

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

**RADDOPPIO LINEA FERROVIARIA ROMA-VITERBO  
TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE**

**SOVRAPPASSO PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle**

Micropali - Relazioni di calcolo

SCALA:

-

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

N R 1 J 0 1 D 2 9 C L I V 0 4 0 0 1 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	USAI 	11.2019	PASSARO 	11.2019	PAOLETTI 	11.2019	ARDUINI 11.2019
								ITALFERR S.p.A. Direzione Tecnica Infrastrutture Centro Dott. Ing. Fabrizio Arduini Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n. 15382/ATA 

File: NR1J01D29CLIV0400101A.doc

n. Elab.: 140.08

## Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>CRITERI PROGETTUALI .....</b>	<b>10</b>
5.1	CRITERI PROGETTUALI.....	10
<b>6</b>	<b>PARATIA DI MICROPALI PROVVISORIA .....</b>	<b>12</b>
6.1	MODELLO DI CALCOLO .....	12
6.2	RISULTATI DELLE ANALISI.....	14
6.3	VERIFICHE STRUTTURALI ALLO SLU .....	14
6.4	VERIFICHE GEOTECNICHE ALLO SLU .....	17
6.5	VERIFICHE GEOTECNICHE ALLO SLE .....	18
<b>7</b>	<b>INCIDENZA ARMATURA .....</b>	<b>19</b>
<b>8</b>	<b>ALLEGATO 1 – RISULTATI DELLE VERIFICHE (ESTESI) .....</b>	<b>20</b>
<b>9</b>	<b>OUTPUT PROGRAMMA DI CALCOLO .....</b>	<b>21</b>
9.1	A1+M1+R1.....	21
9.2	A2+M2+R1.....	30

SOVRAPP. PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle  
Micropali - Relazioni di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0400 101	A	3 di 38

## 1 PREMESSA

Il progetto di raddoppio della tratta Cesano – Vigna di Valle, sulla linea ferroviaria Roma – Viterbo, costituisce la prima fase funzionale del più esteso intervento di raddoppio tra Cesano e Bracciano, previsto dal recente Accordo Quadro tra Regione Lazio e RFI del 22/02/2018.

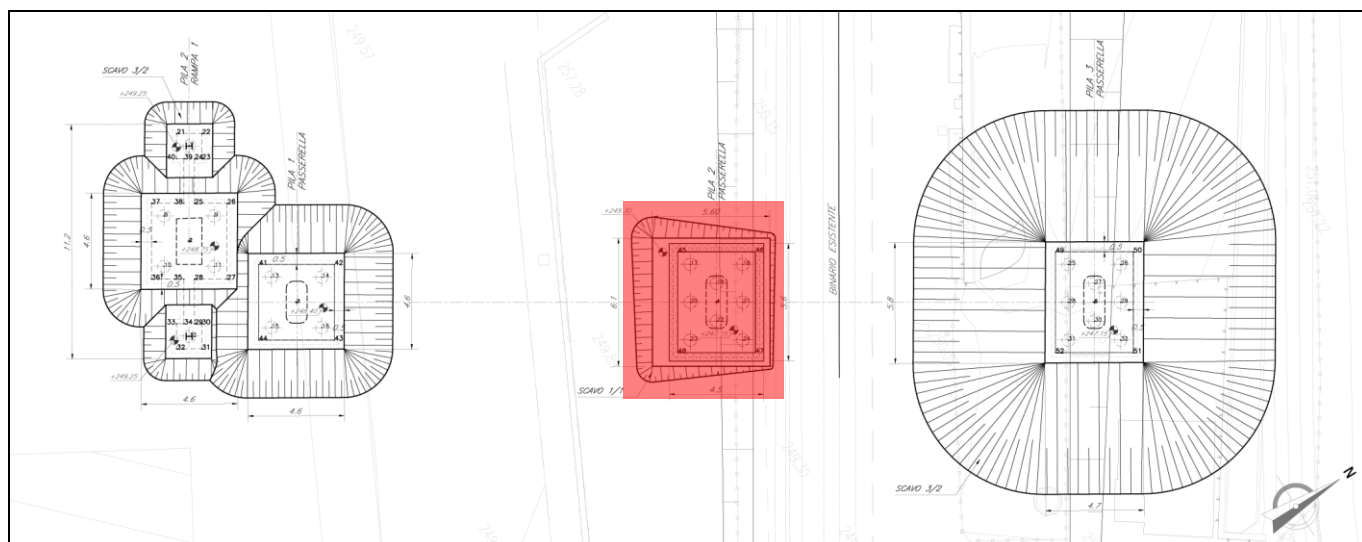


Figura 1 – Stazione Vigna di Valle – Planimetria, pianta scavi – Ubicazione paratia della pila 2 della passerella

Relativamente alla nuova stazione di Vigna di Valle si prevede la realizzazione di una passerella pedonale di scavalco della linea ferroviaria. La realizzazione della pila 2 di detta passerella richiede l'esecuzione di una paratia di micropali provvisoria per evitare qualsiasi interferenza con la viabilità stradale adiacente a sinistra della pila 2 e con il traffico ferroviario a destra della stessa, essendo necessario mantenere in esercizio il binario esistente durante l'esecuzione dei lavori.

La paratia è costituita da micropali verticali  $\Phi 250\text{mm}$  posti ad interasse  $0.35\text{m}$ , di lunghezza pari a  $7.0\text{m}$  armati con tubo in acciaio  $\Phi 168.3\text{mm}$  sp.= $10\text{mm}$  non valvolato; il getto della miscela cementizia avviene per gravità. In testa alla paratia è previsto un cordolo in c.a. avente sezione  $40\text{cm} \times 40\text{cm}$ .

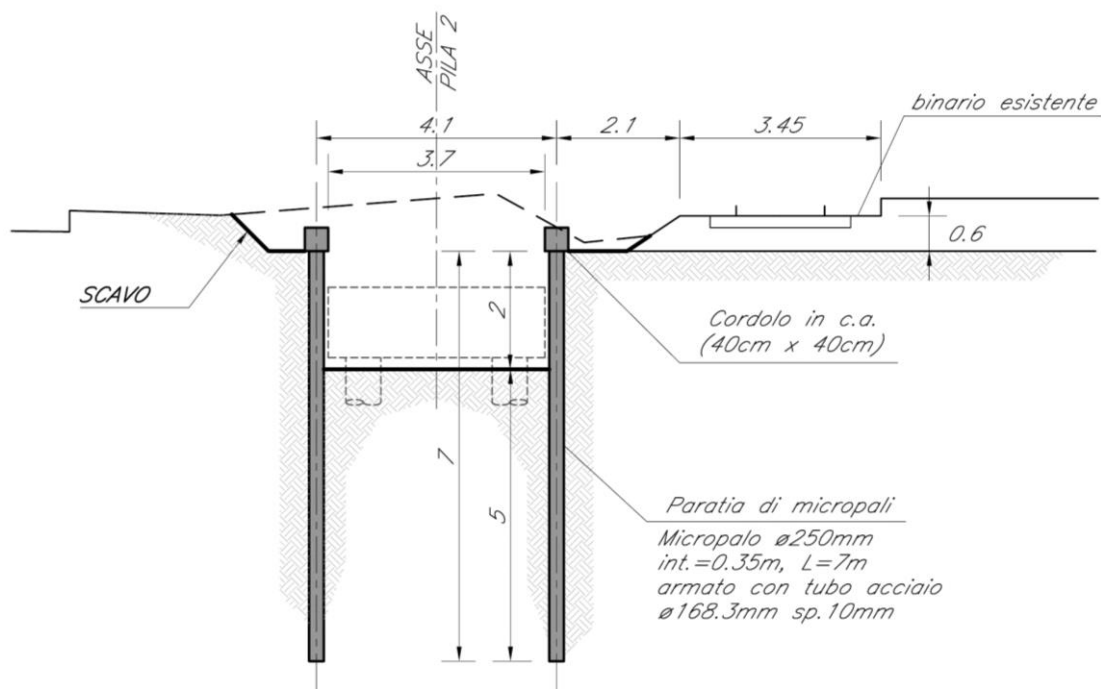


Figura 2 – Paratia pila 2 – Sezione parallela alla passerella [m]

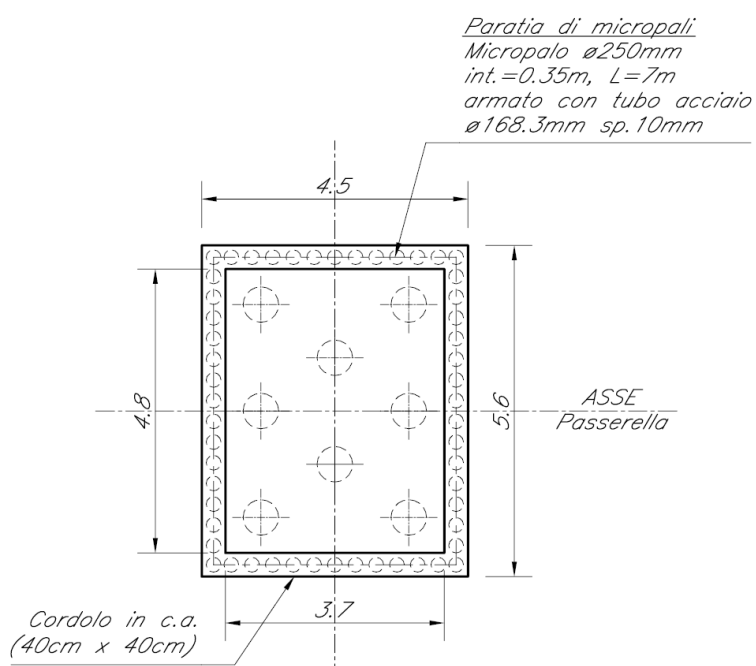


Figura 3 – Paratia pila 2 – Vista in pianta [m]

## 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, «Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni» [NTC18];
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7/C.S.LL.PP. «Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «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

SOVRAPP. PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle  
Micropali - Relazioni di calcolo

COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0400 101	REV. A	FOGLIO 6 di 38
------------------	------------------	----------------	-------------------------	-----------	-------------------

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali sono ricavate con riferimento alle indicazioni contenute nei capitoli 4 e 11 del D.M. 14 gennaio 2008. Nelle tabelle che seguono sono indicate le principali caratteristiche e i riferimenti dei paragrafi del D.M. citato.

