATICA			
$h_{paratia}$	=	12	m
$h_{tirante_Testa_Paratia}$	=	2	m
ϕ	=	39	°
θ	=	20	°
L_{lib_min}	=	4.58	m

L_{libera} di progetto = 5.00 m

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

2° ORDINE	
CONDIZIONE STATICA	
$h_{paratia}$	= 12 m
$h_{tirante_Testa_Paratia}$	= 5.5 m
ϕ	= 39 °
θ	= 20 °
L_{lib}	= 3.06 m
L_{libera} di progetto	= 6.00 m

Il controllo sulla lunghezza libera dei tiranti risulta soddisfatto, pertanto si procede con le verifiche.

10.3.2 VERIFICA A SFILAMENTO DEI BULBI DI ANCORAGGIO DEI TIRANTI E DEI MICROPALI SUB-VERTICALI

Il dimensionamento geotecnico ed in particolare la verifica allo sfilamento della fondazione dell'ancoraggio è stata svolta confrontando la massima azione di progetto sviluppata in tutti gli stage di analisi, con la resistenza di progetto, conformemente con quanto previsto nelle norme tecniche.

La resistenza allo sfilamento T_{lim} è calcolata in base alla seguente relazione:

$$T_{lim} = \pi \Phi_{perf} \alpha L_{fond} \tau_{lim}$$

in cui:

Φ_{perf} = diametro della perforazione, pari a 180 mm;

α = coefficiente moltiplicativo per il calcolo del diametro del bulbo;

L_{fond} = lunghezza di ancoraggio di progetto;

τ_{lim} = tensione limite allo sfilamento (dipendente dai terreni interessati).

Per quanto riguarda il valore di α per la determinazione del diametro del bulbo nei terreni in esame, questo è stato assunto pari a 1.4 (tiranti IRS). Si faccia riferimento alla Tabella riportata di seguito.

La tensione limite τ_{lim} di progetto, al contatto bulbo-terreno, è stata calcolata, considerando valori di aderenza limite, come indicato nell'abaco seguente, valido per sabbie e ghiaie, in cui le curve SG1 sono valide per bulbi realizzati con iniezioni ripetute (IRS), mentre le curve SG2 per bulbi realizzati con iniezioni semplici a getto unico (IGU).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

Nel caso in esame i bulbi sono realizzati con iniezioni ripetute (IRS). Calcolando la pressione media efficace verticale agente sul bulbo del tirante, la tensione di aderenza che ne risulta, adottata per le verifiche di sfilamento del tirante, è pari a 90 kPa.

