

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

IN07 – Sottopasso ciclopedonale 4.50x3.00

Opere provvisori: Relazione di calcolo

APPALTATORE		SCALA:
IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A. Dott. Ing. Sabino Del Balzo DIRETTORE TECNICO Ing. Sabino DEL BALZO 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	7	0	3	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	



24/02/2020

File: IF26.1.2.E.ZZ.CL.IN.07.0.3.001.A.doc

n. Elab.: 10

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Opere provvisionali: Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN0703 001</td> <td>A</td> <td>2 di 56</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	2 di 56
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	2 di 56								

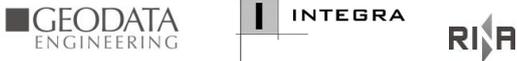
Indice

1	PREMESSA	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	5
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	8
5	CRITERI PROGETTUALI	9
5.1	METODOLOGIA DI CALCOLO	9
5.2	CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE	13
5.2.1	VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)	13
5.2.2	VERIFICHE AGLI SLE.....	15
5.2.3	AZIONI SISMICA	16
5.2.4	COMBINAZIONE DELLE AZIONI	16
5.3	MODELLO DI CALCOLO	17
5.3.1	FASE 1.....	17
5.3.2	FASE 2.....	22
6	RISULTATI DELLE ANALISI.....	24
6.1	FASE 1	24
6.1.1	SOLLECITAZIONI AGENTI.....	24
6.1.2	VERIFICHE STRUTTURALI DEI MICROPALI	29
6.1.3	VERIFICHE STRUTTURALI DEL CORDOLO.....	30
6.1.4	VERIFICHE STRUTTURALI DEL PUNTONE PROVVISORIO	34
6.1.5	VERIFICHE STRUTTURALI DEI TIRANTI E DELLE TRAVI DI RIPARTIZIONE.....	35
6.1.6	VERIFICHE GEOTECNICHE ALLO SLU DELLA PARATIA.....	37
6.1.7	VERIFICHE GEOTECNICHE ALLO SLU DEI TIRANTI	38
6.1.8	VERIFICHE GEOTECNICHE ALLO SLE DELLA PARATIA	42
6.1.9	STIMA DEI CEDIMENTI VERTICALI DEL TERRENO A MONTE DELLA PARATIA	43
6.2	FASE 2	44
6.2.1	SOLLECITAZIONI AGENTI.....	44

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	3 di 56

6.2.2	VERIFICHE STRUTTURALI DEI MICROPALI	48
6.2.3	VERIFICHE STRUTTURALI DEL CORDOLO	49
6.2.4	VERIFICHE STRUTTURALI DEL PUNTONE PROVVISORIO	53
6.2.5	VERIFICHE GEOTECNICHE ALLO SLU DELLA PARATIA.....	54
6.2.6	VERIFICHE GEOTECNICHE ALLO SLE DELLA PARATIA.....	55
7	INCIDENZA ARMATURE	56

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Opere provvisionali: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0703 001	REV. A	FOGLIO 4 di 56

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 sottovia ciclopedonale al km 27+142.00, 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.07.0.3.001 – Opere provvisionali e pianta scavi Fase 1
- [DC3]. IF26.1.2.E.ZZ.PZ.IN.07.0.3.002 – Opere provvisionali e pianta scavi Fase 2

Opere provvisori: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	5 di 56

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	IN0703 001	A	6 di 56

Malta per micropali			
Classe	C20/25	<input type="button" value="▼"/>	
$R_{ck} =$	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	<input type="button" value="▼"/>	
Classe di esposizione =	XC2	<input type="button" value="▼"/>	

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	IN0703 001	A	7 di 56

Acciaio tubi di armatura micropali			
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

Acciaio per carpenteria metallica (Travi ripartizione, piastre metalliche)			
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

Trefoli in acciaio armonico per tiranti			
$f_{p(1)k} \geq$	1670	Mpa	Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale
$f_{ptk} \geq$	1860	Mpa	Tensione caratteristica di rottura
$A_{gt} =$	3.5	%	Allungamento sotto carico massimo:
$\gamma_s =$	1.15	-	Coeff. Parziale di sicurezza allo SLU
$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s =$	1452.2	Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000	Mpa	Modulo elastico di progetto

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Opere provvisionali: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0703 001	REV. A	FOGLIO 8 di 56

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	γ [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kPa]	E' [MPa]
da 0.0 a 8.0	bc2	19	32	0	40
da 8.0 a 10.0	bc3	19	22	15	25
da 10.0 a 12.0	bc4	20	39	0	60
Da 12.0	bn1	20	37	0	50

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 +51.1 m s.l.m.; considerando la testa dei micropali ad una quota di 54.34 m s.l.m., si pone la falda ad una profondità di 3.0m dalla testa dei micropali.

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

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	9 di 56

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.

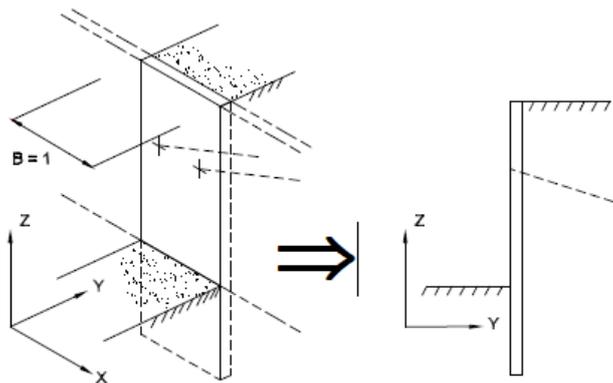


Figura 1: Modellazione piana della paratia

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.

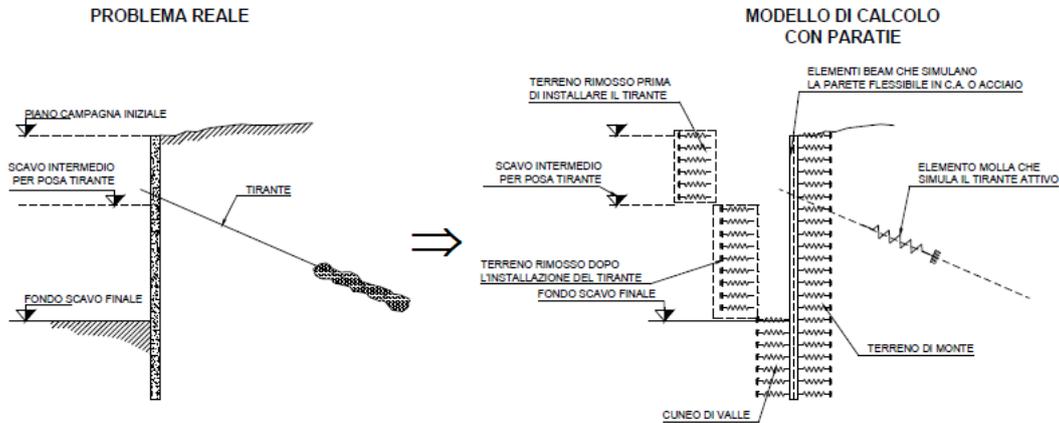


Figura 2: Schematizzazione terreno ed ancoraggi

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).

