

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## LINEA FERROVIARIA CATANIA C.LE - GELA

## TRATTA FERROVIARIA CALTAGIRONE - GELA

### PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

#### S.O. OPERE CIVILI

#### RIPRISTINO TRATTA CALTAGIRONE - GELA

#### LOTTO 2: RIPRISTINO TRATTA NISCEMI - GELA

#### VIADOTTI

#### VI07 - VIADOTTO AL KM 350+857

Relazione di calcolo delle opere provvisionali

SCALA:

-

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    PROGR.    REV.

RS6K    00    R    09    CL    VI0700    003    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	MP&A 	Mag. 2022	A.Ferri 	Mag. 2022	P. Mosca 	Mag. 2022	A. Vittozzi 

File: RS6K00R09CLVI0700003A.dwg

n. Elab.: 97

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	5
4	OPERE PROVVISORIALI.....	6
4.1	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	8
4.2	CRITERI PROGETTUALI .....	8
4.3	MODELLO DI CALCOLO .....	10
4.3.1	<i>Risultati e Verifiche</i> .....	13
5	VERIFICA STABILITÀ SCAVI .....	16
6	INCIDENZA ARMATURE OOPP .....	17

## 1 INTRODUZIONE

Scopo del presente documento è l'analisi degli scavi e delle opere provvisionali propedeutiche agli interventi di consolidamento delle fondazioni del viadotto ad archi alla progressiva 350+857 della linea ferroviaria Caltagirone-Gela.

Considerato il battente idrico agente sul fondo scavo, è prevista la realizzazione di paratie di pali secanti D920 posti ad un interasse di 75 cm che si intestano sullo strato impermeabile (unità 2). Tali opere si compongono di pali primari in calcestruzzo non armato che vengono poi riperforati per far spazio ai pali secondari in calcestruzzo armato, svolgenti funzione portante.

Durante le lavorazioni è previsto un aggettamento di acqua al fine di rendere il fondo scavo asciutto.

In corrispondenza delle spalle e della coppia di pile P1-P2 è inoltre prevista la realizzazione di paratie di pali di medio diametro D600 posti ad interasse di 0.8 m.

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le principali Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento e prese a riferimento sono le seguenti:

- Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, «Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni»
- Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 21 gennaio 2019, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018»
- Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 001 - Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- Istruzione RFI DTC INC CS SP IFS 001 - Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 002 - Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria
- Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 003 - Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari
- Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 004 - Specifica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo
- UNI EN 1991-1-1:2004 – Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici
- UNI EN 1992-1-1: EUROCODICE 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1997-1:2005 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI EN 1998-1:2005 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
- UNI EN 1998-5:2005 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si riportano nelle tabelle seguenti le principali caratteristiche dei materiali impiegati.

<b>ACCIAIO CARPENTERIA</b>	<b>S355</b>
Peso per unità di volume	
$\gamma$	77 kN/m <sup>3</sup>
Resistenza a compressione	
$f_{yk}$	355 MPa
$f_{tk}$	509.7 MPa
Modulo elastico	
E	206000 MPa

<b>ACCIAIO ARMATURE</b>	<b>B450C</b>
Peso per unità di volume	
$\gamma$	77 kN/m <sup>3</sup>
Resistenza a compressione	
$f_{yk}$	449.7 MPa
Modulo elastico	
E	210000 MPa

<b>CALCESTRUZZO</b>	<b>C25/30</b>
Peso per unità di volume	
$\gamma$	25 kN/m <sup>3</sup>
Resistenza a compressione	
$R_{ck}$	30 MPa
$f_{ck}$	24.8 MPa
Modulo elastico	
E	31475.7 MPa

Classe di resistenza minima	C25/30
Tipo cemento	CEM III÷V
Rapporto A/C	≤ 0.5
Classe di esposizione ambientale	XA2
Copriferro minimo	60 mm

#### 4 OPERE PROVVISORIALI

Tali opere si compongono di paratie di pali secanti di diametro 920mm, posti ad interasse di 0.75 m, disposti in modo tale da inglobare, a coppie, tutte le pile del viadotto.

In corrispondenza delle spalle e della coppia di pile P1-P2 è inoltre prevista la realizzazione di paratie di pali di medio diametro D600 posti ad interasse di 0.8 m.

In testa ai pali è presente un cordolo di coronamento gettato in opera in c.a. avente dimensioni BxH=1.10x0.60 m per le paratie di pali secanti D920 e BxH=0.8x0.6 m per le paratie di pali D600.