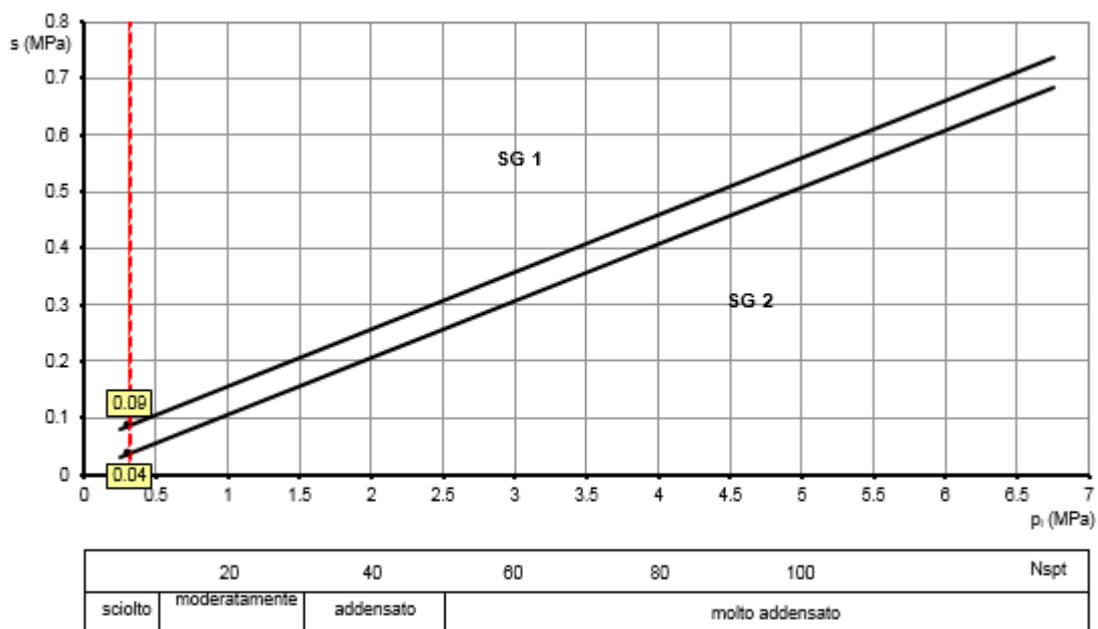


Figura 10.3: Abaco per il calcolo della tensione limite (s) per sabbie e ghiaie

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2CLSL01A1001	B

TERRENO	Valori di α	
	IRS	IGU
Ghiaia	1.8	1.3 - 1.4
Ghiaia sabbiosa	1.6 - 1.8	1.2 - 1.4
sabbia ghiaiosa	1.5 - 1.6	1.2 - 1.3
Sabbia grossa	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2
Sabbia media	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2
Sabbia fine	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2
Sabbia limosa	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2
Limo	1.4 - 1.6	1.1 - 1.2
Argilla	1.8 - 2.0	1.2
Marne	1.8	1.1 - 1.2
Calcarei marnosi	1.8	1.1 - 1.2
Calcarei alterati o fratturati	1.8	1.1 - 1.2
Roccia alterata e/o fratturata	1.2	1.1

Figura 10.4: Tabella per il calcolo di α

I valori caratteristici delle resistenze sono stati quindi dedotti ricorrendo al fattore di correlazione ξ_3 funzione del numero di profili di indagine come esposto in tabella 6.6.III delle NTC 2008. Il fattore ξ_3 utilizzato nelle verifiche geotecniche è pari a 1.80.

Infine la resistenza unitaria di progetto $R_{ad,r}$ è ottenuta applicando alla resistenza caratteristica i coefficienti parziali γ_r riportati nella tabella 6.6.I delle NTC 2008. In particolare, per i tiranti provvisori in esame è assunto γ_r pari a 1.1.

Si riportano di seguito i risultati delle verifiche geotecniche di sfilamento dei tiranti (Comb. A1+M1+R3).

Elemento	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	NTC2008 (ITA)
Tirante	Stage			FS GEO
1° ordine tiranti	Rimozione 2° tirante	350.05	409.9	0.854
2° ordine tiranti	Scavo finale	346.56	359.86	0.963
Micropalo sub-verticale	Rimozione 1° tirante	206.54	518.31	0.398

La verifica geotecnica dei tiranti di ancoraggio risulta soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

10.3.3 VERIFICA STRUTTURALE DELL'ARMATURA DEI TIRANTI E DEI MICROPALI SUB-VERTICALI

La verifica strutturale dell'ancoraggio è stata effettuata controllando la trazione del tratto libero costituito dai trefoli in acciaio armonico. Nello specifico, il tiro di progetto deve risultare inferiore alla resistenza di progetto a trazione del tratto libero, calcolata come segue:

$$R_d = A_{\text{trefoli}} \times f_{p(1)k} / \gamma_r$$

dove:

A_{trefoli} = area complessiva degli n trefoli aventi ognuno area trasversale di 139 mm²

$f_{p(1)k}$ = resistenza caratteristica allo 0.1% di deformazione (tensione di snervamento)

γ_r = fattore parziale di resistenza dell'acciaio pari a 1.15

La verifica suddetta è condotta considerando le azioni sollecitanti sul tirante ottenute dall'approccio A1+M1+R3.

Si riportano di seguito i risultati delle verifiche per la condizione più gravosa. Si rimanda al tabulato di calcolo per maggiori dettagli.

Design Assumption: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	Sollecitazione (kN)	Resistenza STR (kN)	NTC2008 (ITA)
Tirante	Stage			FS STR
1° ordine tiranti	Rimozione 2° tirante	350.05	605.56	0.578
2° ordine tiranti	Scavo finale	346.56	605.56	0.572
Micropalo sub-verticale	Rimozione 1° tirante	206.54	1535.1	0.135

La verifica strutturale dei tiranti di ancoraggio risulta soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica E12CLSL01A1001	B

Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Muro di sinistra

Sezione : Micropalo

Area equivalente : 0.0289629853385815 m

Inerzia equivalente : 0.0001 m⁴/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.4 m

