

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:	PROGETTISTA:	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE
RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI	Ing. Gaetano USAI	Ing. Piergiorgio GRASSO
		Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche 

## PROGETTO ESECUTIVO

### ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE

IN08 - Tombino idraulico 2.00x2.00 al km 27+246.39

Opere provvisori: Relazione di calcolo

APPALTATORE	SCALA:
IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A. Dott. Ing. Sabino Del Balzo DIRETTORE TECNICO  24/02/2020	-

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

I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	C	L	I	N	0	8	0	0	0	0	1	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	A. Tagliaferri	24/02/2020	M. Pietrantonio	24/02/2020	P. Grasso	24/02/2020	Ing. Gaetano USAI



File: IF26.1.2.E.ZZ.CL.IN.08.0.0.001.A.doc

n. Elab.:

## Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>4</b>
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>CRITERI PROGETTUALI .....</b>	<b>9</b>
5.1	METODOLOGIA DI CALCOLO .....	9
5.2	CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE .....	12
5.2.1	VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) .....	12
5.2.2	VERIFICHE AGLI SLE.....	13
5.2.3	AZIONI SISMICA .....	14
5.2.4	COMBINAZIONE DELLE AZIONI .....	14
5.3	MODELLO DI CALCOLO .....	15
5.3.1	FASE 1.....	15
5.3.2	FASE 2.....	19
<b>6</b>	<b>RISULTATI DELLE ANALISI.....</b>	<b>22</b>
6.1	FASE 1 .....	22
6.1.1	SOLLECITAZIONI AGENTI.....	22
6.1.2	VERIFICHE STRUTTURALI DEI MICROPALI .....	26
6.1.3	VERIFICHE STRUTTURALI DEL CORDOLO.....	27
6.1.4	VERIFICHE STRUTTURALI DEL PUNTONE PROVVISORIO .....	27
6.1.5	VERIFICHE STRUTTURALI DELLE TRAVI DI RIPARTIZIONE .....	28
6.1.6	VERIFICHE GEOTECNICHE ALLO SLU DELLA PARATIA.....	30
6.1.7	VERIFICHE GEOTECNICHE ALLO SLE DELLA PARATIA .....	31
6.1.8	STIMA DEI CEDIMENTI VERTICALI DEL TERRENO A MONTE DELLA PARATIA .....	32
6.2	FASE 2 .....	33
6.2.1	SOLLECITAZIONI AGENTI.....	33
6.2.2	VERIFICHE STRUTTURALI DEI MICROPALI .....	37

**Opere provvisionali: Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	3 di 45

<b>6.2.3</b>	<b>VERIFICHE STRUTTURALI DEL CORDOLO .....</b>	<b>38</b>
<b>6.2.4</b>	<b>VERIFICHE STRUTTURALI DEL PUNTONE PROVVISORIO .....</b>	<b>42</b>
<b>6.2.5</b>	<b>VERIFICHE GEOTECNICHE ALLO SLU DELLA PARATIA.....</b>	<b>43</b>
<b>6.2.6</b>	<b>VERIFICHE GEOTECNICHE ALLO SLE DELLA PARATIA.....</b>	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>INCIDENZA ARMATURE .....</b>	<b>45</b>

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Opere provvisionali: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0800 001	REV. A	FOGLIO 4 di 45

## 1 PREMESSA

La presente relazione illustra e riassume i risultati del calcolo e del dimensionamento delle opere provvisionali previste per lo scavo della fondazione del tombino idraulico al km 27+246, nell'ambito della progettazione esecutiva del Raddoppio della Tratta Canello - Benevento - 1° Lotto Funzionale Frasso Telesino - Teleso (itinerario Napoli – Bari).

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- [1] Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008).
- [2] Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008.
- [3] DM 06/05/2008 – “Integrazione al DM 14/01/2008 di approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- [4] RFI DTC SI MA IFS 001 A – “Manuale di progettazione delle opere civili”
- [5] RFI DTC SI SP IFS 001 A – “Capitolato generale tecnico d'appalto delle opere civili”
- [6] UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione Geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- [7] UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

### 2.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [DC1]. IF26.1.2.E.ZZ.RB.GE.00.0.5.001 - Relazione geotecnica generale di linea delle opere all'aperto.
- [DC2]. IF26.1.2.E.ZZ.PZ.IN.08.0.0.002 – Opere provvisionali e pianta scavi: Fase 1
- [DC3]. IF26.1.2.E.ZZ.PZ.IN.08.0.0.003 – Opere provvisionali e pianta scavi: Fase 2

Opere provvisori: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	5 di 45

### 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.

Calcestruzzo magro per getti di livellamento		
Classe	C12/15	
$R_{ck} =$	15 Mpa	Resistenza caratteristica cubica
Classe di esposizione =	X0	

Calcestruzzo cordolo paratie		
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%)
$\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} =$	13.70 Mpa	Tensione max in esercizio in comb. rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} =$	9.96 Mpa	Tensione max in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} =$	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

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	6 di 45

Malta per micropali		
Classe	C20/25	▼
$R_{ck} =$	25	Mpa
Resistenza caratteristica cubica		
$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} =$	20.75	Mpa
Resistenza caratteristica cilindrica		
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	28.75	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		
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_M =$	11.76	Mpa
Resistenza di progetto		
$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} =$	2.27	Mpa
Resistenza media a trazione semplice		
$f_{ctm} = 1.2 \cdot f_{ctm} =$	2.72	Mpa
Resistenza media a trazione per flessione		
$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} =$	1.59	Mpa
Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)		
$\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} =$	11.41	Mpa
Tensione max in esercizio in comb. rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])		
$\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} =$	8.30	Mpa
Tensione max in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §1.8.3.2.1 [3])		
$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} =$	30200	Mpa
Modulo elastico di progetto		
$\nu =$	0.2	-
Coefficiente di Poisson		
$G_c = E_{cm} / (2(1+\nu)) =$	12584	MPa
Modulo elastico tangenziale di progetto		
Condizioni ambientali =	Ordinarie	▼
Classe di esposizione =	XC2	▼

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		
$\epsilon_{yd} =$	0.20%	
Deformazione di progetto a snervamento		
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k =$	7.50%	
Deformazione caratteristica ultima		
$\sigma_s = 0.80 \cdot f_{yk} =$	337.5	Mpa
Tensione in esercizio in comb. rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])		

**Opere provvisionali: Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	7 di 45

<b>Acciaio tubi di armatura micropali</b>			
S275			
$f_{yk} \geq$	355	Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540	Mpa	Tensione caratteristica di rottura
$\gamma_s =$	1.05	-	Coeff. Parziale di sicurezza allo SLU
$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s =$	338.1	Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000	Mpa	Modulo elastico di progetto

<b>Acciaio per carpenteria metallica (Travi ripartizione, piastre metalliche)</b>			
EN 10025 - S355 JR			
$f_{yk} \geq$	355	Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	510	Mpa	Tensione caratteristica di rottura
$\gamma_s =$	1.05	-	Coeff. Parziale di sicurezza allo SLU
$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s =$	338.1	Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000	Mpa	Modulo elastico di progetto

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Opere provvisionali: Relazione di calcolo</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN0800 001</td> <td>A</td> <td>8 di 45</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	8 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	8 di 45								

## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Lo schema geotecnico di riferimento per l'opera in oggetto fa riferimento alla Relazione Geotecnica Generale di linea delle opere all'aperto (elaborato IF26.1.2.E.ZZ.RB.GE.00.0.5.001).

Di seguito si riassumono i parametri di resistenza e la stratigrafia di progetto per le formazioni interagenti con le opere.

*Tabella 1: Stratigrafia e parametri geotecnici di riferimento*

Profondità da p.c. [m]	Unità geotecnica	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi'$ [°]	$c'$ [kPa]	$E'$ [MPa]
da 0.0 a 3.5	bc3	19	22	15	25
da 3.5 a 7.5	bc2	19	32	0	40
da 7.5 a 12.0	bc3	19	22	15	25
da 12.0 a 22.0	bn1	20	37	0	50
da 22.0	MDL3	20	25	30	80

I coefficienti di spinta corrispondenti allo stato attivo e passivo sono valutati dal programma di calcolo a partire dai parametri geotecnici riportati in Tabella 1.

In particolare i coefficienti di spinta attiva e passiva ( $k_a$  e  $k_p$ ) sono calcolati secondo la formulazione di Coulomb, considerando un angolo di attrito terreno/calcestruzzo  $\delta=0.6\cdot\varphi'$ .

Dalle lettura piezometriche a disposizione, il livello di falda è posto ad una quota di +52.0 m s.l.m.; considerando la testa dei micropali ad una quota di +55.0 m s.l.m., si pone la falda ad una profondità di 3.0 m dalla testa degli stessi.

La distribuzione delle pressioni interstiziali è stata assunta idrostatica a monte e a valle della paratia.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Opere provvisionali: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0800 001	REV. A	FOGLIO 9 di 45

## 5 CRITERI PROGETTUALI

### 5.1 METODOLOGIA DI CALCOLO

Al fine di rappresentare il comportamento dell'opera di sostegno durante le varie fasi di lavoro si è utilizzato un metodo di calcolo capace di simulare l'interazione terreno-paratia. L'analisi è stata sviluppata con il software Paratie Plus di Harpaceas.

PARATIE è un codice agli elementi finiti che simula il problema di uno scavo sostenuto da diaframmi flessibili e permette di valutare il comportamento della parete di sostegno durante tutte le fasi intermedie e nella configurazione finale.

Il problema è visto come un problema piano in cui viene analizzata una "striscia" di parete di sviluppo unitario, come mostrato nella seguente figura.

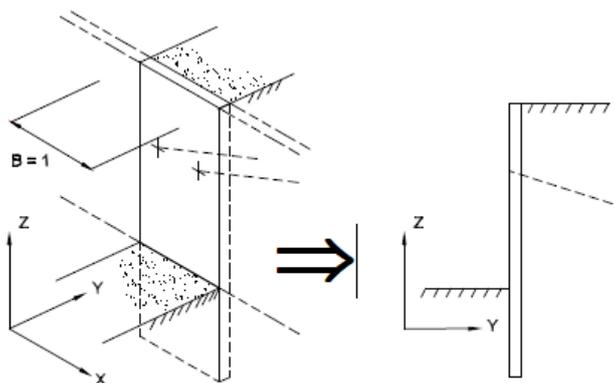


Figura 1: Modellazione piana della paratia

La modellazione numerica dell'interazione terreno-struttura è del tipo "trave su suolo elastico"; le pareti di sostegno vengono rappresentate con elementi finiti trave il cui comportamento è definito dalla rigidità flessionale  $EJ$ , mentre il terreno viene simulato attraverso elementi elastoplastici monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie: ad ogni nodo convergono uno o al massimo due elementi terreno.

Il limite di questo schema sta nell'ammettere che ogni porzione di terreno, schematizzata da una "molla", abbia comportamento del tutto indipendente dalle porzioni adiacenti; l'interazione fra le varie regioni di terreno è affidata alla rigidità flessionale della parete.

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	10 di 45

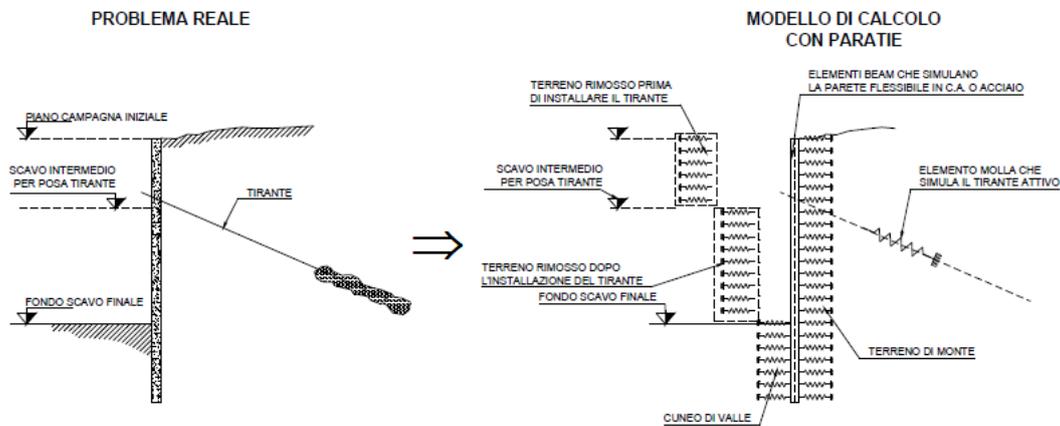


Figura 2: Schematizzazione terreno ed ancoraggi

La realizzazione dello scavo sostenuto da una o due paratie, eventualmente tirantate/puntellate, 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 certo insieme di tiranti/vincoli applicati, 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. La soluzione ad ogni nuova configurazione (step) viene raggiunta attraverso un calcolo iterativo alla Newton-Raphson (Bathe, 1996).

L'analisi ha lo scopo di indagare la risposta strutturale in termini di deformazioni laterali subite dalla parete durante le varie fasi di scavo e di conseguenza la variazione delle pressioni orizzontali nel terreno. Per far questo, in corrispondenza di ogni nodo è necessario definire due gradi di libertà, cioè lo spostamento orizzontale e la rotazione attorno all'asse X ortogonale al piano della struttura (positiva se antioraria).

### VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE

Per le analisi è stato utilizzato il codice di calcolo PARATIE PLUS, applicando i metodi di analisi all'equilibrio limite di Bishop.

La verifica si conduce esaminando un certo numero di possibili superfici di scivolamento per ricercare quella che rappresenta il rapporto minimo tra la resistenza a rottura disponibile e quella effettivamente mobilitata; il valore di questo rapporto costituisce il coefficiente di sicurezza del pendio. Scelta quindi una superficie di rottura, la si suddivide in conci la parte instabile, studiando dapprima l'equilibrio della singola striscia e poi la stabilità globale. Le ipotesi del metodo in questione sono:

il coefficiente di sicurezza è definito come il rapporto tra la resistenza al taglio lungo un'ipotetica superficie di scorrimento e lo sforzo di taglio mobilitato lungo la stessa superficie;

la rottura avviene, per il raggiungimento della resistenza limite, contemporaneamente in tutti i punti della superficie di scorrimento.

il coefficiente di sicurezza è costante in tutti i punti della superficie di scorrimento.

la resistenza al taglio è espressa dal criterio di Coulomb.

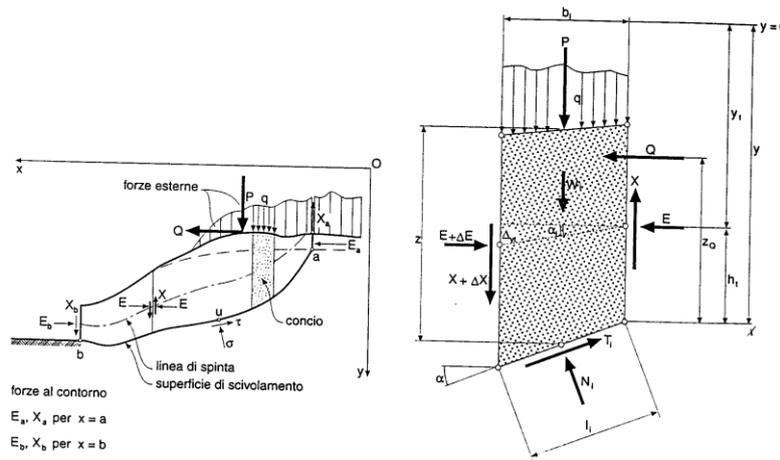
Nell'utilizzare tale metodo di calcolo si fa sempre riferimento ad un problema piano nel quale, quindi, la superficie di scorrimento è rappresentata da una curva, trascurando ogni effetto dovuto alle sezioni adiacenti. Tali

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	11 di 45

schematizzazioni sono giustificabili se le proprietà meccaniche dei terreni sono omogenee in direzione trasversale e quando l'estensione del pendio è predominante sulla dimensione trasversale.

In generale la massa di terreno compresa tra la superficie di scorrimento e la superficie del suolo viene suddivisa in conci e le forze che agiscono su ciascuna striscia possono essere calcolate imponendo le condizioni di equilibrio. L'equilibrio dell'intera massa è dato poi dalla composizione delle forze che agiscono su ciascuna striscia ("Metodo delle strisce").



Schematizzazione di calcolo del Metodo delle strisce

Le forze agenti su ciascun concio sono, con riferimento alla figura precedente: Il peso  $W$ , l'azione tangenziale alla base  $T$ , l'azione normale efficace alla base  $N$ , la spinta dell'acqua sulla base  $U$ , gli sforzi tangenziali  $X$  e quelli normali  $E$  sulle superfici laterali (forze d'interfaccia).