Malta per MICROPALI GETTATI IN OPERA		
Classe	C25/30	▼
$R_{ck} =$	30	Mpa
	Resistenza caratteristica cubica	
$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} =$	24.9	Mpa
	Resistenza caratteristica cilindrica	
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	32.9	Mpa
	Valore medio resistenza cilindrica	
$\alpha_{cc} =$	0.85	-
	Coeff. Rid. Per carichi di lunga durata	
$\gamma_M =$	1.5	-
	Coeff. parziale di sicurezza allo SLU	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_M =$	14.11	Mpa
	Resistenza di progetto	
$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} =$	2.56	Mpa
	Resistenza media a trazione semplice	
$f_{ctm} = 1.2 \cdot f_{ctm} =$	3.07	Mpa
	Resistenza media a trazione per flessione	
$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} =$	1.79	Mpa
	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)	
$\sigma_c = 0.6 \cdot f_{ck} =$	14.94	Mpa
	Tensione max in esercizio in comb. rara (rif. §4.1.2.2.5.1 [1])	
$\sigma_c = 0.45 \cdot f_{ck} =$	11.21	Mpa
	Tensione max in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §4.1.2.2.5.1 [1])	
$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} =$	31447	Mpa
	Modulo elastico di progetto	
$\nu =$	0.2	-
	Coefficiente di Poisson	
$G_c = E_{cm} / (2(1+\nu)) =$	13103	MPa
	Modulo elastico tangenziale di progetto	
Condizioni ambientali =	Ordinarie	▼
Classe di esposizione =	XC2	▼

SOVRAPP. PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle  
Micropali - Relazioni di calcolo

COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0400 101	REV. A	FOGLIO 7 di 38
------------------	------------------	----------------	-------------------------	-----------	-------------------

### Calcestruzzo per CORDOLO PARATIA

Classe	C25/30	
$R_{ck} =$	30 Mpa	Resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} =$	24.9 Mpa	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	32.9 Mpa	Valore medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0.85 -	Coeff. Rid. Per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1.5 -	Coeff. parziale di sicurezza allo SLU
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_M =$	14.11 Mpa	Resistenza di progetto
$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} =$	2.56 Mpa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{ctm} = 1.2 \cdot f_{ctm} =$	3.07 Mpa	Resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} =$	1.79 Mpa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
$\sigma_c = 0.6 \cdot f_{ck} =$	14.94 Mpa	Tensione max in esercizio in comb. rara (rif. §4.1.2.2.5.1 [1])
$\sigma_c = 0.45 \cdot f_{ck} =$	11.21 Mpa	Tensione max in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §4.1.2.2.5.1 [1])
$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} =$	31447 Mpa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0.2 -	Coefficiente di Poisson
$G_c = E_{cm} / (2(1+\nu)) =$	13103 MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto
Condizioni ambientali =	Ordinarie	
Classe di esposizione =	XC2	
$c =$	4.00 cm	Copriferro minimo
$w =$	0.30 mm	Apertura massima fessure in esercizio comb. frequente (rif. §2.2.2 [5])

### Acciaio per c.a.

B450C		
$f_{yk} \geq$	450 Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540 Mpa	Tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_k \geq$	1.15 -	
$(f_t/f_y)_k <$	1.35 -	
$\gamma_s =$	1.15 -	Coeff. Parziale di sicurezza allo SLU
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	391.3 Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000 Mpa	Modulo elastico di progetto
$\varepsilon_{yd} =$	0.20%	Deformazione di progetto a snervamento
$\varepsilon_{uk} = (A_{gt})_k =$	7.50%	Deformazione caratteristica ultima
$\sigma_s = 0.80 \cdot f_{yk} =$	360 Mpa	Tensione in esercizio in comb. rara (rif. §4.1.2.2.5.2 [1])

SOVRAPP. PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle  
Micropali - Relazioni di calcolo

COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0400 101	REV. A	FOGLIO 8 di 38
------------------	------------------	----------------	-------------------------	-----------	-------------------

Acciaio per TUBI di armatura micropali			
S275			
$f_{yk} \geq$	275	Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
$\gamma_s =$	1.05	-	Coeff. Parziale di sicurezza allo SLU
$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s =$	261.9	Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000	Mpa	Modulo elastico di progetto



## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Di seguito si riportano i modelli geotecnici considerati riportati nella relazione geotecnica generale allegata NR1J00D29GEGE0005001A.

- 9° Modello – Stazione di Vigna di Valle

Dalla pk 38+000 alla pk 39+497

Descrizione	z iniz (m)	z fin (m)	spessore (m)	Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Tipo di terreno
Terreno vegetale sabbioso limoso con frammenti antropici	0	1	1	-	-
Limo sabbioso debolmente argilloso	1	3	2	17	GF
Sabbia limosa mediamente addensata con presenza di ghiaia	3	19	16	17	GG
Sabbia debolmente limosa con rari clasti di litici vulcanici	19	30	11	17	GG

Tipo di terreno	Angolo di resistenza al taglio $\phi'$ (°)	C' (kPa)	Modulo elastico Eop (MPa)	K media (m/s)
-	-	-	-	-
GF	26	5	20	-
GG	32	0	50	-
GG	30	0	50	1,71*10 <sup>-2</sup>

## 5 CRITERI PROGETTUALI

### 5.1 CRITERI PROGETTUALI

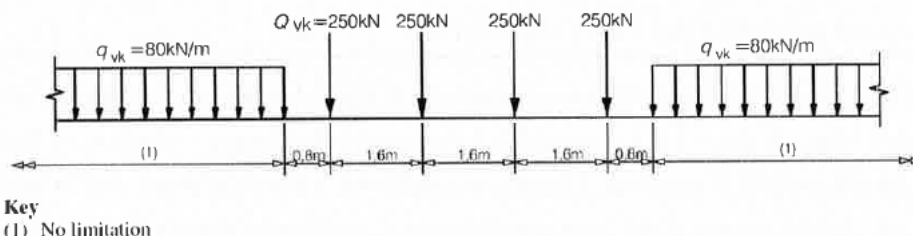
La verifica in condizioni sismiche delle paratie provvisoriale sarà omessa ai sensi del DM. 17/01/2018 §2.4.1 in quanto opera provvisoriale con durata in progetto inferiore a 2 anni.

La paratia in esame presenta sviluppo in pianta rettangolare chiuso attorno alla sede della pila 2 della passerella pedonale. Le seguenti analisi sono svolte con un modello piano riferito alla sezione corta (parallela alla passerella), rappresentata nella figura riportata alla seguente pagina.

Ai fini delle seguenti analisi e verifiche si considera la sola paratia destra, caratterizzata dalle condizioni di carico più severe, poiché ubicata in adiacenza alla linea ferroviaria esistente durante l'esercizio della stessa. La paratia sinistra è invece ubicata in adiacenza alla sede stradale e quindi è soggetta a carichi permanenti e di esercizio minori rispetto alla paratia destra. L'intera paratia è dimensionata sulla base dei risultati relativi alla paratia di verifica (paratia destra).

Per la sezione di calcolo, si considera un carico accidentale connesso all'esercizio della linea ferroviaria esistente (Linea Storica).

Il modello di carico LM71, il cui schema è mostrato nella figura seguente, fornisce un carico equivalente mobile ricavato dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast (diffusione trasversale 4:1 attraverso quest'ultimo).



E' stato dunque applicato un carico distribuito equivalente dei 4 assi da 250 kN ad interasse 1.60m.

$$Q_{\text{equivalente\_LM71}} = 4 \cdot 250 \text{ kN} / 6.4 \text{ m} = 156.25 \text{ kN/m}$$

Considerando una distribuzione trasversale dei carichi su una lunghezza di 2.60 m, il carico equivalente unitario è pari a 60.1 kPa.

Tipi di linea o categorie di linea STI	Valore minimo del fattore alfa ( $\alpha$ )
IV	1.1
V	1.0
VI	1.1
VII-P	0.83
VII-F, VII-M	0.91

Per la categoria della linea ferroviaria adiacente l'opera in esame, il coefficiente  $\alpha$  è pari a 1.1.

A tergo della paratia ad una distanza di 2.5 m è stato quindi applicato un carico accidentale pari a:

$$Q_{\text{equivalente\_LM71}} = 1.1 \cdot 60.10 \text{ kN/mq} = 66.11 \text{ kN/mq, agente durante tutte le fasi di calcolo.}$$

E' stato inoltre applicato un carico distribuito equivalente del ballast:

$$Q_{\text{equivalente\_ballast}} = 18 \text{ kN/mc} \cdot 0.8 \text{ m} = 14.4 \text{ kN/mq}$$

Nelle figure che seguono si riportano la geometria della paratia e gli schemi di calcolo considerati nelle analisi.

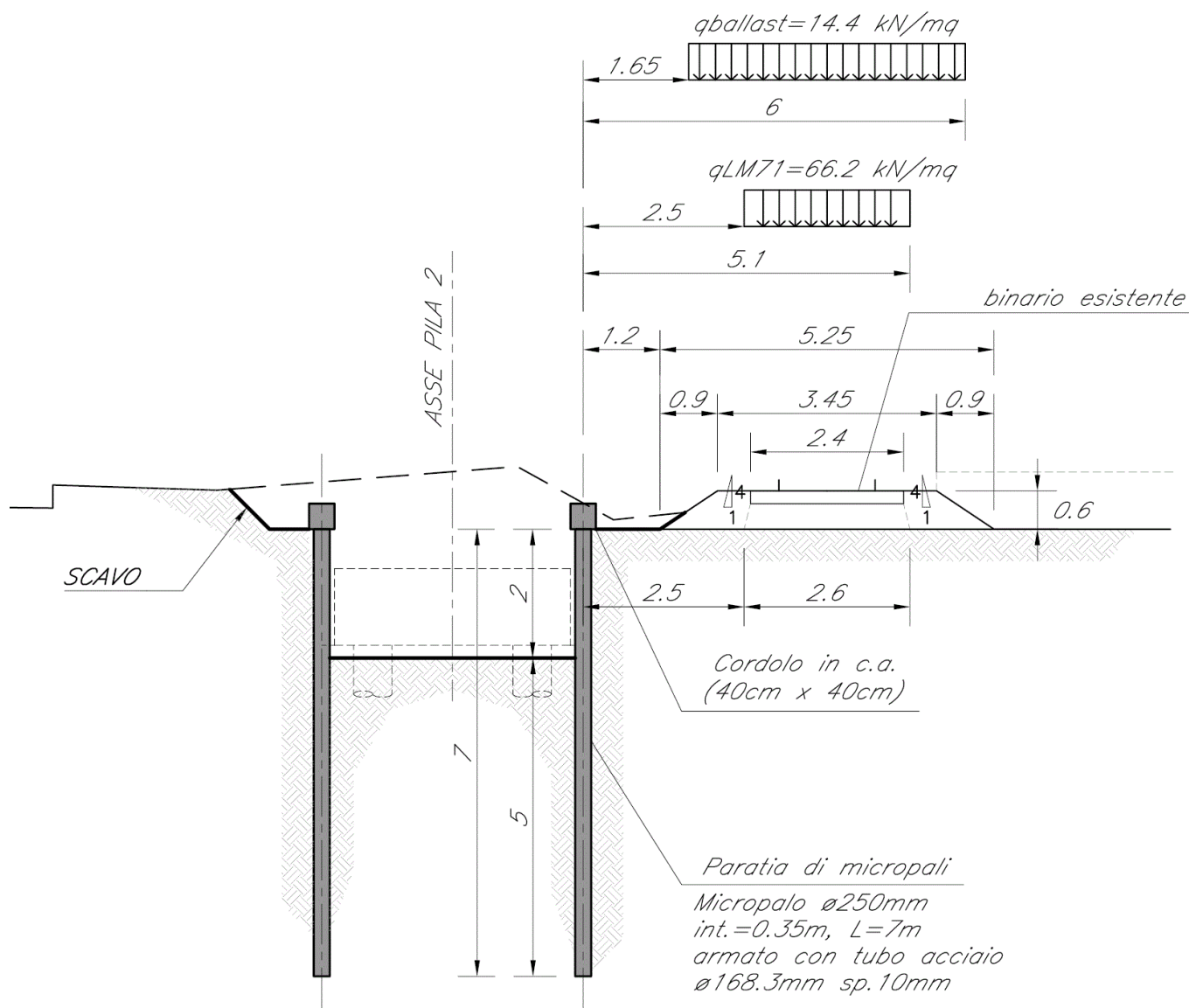


Figura 4 – Schemi di calcolo paratie [m]

## 6 PARATIA DI MICROPALI PROVVISORIA

### 6.1 MODELLO DI CALCOLO

La paratia è costituita da micropali verticali  $\Phi 250\text{mm}$  posti ad interasse 0.35m, di lunghezza pari a 7.0m armati con tubo in acciaio  $\Phi 168.3\text{mm}$  sp.=10mm non valvolato; il getto della miscela cementizia avviene per gravità. In testa alla paratia è previsto un cordolo in c.a. avente sezione 40cm x40cm.