LUNGHEZZA LIBERA DEI TIRANTI

La lunghezza libera del tirante è definita dalla intersezione dell'asse del tirante con un piano inclinato di $(45^\circ - \varphi'/2)$ sulla verticale, parallelo al piano passante per il piede della paratia e da esso distante $0.2 \cdot h$. Si ha dunque:

$$L_{ti} = h' + (H - h_{ti}) \cdot \frac{\sin(45 - \varphi/2)}{\cos(45 - \frac{\varphi}{2} - \alpha)}$$

dove:

H = altezza totale della paratia

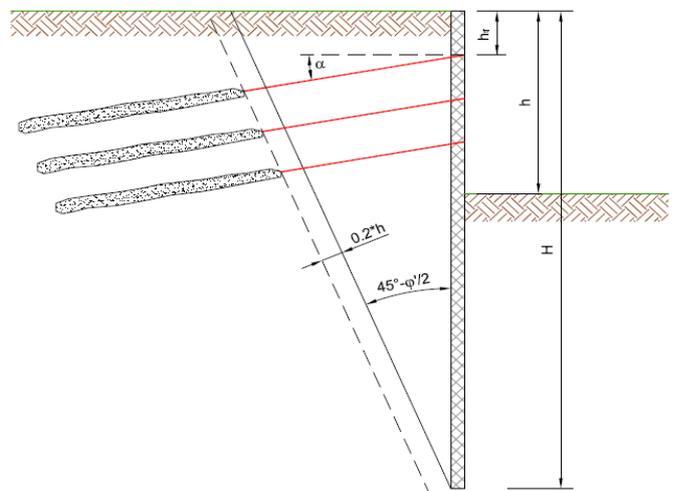
h_{ti} = distanza dalla testa della paratia al tirante i-esimo

φ' = angolo d'attrito del terreno;

α = angolo d'inclinazione del tirante sull'orizzontale;

h = altezza fuori scavo paratia;

$h' = 0.2 \cdot h$



	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Opere provvisionali: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0703 001	REV. A	FOGLIO 11 di 56

LUNGHEZZA DEL BULBO DI FONDAZIONE7

La lunghezza del bulbo di fondazione si ottiene attraverso la relazione:

$$L_b = T_{max} / [\pi \cdot D_{n,perf} \cdot \alpha \cdot R_{ac} / (\xi_{a3} \cdot \gamma_{Ra,t})]$$

con

T_{max} = tiro massimo del tirante;

$D_{n,perf}$ = diametro nominale di perforazione

R_{ac} = tensione limite di attrito laterale

ξ_{a3} = coefficiente parziale in funzione delle verticali indagate

$\gamma_{Ra,t}$ = coefficiente parziale per i tiranti

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.

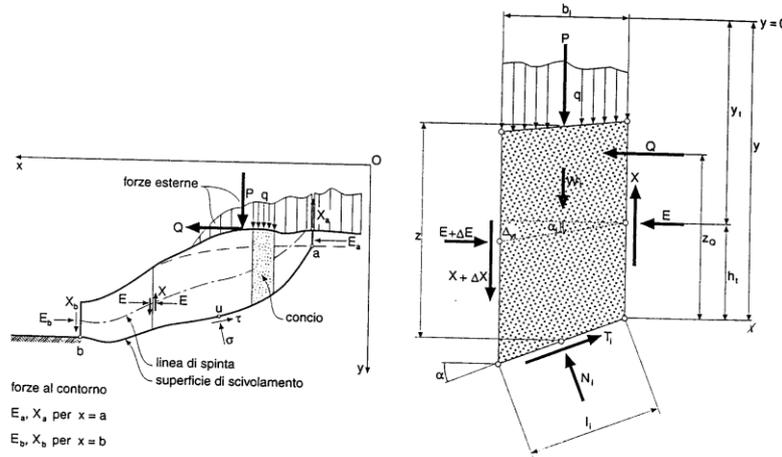
la resistenza al taglio è espressa dal criterio di Coulomb.

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 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").

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	12 di 56



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.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Opere provvisionali: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0703 001	REV. A	FOGLIO 13 di 56

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/γ_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 γ_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.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Opere provvisionali: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0703 001	REV. A	FOGLIO 14 di 56

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.

TIRANTI

Gli stati limite ultimi dei tiranti di ancoraggio si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che li compongono.

Per il dimensionamento geotecnico, deve risultare rispettata la condizione $E_d \leq R_d$ con specifico riferimento ad uno stato limite di sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. La verifica di tale condizione può essere effettuata con riferimento alla combinazione A1+M1+R3, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I, 6.2.II, 6.6.I di cui alle NTC 2008.

La verifica a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio si esegue confrontando la massima azione di progetto E_d con la resistenza di progetto R_{ad} , determinata applicando alla resistenza caratteristica R_{ak} i fattori parziali γ_R riportati nella tabella 6.6.I di cui alle NTC 2008.

Nel presente caso, essendo l'opera provvisoria, il coefficiente parziale di sicurezza è pari a 1.1.

Il valore caratteristico della resistenza allo sfilamento dell'ancoraggio R_{ak} si può determinare:

- a) dai risultati di prove di progetto su ancoraggi di prova;
- b) con metodi di calcolo analitici, dai valori caratteristici dei parametri geotecnici dedotti dai risultati di prove in sito e/o di laboratorio.

Nel presente caso si utilizzeranno i metodi analitici utilizzando i valori caratteristici geotecnici dedotti dalle prove in sito e di laboratorio.

Dunque il valore della resistenza caratteristica R_{ak} si valuta considerando il minore dei valori derivanti dall'applicazione dei fattori di correlazione ξ_{a3} e ξ_{a4} rispettivamente al valor medio e al valor minimo delle resistenze $R_{a,c}$ ottenute dal calcolo. Per la valutazione dei fattori ξ_{a3} e ξ_{a4} , si deve tenere conto che i profili di indagine sono solo quelli che consentono la completa identificazione del modello geotecnico di sottosuolo per il terreno di fondazione dell'ancoraggio (tabella 6.6.III di cui alle NTC 2008)

$$R_{ak} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{a,c})_{\text{medio}}}{\xi_{a3}}; \frac{(R_{a,c})_{\text{min}}}{\xi_{a4}} \right\}$$

Nel presente caso si assume un valore di ξ_{a3} e ξ_{a4} pari a 1.80, relativo a 1 verticali indagate.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Opere provvisorie: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0703 001	REV. A	FOGLIO 15 di 56

Nella valutazione analitica della resistenza allo sfilamento degli ancoraggi non si applicano coefficienti parziali di sicurezza sui valori caratteristici della resistenza del terreno; si fa quindi riferimento ai coefficienti parziali di sicurezza M1.