E' prevista l'installazione di un livello di vincolo per mezzo di travi HEA400.

L'altezza di scavo è variabile, tuttavia nella presente relazione verrà esposta solamente la verifica della paratia di pali secanti con altezza di scavo maggiore.

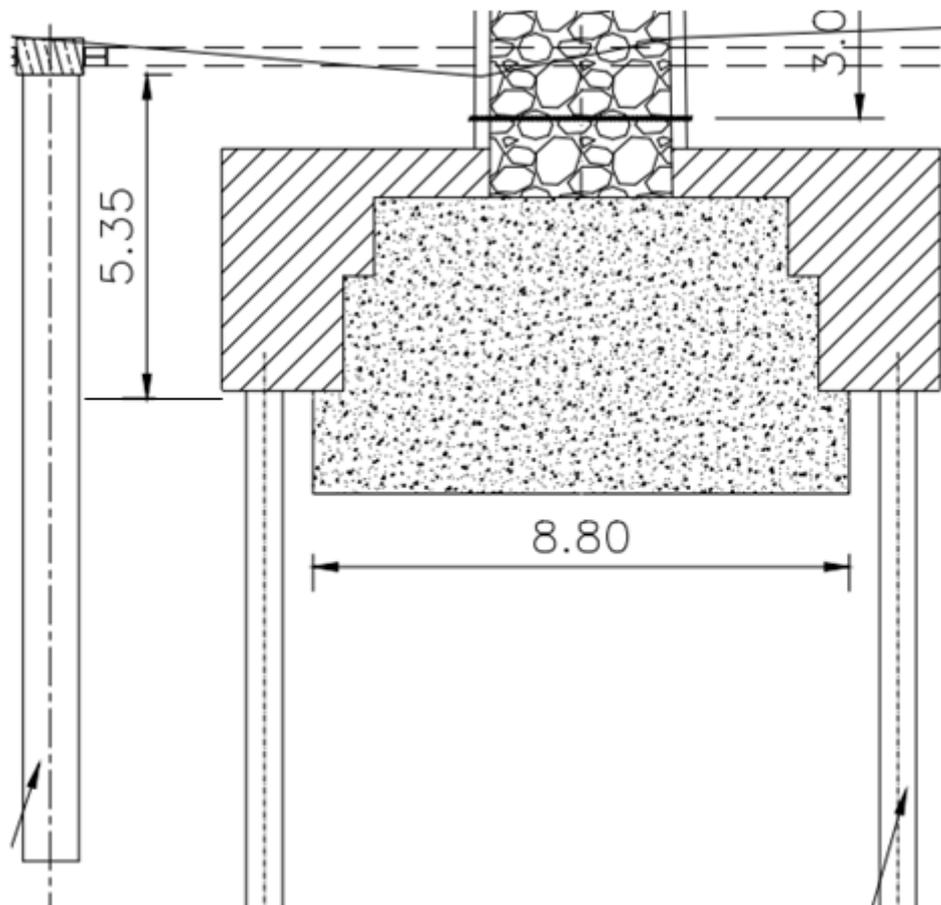


Fig. 1: sezione

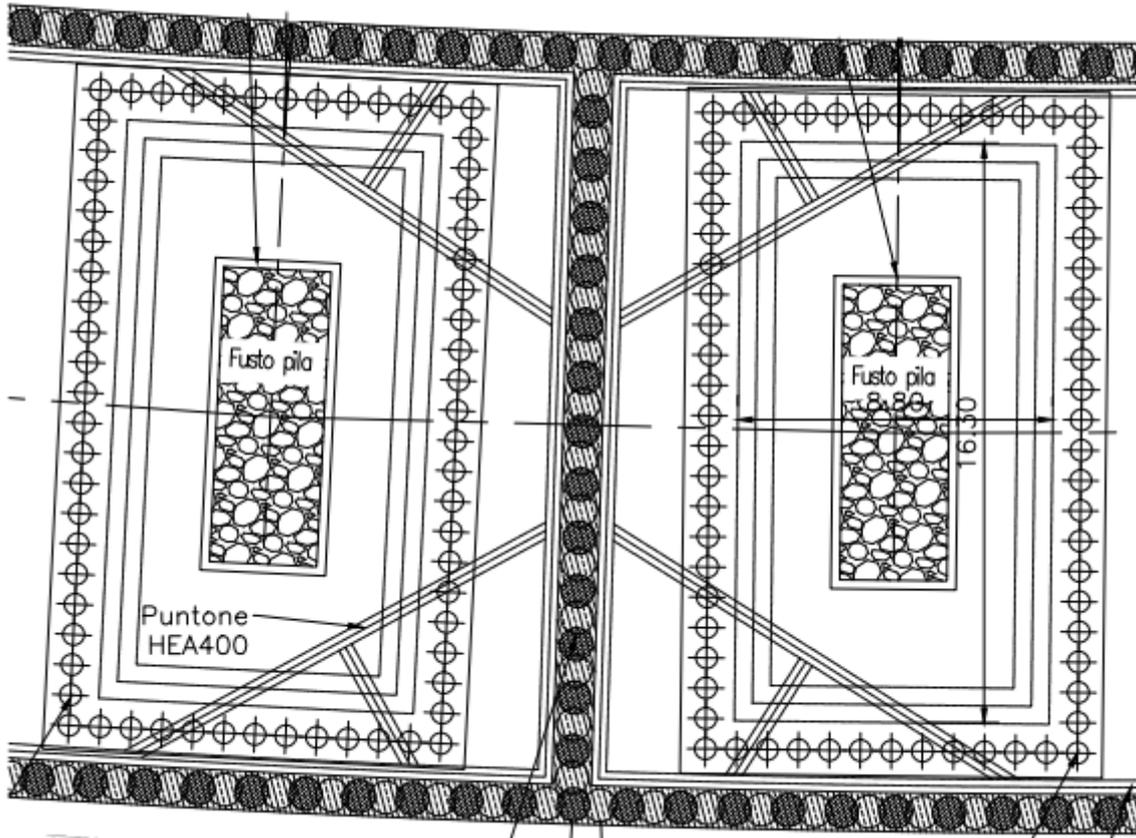


Fig. 2: vista in pianta

#### 4.1 Caratterizzazione Geotecnica

Lo schema geotecnico di riferimento per l'opera in esame è rispettoso della *Relazione Geotecnica*.

Di seguito si riassumono i parametri di resistenza e la stratigrafia di progetto per le formazioni interagenti con l'opera. La coesione dell'Unità 1 è stata posta cautelativamente pari a 0, anche per l'angolo di resistenza al taglio si è scelto un valore prossimo al lower bound. Per l'Unità 2 si è utilizzato invece il valore di lower bound per la coesione ed un valore medio per l'angolo di attrito.

Parametri	UNITA' 1	UNITA' 2
	-	-
$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	20	19.5
$\phi'$ (°)	30	26
$c'$ (kPa)	0	5
$E_{op}$ (MPa)	30	80

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione
1	0.0	5.3	Unità 1
2	5.3	-	Unità 2

QUOTA DELLA FALDA: 3.8 m da testa paratia

#### 4.2 Criteri Progettuali

La verifica in condizioni sismiche delle paratie provvisionali sarà omessa ai sensi del DM. 17/01/2018 §2.4.1 in quanto opera provvisoria con durata in progetto inferiore a 2 anni.

Per ciò che riguarda i carichi agenti a monte dell'opera di sostegno, si considera, ove presente, il peso permanente del terreno.

Sovraccarico permanente:  $q_p = 0$  kPa

Si considera inoltre un sovraccarico dovuto alla presenza di mezzi di cantiere per 10 m a tergo della paratia.

Sovraccarico variabile:  $q_{var.} = 10$  kPa.

Nella modellazione della paratia è stata considerata la presenza di eventuali puntoni schematizzandoli come vincoli fissi e rigidi.

Le profondità di scavo sono state incrementate secondo le indicazioni delle NTC18 §6.5.2.2

Relazione di calcolo delle opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R 09 CL	VI 07 00 003	A	9 di 17

Per le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi di tipo strutturale si è sfruttato l'approccio 1 nella combinazione 1 (A1+M1+R1), con coefficienti del gruppo R1 unitari.

Viceversa, nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi di tipo geotecnico, si è sfruttato l'approccio 1 nella combinazione 2 (A2+M2+R1).

Per le verifiche agli stati limite di esercizio i coefficienti parziali dei gruppi A,M ed R sono stati posti tutti pari all'unità.

I coefficienti parziali di normativa sono riportati nelle tabelle seguenti.