Diametro : 0.25 m

Efficacia : 1

Materiale acciaio : S275

Sezione : 0.1683x0.01

Tipo sezione : O

Spaziatura : 0.4 m

Spessore : 0.01 m

Diametro : 0.1683 m

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2CLSLO1A1001	B

Descrizione Coefficienti Design Assumption

Coefficienti A

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli	Carichi Permanenti Favorevoli	Carichi Variabili Sfavorevoli	Carichi Variabili Favorevoli	Carico Sismico (F_seism_load)	Pressioni Acqua Lato Monte (F_WaterDR)	Pressioni Acqua Lato Valle (F_WaterRes)
	(F_dead_load_unfavour)	(F_dead_load_favour)	(F_live_load_unfavour)	(F_live_load_favour)			
Simbolo	γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}	γ_G	γ_G
Nominal	1	1	1	1	1	1	1
SLE	1	1	1	1	0	1	1
(Rara/Frequente/Quasi Permanente)							
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.35	1	1.45	1	0	1.3	1
A2+M2+R1	1	1	1.25	0	0	1.25	1
A2+M2+R2	1	1	1.25	0	0	1.25	1

Coefficienti M

Nome	Parziale su $\tan(\phi')$	Parziale su c'	Parziale su S_u	Parziale su q_u	Parziale su peso specifico
	(F_Fr)	(F_eff_cohes)	(F_Su)	(F_qu)	(F_gamma)
Simbolo	γ_ϕ	γ_c	γ_{cu}	γ_{qu}	γ_γ
Nominal	1	1	1	1	1
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1
A2+M2+R2	1.25	1.25	1.4	1	1

Coefficienti R

Nome	Parziale resistenza terreno (es. K_p) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
	γ_{Re}	γ_{ap}	γ_{at}	
Simbolo				
Nominal	1	1	1	1
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1.2	1.1	1
A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1
A2+M2+R2	1	1.2	1.1	1

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

Risultati SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

Risultati Elementi strutturali - SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

Design Assumption: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Sollecitazione MICROPALO

Stage	Forza (kN/m)
GEO	3.2725899E-16
Scavo per 1° tirante	27.35638
1° tirante	17.01245
Scavo per 2° tirante	-5.455203
2° tirante	0.275501
Scavo finale	0.4399996
Fondazione	0.4399996
Rimozione 2° tirante	-16.30763
Rimozione 1° tirante	125.8324

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

Design Assumption: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Sollecitazione 1° ordine tiranti

Stage	Forza (kN/m)
1° tirante	125
Scavo per 2° tirante	128.2054
2° tirante	127.9208
Scavo finale	127.5278
Fondazione	127.5278
Rimozione 2° tirante	129.5532

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

Design Assumption: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Sollecitazione 2° ordine tiranti

Stage	Forza (kN/m)
2° tirante	125
Scavo finale	128.3184
Fondazione	128.3184

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

Design Assumption: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Sollecitazione Spring

Stage	Forza (kN/m)
Fondazione	0
Rimozione 2° tirante	-81.31614
Rimozione 1° tirante	-154.3074

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

Risultati A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Risultati Elementi strutturali - A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Design Assumption: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) Sollecitazione MICROPALO

Stage	Forza (kN/m)
GEO	2.501325225E-16
Scavo per 1° tirante	37.191258
1° tirante	23.4127935
Scavo per 2° tirante	-7.3058814
2° tirante	0.433039365
Scavo finale	0.65580462
Fondazione	0.65580462
Rimozione 2° tirante	-22.1493555
Rimozione 1° tirante	171.184725

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

Design Assumption: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) Sollecitazione 1° ordine tiranti

Stage	Forza (kN/m)
1° tirante	168.75
Scavo per 2° tirante	173.15802
2° tirante	172.773405
Scavo finale	172.23732
Fondazione	172.23732
Rimozione 2° tirante	175.026285

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

Design Assumption: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) Sollecitazione 2° ordine tiranti

Stage	Forza (kN/m)
2° tirante	168.75
Scavo finale	173.28033
Fondazione	173.28033

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

Design Assumption: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) Sollecitazione Spring

Stage	Forza (kN/m)
Fondazione	0
Rimozione 2° tirante	-110.3063265
Rimozione 1° tirante	-209.38527