Nei tiranti il cui tratto libero è realizzato con trefoli di acciaio armonico, nel rispetto della gerarchia delle resistenze, si deve verificare che la resistenza a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio deve risultare minore della resistenza a snervamento dell'armatura.

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.

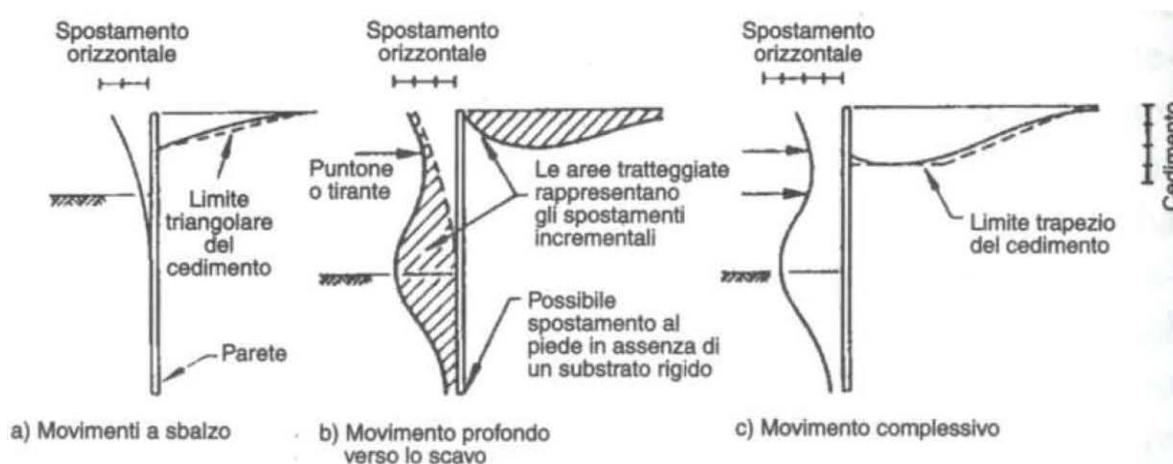
Trattandosi di un'opera provvisoria le verifiche a fessurazione sono omesse.

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).



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.

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	16 di 56

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

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

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	IN0703 001	A	17 di 56

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.

In corrispondenza del corcolo di coronamento della paratia sono presenti 2 puntoni angolari costituiti da tubi in acciaio di diametro 273mm sp.=12.5m; ad una profondità di 2.0 m dalla testa dei micropali, nel tratto di paratia parallela alla linea ferroviaria esistente, è presente un ordine di tiranti.

5.3.1 FASE 1

Si considera la sezione di verifica in corrispondenza all'asse longitudinale del sottopasso, 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 ³		(peso specifico ballast)
$H_m =$	0.7 m		(altezza ballast)
$Q_{eq} =$	12.6 kN/m ²		(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	$(L_t + 2 \cdot 0.4)$	(larghezza di diffusione del carico nel ballast)
			(RFI DTC SI CS MA IFS 001 C par. 3.8.1.3.2.1)
$*Q_{sw2} =$	46.9 kN/m ²		(sovraccarico ferroviario)
			<i>*Applicato ad intradosso ballast</i>

A monte dell'opera si considera come carichi agenti:

$q_{ballast} = 12.6 \text{ kN/m}^2$	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	IN0703 001	A	18 di 56

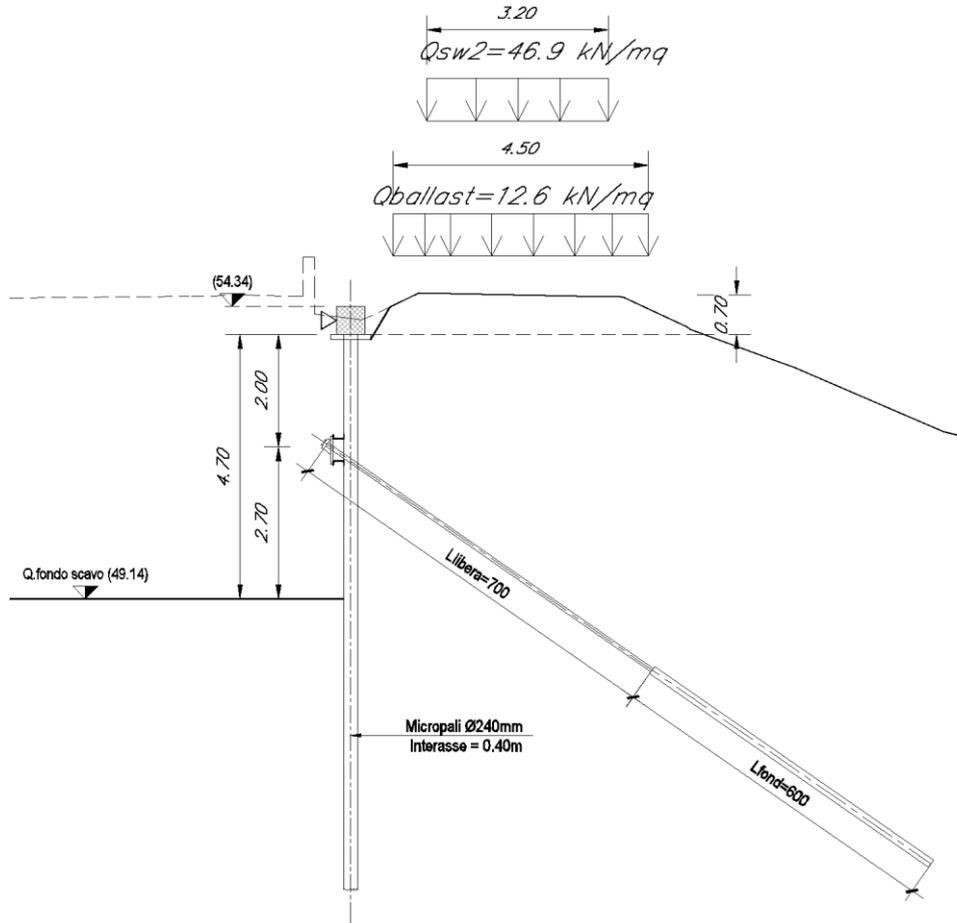


Figura 3: FASE1 Schema di calcolo

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	19 di 56

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): Realizzazione del puntone provvisorio in corrispondenza del cordolo della paratia. In aggiunta al carico permanente dovuto alla sovrastruttura ferroviaria, si considera il sovraccarico variabile dovuto al traffico ferroviario sul binario esistente.
- STEP 2): Scavo fino alla profondità di 2.5m dalla testa dei micropali. I carichi sono i medesimi della fase precedente.
- STEP 3): Realizzazione del 1° ordine di tiranti. Il pretiro dei tiranti è pari a 250 kN (104 kN/m considerando un interasse dei tiranti di 2.4m). I carichi permanenti e variabili sono i medesimi della fase precedente.
- STEP 4): Scavo fino alla profondità di 4.7 m dalla testa dei micropali. I carichi sono i medesimi della fase precedente.