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(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	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_Y$	$\gamma_Y$	1,0	1,0

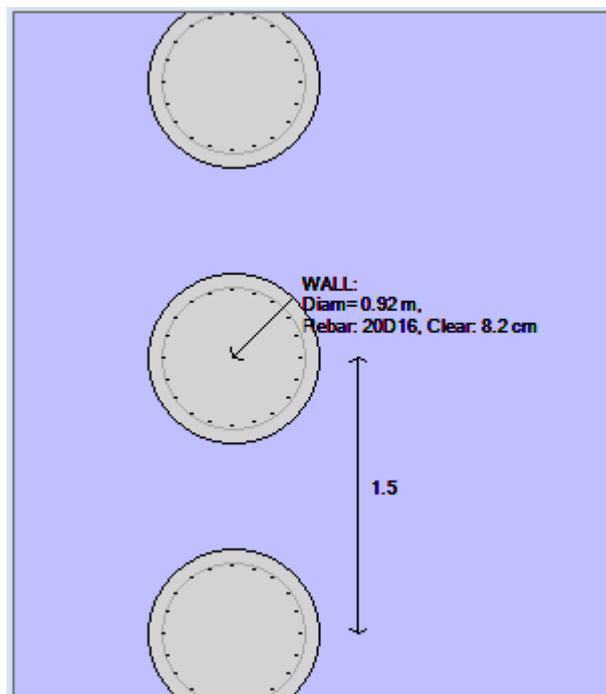
### 4.3 Modello Di Calcolo

La paratia oggetto di verifica è costituita da pali secanti Ø920mm posti ad interasse 0.75m, di lunghezza 13m.

Data l'elevata profondità di scavo è prevista l'installazione di un livello di vincolo.

La falda è posta a 3.8 m dalla testa dei pali.

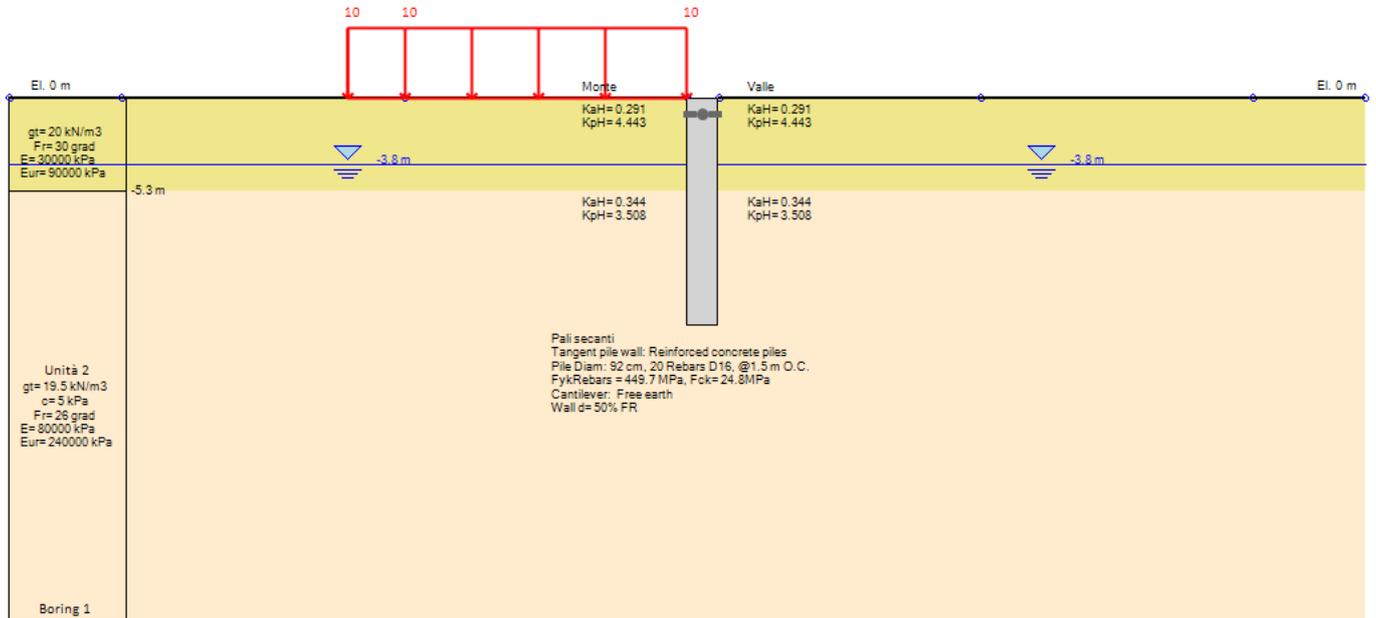
Si riporta una rappresentazione schematica della configurazione geometrica, dove sono riportati i soli pali armati (gli unici considerati ai fine delle verifiche).