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

Risultati A2+M2+R1

Risultati Elementi strutturali - A2+M2+R1

Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione MICROPALO

Stage	Forza (kN/m)
GEO	1.0720476E-16
Scavo per 1° tirante	38.83442
1° tirante	25.05376
Scavo per 2° tirante	-17.15504
2° tirante	-9.953766
Scavo finale	-10.73793
Fondazione	-10.73793
Rimozione 2° tirante	-41.0921
Rimozione 1° tirante	172.1177

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione 1° ordine tiranti

Stage	Forza (kN/m)
1° tirante	125
Scavo per 2° tirante	132.5983
2° tirante	132.1216
Scavo finale	131.0104
Fondazione	131.0104
Rimozione 2° tirante	137.0311

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione 2° ordine tiranti

Stage	Forza (kN/m)
2° tirante	125
Scavo finale	135.047
Fondazione	135.047

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione Spring

Stage	Forza (kN/m)
Fondazione	-5.2041704E-13
Rimozione 2° tirante	-118.1925
Rimozione 1° tirante	-212.7106

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

Risultati A2+M2+R2

Risultati Elementi strutturali - A2+M2+R2

Design Assumption: A2+M2+R2 Sollecitazione MICROPALO

Stage	Forza (kN/m)
GEO	1.0720476E-16
Scavo per 1° tirante	38.83442
1° tirante	25.05376
Scavo per 2° tirante	-17.15504
2° tirante	-9.953766
Scavo finale	-10.73793
Fondazione	-10.73793
Rimozione 2° tirante	-41.0921
Rimozione 1° tirante	172.1177

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

Design Assumption: A2+M2+R2 Sollecitazione 1° ordine tiranti

Stage	Forza (kN/m)
1° tirante	125
Scavo per 2° tirante	132.5983
2° tirante	132.1216
Scavo finale	131.0104
Fondazione	131.0104
Rimozione 2° tirante	137.0311

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

Design Assumption: A2+M2+R2 Sollecitazione 2° ordine tiranti

Stage	Forza (kN/m)
2° tirante	125
Scavo finale	135.047
Fondazione	135.047

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

Design Assumption: A2+M2+R2 Sollecitazione Spring

Stage	Forza (kN/m)
Fondazione	-5.2041704E-13
Rimozione 2° tirante	-118.1925
Rimozione 1° tirante	-212.7106

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

Inviluppo Risultati Elementi Strutturali

Elemento strutturale	Design Assumption	Stage	TieBack Sollecitazione kN/m
MICROPALO	A2+M2+R2	Rimozione 1° tirante	172.12
1° ordine tiranti	A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Rimozione 2° tirante	175.03
2° ordine tiranti	A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Fondazione	173.28

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

Elemento strutturale	Design Assumption	Stage	Cela Forza kN/m
Spring	A2+M2+R2	Rimozione 1° tirante	-212.71

Elemento strutturale	Design Assumption	Stage	Cela Momento kN*m/m
Spring	A2+M2+R2	Rimozione 1° tirante	0

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica E12CLSL01A1001	B

Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali

Normative Verifiche

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

Coefficienti per Verifica Tiranti

GEO FS	1
ξ_{a3}	1.8
γ_s	1.15

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	GEO	Scavo per 1° tirante	1° tirante	Scavo per 2° tirante	2° tirante	Scavo finale	Fondazione	Rimozione 2° tirante	Rimozione 1° tirante
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V	V	V	V	V
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V	V	V	V	V
A2+M2+R1	V	V	V	V	V	V	V	V	V
A2+M2+R2	V	V	V	V	V	V	V	V	V