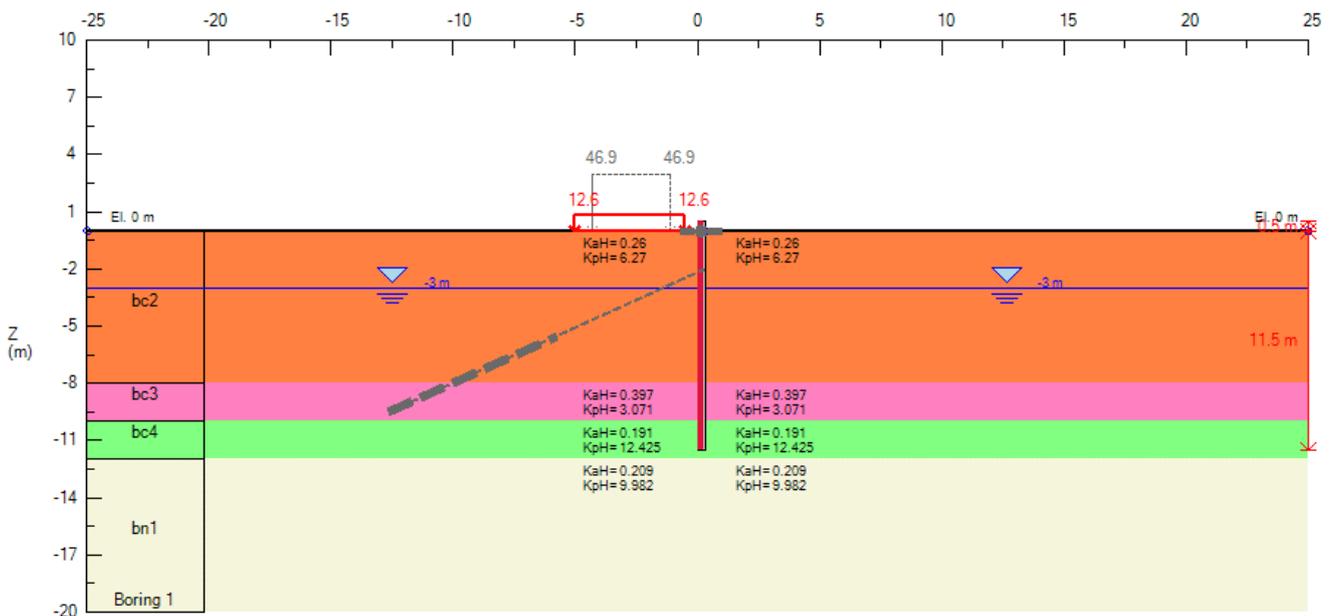


Figura 4: FASE1 - STEP 0)

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	20 di 56

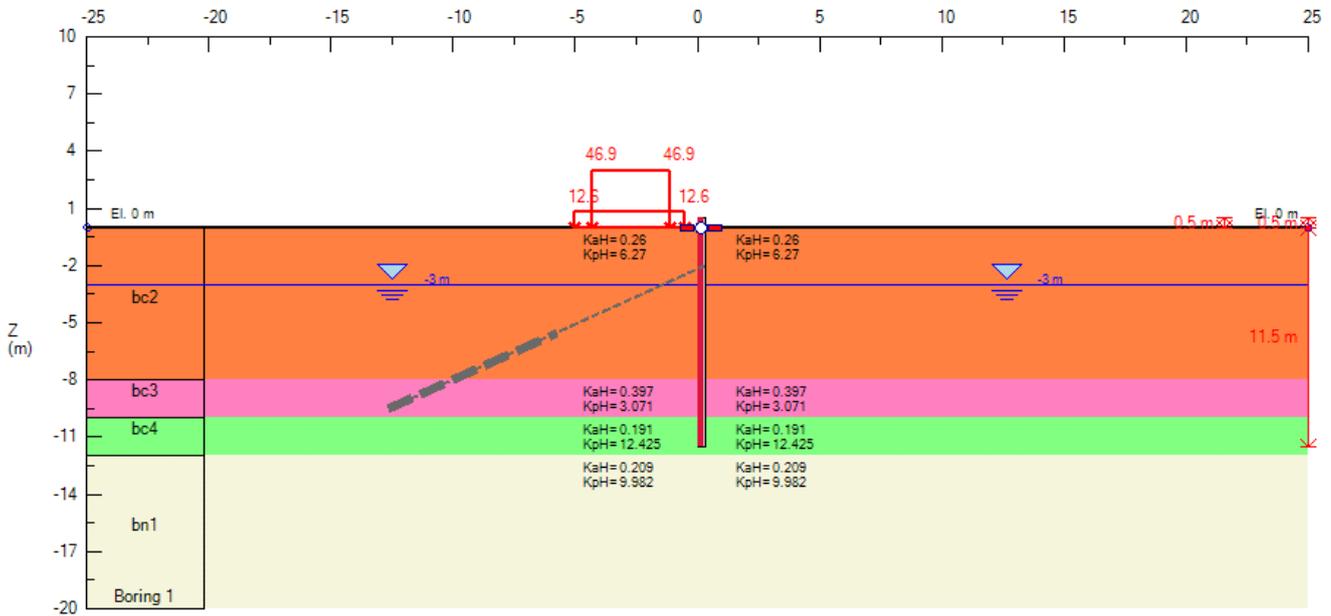


Figura 5: FASE1 STEP 1)