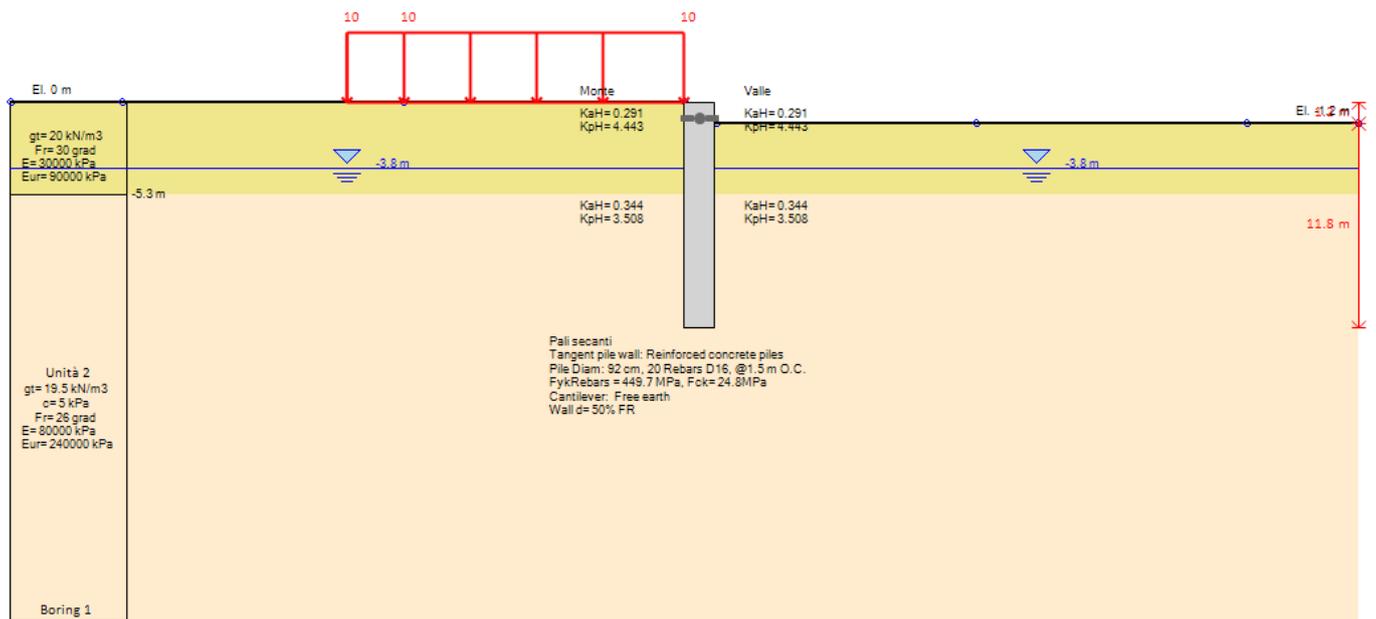
**Fig. 3: geometria della paratia**

La fasi di calcolo risultano:

- FASE 0): Realizzazione dei pali. A monte si considera un sovraccarico dovuto alla presenza di mezzi di cantiere pari a 10 kPa. La falda è posta a 3.8 m di profondità.
- FASE 1): Scavo fino alla profondità di 1.2 m al fine di consentire l'installazione del primo livello di vincolo. La falda è nella stessa posizione della fase precedente;
- FASE 2): Attivazione del livello di vincolo alla profondità di 0.9 m da p.c.;
- FASE 3): Scavo fino alla profondità di 5.83 m (già incrementata secondo NTC). La falda a monte è nella stessa posizione della fase precedente, mentre a valle è a fondo scavo.