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

Verifiche Tiranti SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

Design Assumption: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Tirante	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018 (ITA)						Gerarchia delle Resistenze
		Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	
MICROPALO	GEO		0	1026.694	1535.143	0	0	
MICROPALO	Scavo per 1° tirante		32.828	1026.255	1535.143	0.032	0.021	
MICROPALO	1° tirante		20.415	1026.255	1535.143	0.02	0.013	
MICROPALO	Scavo per 2° tirante		-6.546	1026.255	1535.143	0.006	0.004	
MICROPALO	2° tirante		0.331	1026.255	1535.143	0	0	
MICROPALO	Scavo finale		0.528	1026.255	1535.143	0.001	0	
MICROPALO	Fondazione		0.528	1026.255	1535.143	0.001	0	
MICROPALO	Rimozione 2° tirante		-19.569	1026.255	1535.143	0.019	0.013	
MICROPALO	Rimozione 1° tirante		150.999	1026.255	1535.143	0.147	0.098	
1° ordine tiranti	1° tirante		250	811.608	605.557	0.308	0.413	NO
1° ordine tiranti	Scavo per 2° tirante		256.411	811.608	605.557	0.316	0.423	NO
1° ordine tiranti	2° tirante		255.842	811.608	605.557	0.315	0.422	NO
1° ordine tiranti	Scavo finale		255.056	811.608	605.557	0.314	0.421	NO
1° ordine tiranti	Fondazione		255.056	811.608	605.557	0.314	0.421	NO
1° ordine tiranti	Rimozione 2° tirante		259.106	811.608	605.557	0.319	0.428	NO
2° ordine tiranti	2° tirante		250	712.513	605.557	0.351	0.413	NO
2° ordine tiranti	Scavo finale		256.637	712.513	605.557	0.36	0.424	NO
2° ordine tiranti	Fondazione		256.637	712.513	605.557	0.36	0.424	NO

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

Verifiche Tiranti A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Design Assumption: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018					Gerarchia delle Resistenze
		Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	
Tirante	Stage						
MICROPALO	GEO	0	518.533	1535.143	0	0	
MICROPALO	Scavo per 1° tirante	44.63	518.311	1535.143	0.086	0.029	
MICROPALO	1° tirante	28.095	518.311	1535.143	0.054	0.018	
MICROPALO	Scavo per 2° tirante	-8.767	518.311	1535.143	0.017	0.006	
MICROPALO	2° tirante	0.52	518.311	1535.143	0.001	0	
MICROPALO	Scavo finale	0.787	518.311	1535.143	0.002	0.001	
MICROPALO	Fondazione	0.787	518.311	1535.143	0.002	0.001	
MICROPALO	Rimozione 2° tirante	-26.579	518.311	1535.143	0.051	0.017	
MICROPALO	Rimozione 1° tirante	205.422	518.311	1535.143	0.396	0.134	
1° ordine tiranti	1° tirante	337.5	409.903	605.557	0.823	0.557	
1° ordine tiranti	Scavo per 2° tirante	346.316	409.903	605.557	0.845	0.572	
1° ordine tiranti	2° tirante	345.547	409.903	605.557	0.843	0.571	
1° ordine tiranti	Scavo finale	344.475	409.903	605.557	0.84	0.569	
1° ordine tiranti	Fondazione	344.475	409.903	605.557	0.84	0.569	
1° ordine tiranti	Rimozione 2° tirante	350.053	409.903	605.557	0.854	0.578	
2° ordine tiranti	2° tirante	337.5	359.855	605.557	0.938	0.557	
2° ordine tiranti	Scavo finale	346.561	359.855	605.557	0.963	0.572	
2° ordine tiranti	Fondazione	346.561	359.855	605.557	0.963	0.572	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

Verifiche Tiranti A2+M2+R1

Design Assumption: A2+M2+R1 Tirante	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti Stage	NTC2018 (ITA)					Gerarchia delle Resistenze
		Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	
MICROPALO	GEO	0	518.533	1535.143	0	0	
MICROPALO	Scavo per 1° tirante	46.601	518.311	1535.143	0.09	0.03	
MICROPALO	1° tirante	30.065	518.311	1535.143	0.058	0.02	
MICROPALO	Scavo per 2° tirante	-20.586	518.311	1535.143	0.04	0.013	
MICROPALO	2° tirante	-11.945	518.311	1535.143	0.023	0.008	
MICROPALO	Scavo finale	-12.886	518.311	1535.143	0.025	0.008	
MICROPALO	Fondazione	-12.886	518.311	1535.143	0.025	0.008	
MICROPALO	Rimozione 2° tirante	-49.311	518.311	1535.143	0.095	0.032	
MICROPALO	Rimozione 1° tirante	206.541	518.311	1535.143	0.398	0.135	
1° ordine tiranti	1° tirante	250	409.903	605.557	0.61	0.413	
1° ordine tiranti	Scavo per 2° tirante	265.197	409.903	605.557	0.647	0.438	
1° ordine tiranti	2° tirante	264.243	409.903	605.557	0.645	0.436	
1° ordine tiranti	Scavo finale	262.021	409.903	605.557	0.639	0.433	
1° ordine tiranti	Fondazione	262.021	409.903	605.557	0.639	0.433	
1° ordine tiranti	Rimozione 2° tirante	274.062	409.903	605.557	0.669	0.453	
2° ordine tiranti	2° tirante	250	359.855	605.557	0.695	0.413	
2° ordine tiranti	Scavo finale	270.094	359.855	605.557	0.751	0.446	
2° ordine tiranti	Fondazione	270.094	359.855	605.557	0.751	0.446	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