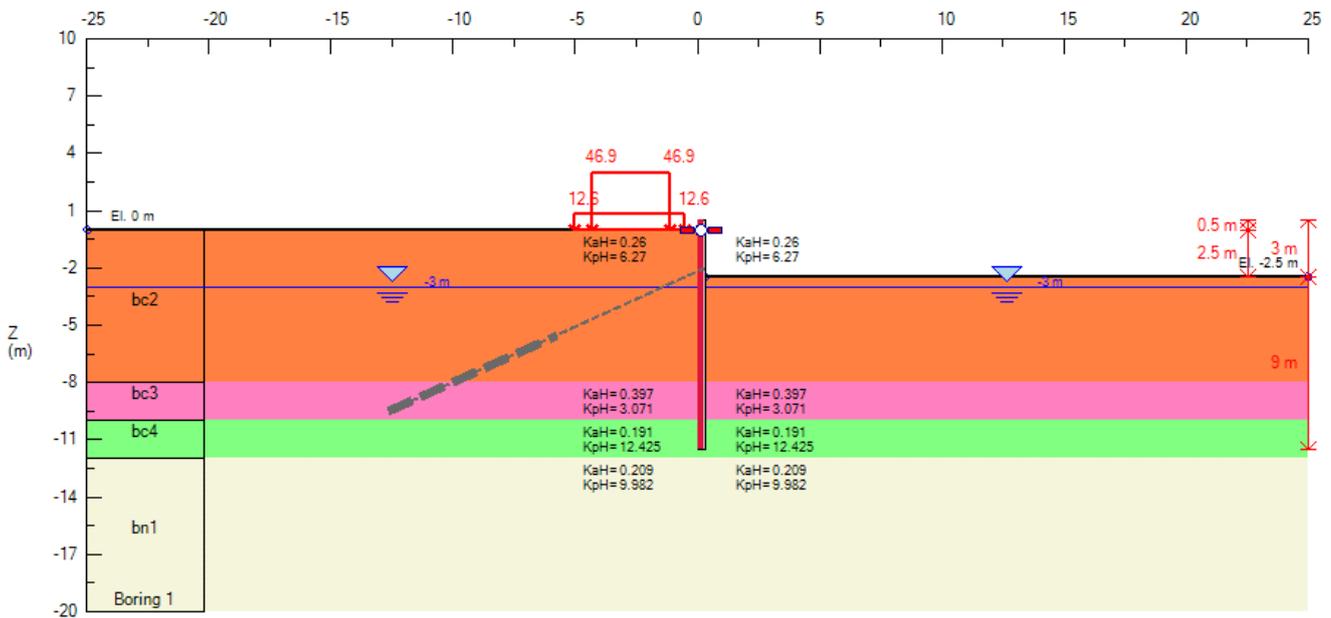


Figura 6: FASE1 STEP 2)

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	21 di 56

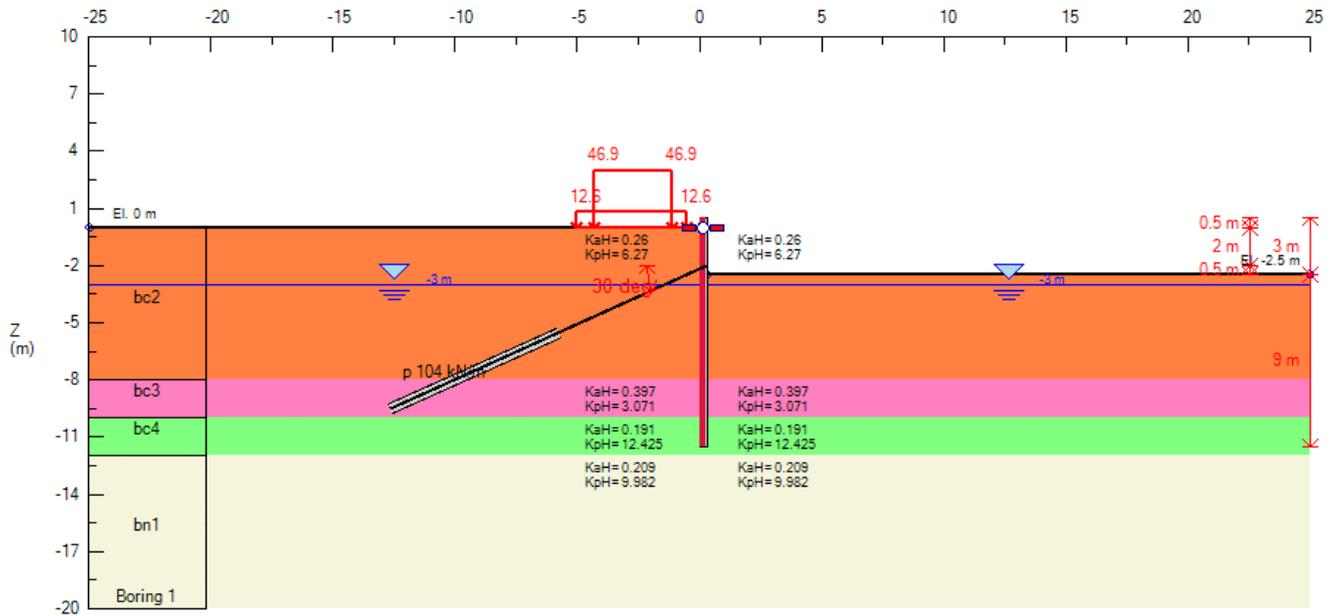


Figura 7: FASE1 STEP 3)

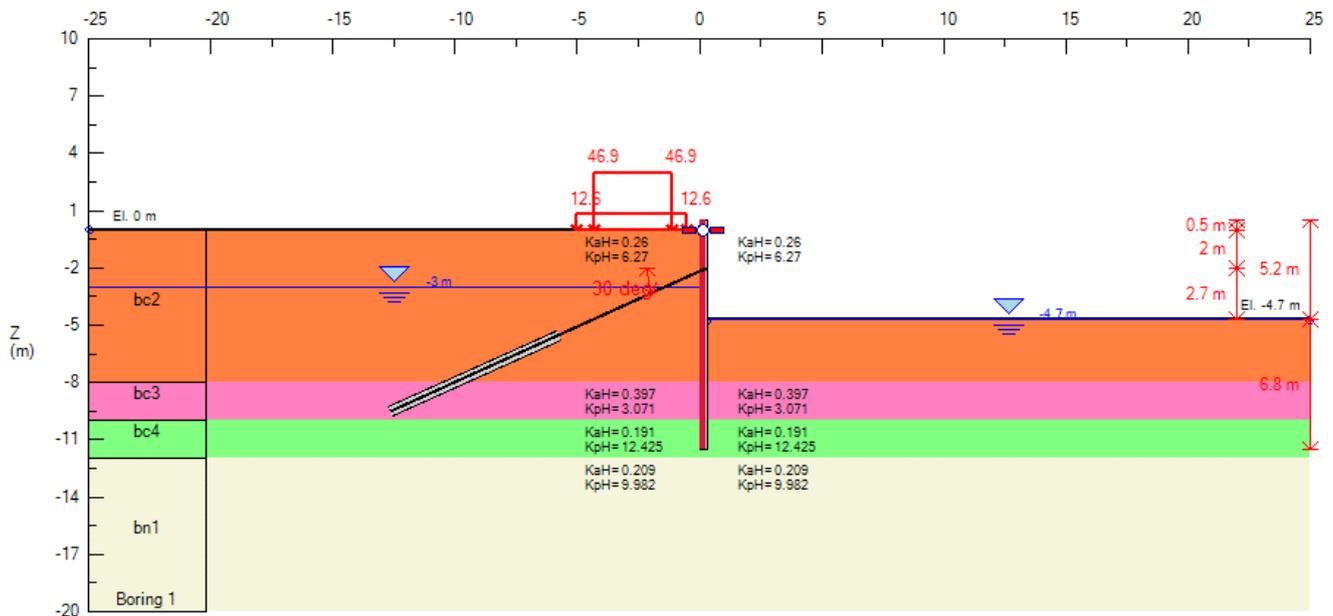


Figura 8: FASE1 STEP 4)