Le condizioni di equilibrio di ciascun concio sono date dalle tre equazioni della statica, pertanto, ammettendo di suddividere il volume di terreno in esame in  $n$  conci, si hanno a disposizione  $3n$  equazioni, mentre le incognite del problema risultano essere  $(5n-2)$  così composte:

$n$  valori per l'azione delle forze normali efficaci alla base.

$n-1$  valori per ciascuna delle forze d'interfaccia ( $X$  ed  $E$ )

$n-1$  valori per il punto di applicazione delle forze d'interfaccia in direzione orizzontale.

$n$  valori per il punto di applicazione degli sforzi normali efficaci alla base.

1 valore del coefficiente di sicurezza.

Come già accennato, dal bilancio fra le equazioni disponibili e il numero delle incognite risulta che si hanno  $(2n-2)$  incognite sovrabbondanti e quindi il problema risulta staticamente indeterminato; per riportarlo a staticamente determinato e rendere possibile la soluzione del sistema di equazioni che descrivono l'equilibrio della massa di terreno potenzialmente instabile, è necessario introdurre alcune ipotesi semplificative che consentono di ridurre il numero delle incognite del problema. La prima tra tutte, che risulta, tra le altre cose, comune a tutti i metodi, è quella di considerare centrata la forza agente alla base della striscia, il che è accettabile nel caso in cui i conci siano di larghezza limitata. Le altre ipotesi necessarie per risolvere il sistema di equazioni sono diverse a secondo del metodo che si considera; nel presente caso sono state adottate quelle proposte da Bishop.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Opere provvisionali: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0800 001	REV. A	FOGLIO 12 di 45

## 5.2 CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) sono state effettuate nel rispetto dei criteri delle NTC2008.

In generale, le analisi degli stati limite di esercizio (SLE) sono utilizzate per ottenere informazioni circa gli spostamenti attesi sotto i carichi di esercizio e per verificarne l'ammissibilità nei confronti della funzionalità dell'opera.

Le analisi agli stati limite ultimi (SLU) sono impiegate per le verifiche di resistenza degli elementi strutturali e per le verifiche geotecniche.

### 5.2.1 VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, ovvero:

$$E_d = E \left( \gamma_F F_k ; \frac{X_k}{\gamma_M} ; a_d \right)$$

$$E_d = \gamma_E E \left( F_k ; \frac{X_k}{\gamma_M} ; a_d \right)$$

con  $\gamma_E = \gamma_F$ , e dove  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left( \gamma_F F_k ; \frac{X_k}{\gamma_M} ; a_d \right),$$

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto  $\gamma_F F_k$ , dei parametri di progetto  $X_k/\gamma_M$  e della geometria di progetto  $a_d$ .

L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come  $E_d = \gamma_E E_k$ . Nella formulazione delle resistenze  $R_d$ , compare esplicitamente un coefficiente  $\gamma_R$  che opera direttamente sulle resistenze del sistema.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito degli approcci previsti dalla normativa.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Opere provvisionali: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0800 001	REV. A	FOGLIO 13 di 45

## PARATIE

Le verifiche sono state sviluppate adottando per gli stati limite ultimi (SLU) di tipo strutturale (STR) e geotecnico (GEO):

- Approccio 1, Combinazione 1: A1+M1+R1 (STR);
- Approccio 1, Combinazione 2: A2+M2+R1 (GEO).

I coefficienti parziali per le azioni (A), per i parametri geotecnici del terreno (M) e per le resistenze (R) sono in accordo alla Tab. 6.2.I, 6.2.II, 6.5.I e 6.8.I (stabilità) di cui alle NTC 2008.

\*\*\*\*\*

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I del DM 14/01/2008.

### **5.2.2 VERIFICHE AGLI SLE**

Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d,$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'effetto delle azioni e  $C_d$  è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni. In condizioni di esercizio gli spostamenti dell'opera di sostegno dovranno essere compatibili con la funzionalità.

Trattandosi di un'opera provvisoria le verifiche a fessurazione sono omesse.

### **VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI INDOTTI DALLO SCAVO**

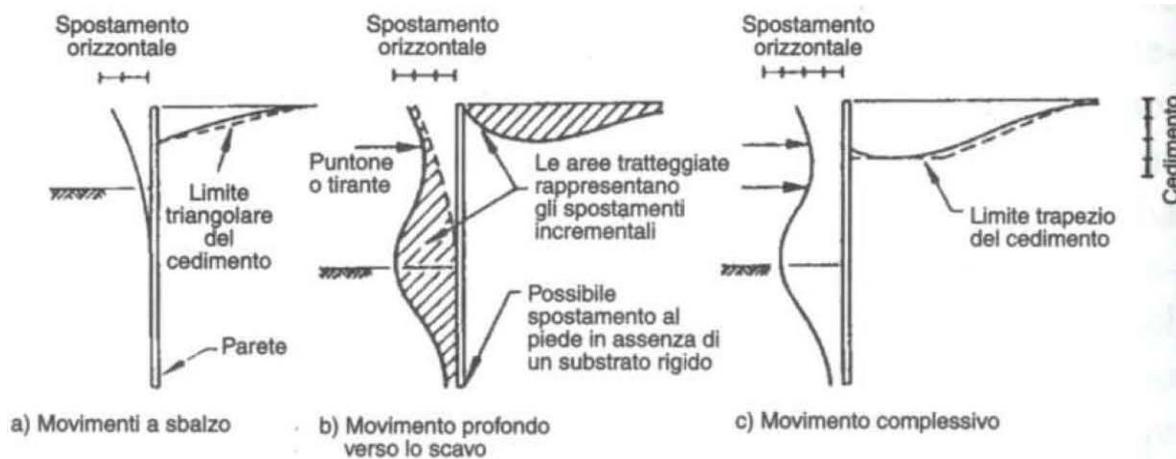
Nel caso in esame si fa riferimento allo studio di Clough & O'Rourke (1990) che raggruppa le osservazioni sperimentali disponibili sui movimenti del piano di campagna a tergo dello scavo nelle seguenti tre categorie principali:

- scavi in terreni granulari;
- scavi in terreni coesivi da consistenti a molto consistenti;
- scavi in terreni coesivi da teneri a mediamente consistenti.

Sulla base delle misure sudette Clough & O'Rourke (1990), hanno proposto il seguente meccanismo interpretativo per i movimenti del terreno a tergo della struttura di sostegno (figura seguente).

Opere provvisorie: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	14 di 45



Le correlazioni degli spostamenti verticali del piano campagna con gli spostamenti orizzontali massimi delle pareti, forniscono un rapporto pressoché costante, compreso tra 0.5 ed 1.0, a seconda che si tratti di una paratia a sbalzo o puntonata.

$$\frac{S_{v,max}}{S_{W,max}} = 1 \text{ per cinematismi di tipo "profondo" (paratie puntonate)}$$

$$\frac{S_{v,max}}{S_{W,max}} = 0.5 \text{ per cinematismi di tipo "a sbalzo" (paratie libere)}$$

### 5.2.3 AZIONI SISMICA

Trattandosi di un'opera provvisoria la cui durata è inferiore a 2 anni (vedasi paragrafo 2.4.1 delle NTC 2008) le verifiche sismiche sono omesse.

### 5.2.4 COMBINAZIONE DELLE AZIONI

In accordo alle NTC2008 si sono considerate le combinazioni delle azioni nel seguito descritte in cui si indica con:

$G =$  azioni permanenti dovute al peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno; forze indotte dal terreno; forze dovute alla pressione dell'acqua.

$Q_k =$  Azioni variabile corrispondente al sovraccarico ferroviario

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

$$\gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q_k$$

- Combinazione caratteristica (rara) impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE):

$$G + Q_k$$

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	15 di 45

### 5.3 MODELLO DI CALCOLO

Le paratie sono costituite da micropali verticali Ø240mm posti ad interasse 0.40m, di lunghezza variabile da 11.6m a 5.6 m. I micropali sono armati con tubo in acciaio Φ168.3mm sp.=6 mm non valvolato, il getto della miscela cementizia avviene per gravità. In testa ai micropali è presente un cordolo in c.a. gettato in opera di dimensioni trasversali pari a 0.5x0.5m. Ad una profondità di 0.5 m dalla testa dei micropali, sono presenti 2 puntoni angolari costituiti da tubi in acciaio di diametro 273mm sp.=12.5m.

#### 5.3.1 FASE 1

Si considera la sezione di verifica in corrispondenza all'asse longitudinale del tombino, nel tratto in adiacenza al binario esistente in esercizio. La sezione di verifica in direzione trasversale al sottopasso è la medesima di quella relativa alla fase 2, alla quale si rimanda per ulteriori dettagli.

I carichi agenti in testa alla paratia sono valutati come riportato di seguito e fanno riferimento agli schemi di calcolo mostrati ai paragrafi successivi. Con riferimento al MdP delle Opere civili – Parte II – Sezione 3 (RFI DTC SI CS MA IFS 001), i carichi variabili da traffico ferroviario saranno quelli dovuti al treno di carico SW/2, definito nella tabella 5.2.I delle NTC 2008.

Le verifiche agli SLU e agli SLE sono state condotte ipotizzando una larghezza di ripartizione dei carichi ferroviari al livello del piano di regolamento pari alla larghezza della traversa più la larghezza dovuta alla diffusione del carico all'interno del ballast. Quest'ultima può essere assunta pari a 45° su un'altezza di 40 cm.

Il coefficiente di amplificazione dinamica dei carichi legati al transito dei convogli ferroviari è posto pari a 1.

PESO SOVRASTRUTTURA FERROVIARIA			
$\gamma_b =$	18 kN/m <sup>3</sup>		(peso specifico ballast)
$H_m =$	0.3 m		(altezza ballast)
$Q_{eq} =$	6 kN/m <sup>2</sup>		(carico equivalente terreno a tergo paratia)
CARICO VARIABILE DA TRAFFICO FERROVIARIO "TRENO SW/2"			
$q_{sw2} =$	150 kN/m		(RFI DTC SI CS MA IFS 001 C par. 3.8.1.3.2.2)
$\alpha =$	1		(coefficiente di adattamento)
$\Phi_2 =$	1		(coefficiente di incremento dinamico)
$L_t =$	2.4 m		(larghezza traversina)
$L_d =$	3.2 m	$((L_t + 2 \cdot 0.4) + 2 \cdot H_m \cdot \tan \varphi)$	(larghezza di diffusione del carico nel ballast+rilevato)
			(RFI DTC SI CS MA IFS 001 C par. 3.8.1.3.2.1)
<b>**<math>Q_{sw2} =</math></b>	<b>46.9 kN/m<sup>2</sup></b>		<b>(sovraccarico ferroviario)</b>
<b>**Applicato ad intradosso ballast</b>			

A monte dell'opera si considera come carichi agenti:

$$q_{ballast} = 6.0 \text{ kN/m}^2$$

carico uniformemente distribuito dovuto al peso della sovrastruttura ferroviaria

$$q_{sw2} = 46.9 \text{ kN/m}^2$$

carico uniformemente distribuito dovuto al traffico ferroviario

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	16 di 45

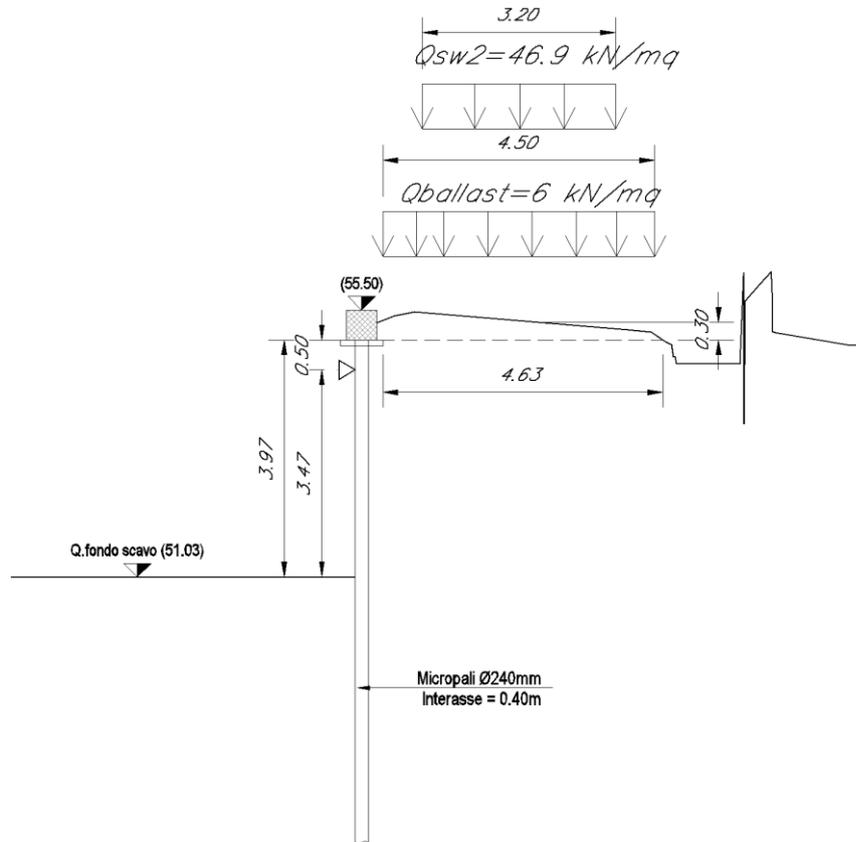


Figura 3: FASE1 Schema di calcolo

La fasi di calcolo risultano:

- STEP 0): Fase geostatica iniziale e realizzazione dei micropali della paratia; la falda è posta a -3.0m dalla testa dei micropali. Si considera agente il peso permanente della sovrastruttura ferroviaria.
- STEP 1): Scavo fino alla profondità di 1.0m dalla testa dei micropali. In aggiunta al carico permanente dovuto alla sovrastruttura ferroviaria, si considera il sovraccarico variabile dovuto al traffico ferroviario sul binario esistente.
- STEP 2): Realizzazione dei puntoni angolari. I carichi permanenti e variabili sono i medesimi della fase precedente.
- STEP 3): Scavo fino alla profondità di 3.5 m dalla testa dei micropali. I carichi sono i medesimi della fase precedente. La falda si pone a quota fondo scavo.

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	17 di 45

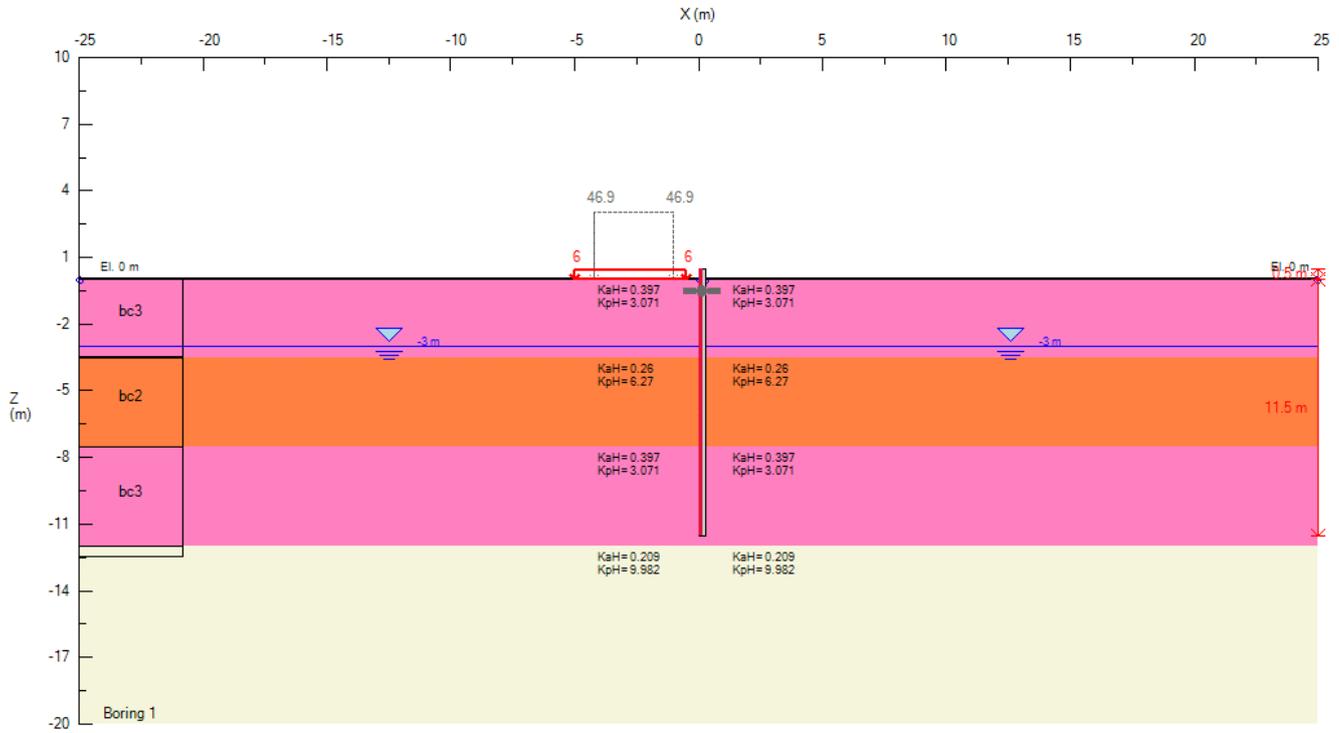


Figura 4: FASE1 - STEP 0)