Verifiche Tiranti A2+M2+R2

Design Assumption: A2+M2+R2 Tirante	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti Stage	NTC2018 (ITA)				Gerarchia delle Resistenze
		Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO Ratio STR	
MICROPALO	GEO	0	518.533	1535.143	0	0
MICROPALO	Scavo per 1° tirante	46.601	518.311	1535.143	0.09	0.03
MICROPALO	1° tirante	30.065	518.311	1535.143	0.058	0.02
MICROPALO	Scavo per 2° tirante	-20.586	518.311	1535.143	0.04	0.013
MICROPALO	2° tirante	-11.945	518.311	1535.143	0.023	0.008
MICROPALO	Scavo finale	-12.886	518.311	1535.143	0.025	0.008
MICROPALO	Fondazione	-12.886	518.311	1535.143	0.025	0.008
MICROPALO	Rimozione 2° tirante	-49.311	518.311	1535.143	0.095	0.032
MICROPALO	Rimozione 1° tirante	206.541	518.311	1535.143	0.398	0.135
1° ordine tiranti	1° tirante	250	409.903	605.557	0.61	0.413
1° ordine tiranti	Scavo per 2° tirante	265.197	409.903	605.557	0.647	0.438
1° ordine tiranti	2° tirante	264.243	409.903	605.557	0.645	0.436
1° ordine tiranti	Scavo finale	262.021	409.903	605.557	0.639	0.433
1° ordine tiranti	Fondazione	262.021	409.903	605.557	0.639	0.433
1° ordine tiranti	Rimozione 2° tirante	274.062	409.903	605.557	0.669	0.453
2° ordine tiranti	2° tirante	250	359.855	605.557	0.695	0.413
2° ordine tiranti	Scavo finale	270.094	359.855	605.557	0.751	0.446
2° ordine tiranti	Fondazione	270.094	359.855	605.557	0.751	0.446

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

Inviluppo Verifiche Tiranti (su tutte le D.A. attive)

Tipo Risultato:									
Verifiche Tiranti									
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze	Design Assumption
MICROPALO	Rimozione 1° tirante	206.541	518.311	1535.143	0.398	0.135			A2+M2+R1
1° ordine tiranti	Rimozione 2° tirante	350.053	409.903	605.557	0.854	0.578			A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
2° ordine tiranti	Scavo finale	346.561	359.855	605.557	0.963	0.572			A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2CLSL01A1001</p>	<p>B</p>

Verifiche Travi di Ripartizione Nominal

Design Assumption:		Tipo Risultato: Verifiche									
Nominal	Trave di	Travi di Ripartizione		Sezione	Materiale	Stage	Carico distribuito	Assiale	Ratio	Ratio	Instabilità
Ripartizione	Elemento strutturale						(kN/m)	(kN)	momento	taglio	
2HEA180	1° ordine tiranti	HE	S275	1° tirante	180A		125	0	0	0	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE	S275	Scavo per 2° tirante	180A		128.205	0	0	0	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE	S275	2° tirante	180A		127.921	0	0	0	0
2HEA180	2° ordine tiranti	HE	S275	2° tirante	160B		125	0	0	0	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE	S275	Scavo finale	180A		127.528	0	0	0	0
2HEA180	2° ordine tiranti	HE	S275	Scavo finale	160B		128.318	0	0	0	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE	S275	Fondazione	180A		127.528	0	0	0	0
2HEA180	2° ordine tiranti	HE	S275	Fondazione	160B		128.318	0	0	0	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE	S275	Rimozione 2° tirante	180A		129.553	0	0	0	0

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

Verifiche Travi di Ripartizione SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