La falda è posta a -30 m dal p.c., quindi non interessa l'opera in oggetto.

La fasi di calcolo risultano:

STEP 0): Realizzazione dei micropali. A monte si considera un sovraccarico permanente pari a 14.4 kN/m<sup>2</sup> dovuto al ballast e un sovraccarico accidentale di origine ferroviaria pari a 66.2 kPa.

STEP 1): Scavo fino alla profondità di 2.0 m dalla testa della paratia. I sovraccarichi sono i medesimi della fase precedente.

SOVRAPP. PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle  
Micropali - Relazioni di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0400 101	A	13 di 38

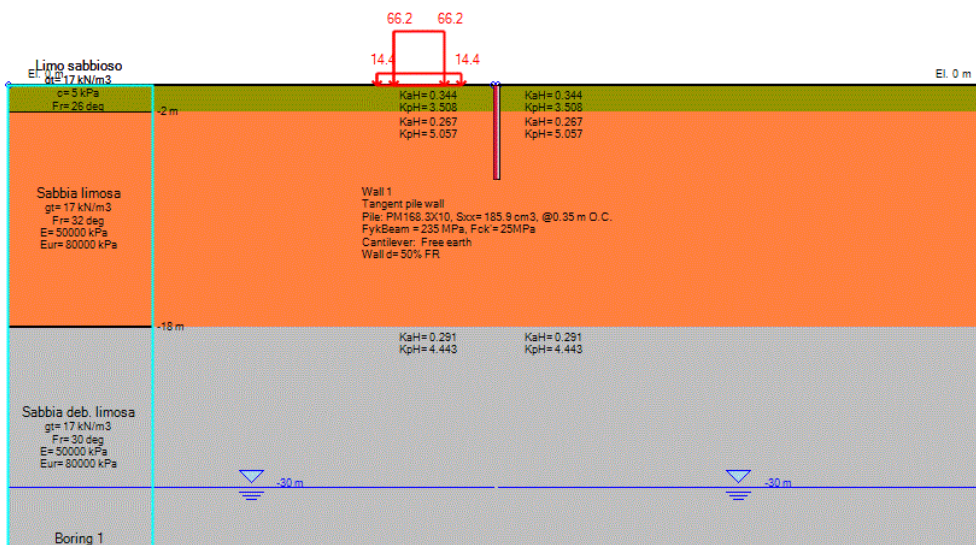


Figura 5 – Modello di calcolo: STEP 0

Non linear	Assumptions: FSP
Drain State: Clays	Default
Water g= 10 kN/m3	Simple flow
Adv. NI surcharge method	Betas 45 deg
Drive Ka	Ka + d-Coul
Resist Kp	Kp + d-Coul
1st Wall classic	Assumptions
Water g= 10 kN/m3	Simple flow
Drive	Ka + d-Coul
Resist	Kp + d-Coul

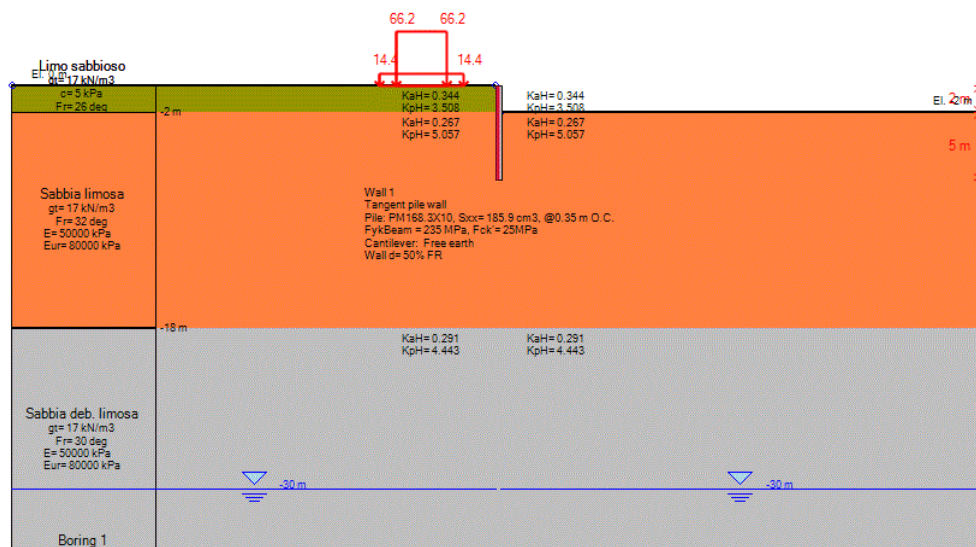


Figura 6 – Modello di calcolo: STEP 1

Non linear	Assumptions: FSP
Drain State: Clays	Default
Water g= 10 kN/m3	Simple flow
Adv. NI surcharge method	Betas 45 deg
Drive Ka	Ka + d-Coul
Resist Kp	Kp + d-Coul
1st Wall classic	Assumptions
Water g= 10 kN/m3	Simple flow
Drive	Ka + d-Coul
Resist	Kp + d-Coul

## 6.2 RISULTATI DELLE ANALISI

### 6.3 VERIFICHE STRUTTURALI ALLO SLU

Nelle tabelle che seguono si sintetizzano i risultati ottenuti nell'analisi.

Nelle figure sono mostrati i relativi diagrammi.

MICROPALI VERTICALI	M (kNm/m)	M* (kNm)
SLU (A1+M1+R1)	7.59	2.66

T (kN/m)	T* (kN)
10.80	3.78

con:

M = sollecitazione di momento flettente al metro lineare di paratia;

M\* = sollecitazione di momento flettente sul singolo micropalo (considerando un interasse di 0.35 m);

T = sollecitazione di taglio al metro lineare di paratia;

T\* = sollecitazione di taglio sul singolo micropalo (considerando un interasse di 0.35 m);

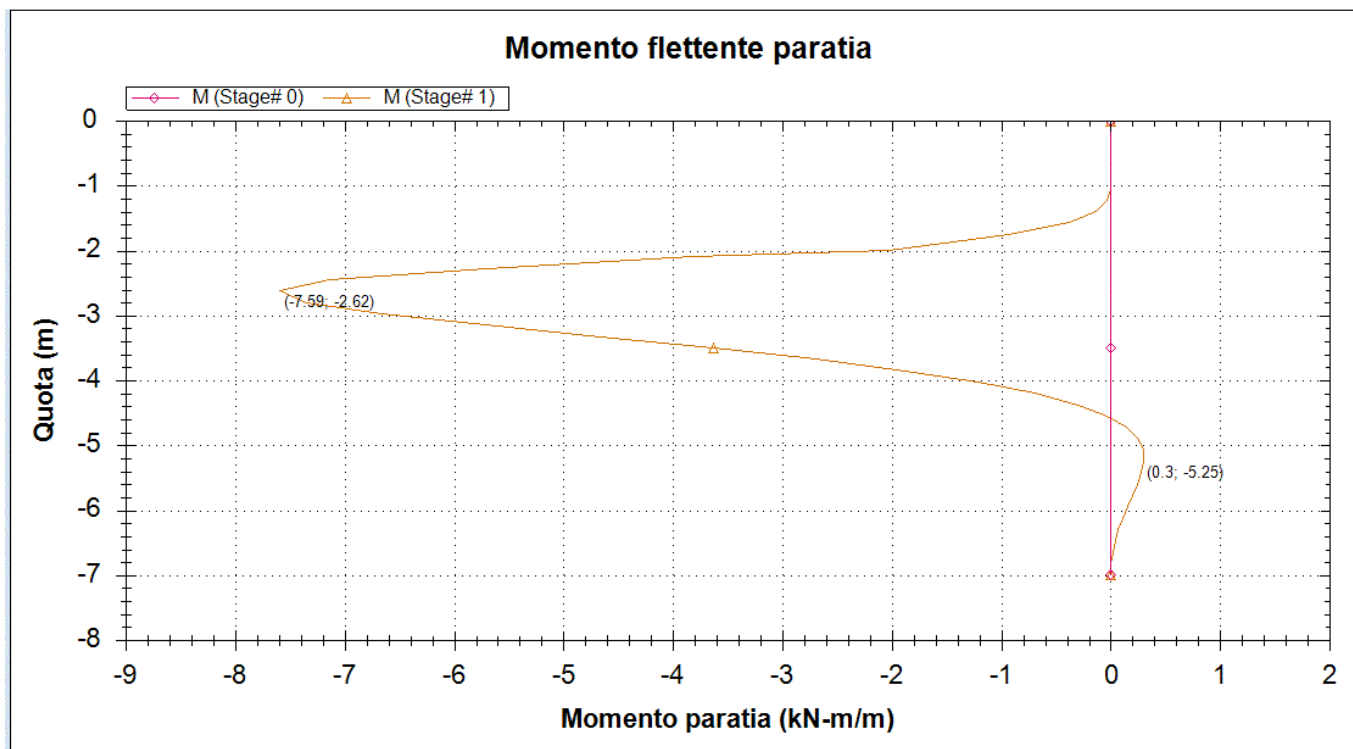


Figura 7 – Diagramma del momento allo SLU (A1+M1+R1)