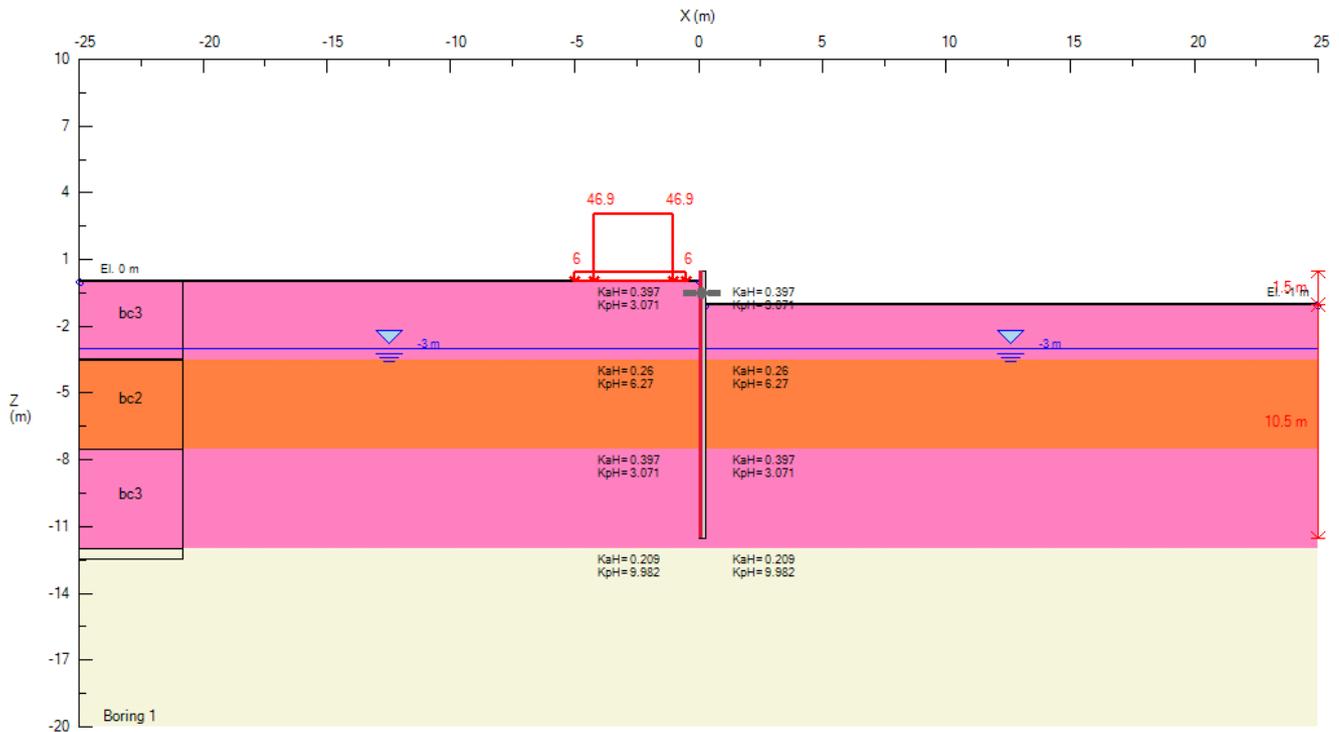


Figura 5: FASE1 STEP 1)

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	18 di 45

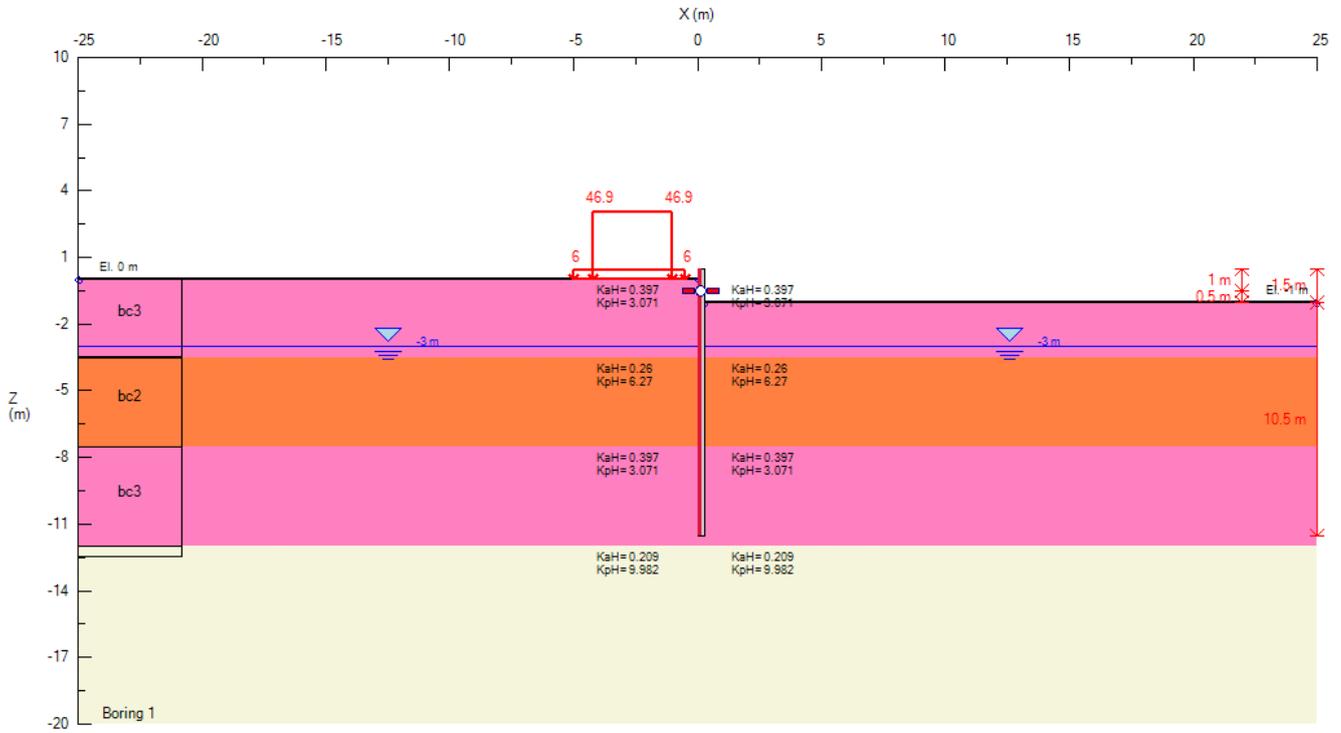


Figura 6: FASE1 STEP 2)

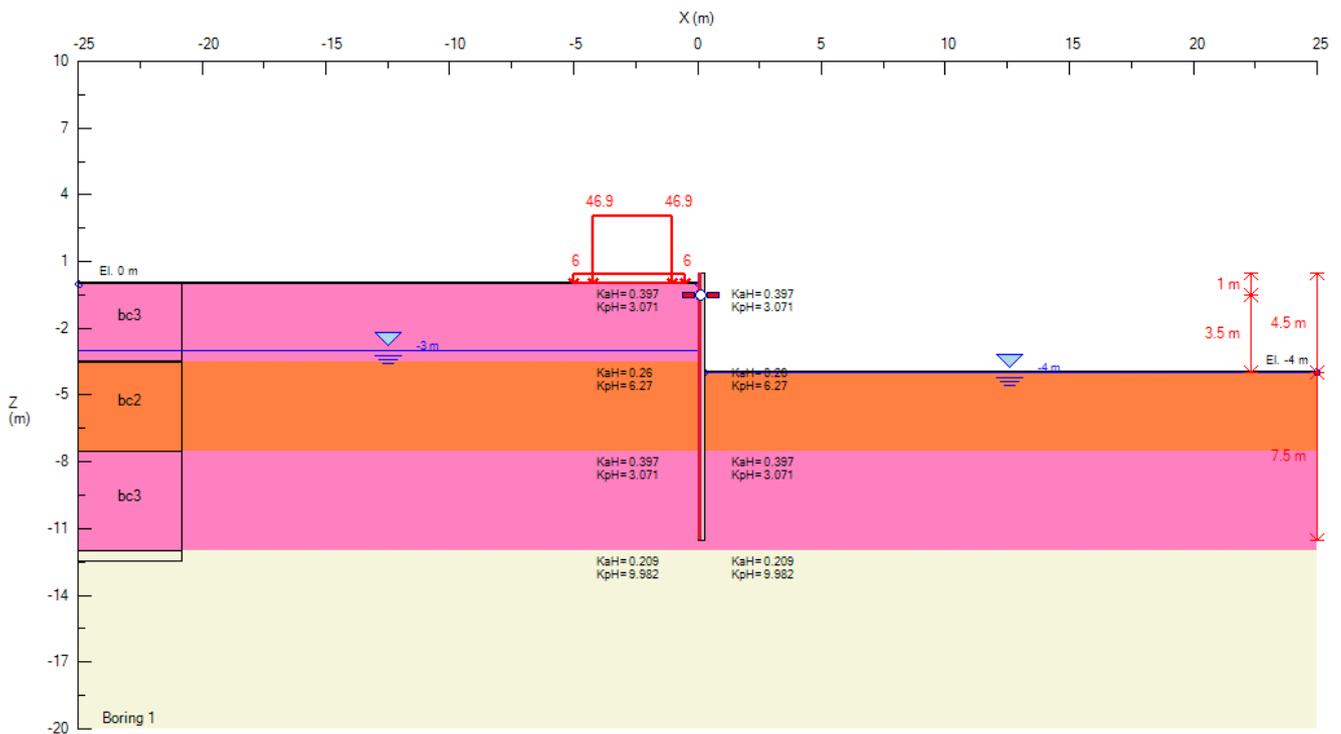


Figura 7: FASE1 STEP 3)

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	19 di 45

### 5.3.2 FASE 2

A monte dell'opera si considera come carichi agenti:

$$q_{var} = 10 \text{ kN/m}^2$$

carico uniformemente distribuito dovuto ai mezzi di cantiere

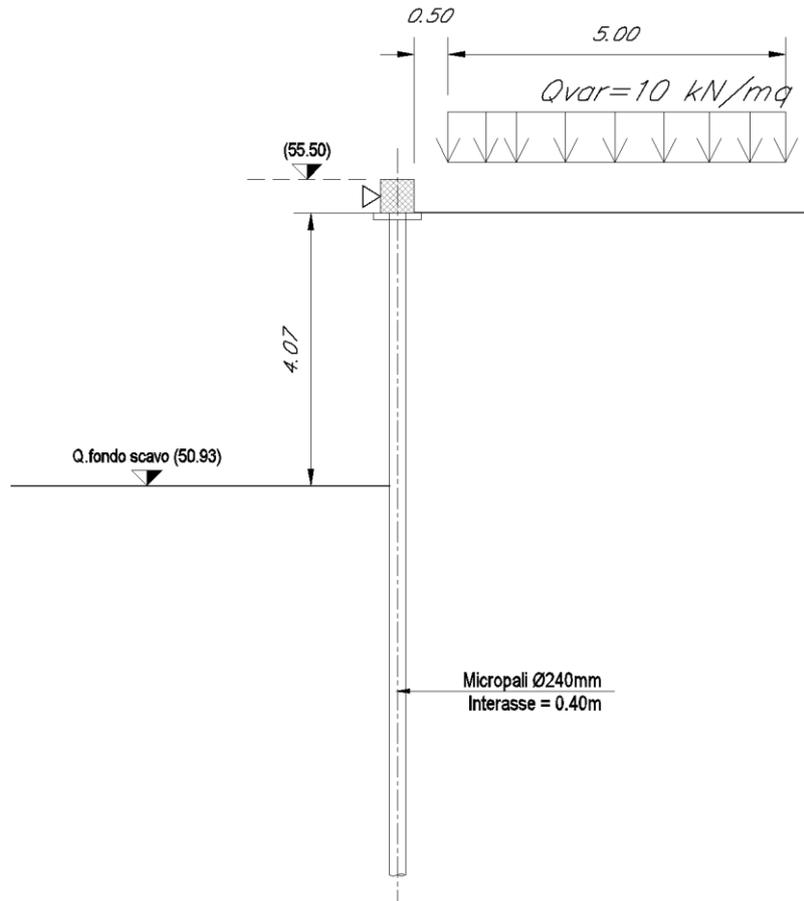


Figura 8: FASE 2 Schema di calcolo

La fasi di calcolo risultano:

- STEP 0): Fase geostatica iniziale e realizzazione dei micropali della paratia; la falda è posta a -3.0m dalla testa dei micropali. Si considera agente il peso variabile dovuto ai mezzi di cantiere.
- STEP 1): Realizzazione del puntone provvisorio in corrispondenza del cordolo della paratia. I carichi sono i medesimi della fase precedente.
- STEP 2): Scavo fino alla profondità di 4.7 m dalla testa dei micropali. I carichi sono i medesimi della fase precedente.

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	20 di 45

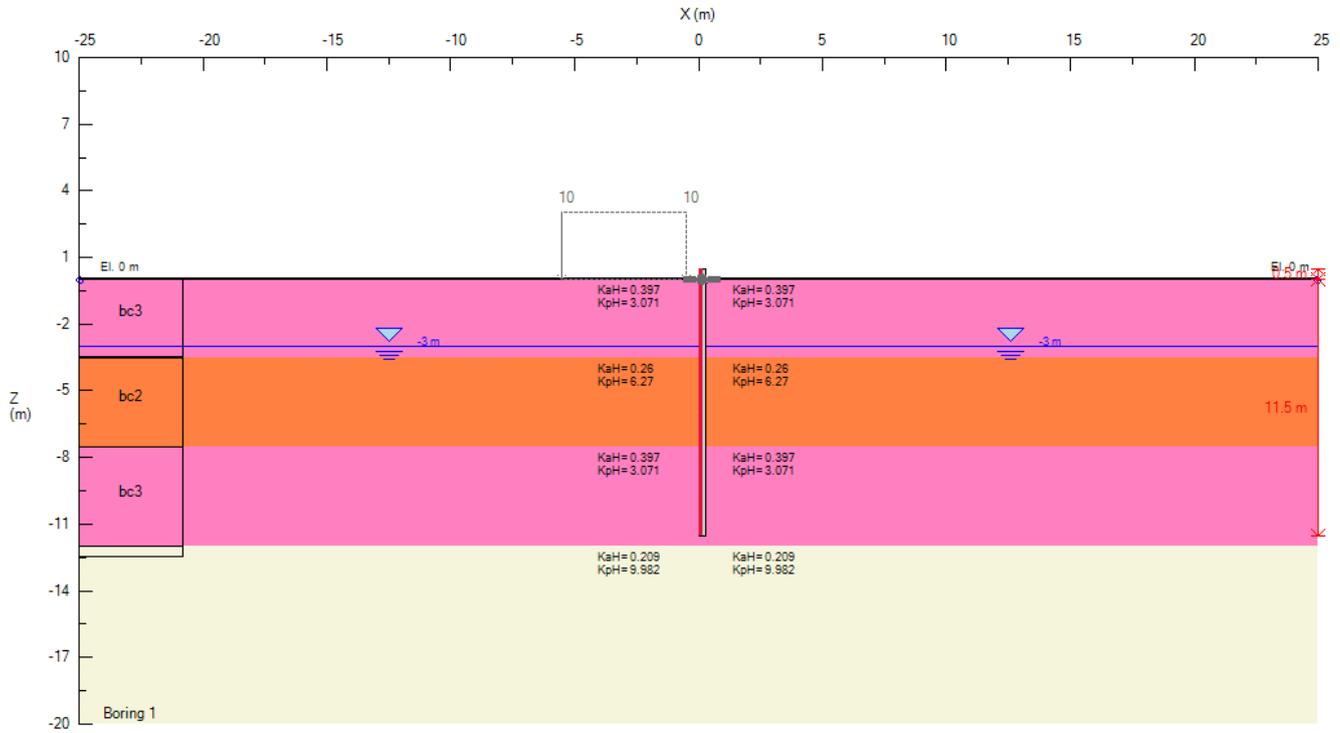


Figura 9: FASE 2 - STEP 0)