**Fig. 4 –Modello di calcolo: FASE 0**



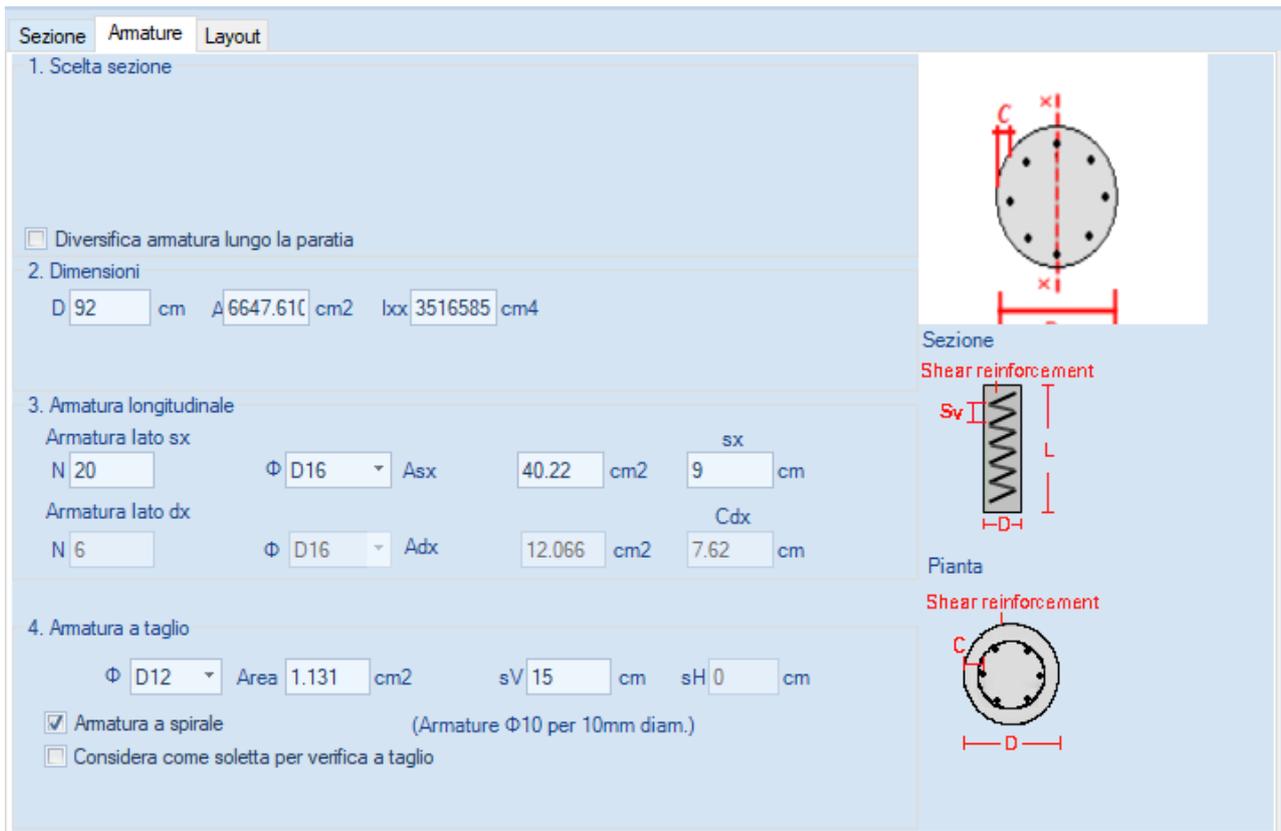
**Fig. 5 –Modello di calcolo: FASE 1**



### 4.3.1 Risultati e Verifiche

#### 4.3.1.1 Verifiche strutturali dei pali

La figura seguente mostra l'armatura a flessione e a taglio ipotizzata per i pali.



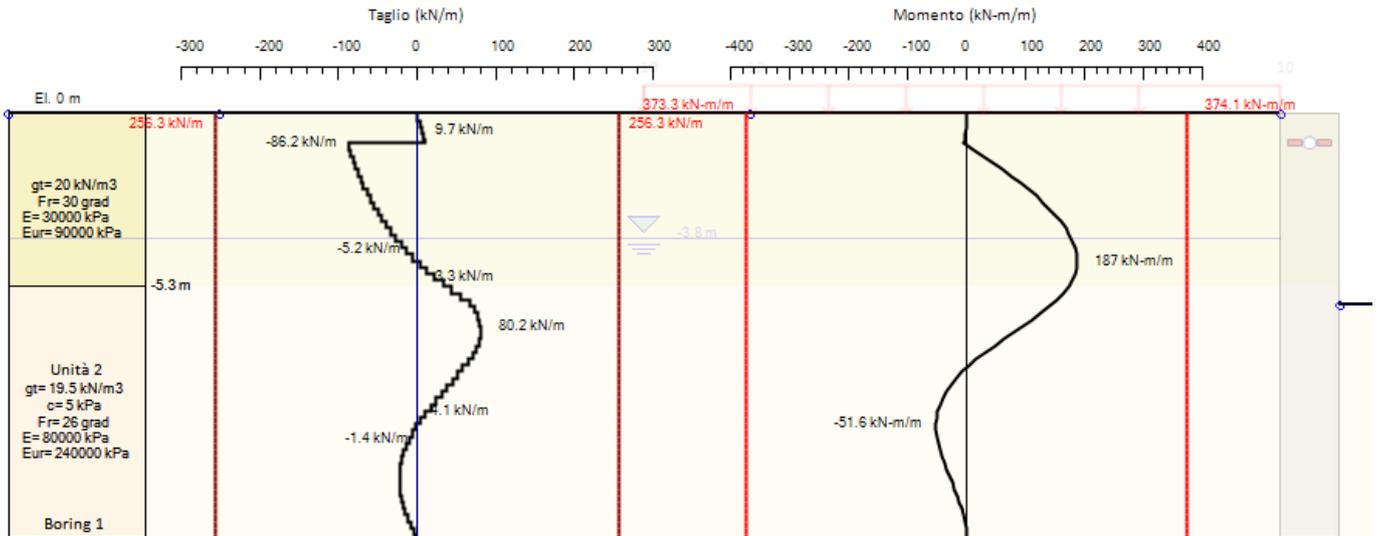
The screenshot shows a software interface for defining reinforcement for a pile. It is divided into four main sections:

- 1. Scelta sezione**: Includes a checkbox for "Diversifica armatura lungo la paratia".
- 2. Dimensioni**: Parameters include diameter  $D = 92$  cm, area  $A = 6647.61$  cm<sup>2</sup>, and length  $l_{xx} = 3516585$  cm<sup>4</sup>.
- 3. Armatura longitudinale**:
  - Armatura lato sx:  $N = 20$ ,  $\Phi = D16$ ,  $A_{sx} = 40.22$  cm<sup>2</sup>,  $s_x = 9$  cm.
  - Armatura lato dx:  $N = 6$ ,  $\Phi = D16$ ,  $A_{dx} = 12.066$  cm<sup>2</sup>,  $C_{dx} = 7.62$  cm.
- 4. Armatura a taglio**:
  - $\Phi = D12$ , Area = 1.131 cm<sup>2</sup>,  $s_V = 15$  cm,  $s_H = 0$  cm.
  - Options:  "Armatura a spirale (Armature  $\Phi 10$  per 10mm diam.)" and  "Considera come soletta per verifica a taglio".

On the right side, there are two diagrams: "Sezione" (cross-section) showing a circular pile with longitudinal bars and shear reinforcement, and "Pianta" (plan view) showing the circular cross-section with reinforcement details. Red lines in the diagrams indicate the locations of reinforcement and shear force.

**Fig. 8: Armature longitudinali e trasversali dei pali**

Si riporta quindi una rappresentazione attestante il soddisfacimento delle verifiche strutturali, nella quale è possibile apprezzare l'andamento delle sollecitazioni lungo il palo ed i valori di resistenza a flessione e a taglio forniti da quest'ultimo (linee rosse).



**Fig. 9: Sollecitazioni e verifiche strutturali (A1+M1+R1)**

#### 4.3.1.2 Verifiche geotecniche SLU

In merito alle verifiche di carattere geotecnico (GEO), nella tabella che segue si mostrano i risultati delle analisi eseguite nel rispetto della combinazione 2 dell'approccio 1.

FASE 2	SLU (statica)
	(A2+M2+R1)
FS % passiva mobilitata	1.32

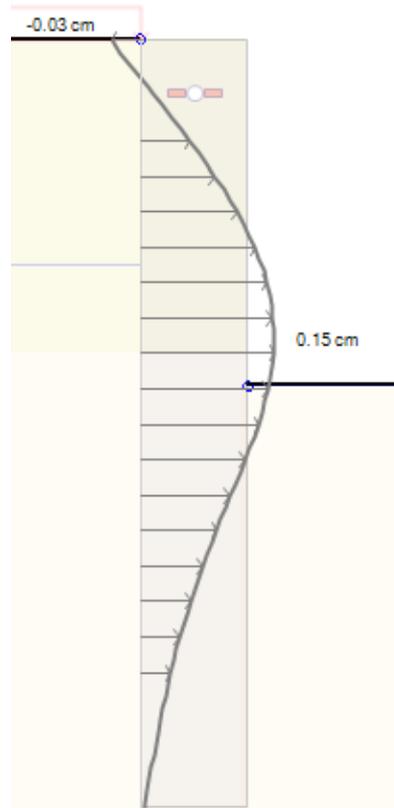
avendo posto:

- **FS % passiva mobilitata:** rapporto tra la spinta passiva e la spinta effettivamente mobilitata a valle.