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	22 di 56

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

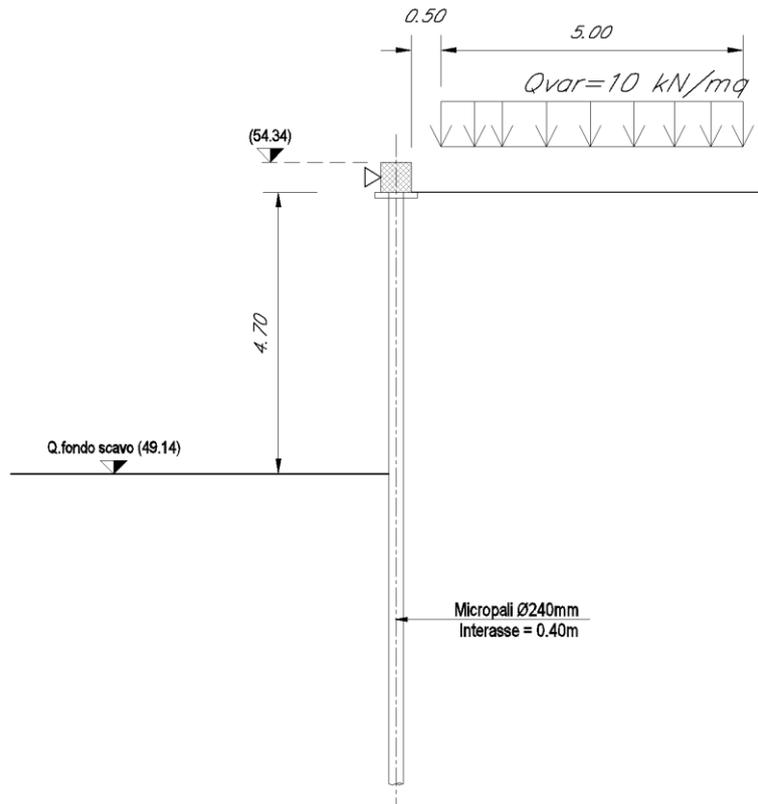


Figura 9: FASE 2 Schema di calcolo

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	IN0703 001	A	23 di 56

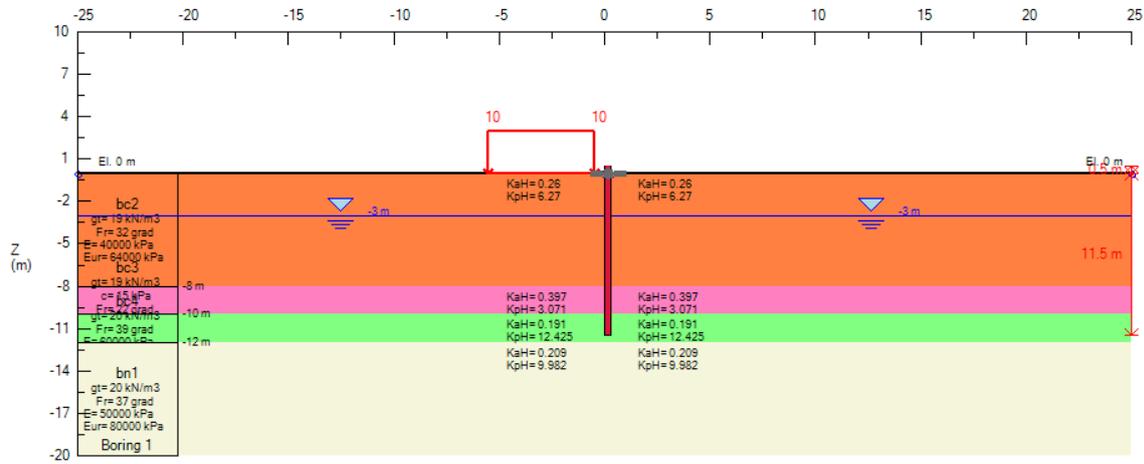


Figura 10: FASE 2 - STEP 0)

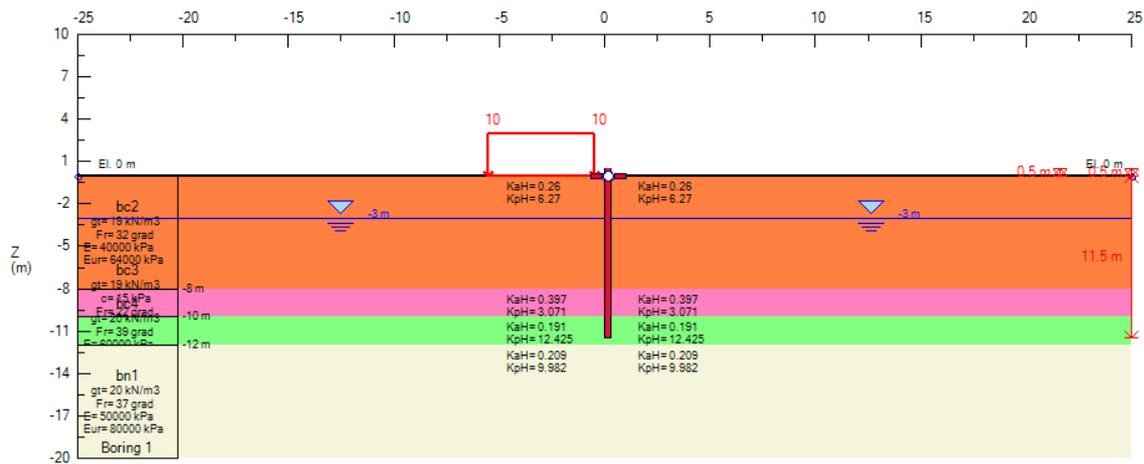


Figura 11: FASE 2 STEP 1)