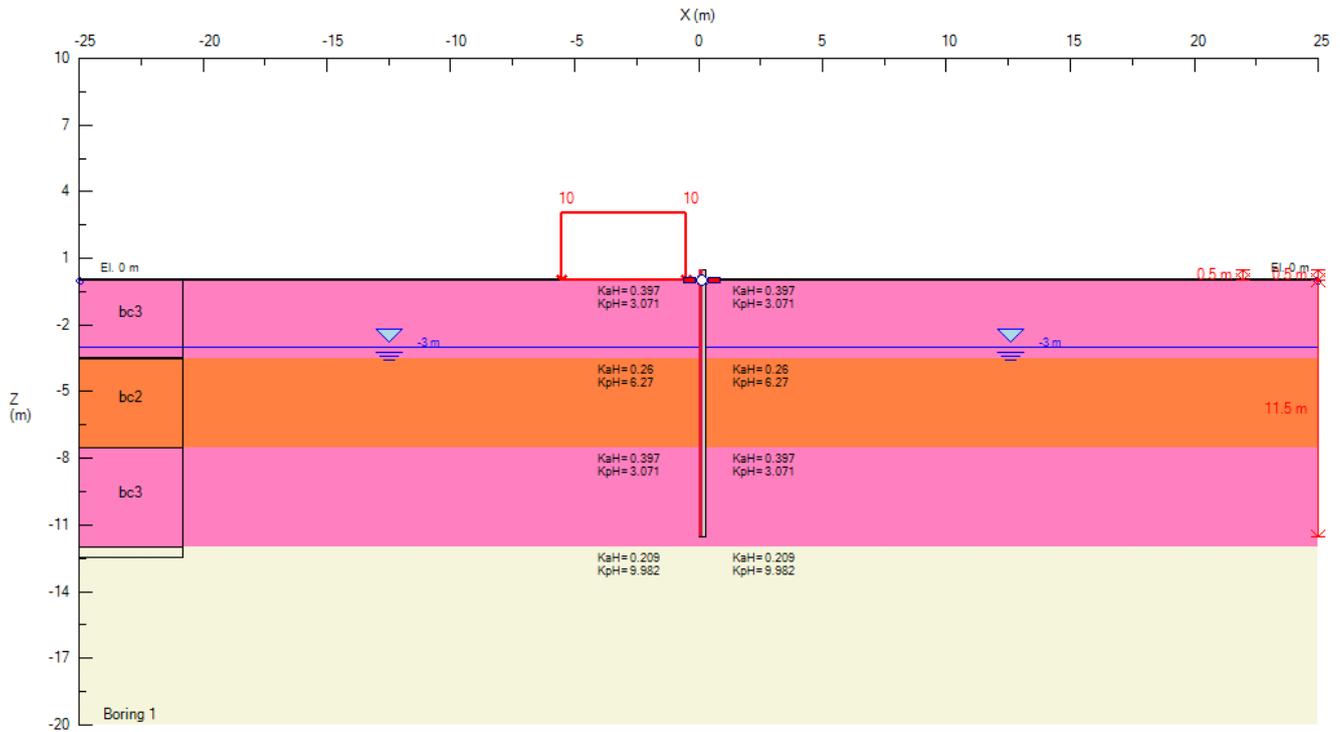


Figura 10: FASE 2 STEP 1)

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	21 di 45

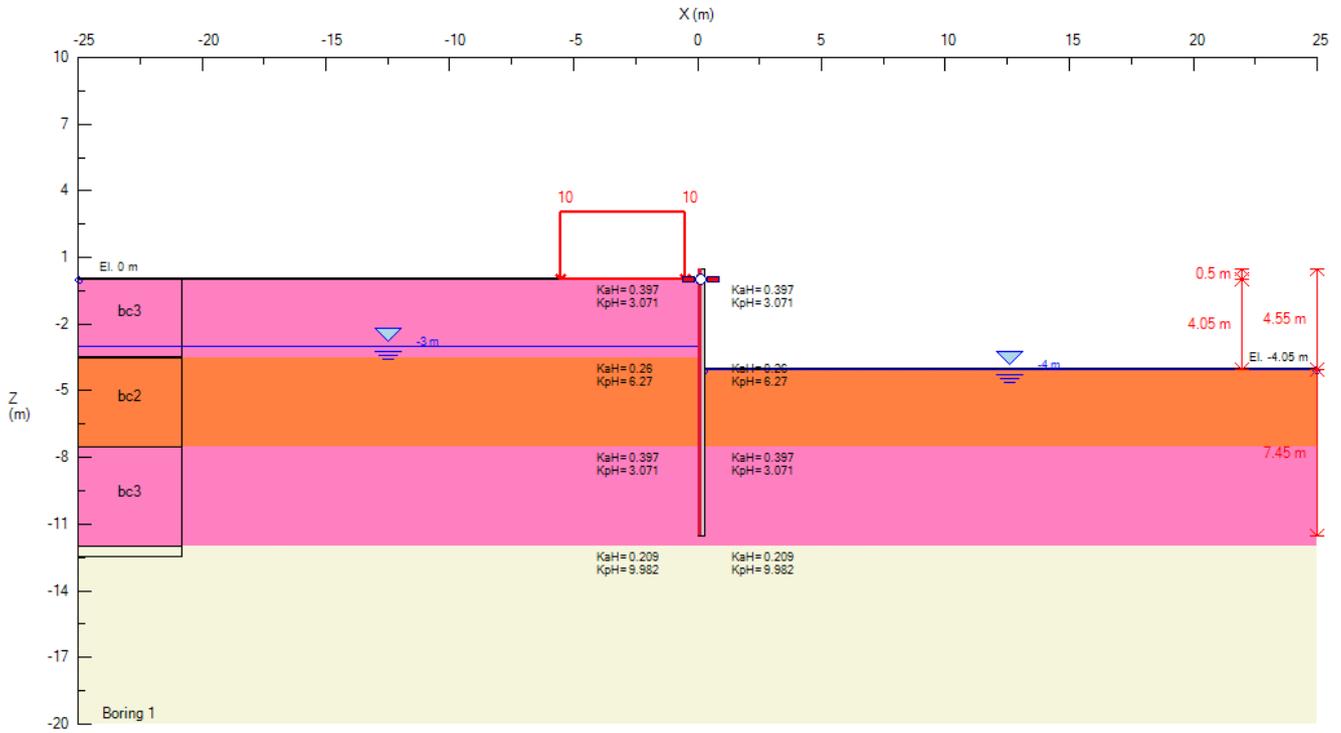


Figura 11: FASE 2 STEP 2)

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Opere provvisionali: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0800 001	REV. A	FOGLIO 22 di 45

## 6 RISULTATI DELLE ANALISI

### 6.1 FASE 1

#### 6.1.1 SOLLECITAZIONI AGENTI

Nelle tabelle che seguono si sintetizzano i risultati ottenuti nell'analisi. Nelle figure sono mostrati i relativi diagrammi.

MICROPALI	$M_{max}$ (kNm/m)	$M^*_{max}$ (kNm)	$T_{max}$ (kN/m)	$T^*_{max}$ (kN)
SLE_max	27.9	11.2	29.8	11.9
SLU (A1+M1+R1)_max	39	15.6	40.6	16.2

PUNTONE PROVVISORIO	$R_{max}$ (kN/m)	$R^*_{max}$ (kN)
SLE_max	20	58
SLU (A1+M1+R1)_max	28.2	81.8

con:

$M_{max}$  = sollecitazione massima di momento flettente al metro lineare di paratia;

$M^*_{max}$  = sollecitazione massima di momento flettente sul singolo micropalo (considerando un interasse di 0.4 m);

$T_{max}$  = sollecitazione massima di taglio al metro lineare di paratia;

$T^*_{max}$  = sollecitazione massima di taglio sul singolo micropalo (considerando un interasse di 0.4 m).

$R_{max}$  = reazione vincolo al metro lineare di paratia;

$R^*_{max}$  = reazione vincolo (considerando un interasse di 2.9m per il puntone provvisorio).

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	23 di 45

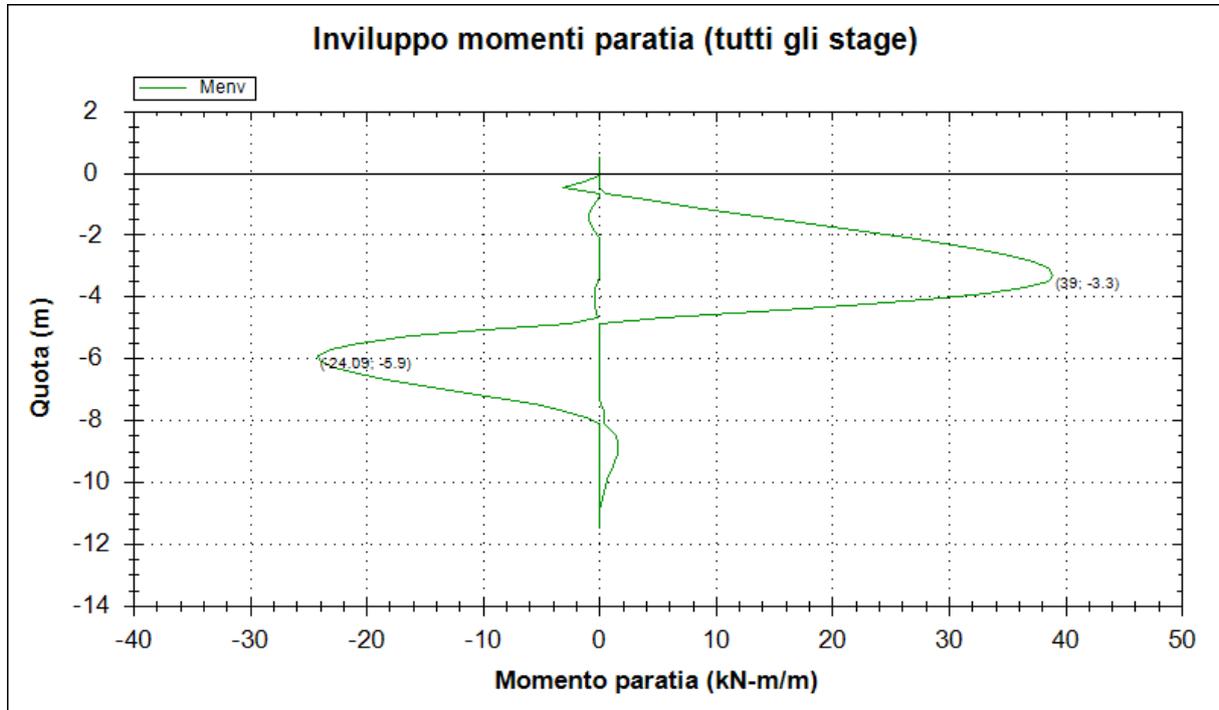


Figura 12: FASE 1 - Diagramma dell'involuppo del momento allo SLU (A1+M1+R1)

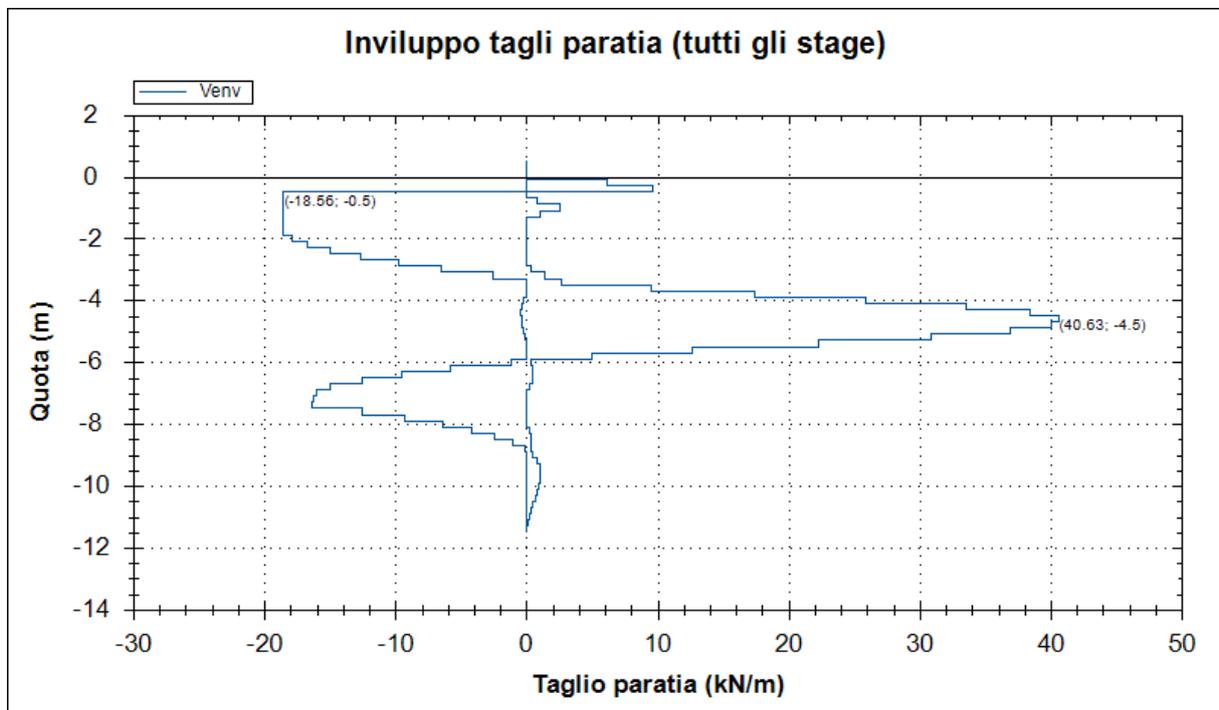


Figura 13: FASE 1 - Diagramma dell'involuppo del taglio allo SLU (A1+M1+R1)