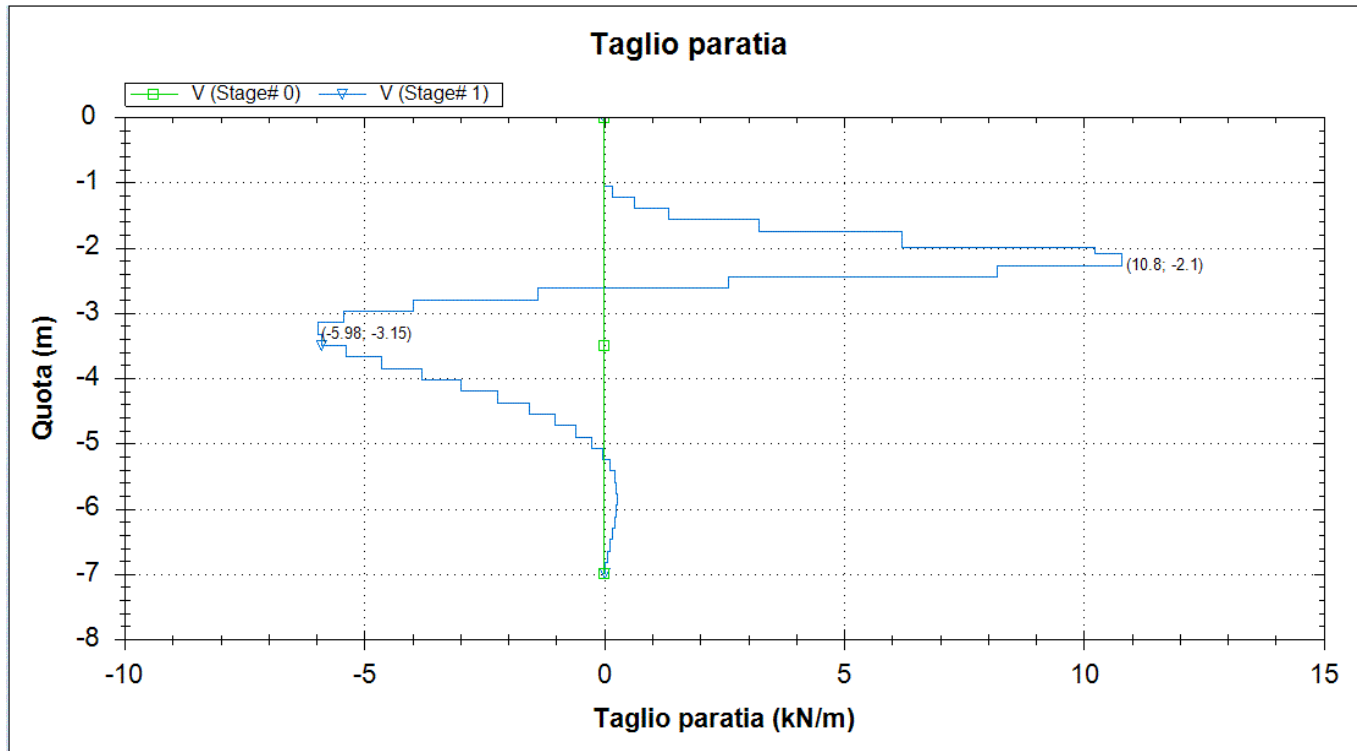


Figura 8 – Diagramma del taglio allo SLU (A1+M1+R1)

Si riporta di seguito la verifica strutturale dei micropali verticali. Ai fini della resistenza, si prende in considerazione esclusivamente la presenza del tubo di armatura, trascurando il contributo della miscela cementizia.

SOVRAPP. PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle  
Micropali - Relazioni di calcolo

COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0400 101	REV. A	FOGLIO 16 di 38
------------------	------------------	----------------	-------------------------	-----------	--------------------

**Calcolo delle caratteristiche meccaniche dei profili tubolari e verifica secondo DM 2008**

Diametro esterno nominale	D	168.30	[mm]
Spessore nominale	t	10.00	[mm]
Diametro interno nominale	d	148.30	[mm]

**CARATTERISTICHE MECCANICHE**

Area della sezione trasversale	A	49.7	[cm <sup>2</sup> ]
Momento d'inerzia	I	1564	[cm <sup>4</sup> ]
Raggio d'inerzia	i	5.61	[cm]
Modulo di resistenza elastico	W <sub>el,yy</sub>	186	[cm <sup>3</sup> ]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	W <sub>pl,yy</sub>	251	[cm <sup>3</sup> ]
Momento d'inerzia torsionale	I <sub>t</sub>	3128	[cm <sup>4</sup> ]
Modulo di torsione	C <sub>t</sub>	372	[cm <sup>3</sup> ]

**CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE**

Valore di snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	275	[MPa]
Coefficiente e	ε	0.92	[-]
<b>Classificazione</b>			
Diametro	d	168.30	[mm]
Spessore	t	10.00	[mm]
Rapporto tra diametro e spessore	d/t	16.83	[-]
<i>Classificazione della sezione</i>		<b>CLASSE 1</b>	

**VERIFICA DI RESISTENZA ALLO SLU - TAGLIO**

V <sub>Ed</sub>	3.8	[kN]	
A <sub>V</sub>	31.7	[cm <sup>2</sup> ]	Area a taglio
γ <sub>MO</sub>	1.05		
V <sub>c,Rd</sub>	479	[kN]	Resistenza a taglio del tubo

nessuna riduzione delle tensione di snervamento per la verifica a flessione

$$\rho = \left[ \frac{2V_{Ed}}{V_{c,Rd}} - 1 \right]^2 = - \quad f_{y,red} = - \quad [\text{MPa}]$$

**VERIFICA DI RESISTENZA ALLO SLU - FLESSIONE**

M <sub>Ed</sub>	2.7	[kNm]	
M <sub>c,Rd</sub>	66	[kNm]	Resistenza a flessione del tubo

Le verifiche a flessione e taglio del micropalo risultano soddisfatte.

\*\*\*\*\*

Il cordolo della paratia presenta dimensioni BxH=0.4x0.4m ed è armato con barre longitudinali Ø12 e staffe trasversali Ø10/20cm.



## 6.4 VERIFICHE GEOTECNICHE ALLO SLU

In merito alle verifiche di carattere geotecnico (GEO), nella tabella che segue si mostrano i risultati delle analisi per il relativo approccio di calcolo.

STEP 1	SLU (statica)
	(A2+M2+R1)
Spinta passiva massima mobilizzabile	269.84
Spinta passiva mobilitata	73.77
FS % passiva mobilitata	<b>3.66</b>

Avendo posto:

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

Si vedano l'allegato 1 e l'allegato 2 per i risultati in forma estesa.

\*\*\*\*\*

Inoltre si riporta la verifica di stabilità globale della paratia, nella combinazione A2+M2+R2 secondo quanto previsto dal DM 14/08/2018 §6.8.2. Il coefficiente di sicurezza risulta pari a FS=3.65; la verifica risulta dunque soddisfatta.

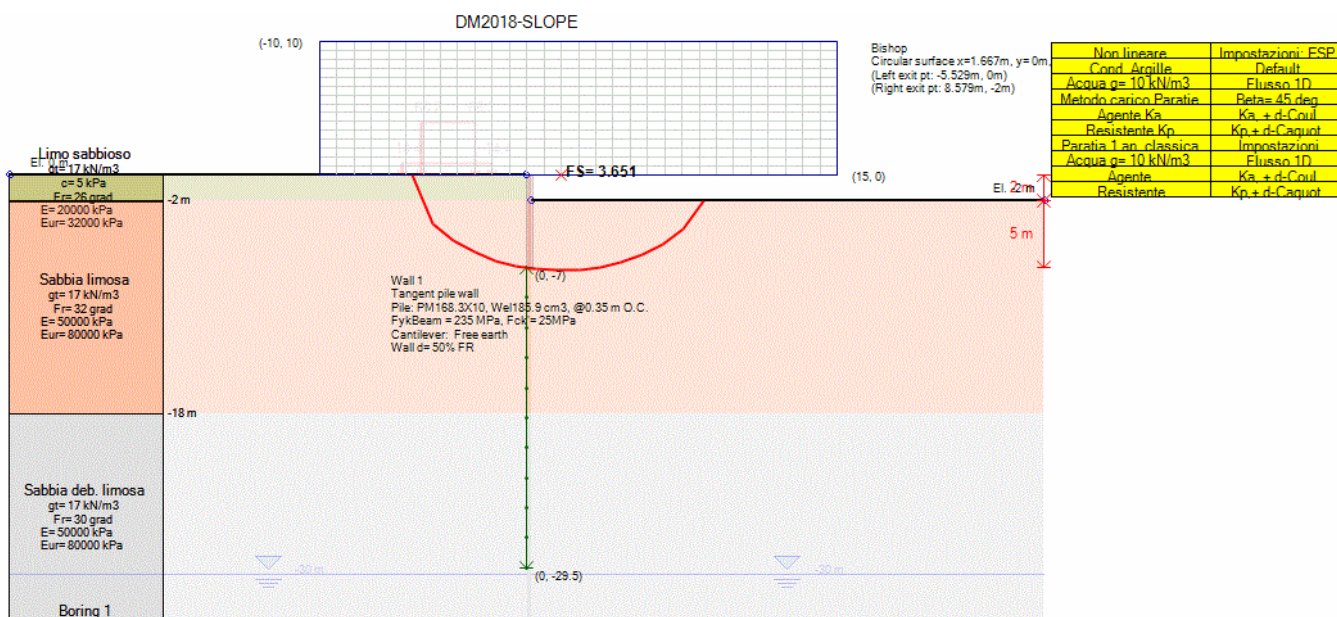


Figura 9 – Verifica di stabilità globale allo SLU (A2+M2+R2)