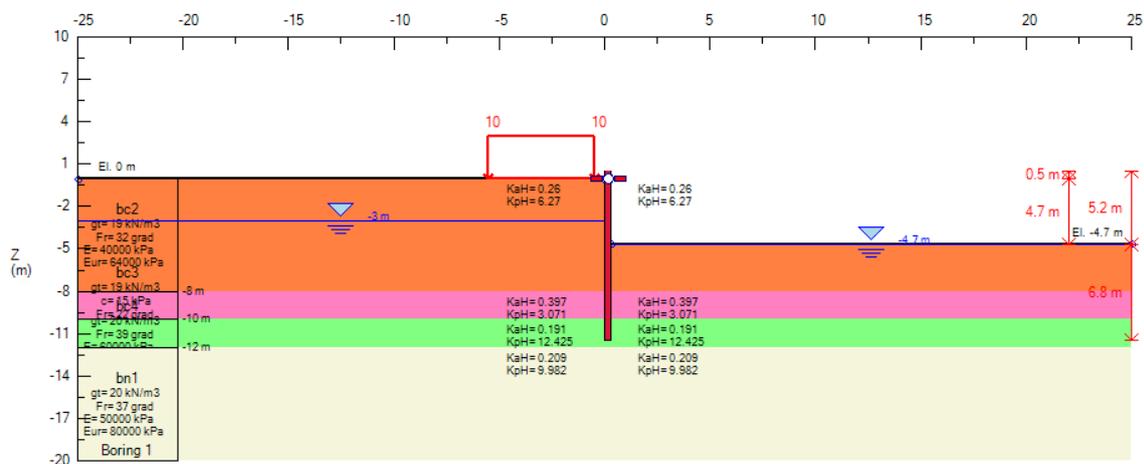


Figura 12: FASE 2 STEP 2)

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	24 di 56

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	39.4	15.8	55.9	22.4
SLU (A1+M1+R1)_max	53.4	21.4	74.6	29.8

PUNTONE PROVVISORIO	R_{max} (kN/m)	R^*_{max} (kNm)
SLE_max	9.44	32
SLU (A1+M1+R1)_max	12.7	43

TIRANTI 1° ORDINE	R_{max} (kN/m)	R^*_{max} (kNm)
SLE_max	108.2	260
SLU (A1+M1+R1)_max	141.1	339

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 3.4m per il puntone provvisorio e 2.4m per i tiranti).

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	25 di 56

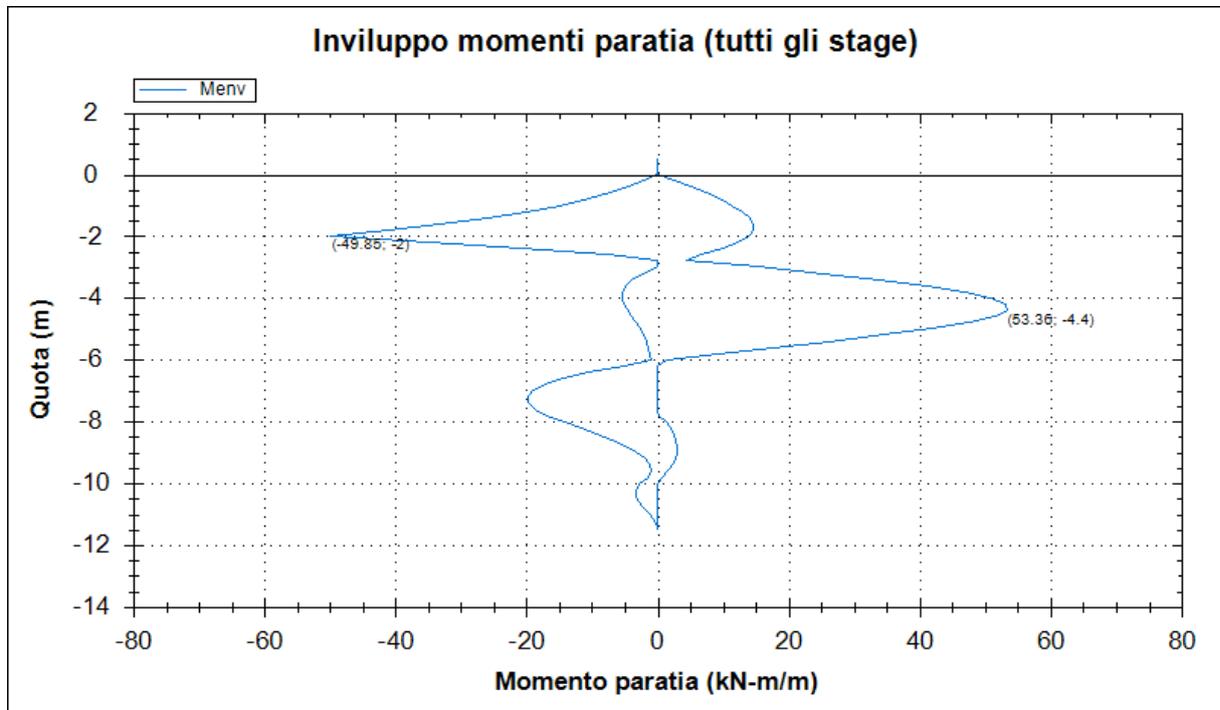


Figura 13: FASE 1 - Diagramma dell'involuppo del momento allo SLU (A1+M1+R1)

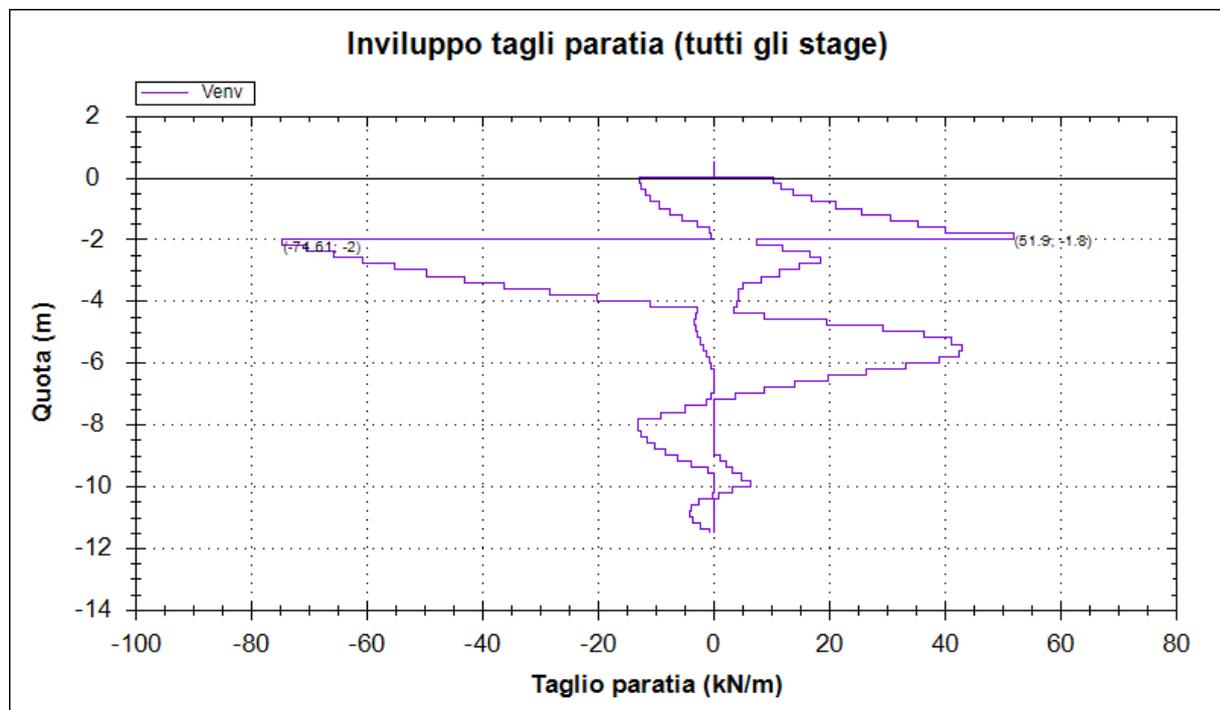


Figura 14: FASE 1 - Diagramma dell'involuppo del taglio allo SLU (A1+M1+R1)