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	24 di 45

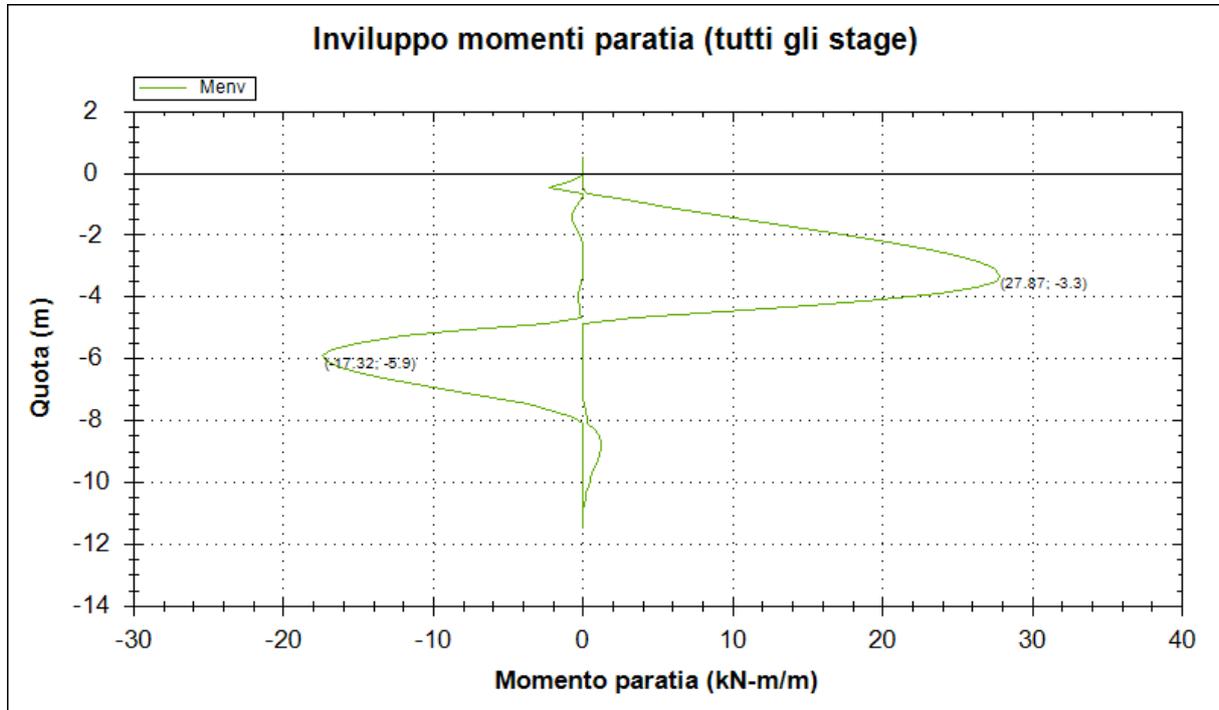


Figura 14: FASE 1 - Diagramma dell'involuppo del momento allo SLE

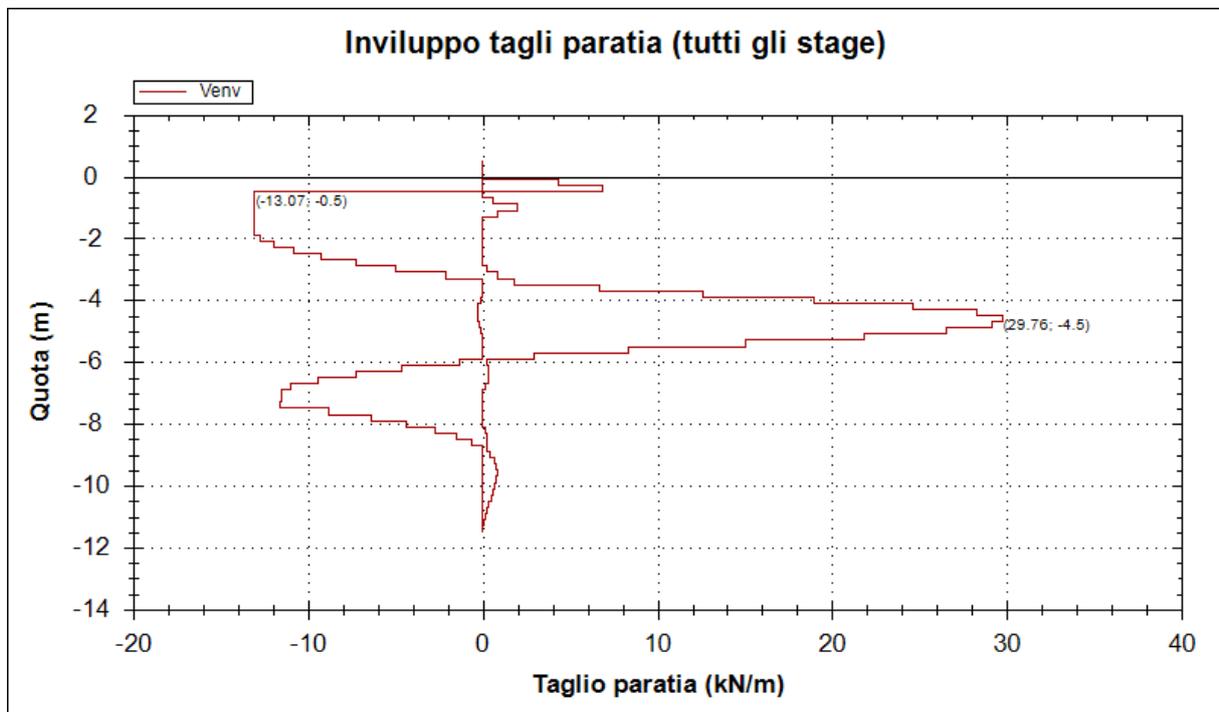


Figura 15: FASE 1 - Diagramma dell'involuppo del taglio allo SLE

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	25 di 45

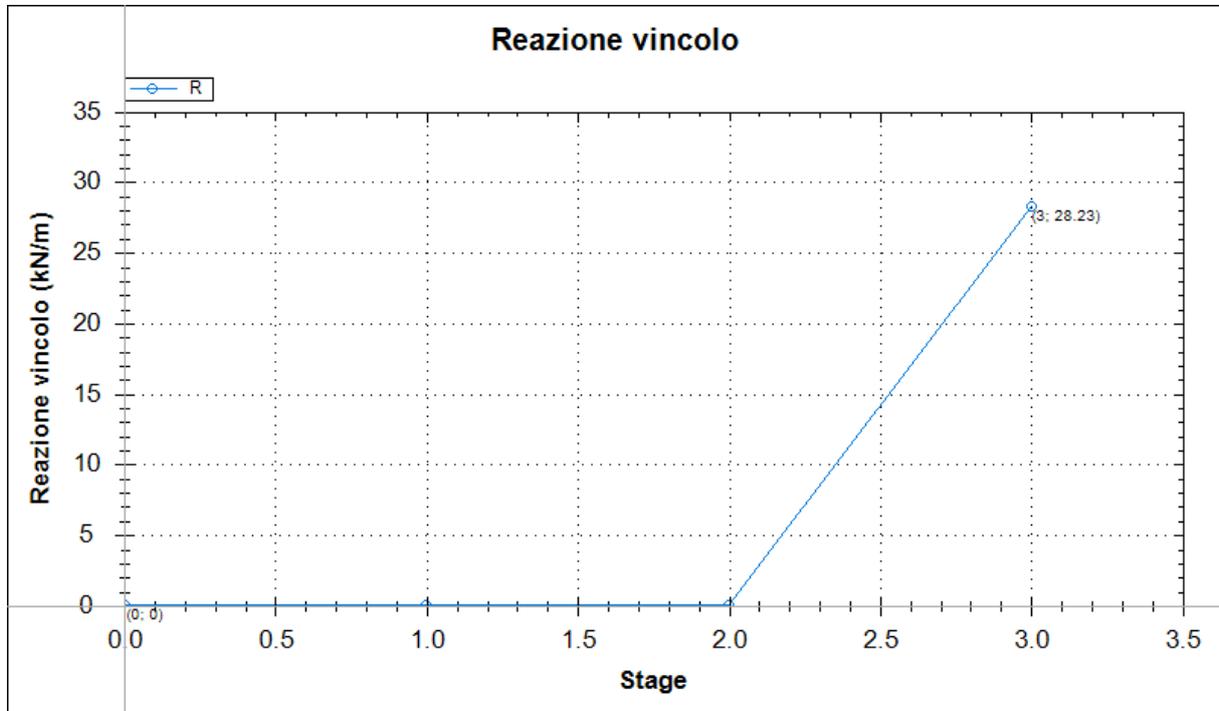


Figura 16: FASE 1 - Reazione puntone provvisorio allo SLU (A1+M1+R1)

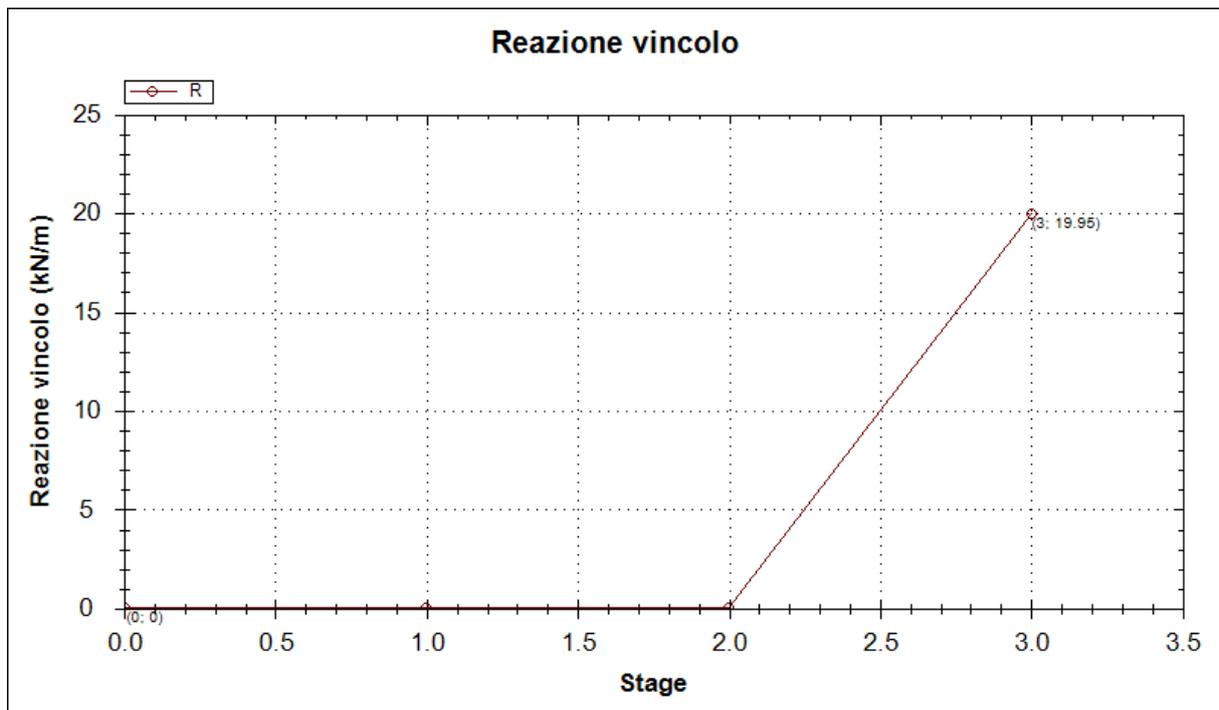


Figura 17: FASE 1 - Reazione 1° ordine tiranti allo SLU (A1+M1+R1)

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	26 di 45

## 6.1.2 VERIFICHE STRUTTURALI DEI MICROPALI

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.

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

Diametro esterno nominale	D	168.30	[mm]
Spessore nominale	t	6.00	[mm]
Diametro interno nominale	d	156.30	[mm]

### CARATTERISTICHE MECCANICHE

Area della sezione trasversale	A	30.6	[cm <sup>2</sup> ]
Momento d'inerzia	I	1009	[cm <sup>4</sup> ]
Raggio d'inerzia	i	5.74	[cm]
Modulo di resistenza elastico	W <sub>el,yy</sub>	120	[cm <sup>3</sup> ]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	W <sub>pl,yy</sub>	158	[cm <sup>3</sup> ]
Momento d'inerzia torsionale	I <sub>t</sub>	2017	[cm <sup>4</sup> ]
Modulo di torsione	C <sub>t</sub>	240	[cm <sup>3</sup> ]

### CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Coefficiente e	ε	0.81	[-]
<b>Classificazione</b>			
Diametro	d	168.30	[mm]
Spessore	t	6.00	[mm]
Rapporto tra diametro e spessore	d/t	28.05	[-]
Classificazione della sezione	CLASSE 1		

### VERIFICA DI RESISTENZA ALLO SLU - TAGLIO

V <sub>Ed</sub>	16.2	[kN]		
A <sub>v</sub>	19.5	[cm <sup>2</sup> ]	Area a taglio	
γ <sub>M0</sub>	1.05			
V <sub>c,Rd</sub>	380	[kN]	Resistenza a taglio del tubo	FS = 23.41

nessuna riduzione delle tensioni 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>	15.6	[kNm]		
M <sub>c,Rd,pl</sub>	53	[kNm]	Resistenza a flessione del tubo (W <sub>pl,yy</sub> )	FS = 3.43
M <sub>c,Rd,el</sub>	41	[kNm]	Resistenza a flessione del tubo (W <sub>el,yy</sub> )	FS = 2.60

### VERIFICHE TENSIONALI - SLE

V <sub>SLE</sub>	11.9	[kN]	τ	6	[MPa]	
M <sub>SLE</sub>	11.2	[kNm]	σ <sub>M</sub>	93	[MPa]	
N <sub>SLE</sub>	0	[kN]	σ <sub>N</sub>	0	[MPa]	
			σ <sub>TOT</sub>	94	[MPa]	ok

Le verifiche a flessione e taglio del micropalo risultano soddisfatte.

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Opere provvisionali: Relazione di calcolo</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN0800 001</td> <td>A</td> <td>27 di 45</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	27 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	27 di 45								

### 6.1.3 VERIFICHE STRUTTURALI DEL CORDOLO

La trave che costituisce il cordolo, nel tratto di paratia parallelo alla linea ferroviaria esistente, è vincolata lateralmente dai tratti di cordolo ortogonali a quello in questione; in tale configurazione il cordolo dovrebbe subire, teoricamente, una deformazione indotta, con una curvatura determinata dallo spostamento che esso subisce in mezzeria.

Nel presente caso, tuttavia, la presenza dei puntone angolari, proprio al di sotto del cordolo, fa sì che quest'ultimo non sia, di fatto, sollecitato, in quanto la deformazione in testa può essere considerata trascurabile.

Per tale motivo la verifica del cordolo può essere omessa e ritenuta automaticamente soddisfatta.

### 6.1.4 VERIFICHE STRUTTURALI DEL PUNTO PROVVISORIO

Si riportano a seguire le verifiche di carattere strutturale effettuate sui puntone provvisori.

Il puntone provvisorio è costituito da un profilo tubolare in acciaio  $\varnothing 273\text{mm}$  sp.=12.5mm e risulta inclinato, rispetto al cordolo di coronamento di un angolo pari a  $45^\circ$ . Scomponendo la reazione proveniente dal modello di calcolo risulta:

PUNTO PROVVISORIO	$R^*_{\max}$ (kN)	N (kN)
SLE_max	58	82
SLU (A1+M1+R1)_max	81.8	115.7

con:

$R^*_{\max}$  = reazione del vincolo nel modello (puntone provvisorio);

$N = R^*_{\max} / \cos(45^\circ)$  = sollecitazione di compressione lungo l'asse del profilo tubolare;

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	28 di 45

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

Diametro esterno nominale	D	273.00	[mm]
Spessore nominale	t	12.50	[mm]
Diametro interno nominale	d	248.00	[mm]

**CARATTERISTICHE MECCANICHE**

Area della sezione trasversale	A	102.3	[cm <sup>2</sup> ]
Momento d'inerzia	I	8697	[cm <sup>4</sup> ]
Raggio d'inerzia	i	9.22	[cm]
Modulo di resistenza elastico	W <sub>el,yy</sub>	637	[cm <sup>3</sup> ]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	W <sub>pl,yy</sub>	849	[cm <sup>3</sup> ]
Momento d'inerzia torsionale	I <sub>t</sub>	17395	[cm <sup>4</sup> ]
Modulo di torsione	C <sub>t</sub>	1274	[cm <sup>3</sup> ]

**CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE**

Valore di snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Coefficiente e	ε	0.81	[-]
<b>Classificazione</b>			
Diametro	d	273.00	[mm]
Spessore	t	12.50	[mm]
Rapporto tra diametro e spessore	d/t	21.84	[-]
Classificazione della sezione	<b>CLASSE 1</b>		

**VERIFICA DI RESISTENZA ALLO SLU - COMPRESIONE/TRAZIONE**

N <sub>Ed</sub>	116	[kN]	
N <sub>c,Rd</sub>	3459	[kN]	Resistenza a compressione/trazione del tubo

**VERIFICHE TENSIONALI - SLE**

V <sub>SLE</sub>	0.0	[kN]	τ	0	[MPa]
M <sub>SLE</sub>	0.0	[kNm]	σ <sub>M</sub>	0	[MPa]
N <sub>SLE</sub>	82.0	[kN]	σ <sub>N</sub>	8	[MPa]
			σ <sub>TOT</sub>	8	[MPa] ok

**STABILITA' DELLE MEMBRATURE**

N <sub>Ed</sub>	116	[kN]	
N <sub>b,Rd</sub>	3400	[kN]	FS 29.38
χ	0.98		Φ 0.55
A	102.3	[cm <sup>2</sup> ]	α 0.21
f <sub>yk</sub>	355	[MPa]	λ 0.28
γ <sub>M1</sub>	1.05	[-]	
L	1.90	[m]	
N <sub>cr</sub>	47557	[kN]	
0.04 N <sub>cr</sub>	1902	[kN]	è possibile trascurare i fenomeni di instabilità per le aste compresse

**6.1.5 VERIFICHE STRUTTURALI DELLE TRAVI DI RIPARTIZIONE**

Si riportano a seguire le verifiche di carattere strutturale effettuate sulla trave di ripartizione, costituita da 2 profili HEA260 accoppiati. Per i dettagli si rimanda ai relativi elaborati grafici.

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	29 di 45

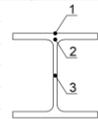
<b>PUNTONE PROVVISORIO</b>	$R_{max}$ (kN/m)
SLE_max	20
SLU (A1+M1+R1)_max	28.2

con:

$R_{max}$  = reazione vincolo al metro lineare di paratia;

$R^*_{max}$  = reazione vincolo (considerando un interasse di 2.9m per il puntone provvisorio).