Design Assumption: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione	NTC2018 (ITA)							
Trave di Ripartizione	Elemento strutturale	Sezione	Materiale	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio momento	Ratio taglio	Instabilità
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	1° tirante	125	0	0.559	0.375	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	Scavo per 2° tirante	128.205	0	0.573	0.385	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	2° tirante	127.921	0	0.572	0.384	0
2HEA180	2° ordine tiranti	HE 160B	S275	2° tirante	125	0	0.395	0.321	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	Scavo finale	127.528	0	0.57	0.383	0
2HEA180	2° ordine tiranti	HE 160B	S275	Scavo finale	128.318	0	0.406	0.33	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	Fondazione	127.528	0	0.57	0.383	0
2HEA180	2° ordine tiranti	HE 160B	S275	Fondazione	128.318	0	0.406	0.33	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	Rimozione 2° tirante	129.553	0	0.579	0.389	0

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	11	EI2CLSL01A1001
				B

Verifiche Travi di Ripartizione A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Design Assumption: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione	NTC2018 (ITA)							
Trave di Ripartizione	Elemento strutturale	Sezione	Materiale	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio momento	Ratio taglio	Instabilità
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	1° tirante	168.75	0	0.754	0.507	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	Scavo per 2° tirante	173.158	0	0.774	0.52	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	2° tirante	172.773	0	0.772	0.519	0
2HEA180	2° ordine tiranti	HE 160B	S275	2° tirante	168.75	0	0.534	0.434	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	Scavo finale	172.237	0	0.77	0.517	0
2HEA180	2° ordine tiranti	HE 160B	S275	Scavo finale	173.28	0	0.548	0.445	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	Fondazione	172.237	0	0.77	0.517	0
2HEA180	2° ordine tiranti	HE 160B	S275	Fondazione	173.28	0	0.548	0.445	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	Rimozione 2° tirante	175.026	0	0.782	0.525	0

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	11	EI2CLSL01A1001	B

Verifiche Travi di Ripartizione A2+M2+R1

Design Assumption: A2+M2+R1	Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione	NTC2018 (ITA)							
Trave di Ripartizione	Elemento strutturale	Sezione	Materiale	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio momento	Ratio taglio	Instabilità
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	1° tirante	125	0	0.559	0.375	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	Scavo per 2° tirante	132.598	0	0.593	0.398	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	2° tirante	132.122	0	0.591	0.397	0
2HEA180	2° ordine tiranti	HE 160B	S275	2° tirante	125	0	0.395	0.321	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	Scavo finale	131.01	0	0.586	0.393	0
2HEA180	2° ordine tiranti	HE 160B	S275	Scavo finale	135.047	0	0.427	0.347	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	Fondazione	131.01	0	0.586	0.393	0
2HEA180	2° ordine tiranti	HE 160B	S275	Fondazione	135.047	0	0.427	0.347	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	Rimozione 2° tirante	137.031	0	0.613	0.411	0

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	11	EI2CLSL01A1001	B

Verifiche Travi di Ripartizione A2+M2+R2

Design Assumption:	Tipo Risultato:	Verifiche	NTC2018						
A2+M2+R2	Travi di Ripartizione	(ITA)							
Trave di Ripartizione	Elemento strutturale	Sezione	Materiale	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio momento	Ratio taglio	Instabilità
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	1° tirante	125	0	0.559	0.375	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	Scavo per 2° tirante	132.598	0	0.593	0.398	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	2° tirante	132.122	0	0.591	0.397	0
2HEA180	2° ordine tiranti	HE 160B	S275	2° tirante	125	0	0.395	0.321	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	Scavo finale	131.01	0	0.586	0.393	0
2HEA180	2° ordine tiranti	HE 160B	S275	Scavo finale	135.047	0	0.427	0.347	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	Fondazione	131.01	0	0.586	0.393	0
2HEA180	2° ordine tiranti	HE 160B	S275	Fondazione	135.047	0	0.427	0.347	0
2HEA180	1° ordine tiranti	HE 180A	S275	Rimozione 2° tirante	137.031	0	0.613	0.411	0

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLSL01A1001	B

12 DICHIARAZIONE SECONDO NTC2008 (§ 10.2)

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di codici di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo delle sollecitazioni è stato condotto attraverso un'analisi agli elementi finiti.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi pseudostatica secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018. 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.

Lo stato tenso-deformativo dei sottostrutture è stato investigato mediante il software di calcolo PARATIE PLUS di CEAS srl.

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.