## 6.5 VERIFICHE GEOTECNICHE ALLO SLE

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

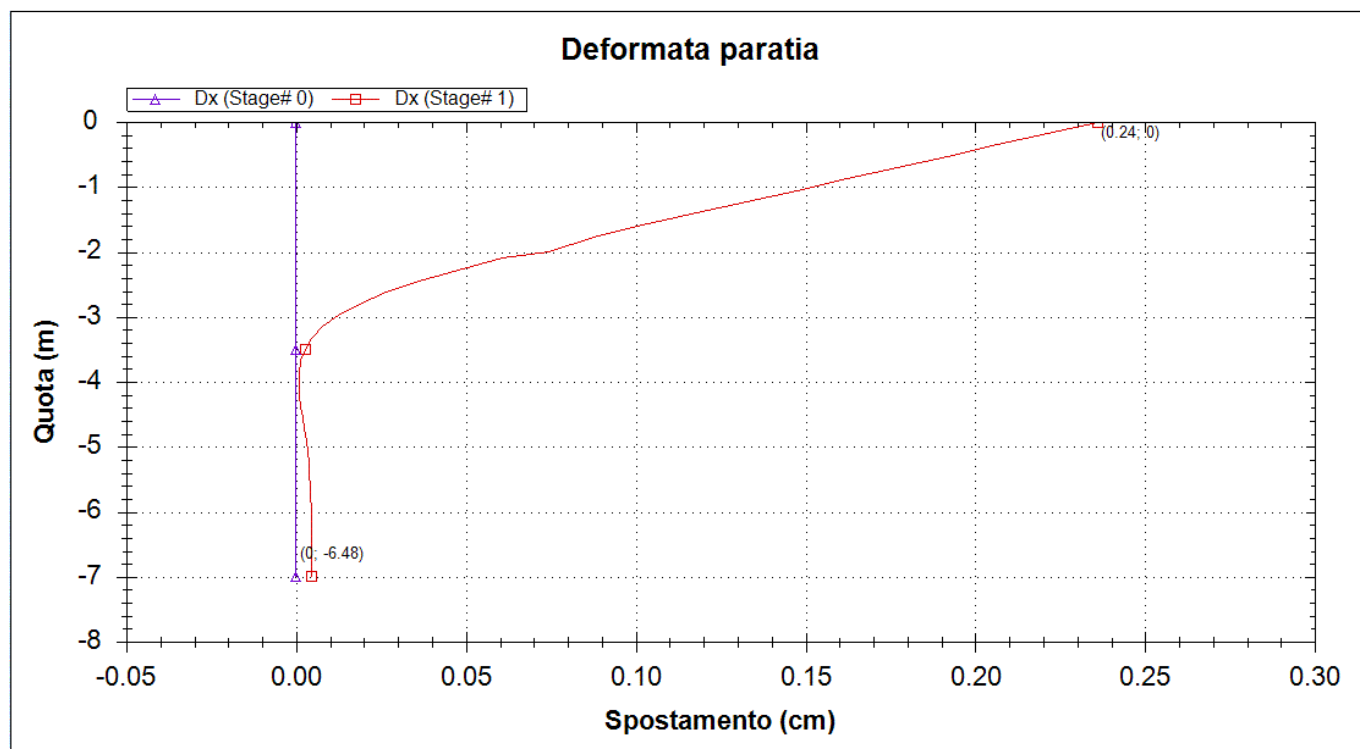


Figura 10 – Diagramma delle deformazioni allo SLE

<b>SLE</b>	
Spostamento orizzontale massimo $\delta_{h\_max}$ (cm)	0.24

In relazione alla provvisorialità dell'opera e alla distanza dalla linea ferroviaria esistente, gli spostamenti orizzontali massimi risultano compatibili con la sua funzionalità.



**RADDOPPIO LINEA FERROVIARIA ROMA-VITERBO  
TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE  
PROGETTO DEFINITIVO**

SOVRAPP. PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle  
Micropali - Relazioni di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0400 101	A	19 di 38

## 7 INCIDENZA ARMATURA

Cordolo in c.a.	60 kg/mc
Tubo armatura micropali	Ø168.3 mm, sp.=10 mm – Peso = 39.0 kg/ml

## 8 ALLEGATO 1 – RISULTATI DELLE VERIFICHE (ESTESI)

	Risultati analisi	Spostamento paratia (cm)	Cedimenti (cm)	Momento paratia (kN-m/m)	Momento paratia (kN-m)	Taglio paratia (kN/m)	Taglio paratia (kN)	TSF Comb.paratia	TSF M+N paratia	TSF V paratia	FS fondo scavo	FS rotazione (an. classica)	FS infissione (an. classica)	FS % passiva mobilitata (analisi NL)	Vera/Attiva (analisi NL)
<b>Design section 0: SLE</b>	Calculation successful	0.24	0.11	5.56	1.95	7.94	2.78	0.04	0.04	0.01	3.67	4.01	2.46	5.26	1.57
<b>0: DM18_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1</b>	Calculation successful	0.25	0.12	7.59	2.66	10.8	3.78	0.05	0.05	0.01	3.67	2.92	2.1	5.16	1.56
<b>0: DM18_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1</b>	Calculation successful	0.42	0.2	8.55	2.99	8.77	3.07	0.05	0.05	0.01	2.94	2.27	1.84	3.66	1.22
<b>DM2018-SLOPE</b>	Calculation successful	0.24	0.11	5.56	1.95	7.94	2.78	0.04	0.04	0.01	3.67	4.01	2.46	5.26	1.57

## 9 OUTPUT PROGRAMMA DI CALCOLO

### 9.1 A1+M1+R1

SCRATCH FILE FOR DESIGN SECTION 0: DM18\_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1

started generation at: 11/12/2019

Analysis started 10:33:45.3853585

For file C:\Users\Luca\Desktop\XX\_Opere provvisionali IV04\paratia micropali\_IV04\_r2.DEEP

Design section 1 is linked to design section 0. Copy dimensions and settings to currend DS (not design approaches).

10.1.A: Soil spring strengths for wall 0 defined from borehole Boring 1

Stage 0: Stage 0

2.1.A.0 CONVENTIONAL ANALYSIS FOR LEFT WALL (stage 0) .

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

Start Conventional analysis, Stage No. 0, name: Stage 0

Code	DM08_ITA
Case	Comb. 1: A1+M1+R1
Parameter	Safety Factor
Seismic multiplier	0
Variable loads	1.5
Permanent loads	1.3
Temporary anchors	1.1
Permanent anchors	1.2
tan(friction angle)	1
Eff. cohesion c'	1
Shear strength Su	1
Earth unfavorable	1.3 (STR)
Earth favorable	1
Water unfavorable	1.3
Water favorable	1
HYDraulic unfavorable	1.35
HYDraulic favorable	0.9
UPLift unfavorable	1
UPLift favorable	1
Used FS wall STR	1
Nails qS	1
Nails qS(Tests)	1
Pressuremeter PL	1
tan(friction angle) nail	1
Cohesion c' (nail mass)	1
Undrained Su (nail mass)	1

SOVRAPP. PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle  
Micropali - Relazioni di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0400 101	A	22 di 38

### 3.1.B Simplified flow net water pressures

Water level at left:  $HW_{left} = -30$

Water level at right:  $HW_{right} = -30$

Wall is embedded in layer No.: 2

Left water level is at layer No.: 0

Right water level is at layer No.: 0

The right water table is above the wall bottom, while the left is below.

### 3.2.A. Line Surcharges Calculations

#### 3.2.B. Strip Surcharges Calculations

\* Stage: 0, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0,  $x = -5.1$ ,  $q_x = 0$ ,  $q_z = 66.2$

\* 2nd point at Elev. 0,  $x = -2.5$ ,  $q_x = 0$ ,  $q_z = 66.2$

\* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load

LF=1.5

\*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 0

Load Factor: LF= 1.5

Load Position:  $X_0 = 0$ ,  $Z_0 = -7$  Load Magnitude:  $Q_v0 = 0$

\* Stage: 0, examine surcharge load 1 1st point at Elev. 0,  $x = -6$ ,  $q_x = 0$ ,  $q_z = 14.4$

\* 2nd point at Elev. 0,  $x = -1.65$ ,  $q_x = 0$ ,  $q_z = 14.4$

\* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable permanent

load LF=1.3

\*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 1

Load Factor: LF= 1.3

Load Position:  $X_1 = 0$ ,  $Z_1 = -7$  Load Magnitude:  $Q_v1 = 0$

### 3.2.C. Wall Surcharges Calculations

#### 3.2.D. Footing Stresses Calculations

No Footings are present

#### 3.2.D. Building Stresses Calculations

No building stresses

### 3.2.E. Uniform Area Surcharges Calculations

#### 3.2.E.1 Uniform area surcharges on wall Calculations

No Uniform area surcharges on wall

#### 3.2.E.2 Point loads on wall Calculations

No point loads on wall

### 3.2.E.3 Vehicle surcharges Calculations

No Vehicle surcharges

Stage 0 Calculations \*\*\*\*\*

Acting earth pressures are applied on the left side

Resisting earth pressures are applied on the right side

Conventional: Driving Pressure Calculations Check if Wedge Solution must be used

Conventional: Active Driving Pressure Calculations

Soil type for left springs: Limo sabbioso

Soil Friction: FR = 26

Wall Friction: DFR = 13

Rankine Method:  $K_a = (1 - \sin(FR)) / (1 + \sin(FR)) = 0.39$

Coulomb Method with no wall inclination:  $K_a = (\cos(FR) * \cos(DFR)) / (\cos(DFR) * (1 + \sqrt{\sin(DFR + FR) * \sin(FR) / \cos(DFR)})) ^ 2 = 0.344$

Correction of cohesion:  $C = 2 * C * (k_{Coul} / \sqrt{k_{Rank}} - \sqrt{k_{Coul}}) = -0.359$

Soil type for left springs: Sabbia limosa

Soil Friction: FR = 32

Wall Friction: DFR = 16

Rankine Method:  $K_a = (1 - \sin(FR)) / (1 + \sin(FR)) = 0.307$

Coulomb Method with no wall inclination:  $K_a = (\cos(FR) * \cos(DFR)) / (\cos(DFR) * (1 + \sqrt{\sin(DFR + FR) * \sin(FR) / \cos(DFR)})) ^ 2 = 0.267$

Correction of cohesion:  $C = 2 * C * (k_{Coul} / \sqrt{k_{Rank}} - \sqrt{k_{Coul}}) = 0$

Conventional: Resisting pressure calculations

Calculate resisting pressures with passive earth pressure theory initial with no wall friction

Passive earth pressures include wall friction when applicable.

Soil type on right side for passive Soil: Limo sabbioso

Wall Friction: FR = 26

Wall Friction: DFR = 13

Buttee Table Method

Rankine resisting  $K_p = 2.56$

Caquot-Kerisel table interpolate resisting  $K_p = 3.508$

Soil type on right side for passive Soil: Sabbia limosa

Wall Friction: FR = 32

Wall Friction: DFR = 16

Buttee Table Method

Rankine resisting  $K_p = 3.25$



**RADDOPPIO LINEA FERROVIARIA ROMA-VITERBO  
TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE  
PROGETTO DEFINITIVO**

SOVRAPP. PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle  
Micropali - Relazioni di calcolo

COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0400 101	REV. A	FOGLIO 24 di 38
------------------	------------------	----------------	-------------------------	-----------	--------------------

Caquot-Kerisel table interpolate resisting  $K_p = 5.056$

Examine if minimum pressures must be applied for clays on the driving side.

1.3

Base actions for soil are now multiplied by appropriate factors

$m_{drive.earth} =$

$$m_{Resisting\ earth} = 1/Design\ approach\ F_{RES} = 1/1 = 1$$

Note: water pressures are multiplied on the net water load within the beam analysis

Cantilever earth solution: Free earth method

\* Basal Factor of Safety:  $FS = 1000$

Completed Conventional analysis, Stage No. 0, name: Stage 0

\*\*\*\*\*

Stage 1: Stage 1

2.1.A.1 CONVENTIONAL ANALYSIS FOR LEFT WALL (stage 1) .