Verifica trave di ripartizione																
Ordine	$f_{yk}$ (MPa)	$\gamma_{MO}$	$N_{max\_SLU}$ (kN/m)	L (m)	$M_{ed\_SLU}$ (kNm)	$V_{ed\_SLU}$ (kN)	$n_p$ (-)	$M_{ed\_SLE\_p}$ (kNm)	$V_{ed\_SLE\_p}$ (kN)	Profilo	$V_{c,Rd}$ (kN)	$\rho=[2V_{ed}/V_{c,Rd}\cdot 1]^2$	$V_{ed}/V_{c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$ (kNm)	$M_{y,V,Rd}$ (kNm)	FS
1	355	1.05	28.2	2.9	24	49	2	12	25	HEA260	562	0.83	0.04	311	233	19.67
Ordine	$f_{yk}$ (MPa)	$\gamma_{MO}$	$N_{max\_SLE}$ (kN/m)	L (m)	$M_{ed\_SLE}$ (kNm)	$V_{ed\_SLE}$ (kN)	$n_p$ (-)	$M_{ed\_SLE\_p}$ (kNm)	$V_{ed\_SLE\_p}$ (kN)	Profilo	$\sigma_1$ (Mpa)	$\tau_3$ (Mpa)	$\sigma_2$ (Mpa)	$\tau_2$ (Mpa)	$\sigma_{id}$ (Mpa)	
1	355	1.05	20.0	2.9	17	35	2	8	17	HEA260	10	27	26	24	49	
	h (mm)	b (mm)	$t_w$ (mm)	$t_f$ (mm)	r (mm)	A (cm <sup>2</sup> )	$W_{el}$ (cm <sup>3</sup> )	$W_{pl}$ (cm <sup>3</sup> )	$A_{v2}$ (cm <sup>2</sup> )	$I_y$ (cm <sup>4</sup> )						
HEA260	250	260	7.5	12.5	24	86.82	836.4	919.8	28.78	3688						
$f_{yk}$ =	tensione di snervamento dell'acciaio della trave di ripartizione										$M_{ed\_SLE}$ =	momento agente sulla trave di ripartizione allo SLE				
$\gamma_{MO}$ =	coefficiente di sicurezza per la resistenza dell'acciaio										$V_{ed\_SLE}$ =	taglio agente sulla trave di ripartizione allo SLE				
$N_{max\_SLU}$ =	carico massimo al metro lineare di paratia allo SLU										$M_{ed\_SLE\_p}$ =	momento agente sul singolo profilo della trave di ripartizione allo SLE				
L =	luce di calcolo										$V_{ed\_SLE\_p}$ =	taglio agente sul singolo profilo della trave di ripartizione allo SLE				
$M_{ed\_SLU}$ =	momento agente sulla trave di ripartizione allo SLU										$\sigma_1$ =	tensione normale nel punto 1				
$V_{ed\_SLU}$ =	taglio agente sulla trave di ripartizione allo SLU										$\tau_3$ =	tensione tangenziale nel punto 3				
$n_p$ =	numero di profili sulla trave di ripartizione										$\sigma_2$ =	tensione normale nel punto 2				
$M_{ed\_SLE\_p}$ =	momento agente sul singolo profilo della trave di ripartizione allo SLU										$\tau_2$ =	tensione normale nel punto 2				
$V_{ed\_SLE\_p}$ =	taglio agente sul singolo profilo della trave di ripartizione allo SLU										$\sigma_{id} = (\sigma_2^2 + 3\tau_2^2)^{0.5}$	tensione ideale				
$V_{c,Rd}$ =	taglio resistente del singolo profilo della trave di ripartizione															
r =	coefficiente di cui all'espressione 4.2.32 del DM 14/01/2008															
$M_{pl,Rd}$ =	resistenza di calcolo a flessione del singolo profilo della trave di ripartizione															
$M_{y,V,Rd}$ =	resistenza convenzione di calcolo a flessione retta per sezioni soggette a flessione e taglio nel piano dell'anima															



Le verifiche risultano sempre soddisfatte

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	30 di 45

### 6.1.6 VERIFICHE GEOTECNICHE ALLO SLU DELLA PARATIA

La verifica delle spinte a valle della paratia è condotta in accordo all'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R1).

Nella tabella che segue si mostrano i risultati delle analisi per l'approccio di calcolo considerato. La verifica risulta soddisfatta se la spinta passiva massima mobilizzabile risulta superiore alla spinta passiva massima mobilitata.

STEP 2	SLU (statica)
	(A2+M2+R1)
Spinta passiva massima mobilizzabile	322
Spinta passiva mobilitata	191
FS % passiva mobilitata	<b>1.68</b>

avendo posto:

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

ooooo

La verifica di stabilità globale della paratia è stata condotta ai sensi del DM 2008 nella configurazione di coefficienti parziali (A2+M2+R2). Il coefficiente di sicurezza risulta pari a 2.20 e quindi superiore al minimo richiesto (pari a 1.1); la verifica risulta soddisfatta.

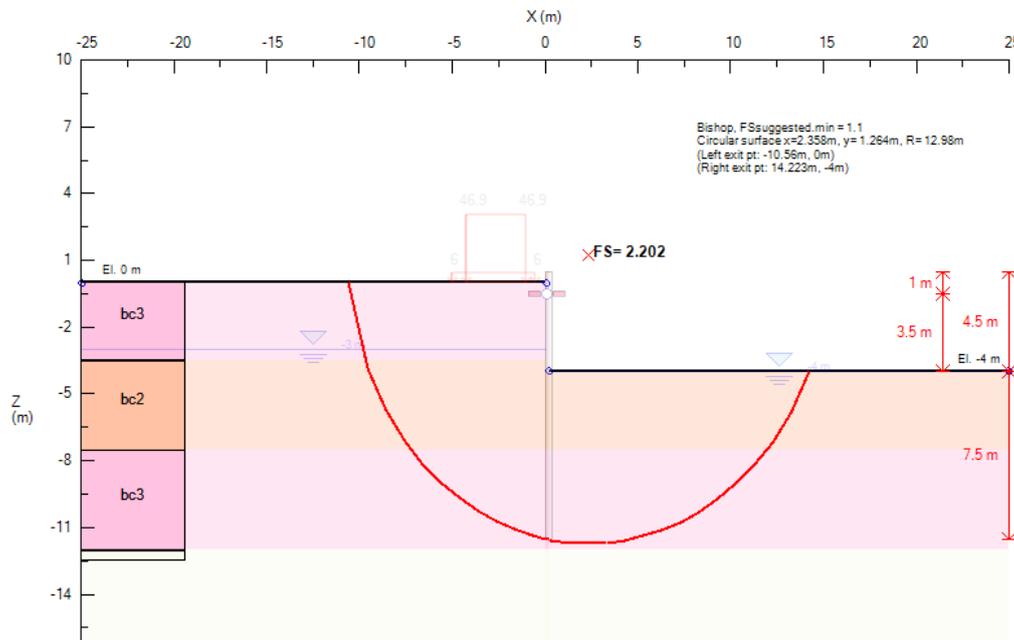


Figura 18: FASE 1 - Verifica di stabilità globale allo SLU (A2+M2+R2)

## 6.1.7 VERIFICHE GEOTECNICHE ALLO SLE DELLA PARATIA

### DEFORMAZIONI ORIZZONTALI DELLA PARATIA

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

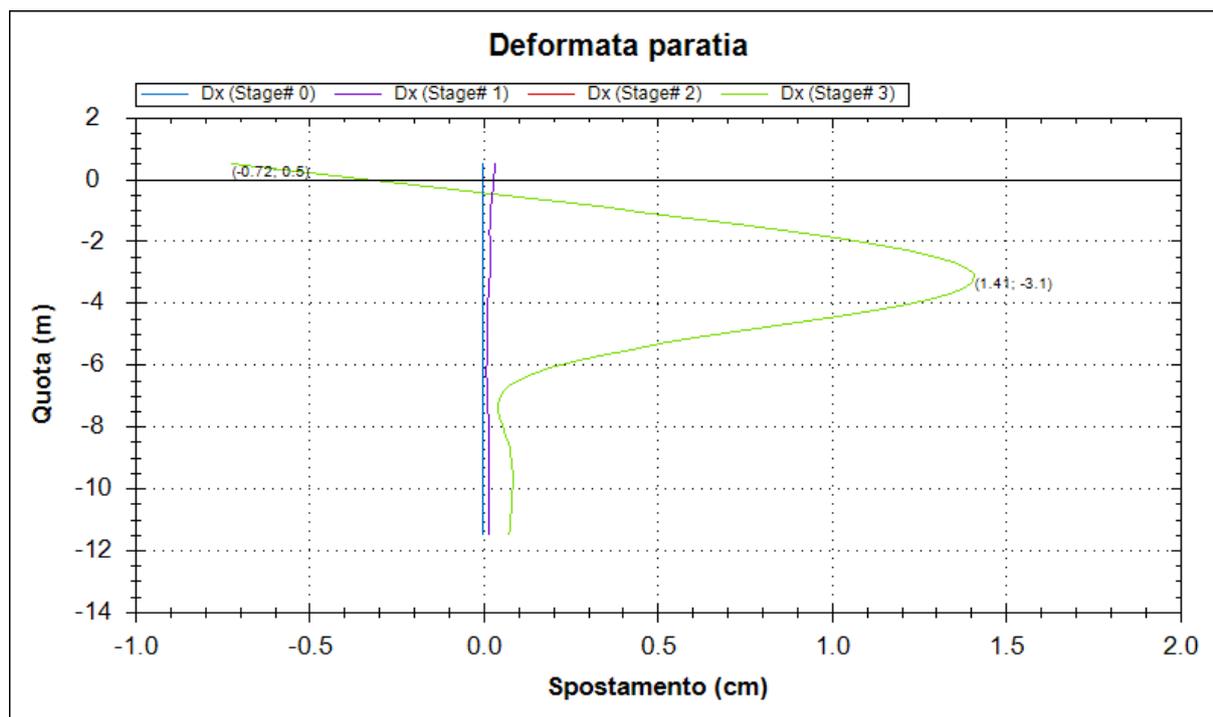


Figura 19: FASE 1 - Diagramma delle deformazioni allo SLE

SLE	
Spostamento orizzontale massimo $\delta_{h\_max}$ (cm)	1.4

Si osserva che lo spostamento massimo è pari a 1.4 cm ad una profondità di circa 3 m dalla testa dei micropali.

In testa alla paratia invece lo spostamento massimo risulta dell'ordine di qualche mm.

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

Opere provvisorie: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	32 di 45

### 6.1.8 STIMA DEI CEDIMENTI VERTICALI DEL TERRENO A MONTE DELLA PARATIA

Le fasi di realizzazione della paratia devono portare a cedimenti superficiali tali da non compromettere il normale funzionamento della linea ferroviaria esistente.

Nel caso in esame, come riportato nella figura seguente, i cedimenti superficiali massimi risultano di poco inferiori a 1.0 cm ad una distanza di circa 1.0 m dalla testa dei micropali. Tale valore si riduce a circa 0.8 cm in corrispondenza della rotaia più vicina all'opera di sostegno (posta a non meno di 2.0 m)

I valori ottenuti risultano di entità tale da non pregiudicare l'esercizio ferroviario.

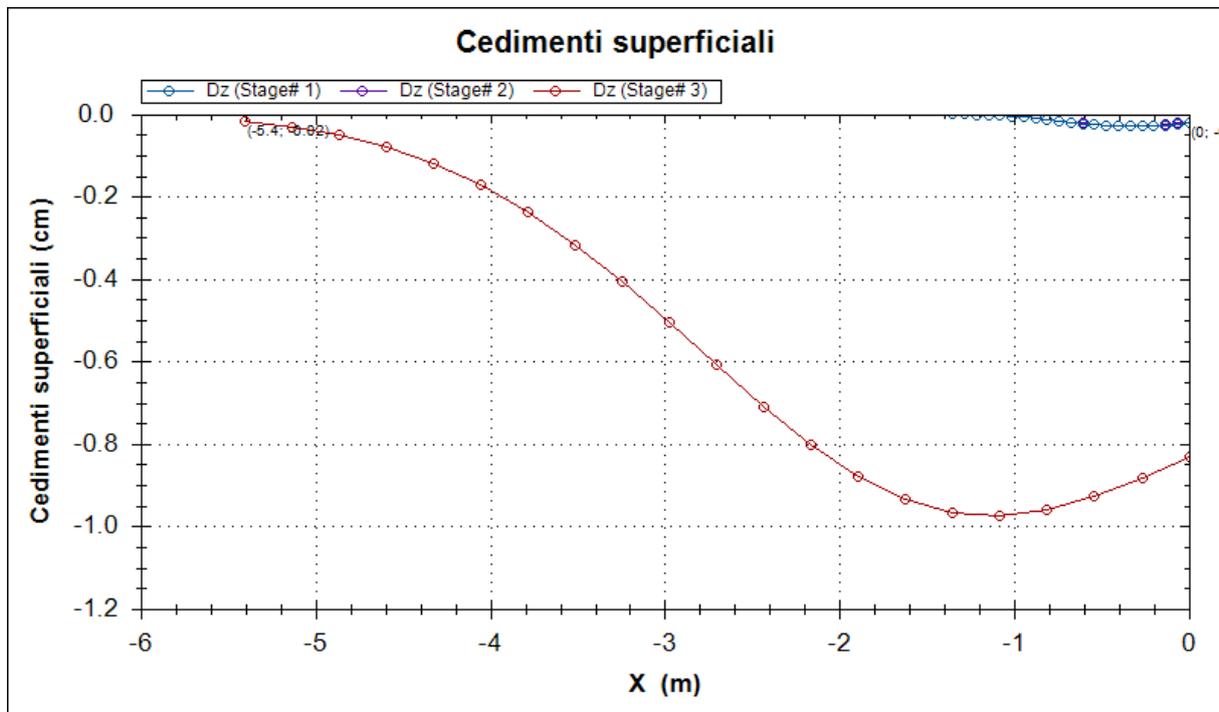


Figura 20: FASE 1 - Cedimenti verticali del terreno

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Opere provvisionali: Relazione di calcolo</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN0800 001</td> <td>A</td> <td>33 di 45</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	33 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	33 di 45								

## 6.2 FASE 2

### 6.2.1 SOLLECITAZIONI AGENTI

Nelle tabelle che seguono si sintetizzano i risultati ottenuti nell'analisi. Nelle figure sono mostrati i relativi diagrammi.

MICROPALI	$M_{max}$ (kNm/m)	$M^*_{max}$ (kNm)	$T_{max}$ (kN/m)	$T^*_{max}$ (kN)
SLE_max	18.1	7.2	22.9	9.2
SLU (A1+M1+R1)_max	24.2	9.7	30.3	12.1

PUNTONE PROVVISORIO	$R_{max}$ (kN/m)	$R^*_{max}$ (kN)
SLE_max	6	12
SLU (A1+M1+R1)_max	8	16

con:

$M_{max}$  = sollecitazione massima di momento flettente al metro lineare di paratia;

$M^*_{max}$  = sollecitazione massima di momento flettente sul singolo micropalo (considerando un interasse di 0.4 m);

$T_{max}$  = sollecitazione massima di taglio al metro lineare di paratia;

$T^*_{max}$  = sollecitazione massima di taglio sul singolo micropalo (considerando un interasse di 0.4 m).

$R_{max}$  = reazione puntone provvisorio al metro lineare di paratia;

$R^*_{max}$  = reazione puntone provvisorio (considerando un interasse di 2.0m).

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	34 di 45

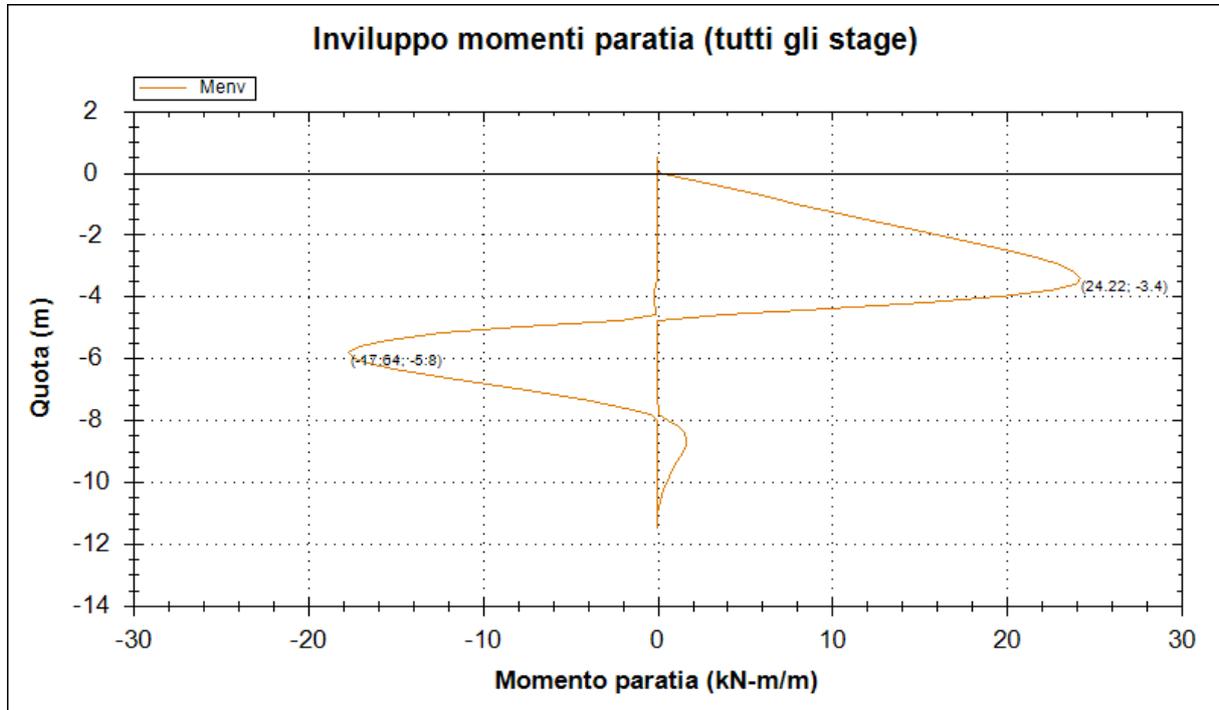


Figura 21: FASE 2 – Micropali: Diagramma dell'involuppo del momento allo SLU (A1+M1+R1)