La verifica di stabilità globale viene omessa in quanto non ritenuta significativa, perché trattasi di uno scavo completamente circondato da pali con relativo tappo di fondo.

#### 4.3.1.3 Verifiche geotecniche SLE

Nella figura che segue si riportano gli spostamenti orizzontali dell'opera allo SLE nella condizione maggiormente gravosa (fase di massimo scavo).



**Fig. 10 –Diagramma degli spostamenti orizzontali allo SLE**

Spostamento orizzontale massimo $\delta_{h\_max}$ (cm)	0.15
--	------

In relazione alla provvisorialità dell'opera, gli spostamenti orizzontali massimi risultano compatibili con la sua funzionalità.

## 5 VERIFICA STABILITÀ SCAVI

Nel presente capitolo si riportano le verifiche di stabilità globale degli scavi realizzati (con pendenza 3:2) nell'ambito degli interventi di miglioramento strutturale delle fondazioni del viadotto in esame.

Le verifiche sono state condotte facendo riferimento alla situazione più gravosa per l'intero viadotto, ovvero quella con il fronte di scavo maggiore. Cautelativamente si è sempre considerata la presenza a monte dello scavo di un carico pari a 10 kPa corrispondente al passaggio di mezzi di cantiere.

Le verifiche effettuate secondo le indicazioni delle NTC18 (A2+M2+R2) sono state condotte mediante il software GEOSLOPE.

La tabella seguente riporta i parametri geotecnici utilizzati, in accordo con quanto riportato nella relazione geotecnica. Per l'angolo di attrito è stato scelto un valore medio sul range definito, mentre per la coesione si è scelto un valore vicino al lower bound.

Parametri	UNITA' 2
	-
$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	20
$\phi'$ (°)	25
$c'$ (kPa)	8

Altezza Massima scavo: 6 m

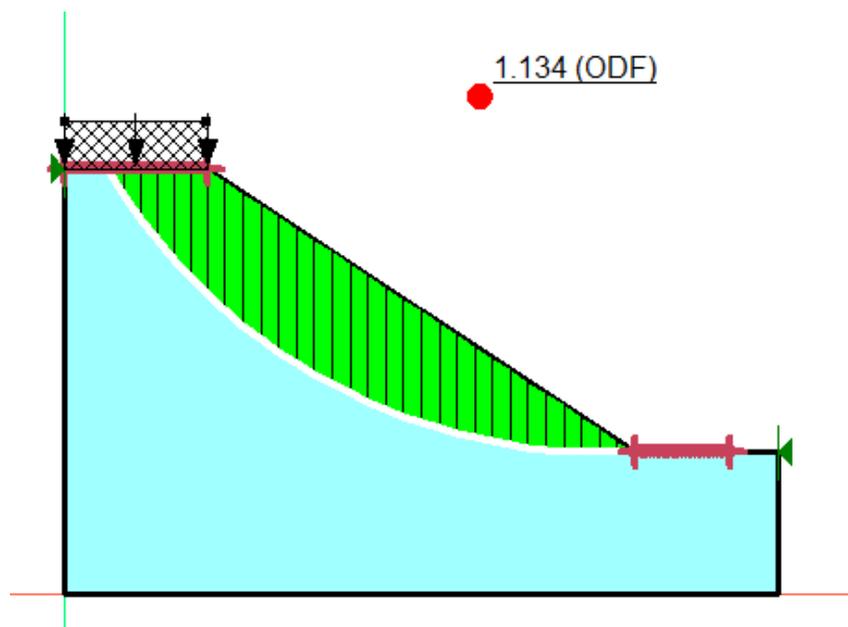


Fig. 11 –Verifica stabilità scavo

La verifica risulta soddisfatta.

## 6 INCIDENZA ARMATURE OOPP

Si riporta l'incidenza delle armature per i pali costituenti le opere provvisionali.

- Incidenza pali D920 = 100 kg/m<sup>3</sup> (calcolata sui soli pali armati)
- Cordolo sommitale (BxH) 110x60 cm Incidenza =120 kg/m<sup>3</sup>
- Incidenza pali D600 = 140 kg/m<sup>3</sup>
- Cordolo sommitale (BxH) 80x60 cm Incidenza =120 kg/m<sup>3</sup>