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

Start Conventional analysis, Stage No. 1, name: Stage 1

Code	DM08_ITA
Case	Comb. 1: A1+M1+R1
Parameter	Safety Factor
Seismic multiplier	0
Variable loads	1.5
Permanent loads	1.3
Temporary anchors	1.1
Permanent anchors	1.2
tan(friction angle)	1
Eff. cohesion $c'$	1
Shear strength $S_u$	1
Earth unfavorable	1.3 (STR)
Earth favorable	1
Water unfavorable	1.3
Water favorable	1
HYDraulic unfavorable	1.35
HYDraulic favorable	0.9
UPLift unfavorable	1
UPLift favorable	1
Used FS wall STR	1
Nails $q_S$	1
Nails $q_S$ (Tests)	1
Pressuremeter PL	1
tan(friction angle) nail	1



Cohesion c' (nail mass) 1  
Undrained Su (nail mass) 1

### 3.1.B Simplified flow net water pressures

Water level at left: HWleft = -30  
Water level at right: HWright = -30  
Wall is embedded in layer No.: 2  
Left water level is at layer No.: 0  
Right water level is at layer No.: 0  
The right water table is above the wall bottom, while the left is below.

### 3.2.A. Line Surcharges Calculations

#### 3.2.B. Strip Surcharges Calculations

\* Stage: 1, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5.1, qx = 0, qz= 66.2

\* 2nd point at Elev. 0, x= -2.5, qx = 0, qz= 66.2

\* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load

LF=1.5

\*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 0

Load Factor: LF= 1.5

Load Position: X0= 0 , Z0= -7 Load Magnitude: Qv0 = 0

\* Stage: 1, examine surcharge load 1 1st point at Elev. 0, x= -6, qx = 0, qz= 14.4

\* 2nd point at Elev. 0, x= -1.65, qx = 0, qz= 14.4

\* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable permanent

load LF=1.3

\*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 1

Load Factor: LF= 1.3

Load Position: X1= 0 , Z1= -7 Load Magnitude: Qv1 = 0

### 3.2.C. Wall Surcharges Calculations

#### 3.2.D. Footing Stresses Calculations

No Footings are present

#### 3.2.D. Building Stresses Calculations

No building stresses

### 3.2.E. Uniform Area Surcharges Calculations

#### 3.2.E.1 Uniform area surcharges on wall Calculations

No Uniform area surcharges on wall

SOVRAPP. PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle  
Micropali - Relazioni di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0400 101	A	26 di 38

### 3.2.E.2 Point loads on wall Calculations

No point loads on wall

### 3.2.E.3 Vehicle surcharges Calculations

No Vehicle surcharges

### Stage 1 Calculations \*\*\*\*\*

Acting earth pressures are applied on the left side

Resisting earth pressures are applied on the right side

Conventional: Driving Pressure Calculations Check if Wedge Solution must be used

Conventional: Active Driving Pressure Calculations

Soil type for left springs: Limo sabbioso

Soil Friction: FR = 26

Wall Friction: DFR = 13

Rankine Method:  $K_a = (1 - \sin(FR)) / (1 + \sin(FR)) = 0.39$

Coulomb Method with no wall inclination:  $K_a = (\cos(FR) * \cos(DFR)) / (\cos(DFR) * (1 + \sqrt{\sin(DFR + FR) * \sin(FR) / \cos(DFR)})) ^ 2 = 0.344$

Correction of cohesion:  $C = 2 * C * (k_{Coul} / \sqrt{k_{Rank}} - \sqrt{k_{Coul}}) = -0.359$

Soil type for left springs: Sabbia limosa

Soil Friction: FR = 32

Wall Friction: DFR = 16

Rankine Method:  $K_a = (1 - \sin(FR)) / (1 + \sin(FR)) = 0.307$

Coulomb Method with no wall inclination:  $K_a = (\cos(FR) * \cos(DFR)) / (\cos(DFR) * (1 + \sqrt{\sin(DFR + FR) * \sin(FR) / \cos(DFR)})) ^ 2 = 0.267$

Correction of cohesion:  $C = 2 * C * (k_{Coul} / \sqrt{k_{Rank}} - \sqrt{k_{Coul}}) = 0$

Conventional: Resisting pressure calculations

Calculate resisting pressures with passive earth pressure theory initial with no wall friction

Passive earth pressures include wall friction when applicable.

Soil type on right side for passive Soil: Sabbia limosa

Wall Friction: FR = 32

Wall Friction: DFR = 16

Buttee Table Method

Rankine resisting  $K_p = 3.25$

Caquot-Kerisel table interpolate resisting  $K_p = 5.056$

Examine if minimum pressures must be applied for clays on the driving side.



RADDOPPIO LINEA FERROVIARIA ROMA-VITERBO  
TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE  
PROGETTO DEFINITIVO

SOVRAPP. PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle  
Micropali - Relazioni di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0400 101	A	27 di 38

1.3 Base actions for soil are now multiplied by appropriate factors m drive.earth =

$m_{\text{Resisting earth}} = 1/\text{Design approach } F_{\text{RES}} = 1/1 = 1$

Note: water pressures are multiplied on the net water load within the beam analysis

Cantilever earth solution: Free earth method

\* Basal Factor of Safety: FS= 3.673

Completed Conventional analysis, Stage No. 1, name: Stage 1

\*\*\*\*\*

Generate Paratie Model, Design Section: 1, 0: DM18\_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\* START NON-LINEAR ELASTOPLASTIC SOLUTION FOR DESIGN SECTION 0: DM18\_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1

3.1.B Simplified flow net water pressures

Water level at left: HWleft = -30  
Water level at right: HWright = -30  
Wall is embedded in layer No.: 2  
Left water level is at layer No.: 0  
Right water level is at layer No.: 0  
The right water table is above the wall bottom, while the left is below.

3.1.B Simplified flow net water pressures

Water level at left: HWleft = -30  
Water level at right: HWright = -30  
Wall is embedded in layer No.: 2  
Left water level is at layer No.: 0  
Right water level is at layer No.: 0  
The right water table is above the wall bottom, while the left is below.

10.1.A: Soil spring strengths for wall 0 defined from borehole Boring 1

Paratie Analysis Summary

PARATIE Analysis, Stage Number 0, name: Stage 0 converged - Results available.

PARATIE Analysis, Stage Number 1, name: Stage 1 converged - Results available.

Update support capacity checks for soil spring solution for wall & 0,stage: 0

Update support capacity checks for soil spring solution for wall & 0,stage: 1

5.1.A. Calculate moment envelope for left wall

Stage 0 : Pmax = 0

Stage 0 : Pmin = 0

SOVRAPP. PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle  
Micropali - Relazioni di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0400 101	A	28 di 38

Stage 0 : Mmax = 1.6576105E-16

Stage 0 : Mmin = -5.177445E-17

Stage 0 : Vmax = 6.28355E-16

Stage 0 : Vmin = -1.9350695E-16

Stage 1 : Pmax = 0

Stage 1 : Pmin = 0

Stage 1 : Mmax = 0.1065883

Stage 1 : Mmin = -2.657746

Stage 1 : Vmax = 3.781323

Stage 1 : Vmin = -2.0915895

Wall Moment Capacity Left: McritL= 56.158794

Wall Moment Capacity Right: McritR= 56.158794

Wall Shear Capacity Left: VcritL= 409.09946

Wall Shear Capacity Right: VcritR= 409.09946

Stress Check: STRmax= 0.0473255533229577

Analyze global stability with support results from Design section 0: DM18\_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1

#### 6.1.A Calculate all factors for Clough etc for all stages

Left wall: Clough System stiffness calculations, stage= 0

Left wall: Clough System stiffness calculations, stage= 1

#### Calculations for 1st wall (left)

\*Calculate equivalent Secant Pile Ixx, \* with Steel Pipe, use pipe Ixx and concrete effective at: 25%

\* Ewall= 206000 MPa, Stiffness Ixx= 1564 cm<sup>4</sup>

\* Iequivalent= Ewall x Ixx x ConvEI / (Estandard x ConvEL x Wall Spacing) =>

\* Iequivalent= 206000 MPa x 1564 cm<sup>4</sup> x 1E-08/ (206000 x 1 x 0.35)= 4E-05 (m<sup>4</sup>/m)

\*Now calculate Equivalent Wall Thickness from Ixx/Length

\* Wall thick= (12 x Ixx/L)<sup>(1/3)</sup> = (12 x 4E-05)<sup>(1/3)</sup> = 0.08124 (m)

\* Calculate EI = Eemat x wall spacing x wall equiv. thick<sup>3</sup>/12 = 206000000 x 0.35 x (0.081)<sup>3</sup> /12 = 3221.84

\* System stiffness is not applicable because excavation height is zero

\* Basal Factor of Safety: FS= 1000

\* From Clough chart (with back figured equations), max horizontal predicted displacement= NaN% of excavation height.

\*Calculate equivalent Secant Pile Ixx, \* with Steel Pipe, use pipe Ixx and concrete effective at: 25%

\* Ewall= 206000 MPa, Stiffness Ixx= 1564 cm<sup>4</sup>

\* Iequivalent= Ewall x Ixx x ConvEI / (Estandard x ConvEL x Wall Spacing) =>

\* Iequivalent= 206000 MPa x 1564 cm<sup>4</sup> x 1E-08/ (206000 x 1 x 0.35)= 4E-05 (m<sup>4</sup>/m)

\*Now calculate Equivalent Wall Thickness from Ixx/Length

\* Wall thick= (12 x Ixx/L)<sup>(1/3)</sup> = (12 x 4E-05)<sup>(1/3)</sup> = 0.08124 (m)

\* Calculate EI = Eemat x wall spacing x wall equiv. thick<sup>3</sup>/12 = 206000000 x 0.35 x (0.081)<sup>3</sup> /12 = 3221.84



**RADDOPPIO LINEA FERROVIARIA ROMA-VITERBO  
TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE  
PROGETTO DEFINITIVO**

SOVRAPP. PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle  
Micropali - Relazioni di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0400 101	A	29 di 38

\* System stiffness =  $EI / (\text{wall spacing} \times \gamma_{\text{water}} \times H^4) = 3221.84 / [0.35 \times 10 \times 2^4] = 57.5$

\* Basal Factor of Safety:  $FS = 3.673$

\* From Clough chart (with back figured equations), max horizontal predicted displacement = 0.06% of excavation height.

\* Thus max horizontal predicted displacement  $dx_{\text{max}} = 0.0011 \text{ m} = 0.11 \text{ cm}$

\* 7.1.A Calculate settlements for left wall for all stages.