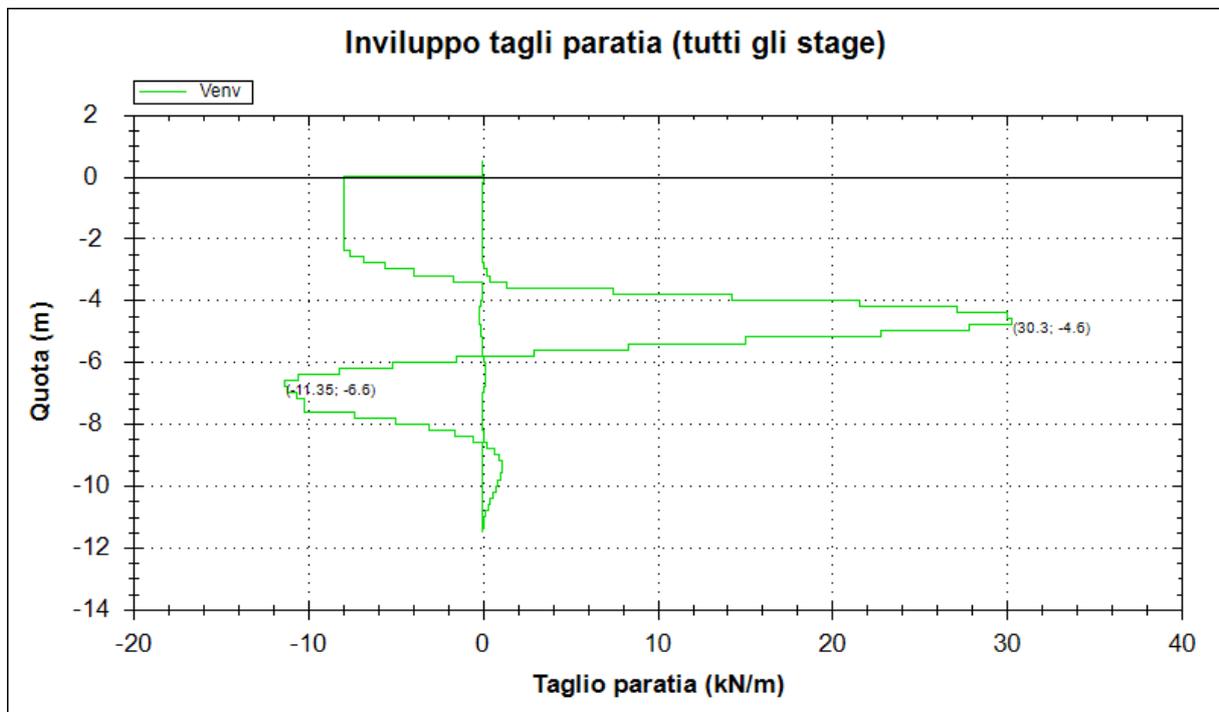


Figura 22: FASE 2 – Micropali: Diagramma dell'involuppo del taglio allo SLU (A1+M1+R1)

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	35 di 45

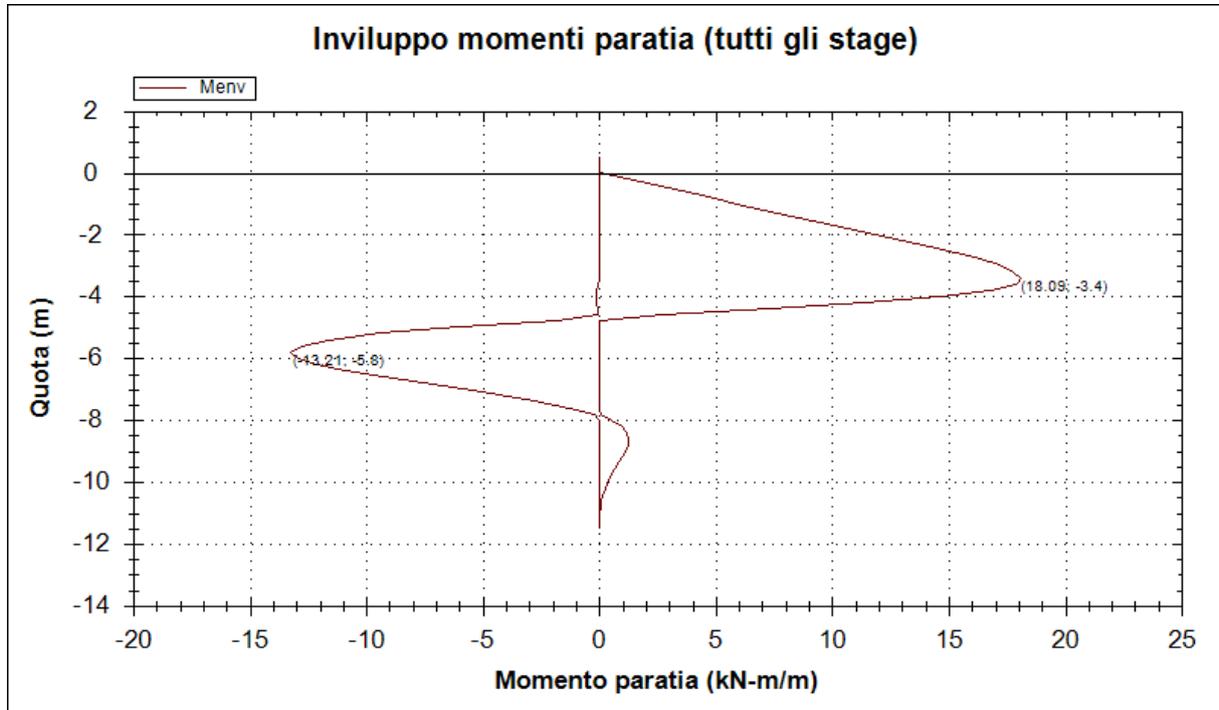


Figura 23: FASE 2 – Micropali: Diagramma dell'involuppo del momento allo SLE

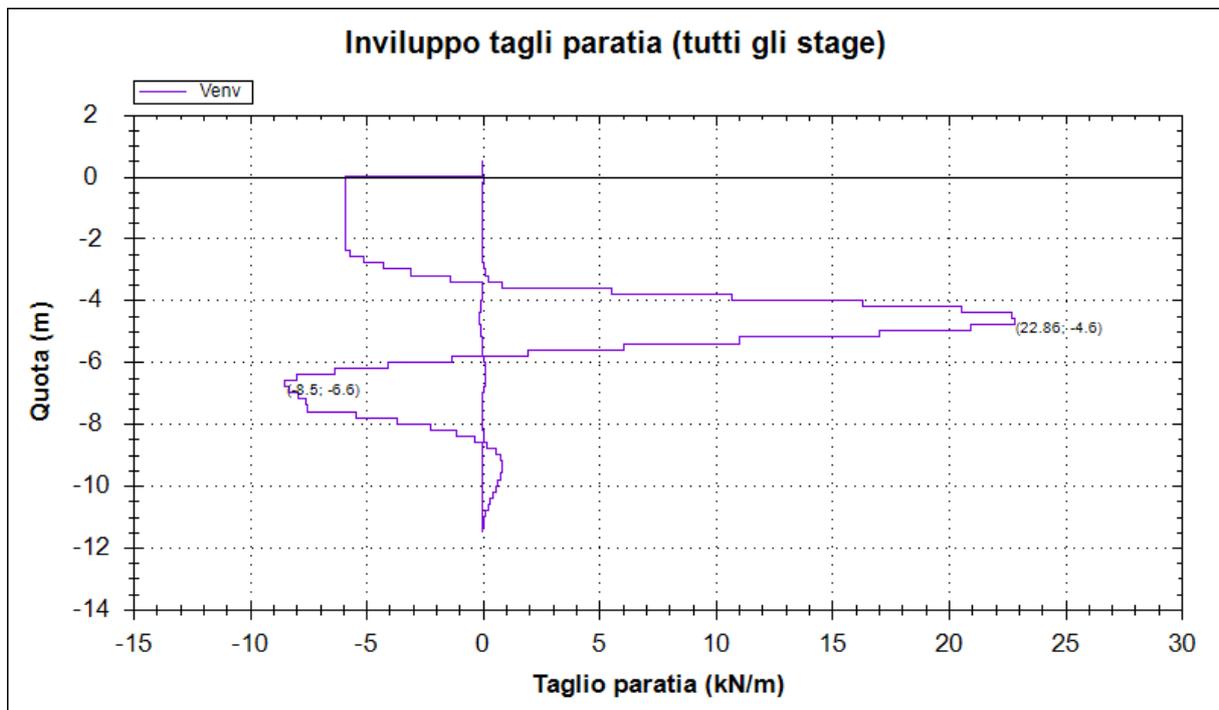


Figura 24: FASE 2 – Micropali: Diagramma dell'involuppo del taglio allo SLE

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	36 di 45

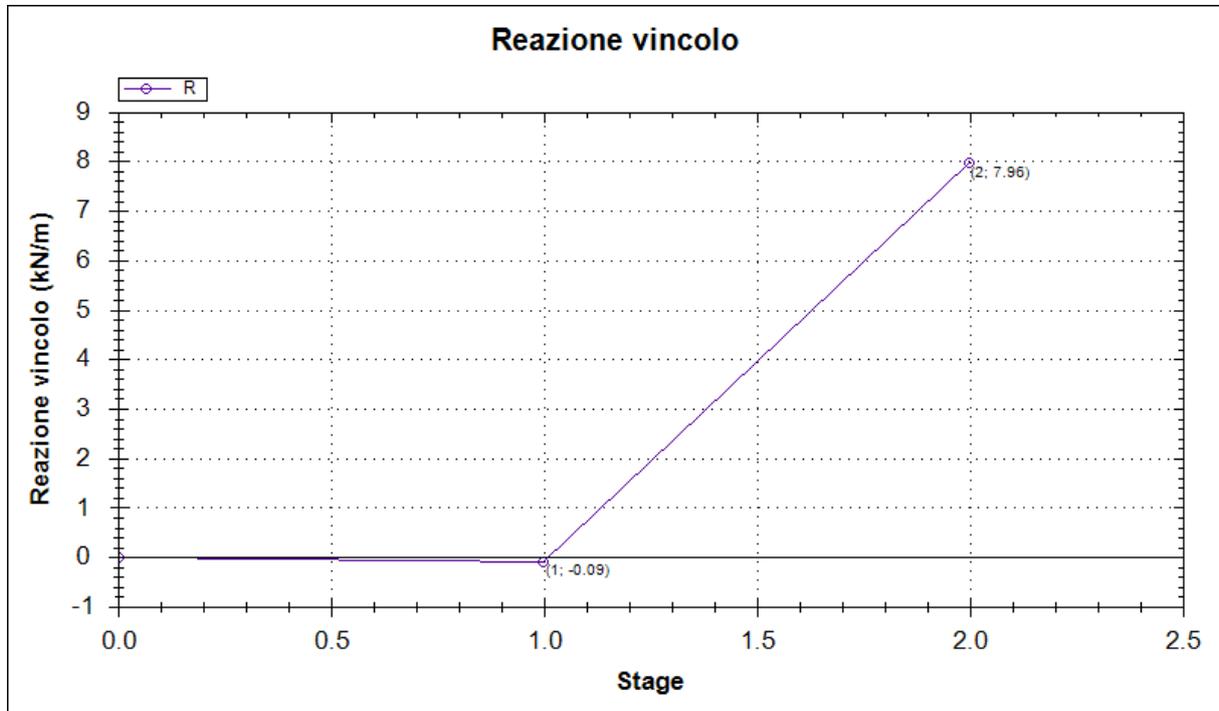


Figura 25: FASE 2 – Reazione puntone provvisorio allo SLU (A1+M1+R1)

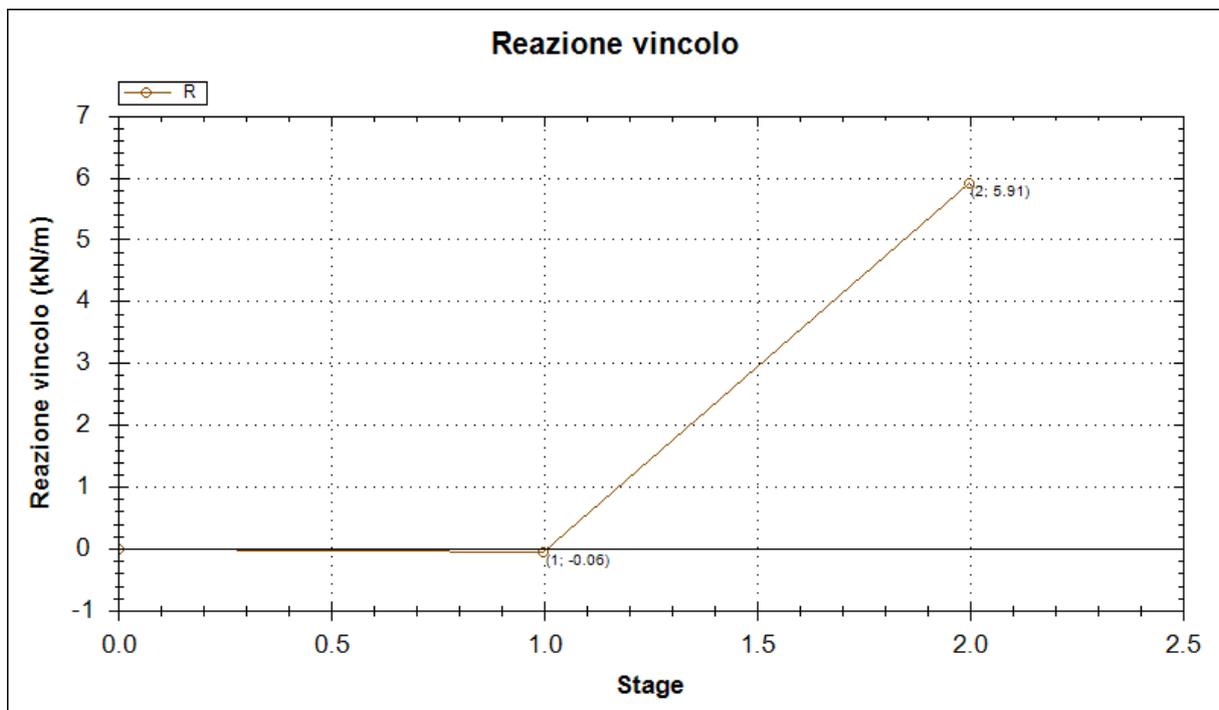


Figura 26: FASE 2 – Reazione puntone provvisorio allo SLE

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	37 di 45

## 6.2.2 VERIFICHE STRUTTURALI DEI MICROPALI

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.

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

Diametro esterno nominale	D	168.30	[mm]
Spessore nominale	t	6.00	[mm]
Diametro interno nominale	d	156.30	[mm]

### CARATTERISTICHE MECCANICHE

Area della sezione trasversale	A	30.6	[cm <sup>2</sup> ]
Momento d'inerzia	I	1009	[cm <sup>4</sup> ]
Raggio d'inerzia	i	5.74	[cm]
Modulo di resistenza elastico	W <sub>el,yy</sub>	120	[cm <sup>3</sup> ]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	W <sub>pl,yy</sub>	158	[cm <sup>3</sup> ]
Momento d'inerzia torsionale	I <sub>t</sub>	2017	[cm <sup>4</sup> ]
Modulo di torsione	C <sub>t</sub>	240	[cm <sup>3</sup> ]

### CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Coefficiente ε	ε	0.81	[-]
<b>Classificazione</b>			
Diametro	d	168.30	[mm]
Spessore	t	6.00	[mm]
Rapporto tra diametro e spessore	d/t	28.05	[-]
Classificazione della sezione	<b>CLASSE 1</b>		

### VERIFICA DI RESISTENZA ALLO SLU - TAGLIO

V <sub>Ed</sub>	12.1	[kN]		
A <sub>v</sub>	19.5	[cm <sup>2</sup> ]	Area a taglio	
γ <sub>M0</sub>	1.05			
V <sub>c,Rd</sub>	380	[kN]	Resistenza a taglio del tubo	FS = 31.37

nessuna riduzione delle tensioni 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>	9.7	[kNm]		
M <sub>c,Rd,pl</sub>	53	[kNm]	Resistenza a flessione del tubo (W <sub>pl,yy</sub> )	FS = 5.52
M <sub>c,Rd,el</sub>	41	[kNm]	Resistenza a flessione del tubo (W <sub>el,yy</sub> )	FS = 4.19

### VERIFICHE TENSIONALI - SLE

V <sub>SLE</sub>	9.2	[kN]	τ	5	[MPa]	
M <sub>SLE</sub>	7.2	[kNm]	σ <sub>M</sub>	60	[MPa]	
N <sub>SLE</sub>	0	[kN]	σ <sub>N</sub>	0	[MPa]	
			σ <sub>TOT</sub>	61	[MPa]	ok

Le verifiche a flessione e taglio del micropalo risultano soddisfatte.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Opere provvisionali: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0800 001	REV. A	FOGLIO 38 di 45

### 6.2.3 VERIFICHE STRUTTURALI DEL CORDOLO

Il cordolo in c.a. della paratia presenta una sezione trasversale di dimensioni  $B \times H = 0.5 \times 0.5 \text{ m}$ .