LINEAR ANALYSIS

\* CALCULATE DISPLACEMENT VOLUMES, BASED ON WALL DISPLACEMENTS FROM NON-

\* Horizontal displacement at ground surface (from NL analysis)  $dx_{\text{surface}} = 0.248 \text{ cm}$

\* Estimated sprandel area  $A_{hs1}$  below excavation due to base movements =  $dx_{\text{Excavation}} \times (\text{Excavation} - \text{EL}_{\text{basewall}}) / 2 = 0.5 \times 0.24769(0 - -7) = 0.867 \text{ cm} \times \text{m}$

\* Concave displacement volume below excavation  $A_{hc1} = A_{htotal} - A_{hs1} = -0.496 \text{ cm} \times \text{m}$

\* Wall toe moves as much as maximum displacement calculate  $H1 = 2 \times H = 4$

\* wall base moves, volume below wall estimated as  $H1 \times D_{\text{Toe}} / 2 = A_{vhBase} = 4 \times 0.0044 / 2 = 0.0089$

\* Total sprandel displacement volume  $A_{hs} = A_{hs} + A_{vhBase} = 0.876$

\* Total displacement volume  $A_{ht} = A_{ht} + A_{vhBase} = 0.38$

\* Wall is cantilever, set concave horizontal volume  $A_{hc} = 0$  and then  $A_{hs} = A_{ht} = 0 \text{ cm} \times \text{m}$

\* Note: Basal movements  $H_{\text{sprandel}} = \text{EL}_{\text{top}} - \text{EL}_{\text{bot}} (\text{for estimated zero movement}) = 0 - -7 = 7 \text{ m}$

\* Cantilever case: calculate vertical displacement volumes

\*  $A_{v\text{sprandel}} = A_{hs} \times \text{Cantilever Factor} = 0.37996 \times 1 = 0.37996$

\*  $A_{v\text{concave}} = A_{hc} \times \text{Cantilever Factor} = 0 \times 1 = 0$

\* Maximum Sprandel settlement  $D_{v\text{smax}} = 3 \times A_{vs} / (H_{\text{sprandel}} \times D_s F) = 0.116$

\* Maximum concave settlement  $D_{v\text{cmax}} = A_{vc} / ((1 - \text{NormalDistributionIntegral}) \times ((2 \times \pi)^{0.5} \times \text{inFP})) = 0$

End Design Section: 1: 0: DM18\_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1

\*\*\*\*\*



**RADDOPPIO LINEA FERROVIARIA ROMA-VITERBO  
TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE  
PROGETTO DEFINITIVO**

SOVRAPP. PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle  
Micropali - Relazioni di calcolo

COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0400 101	REV. A	FOGLIO 30 di 38
------------------	------------------	----------------	-------------------------	-----------	--------------------

## 9.2 A2+M2+R1

SCRATCH FILE FOR DESIGN SECTION 0: DM18\_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1

started generation at: 11/12/2019

Analysis started 10:33:49.2291336

For file C:\Users\Luca\Desktop\XX\_Opere provvisionali IV04\paratia micropali\_IV04\_r2.DEEP

Design section 2 is linked to design section 0. Copy dimensions and settings to current DS (not design approaches).

10.1.A: Soil spring strengths for wall 0 defined from borehole Boring 1

Stage 0: Stage 0

2.1.A.0 CONVENTIONAL ANALYSIS FOR LEFT WALL (stage 0) .

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

Start Conventional analysis, Stage No. 0, name: Stage 0

Code	DM08_ITA
Case	Comb. 2: A2+M2+R1
Parameter	Safety Factor
Seismic multiplier	0
Variable loads	1.3
Permanent loads	1
Temporary anchors	1.1
Permanent anchors	1.2
tan(friction angle)	1.25
Eff. cohesion c'	1.25
Shear strength Su	1.4
Earth unfavorable	1
Earth favorable	1
Water unfavorable	1
Water favorable	1
HYDraulic unfavorable	1.35
HYDraulic favorable	0.9
UPLift unfavorable	1
UPLift favorable	1
Used FS wall STR	1
FS tiebacks	1.4x R_anchor
Nails qS	1.4
Nails qS(Tests)	1.4
Pressuremeter PL	1
tan(friction angle) nail	1.25
Cohesion c' (nail mass)	1.25
Undrained Su (nail mass)	1.4

3.1.B Simplified flow net water pressures

Water level at left: HWleft = -30

SOVRAPP. PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle  
Micropali - Relazioni di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0400 101	A	31 di 38

Water level at right:  $H_{Wright} = -30$   
 Wall is embedded in layer No.: 2  
 Left water level is at layer No.: 0  
 Right water level is at layer No.: 0  
 The right water table is above the wall bottom, while the left is below.

### 3.2.A. Line Surcharges Calculations

### 3.2.B. Strip Surcharges Calculations

\* Stage: 0, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0,  $x = -5.1$ ,  $q_x = 0$ ,  $q_z = 66.2$

\* 2nd point at Elev. 0,  $x = -2.5$ ,  $q_x = 0$ ,  $q_z = 66.2$

\* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load

LF=1.3

\*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 0

Load Factor: LF= 1.3

Load Position:  $X_0 = 0$ ,  $Z_0 = -7$  Load Magnitude:  $Q_v0 = 0$

\* Stage: 0, examine surcharge load 1 1st point at Elev. 0,  $x = -6$ ,  $q_x = 0$ ,  $q_z = 14.4$

\* 2nd point at Elev. 0,  $x = -1.65$ ,  $q_x = 0$ ,  $q_z = 14.4$

\* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable permanent

load LF=1

\*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 1

Load Factor: LF= 1

Load Position:  $X_1 = 0$ ,  $Z_1 = -7$  Load Magnitude:  $Q_v1 = 0$

### 3.2.C. Wall Surcharges Calculations

### 3.2.D. Footing Stresses Calculations

No Footings are present

### 3.2.D. Building Stresses Calculations

No building stresses

### 3.2.E. Uniform Area Surcharges Calculations

#### 3.2.E.1 Uniform area surcharges on wall Calculations

No Uniform area surcharges on wall

#### 3.2.E.2 Point loads on wall Calculations

No point loads on wall

#### 3.2.E.3 Vehicle surcharges Calculations

SOVRAPP. PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle  
Micropali - Relazioni di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0400 101	A	32 di 38

No Vehicle surcharges

Stage 0 Calculations \*\*\*\*\*

Acting earth pressures are applied on the left side  
Resisting earth pressures are applied on the right side  
Conventional: Driving Pressure Calculations Check if Wedge Solution must be used  
Conventional: Active Driving Pressure Calculations

Soil type for left springs: Limo sabbioso

Soil Friction: FR = 21.32

Wall Friction: DFR = 10.66

Rankine Method:  $K_a = (1 - \sin(FR)) / (1 + \sin(FR)) = 0.467$

Coulomb Method with no wall inclination:  $K_a = (\cos(FR) * \cos(FR)) / (\cos(DFR) * (1 + \sqrt{\sin(DFR + FR) * \sin(FR) / \cos(DFR)})) ^ 2 = 0.417$

Correction of cohesion:  $C = 2 * C * (k_{Coul} / \sqrt{k_{Rank}} - \sqrt{k_{Coul}}) = -0.283$

Soil type for left springs: Sabbia limosa

Soil Friction: FR = 26.56

Wall Friction: DFR = 13.28

Rankine Method:  $K_a = (1 - \sin(FR)) / (1 + \sin(FR)) = 0.382$

Coulomb Method with no wall inclination:  $K_a = (\cos(FR) * \cos(FR)) / (\cos(DFR) * (1 + \sqrt{\sin(DFR + FR) * \sin(FR) / \cos(DFR)})) ^ 2 = 0.336$

Correction of cohesion:  $C = 2 * C * (k_{Coul} / \sqrt{k_{Rank}} - \sqrt{k_{Coul}}) = 0$

Conventional: Resisting pressure calculations

Calculate resisting pressures with passive earth pressure theory initial with no wall friction  
Passive earth pressures include wall friction when applicable.

Soil type on right side for passive Soil: Limo sabbioso

Wall Friction: FR = 21.32

Wall Friction: DFR = 10.66

Buttee Table Method

Rankine resisting  $K_p = 2.142$

Caquot-Kerisel table interpolate resisting  $K_p = 2.666$

Soil type on right side for passive Soil: Sabbia limosa

Wall Friction: FR = 26.56

Wall Friction: DFR = 13.28

Buttee Table Method

Rankine resisting  $K_p = 2.619$

Caquot-Kerisel table interpolate resisting  $K_p = 3.626$





RADDOPPIO LINEA FERROVIARIA ROMA-VITERBO  
TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE  
PROGETTO DEFINITIVO

SOVRAPP. PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle  
Micropali - Relazioni di calcolo

COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0400 101	REV. A	FOGLIO 33 di 38
------------------	------------------	----------------	-------------------------	-----------	--------------------

Examine if minimum pressures must be applied for clays on the driving side.

Cantilever earth solution: Free earth method

\* Basal Factor of Safety: FS= 1000

Completed Conventional analysis, Stage No. 0, name: Stage 0

\*\*\*\*\*

Stage 1: Stage 1

2.1.A.1 CONVENTIONAL ANALYSIS FOR LEFT WALL (stage 1) .

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

Start Conventional analysis, Stage No. 1, name: Stage 1

Code	DM08_ITA
Case	Comb. 2: A2+M2+R1
Parameter	Safety Factor
Seismic multiplier	0
Variable loads	1.3
Permanent loads	1
Temporary anchors	1.1
Permanent anchors	1.2
tan(friction angle)	1.25
Eff. cohesion c'	1.25
Shear strength Su	1.4
Earth unfavorable	1
Earth favorable	1
Water unfavorable	1
Water favorable	1
HYDraulic unfavorable	1.35
HYDraulic favorable	0.9
UPLift unfavorable	1
UPLift favorable	1
Used FS wall STR	1
FS tiebacks	1.4x R_anchor
Nails qS	1.4
Nails qS(Tests)	1.4
Pressuremeter PL	1
tan(friction angle) nail	1.25
Cohesion c' (nail mass)	1.25
Undrained Su (nail mass)	1.4

3.1.B Simplified flow net water pressures

Water level at left: HWleft = -30

Water level at right: HWright = -30

SOVRAPP. PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle  
Micropali - Relazioni di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0400 101	A	34 di 38

Wall is embedded in layer No.: 2  
Left water level is at layer No.: 0  
Right water level is at layer No.: 0  
The right water table is above the wall bottom, while the left is below.