Si assume uno schema di calcolo di trave semplicemente appoggiata di luce pari all'interasse tra i due puntoni provvisori (L) e soggetto ad un carico per unità di lunghezza (p) pari alla realizzazione massima sugli stessi puntoni divisa per il loro interasse.

Il momento flettente si valuta con la relazione  $M = pL^2/10$ , cui viene associata un'azione assiale nulla.

La massima sollecitazione di taglio risulta, in prossimità degli appoggi, pari a  $T = pL/2$ .

Le sollecitazioni agenti allo SLU e allo SLE risultano pari a:

luce di calcolo	L	2	m
reazione massima puntone (SLU)	$R_{SLU}$	16	kN
Reazione massima al m	$p_{SLU\_h}$	8	kN/m
momento flettente (SLU)	$M_{SLU}$	3	kNm
taglio (SLU)	$T_{SLU}$	8	kN

reazione massima puntone (SLE)	$R_{SLE}$	12	kN
Reazione massima al m	$p_{SLE\_h}$	6	kN/m
momento flettente (SLE)	$M_{SLE}$	2	kNm
taglio (SLE)	$T_{SLE}$	6	kN

La sezione trasversale del cordolo presenta un'armatura costituita da:

- Longitudinale: 3Ø14 in zona tesa e da 3Ø14 in zona compressa;
- Trasversale: staffe Ø10/20cm.

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	39 di 45

### Verifica a pressoflessione (A1+M1+R1)

Verifica C.A. S.L.U. - File: Cordolo\_Fase 2

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo: \_\_\_\_\_

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 8 Zoom

N°	x [mm]	y [mm]
1	0	0
2	500	0
3	500	500
4	0	500

N°	As [mm²]	x [mm]	y [mm]
1	153	50	50
2	153	250	50
3	153	450	50
4	153	50	450
5	153	250	450
6	153	450	450

Tipologia Sezione:  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Diagramma della sezione:

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 kN  
M<sub>xEd</sub>: 3 kNm  
M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

P.to applicazione N:  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[mm] xN: 0 yN: 0

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Tipologia flessione:  
 Retta  Deviata

N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>o</sub>: 0 mm Col. modello

Precompresso

Materiali:

B450C	C25/30
ε <sub>su</sub> : 67.5 ‰	ε <sub>c2</sub> : 2 ‰
f <sub>yd</sub> : 391.3 N/mm²	ε <sub>cu</sub> : 3.5 ‰
E <sub>s</sub> : 200 000 N/mm²	f <sub>cd</sub> : 14.17
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> : 15	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> : 0.8
ε <sub>syd</sub> : 1.957 ‰	σ <sub>c,adm</sub> : 9.75
σ <sub>s,adm</sub> : 255 N/mm²	τ <sub>co</sub> : 0.6
	τ <sub>c1</sub> : 1.829

M<sub>xRd</sub>: 104.2 kNm

σ<sub>c</sub>: -14.17 N/mm²  
σ<sub>s</sub>: 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub>: 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub>: 27.38 ‰  
d: 450 mm  
x: 51 x/d: 0.1133  
δ: 0.7

$$M_{Ed} = 3 \text{ kNm} < M_{Rd} = 104.2 \text{ kNm.}$$

$$FS = M_{Rd}/M_{Ed} \gg 1$$

La verifica risulta soddisfatta.

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	40 di 45

### Verifica a pressoflessione (SLE)

Verifica C.A. S.L.U. - File: Cordolo\_Fase 2

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo: \_\_\_\_\_

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 8 Zoom

N°	x [mm]	y [mm]
1	0	0
2	500	0
3	500	500
4	0	500

N°	As [mm²]	x [mm]	y [mm]
1	153	50	50
2	153	250	50
3	153	450	50
4	153	50	450
5	153	250	450
6	153	450	450

Tipo Sezione  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n  
 N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 3 2 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[mm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Materiali  
 B450C C25/30  
 ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 14.17 ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?  
 ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9.75 ‰  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.6  
 τ<sub>c1</sub> 1.829

σ<sub>c</sub> -0.1835 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 9.198 N/mm²  
 ε<sub>s</sub> 0.04599 ‰  
 d 450 mm  
 x 103.7 x/d 0.2304  
 δ 0.728

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

$$\sigma_s = 9.2 \text{ MPa} < 0.8 \cdot f_{yk} = 313.4 \text{ MPa}$$

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	41 di 45

**Verifica a taglio (A1+M1+R1)**

$$V_{Ed} = 6 \text{ kNm} < V_{Rd} = 124 \text{ kNm}$$

Verifica a taglio per sezioni rettangolari armate a taglio (D.M. 14/01/2008)			
classe cls	$R_{ck}$	30	N/mm <sup>2</sup>
resist. Caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	25	N/mm <sup>2</sup>
	$f_{cd}$	14	
coeff. parziale	$\gamma_c$	1.5	
larghezza membratura resistente a V	$b_w$	500	mm
altezza membratura resistente a V	$H$	500	mm
altezza utile	$d$	450	mm
area della sezione	$A_{TOT}$	225000	mm <sup>2</sup>
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	$N$	0	N
ok	$\sigma_{cp}$	0.00	N/mm <sup>2</sup>
	$\alpha_c$	1.00	
Acciaio	$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
Feb44k	$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>
diametro staffe (spille)	$\phi_w$	10	mm
Area staffa (spilla)	$A_{\phi_w}$	79	mm <sup>2</sup>
0.9 d	$z$	405	mm
passo delle staffe (spille)	$s_w$	200	mm
	n° bracci	2	
angolo di inclinazione	$\theta$	45.0	°
deve essere compreso tra 1 e 2.5	$\cot(\theta)$	1.00	
angolo di inclinazione armatura rispetto asse palo	$\alpha$	90	°
	$\cot(\alpha)$	0.00	
	$A_{s_w} / s_w$	0.79	mm <sup>2</sup> /mm
Taglio resistente per "taglio trazione"	$V_{Rsd}$	124	kN
Taglio resistente per "taglio compressione"	$V_{Rcd}$	714	kN
taglio sollecitante	$V_{Ed}$	6	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	$\gamma_{Rd}$	1	
taglio resistente	$V_{Rd}$	124	kN
	$V_{Ed}$	<	$V_{Rd}$
<b>FS =</b>	<b>20.74</b>	<b>verifica</b>	

La verifica risulta soddisfatta.

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	42 di 45

## 6.2.4 VERIFICHE STRUTTURALI DEL PUNTONE PROVVISORIO

Si riportano a seguire le verifiche di carattere strutturale effettuate sui puntone provvisori.

Il puntone provvisorio è costituito da un profilo tubolare in acciaio  $\varnothing 273\text{mm}$  sp.=12.5mm.

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

Diametro esterno nominale	D	273.00	[mm]
Spessore nominale	t	12.50	[mm]
Diametro interno nominale	d	248.00	[mm]

### CARATTERISTICHE MECCANICHE

Area della sezione trasversale	A	102.3	[cm <sup>2</sup> ]
Momento d'inerzia	I	8697	[cm <sup>4</sup> ]
Raggio d'inerzia	i	9.22	[cm]
Modulo di resistenza elastico	W <sub>eI,yy</sub>	637	[cm <sup>3</sup> ]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	W <sub>pl,yy</sub>	849	[cm <sup>3</sup> ]
Momento d'inerzia torsionale	I <sub>t</sub>	17395	[cm <sup>4</sup> ]
Modulo di torsione	C <sub>t</sub>	1274	[cm <sup>3</sup> ]

### CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Coefficiente e	ε	0.81	[-]
<b>Classificazione</b>			
Diametro	d	273.00	[mm]
Spessore	t	12.50	[mm]
Rapporto tra diametro e spessore	d/t	21.84	[-]
<i>Classificazione della sezione</i>		<b>CLASSE 1</b>	

### VERIFICA DI RESISTENZA ALLO SLU - COMPRESSIONE/TRAZIONE

N <sub>Ed</sub>	16	[kN]	
N <sub>c,Rd</sub>	3459	[kN]	Resistenza a compressione/trazione del tubo

### VERIFICHE TENSIONALI - SLE

V <sub>SLE</sub>	0.0	[kN]	τ	0	[MPa]	
M <sub>SLE</sub>	0.0	[kNm]	σ <sub>M</sub>	0	[MPa]	
N <sub>SLE</sub>	12.0	[kN]	σ <sub>N</sub>	1	[MPa]	
			σ <sub>TOT</sub>	1	[MPa]	ok

### STABILITA' DELLE MEMBRATURE

N <sub>Ed</sub>	16	[kN]		
N <sub>b,Rd</sub>	3187	[kN]	FS	199.18
χ	0.92		Φ	0.66
A	102.3	[cm <sup>2</sup> ]	α	0.21
f <sub>yk</sub>	355	[MPa]	λ	0.51
γ <sub>M1</sub>	1.05	[-]		
L	3.50	[m]		
N <sub>cr</sub>	14015	[kN]		
0.04 N <sub>cr</sub>	561	[kN]	è possibile trascurare i fenomeni di instabilità per le aste compresse	

Le verifiche risultano sempre soddisfatte

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	43 di 45

## 6.2.5 VERIFICHE GEOTECNICHE ALLO SLU DELLA PARATIA

La verifica delle spinte a valle della paratia è condotta in accordo all'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R1).

Nella tabella che segue si mostrano i risultati delle analisi per l'approccio di calcolo considerato. La verifica risulta soddisfatta se la spinta passiva massima mobilizzabile risulta superiore alla spinta passiva massima mobilitata.

STEP 2	SLU (statica)
	(A2+M2+R1)
Spinta passiva massima mobilizzabile	317
Spinta passiva mobilitata	176
FS % passiva mobilitata	<b>1.80</b>

avendo posto:

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

ooooo

La verifica di stabilità globale della paratia è stata condotta ai sensi del DM 2008 nella configurazione di coefficienti parziali (A2+M2+R2). Il coefficiente di sicurezza risulta pari a 2.31 e quindi superiore al minimo richiesto (pari a 1.1); la verifica risulta soddisfatta.

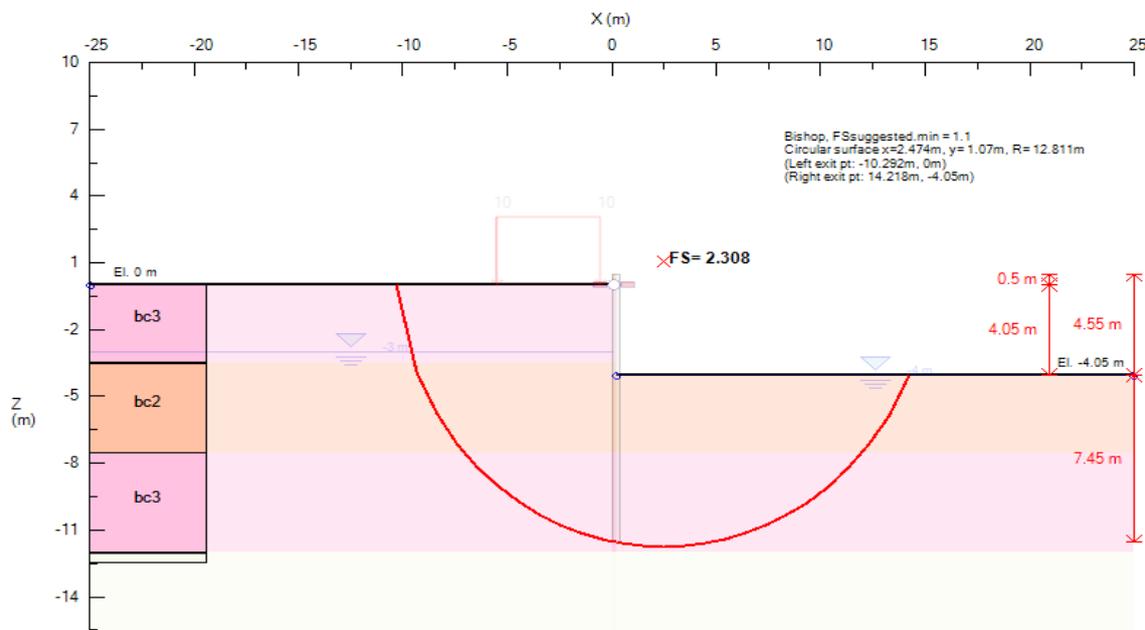


Figura 27: FASE 2 – Verifica di stabilità globale allo SLU (A2+M2+R2)

Opere provvisoriale: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	44 di 45

## 6.2.6 VERIFICHE GEOTECNICHE ALLO SLE DELLA PARATIA

### DEFORMAZIONI ORIZZONTALI DELLA PARATIA

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

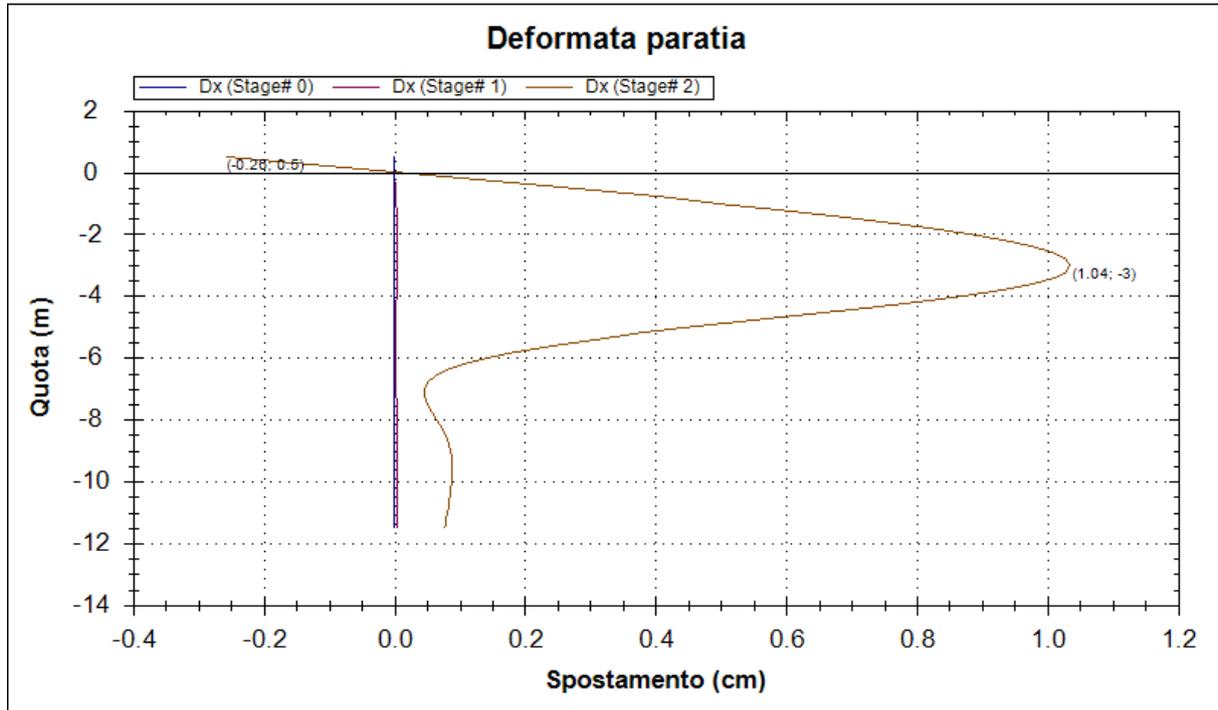


Figura 28: FASE 2 – Diagramma delle deformazioni allo SLE

SLE	
Spostamento orizzontale massimo $\delta_{h\_max}$ (cm)	1.0

Si osserva che lo spostamento massimo è pari a circa 1.0 cm ad una profondità di 2 m dalla testa dei micropali; in testa alla paratia lo spostamento massimo è dell'ordine di qualche mm.

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

**Opere provvisionali: Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0800 001	A	45 di 45

## 7 INCIDENZA ARMATURE

Cordolo in c.a.	60 kg/mc
Tube armatura micropali	Ø168.3 mm, sp.=6 mm – Peso = 24.0 kg/ml
Puntone provvisorio	Ø273 mm, sp.=12.5 mm – Peso = 80.9 kg/ml