### 3.2.A. Line Surcharges Calculations

### 3.2.B. Strip Surcharges Calculations

LF=1.3

\* Stage: 1, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0,  $x = -5.1$ ,  $q_x = 0$ ,  $q_z = 66.2$   
\* 2nd point at Elev. 0,  $x = -2.5$ ,  $q_x = 0$ ,  $q_z = 66.2$   
\* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load  
\*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 0

Load Factor: LF= 1.3  
Load Position:  $X_0 = 0$ ,  $Z_0 = -7$  Load Magnitude:  $Q_v0 = 0$

load LF=1

\* Stage: 1, examine surcharge load 1 1st point at Elev. 0,  $x = -6$ ,  $q_x = 0$ ,  $q_z = 14.4$   
\* 2nd point at Elev. 0,  $x = -1.65$ ,  $q_x = 0$ ,  $q_z = 14.4$   
\* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable permanent  
\*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 1

Load Factor: LF= 1  
Load Position:  $X_1 = 0$ ,  $Z_1 = -7$  Load Magnitude:  $Q_v1 = 0$

### 3.2.C. Wall Surcharges Calculations

### 3.2.D. Footing Stresses Calculations

No Footings are present

### 3.2.D. Building Stresses Calculations

No building stresses

### 3.2.E. Uniform Area Surcharges Calculations

#### 3.2.E.1 Uniform area surcharges on wall Calculations

No Uniform area surcharges on wall

#### 3.2.E.2 Point loads on wall Calculations

No point loads on wall

#### 3.2.E.3 Vehicle surcharges Calculations

No Vehicle surcharges



RADDOPPIO LINEA FERROVIARIA ROMA-VITERBO  
TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE  
PROGETTO DEFINITIVO

SOVRAPP. PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle  
Micropali - Relazioni di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0400 101	A	35 di 38

Stage 1 Calculations \*\*\*\*\*

Acting earth pressures are applied on the left side  
Resisting earth pressures are applied on the right side  
Conventional: Driving Pressure Calculations Check if Wedge Solution must be used  
Conventional: Active Driving Pressure Calculations

Soil type for left springs: Limo sabbioso

Soil Friction:  $FR = 21.32$

Wall Friction:  $DFR = 10.66$

Rankine Method:  $Ka = (1 - \sin(FR)) / (1 + \sin(FR)) = 0.467$

Coulomb Method with no wall inclination:  $Ka = (\cos(FR) * \cos(FR)) / (\cos(DFR) * (1 + \sqrt{\sin(DFR + FR) * \sin(FR) / \cos(DFR)})) ^ 2 = 0.417$

Correction of cohesion:  $C = 2 * C * (kCoul / \sqrt{kRank} - \sqrt{kCoul}) = -0.283$

Soil type for left springs: Sabbia limosa

Soil Friction:  $FR = 26.56$

Wall Friction:  $DFR = 13.28$

Rankine Method:  $Ka = (1 - \sin(FR)) / (1 + \sin(FR)) = 0.382$

Coulomb Method with no wall inclination:  $Ka = (\cos(FR) * \cos(FR)) / (\cos(DFR) * (1 + \sqrt{\sin(DFR + FR) * \sin(FR) / \cos(DFR)})) ^ 2 = 0.336$

Correction of cohesion:  $C = 2 * C * (kCoul / \sqrt{kRank} - \sqrt{kCoul}) = 0$

Conventional: Resisting pressure calculations

Calculate resisting pressures with passive earth pressure theory initial with no wall friction  
Passive earth pressures include wall friction when applicable.

Soil type on right side for passive Soil: Sabbia limosa

Wall Friction:  $FR = 26.56$

Wall Friction:  $DFR = 13.28$

Buttee Table Method

Rankine resisting  $Kp = 2.619$

Caquot-Kerisel table interpolate resisting  $Kp = 3.626$

Examine if minimum pressures must be applied for clays on the driving side.

Cantilever earth solution: Free earth method

\* Basal Factor of Safety:  $FS = 2.938$

Completed Conventional analysis, Stage No. 1, name: Stage 1



RADDOPPIO LINEA FERROVIARIA ROMA-VITERBO  
TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE  
PROGETTO DEFINITIVO

SOVRAPP. PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle  
Micropali - Relazioni di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0400 101	A	36 di 38

\*\*\*\*\*

Generate Paratie Model, Design Section: 2, 0: DM18\_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

\*\* START NON-LINEAR ELASTOPLASTIC SOLUTION FOR DESIGN SECTION 0: DM18\_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1

3.1.B Simplified flow net water pressures

Water level at left: HWleft = -30

Water level at right: HWright = -30

Wall is embedded in layer No.: 2

Left water level is at layer No.: 0

Right water level is at layer No.: 0

The right water table is above the wall bottom, while the left is below.

3.1.B Simplified flow net water pressures

Water level at left: HWleft = -30

Water level at right: HWright = -30

Wall is embedded in layer No.: 2

Left water level is at layer No.: 0

Right water level is at layer No.: 0

The right water table is above the wall bottom, while the left is below.

10.1.A: Soil spring strengths for wall 0 defined from borehole Boring 1

Paratie Analysis Summary

PARATIE Analysis, Stage Number 0, name: Stage 0 converged - Results available.

PARATIE Analysis, Stage Number 1, name: Stage 1 converged - Results available.

Update support capacity checks for soil spring solution for wall & 0,stage: 0

Update support capacity checks for soil spring solution for wall & 0,stage: 1

5.1.A. Calculate moment envelope for left wall

Stage 0 : Pmax = 0

Stage 0 : Pmin = 0

Stage 0 : Mmax = 1.834805E-16

Stage 0 : Mmin = -1.800645E-16

Stage 0 : Vmax = 4.28505E-16

Stage 0 : Vmin = -4.00015E-16

Stage 1 : Pmax = 0

Stage 1 : Pmin = 0

Stage 1 : Mmax = 0.121842

Stage 1 : Mmin = -2.99208

Stage 1 : Vmax = 3.071075

Stage 1 : Vmin = -2.31707

SOVRAPP. PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle  
Micropali - Relazioni di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0400 101	A	37 di 38

Wall Moment Capacity Left:  $M_{critL} = 56.158794$   
 Wall Moment Capacity Right:  $M_{critR} = 56.158794$   
 Wall Shear Capacity Left:  $V_{critL} = 409.09946$   
 Wall Shear Capacity Right:  $V_{critR} = 409.09946$   
 Stress Check:  $STR_{max} = 0.0532789219084726$

Analyze global stability with support results from Design section 0: DM18\_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1

6.1.A Calculate all factors for Clough etc for all stages

Left wall: Clough System stiffness calculations, stage= 0

Left wall: Clough System stiffness calculations, stage= 1

Calculations for 1st wall (left)

\* Calculate equivalent Secant Pile  $I_{xx}$ , \* with Steel Pipe, use pipe  $I_{xx}$  and concrete effective at: 25%

\*  $E_{wall} = 206000$  MPa, Stiffness  $I_{xx} = 1564$  cm<sup>4</sup>

\*  $I_{equivalent} = E_{wall} \times I_{xx} \times ConvEI / (E_{standard} \times ConvEL \times Wall\ Spacing) \Rightarrow$

\*  $I_{equivalent} = 206000$  MPa  $\times$   $1564$  cm<sup>4</sup>  $\times$   $1E-08 / (206000 \times 1 \times 0.35) = 4E-05$  (m<sup>4</sup>/m)

\* Now calculate Equivalent Wall Thickness from  $I_{xx}/Length$

\* Wall thick =  $(12 \times I_{xx}/L)^{1/3} = (12 \times 4E-05)^{1/3} = 0.08124$  (m)

\* Calculate  $EI = E_{mat} \times wall\ spacing \times wall\ equiv.\ thick^3 / 12 = 206000000 \times 0.35 \times (0.081)^3 / 12 = 3221.84$

\* System stiffness is not applicable because excavation height is zero

\* Basal Factor of Safety:  $FS = 1000$

\* From Clough chart (with back figured equations), max horizontal predicted displacement = NaN% of excavation height.

\* Calculate equivalent Secant Pile  $I_{xx}$ , \* with Steel Pipe, use pipe  $I_{xx}$  and concrete effective at: 25%

\*  $E_{wall} = 206000$  MPa, Stiffness  $I_{xx} = 1564$  cm<sup>4</sup>

\*  $I_{equivalent} = E_{wall} \times I_{xx} \times ConvEI / (E_{standard} \times ConvEL \times Wall\ Spacing) \Rightarrow$

\*  $I_{equivalent} = 206000$  MPa  $\times$   $1564$  cm<sup>4</sup>  $\times$   $1E-08 / (206000 \times 1 \times 0.35) = 4E-05$  (m<sup>4</sup>/m)

\* Now calculate Equivalent Wall Thickness from  $I_{xx}/Length$

\* Wall thick =  $(12 \times I_{xx}/L)^{1/3} = (12 \times 4E-05)^{1/3} = 0.08124$  (m)

\* Calculate  $EI = E_{mat} \times wall\ spacing \times wall\ equiv.\ thick^3 / 12 = 206000000 \times 0.35 \times (0.081)^3 / 12 = 3221.84$

\* System stiffness =  $EI / (wall\ spacing \times \gamma_{water} \times H^4) = 3221.84 / [0.35 \times 10 \times 2^4] = 57.5$

\* Basal Factor of Safety:  $FS = 2.938$

\* From Clough chart (with back figured equations), max horizontal predicted displacement = 0.08% of excavation height.

\* Thus max horizontal predicted displacement  $dx_{max} = 0.0016$  m = 0.16 cm

\* 7.1.A Calculate settlements for left wall for all stages.

\* CALCULATE DISPLACEMENT VOLUMES, BASED ON WALL DISPLACEMENTS FROM NON-LINEAR ANALYSIS



**RADDOPPIO LINEA FERROVIARIA ROMA-VITERBO  
TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE  
PROGETTO DEFINITIVO**

SOVRAPP. PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE  
IV04 - PASSERELLA PEDONALE - Vigna di Valle  
Micropali - Relazioni di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0400 101	A	38 di 38

\* Horizontal displacement at ground surface (from NL analysis)  $dx_{surface} = 0.42\text{cm}$

\* Estimated sprandel area  $A_{hs1}$  below excavation due to base movements =  $dx_{Excavation} \times (EL_{excavation} - EL_{basewall}) / 2 = 0.5 \times 0.41988(0 - -3.85) = 0.808\text{cm} \times \text{m}$

\* Concave displacement volume below excavation  $A_{hc1} = A_{htotal} - A_{hs1} = -0.177\text{cm} \times \text{m}$

\* Wall toe moves as much as maximum displacement calculate  $H1 = 2 \times H = 4$

\* wall base moves, volume below wall estimated as  $H1 \times D_{xToe} / 2 = Av_{hBase} = 4 \times 0.0049 / 2 = 0.0098$

\* Total sprandel displacement volume  $A_{hs} = A_{hs} + Av_{hBase} = 0.818$

\* Total displacement volume  $A_{ht} = A_{ht} + Av_{hBase} = 0.641$

\* Wall is cantilever, set concave horizontal volume  $A_{hc} = 0$  and then  $A_{hs} = A_{ht} = 0\text{cm} \times \text{m}$

\* Note: Basal movements  $H_{sprandel} = EL_{top} - EL_{bot}(\text{for estimated zero movement}) = 0 - -7 = 7\text{m}$

\* Cantilever case: calculate vertical displacement volumes

\*  $Av_{sprandel} = A_{hs} \times \text{Cantilever Factor} = 0.64081 \times 1 = 0.64081$

\*  $Av_{concave} = A_{hc} \times \text{Cantilever Factor} = 0 \times 1 = 0$

\* Maximum Sprandel settlement  $Dv_{smax} = 3 \times Av_s / (H_{sprandel} \times D_s F) = 0.196$

\* Maximum concave settlement  $Dv_{cmax} = Av_c / ((1 - \text{NormalDistributionIntegral}) \times ((2 \times \pi)^{0.5} \times \text{inFP})) = 0$

End Design Section: 2: 0: DM18\_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1

\*\*\*\*\*