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	26 di 56

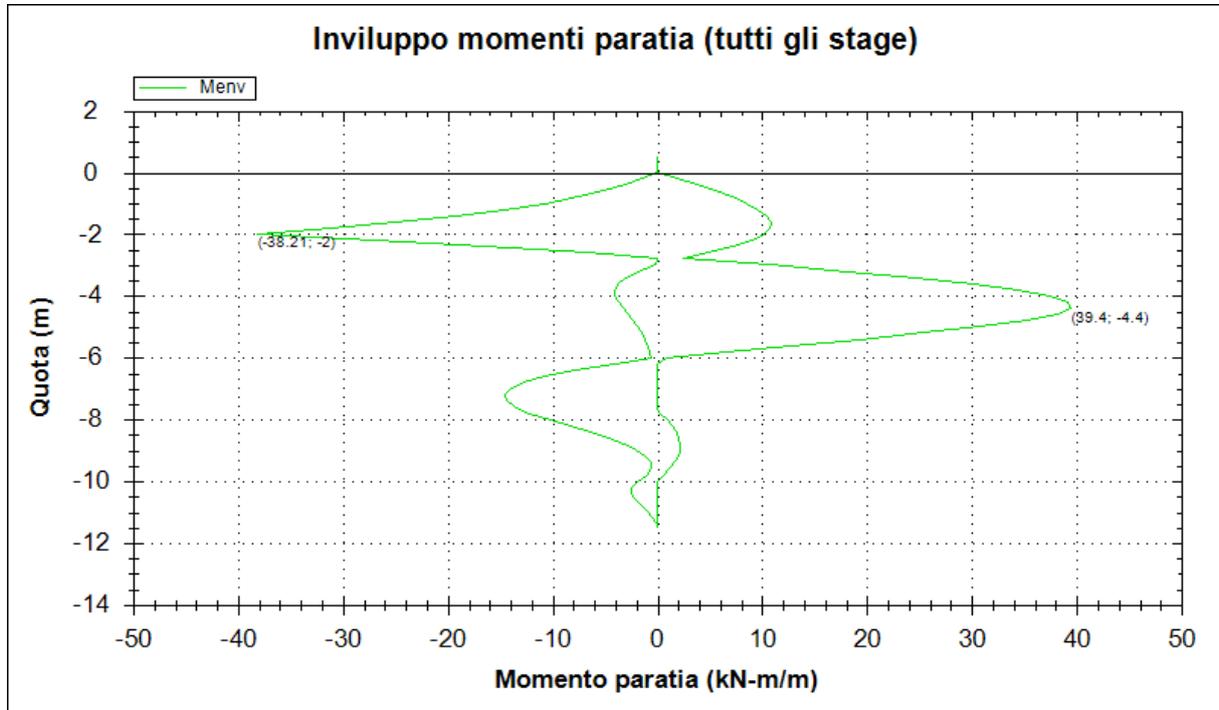


Figura 15: FASE 1 - Diagramma dell'involuppo del momento allo SLE

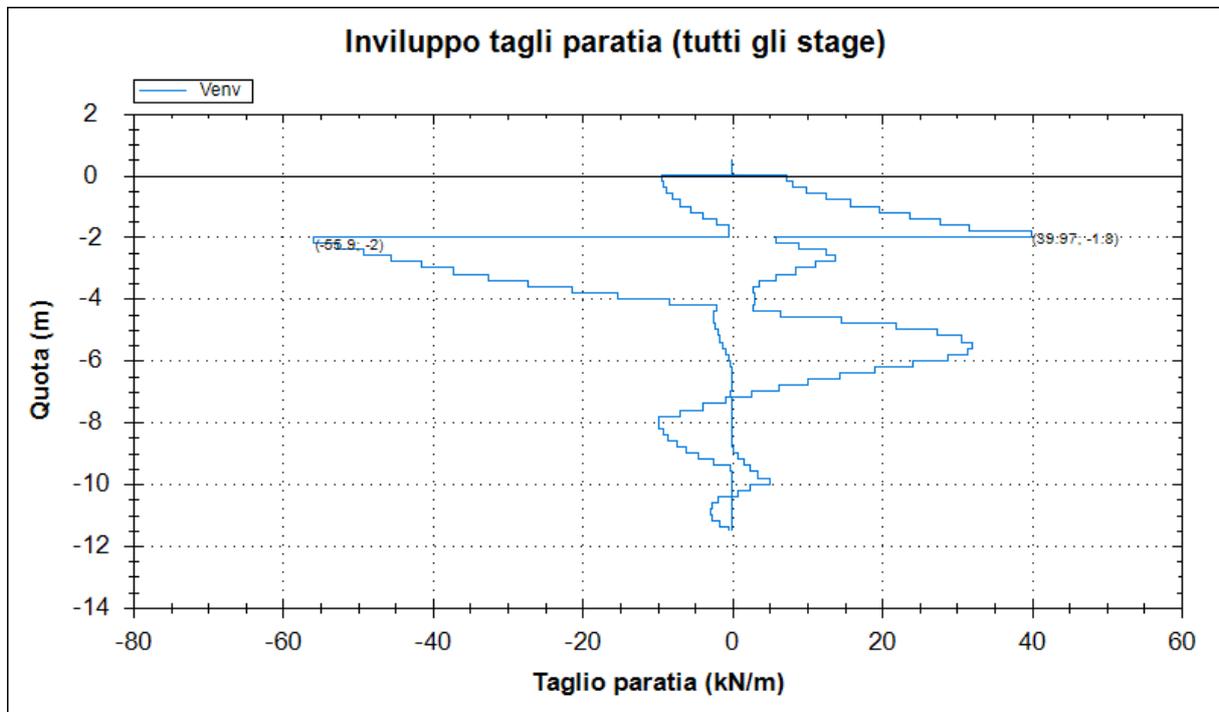


Figura 16: FASE 1 - Diagramma dell'involuppo del taglio allo SLE

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	27 di 56

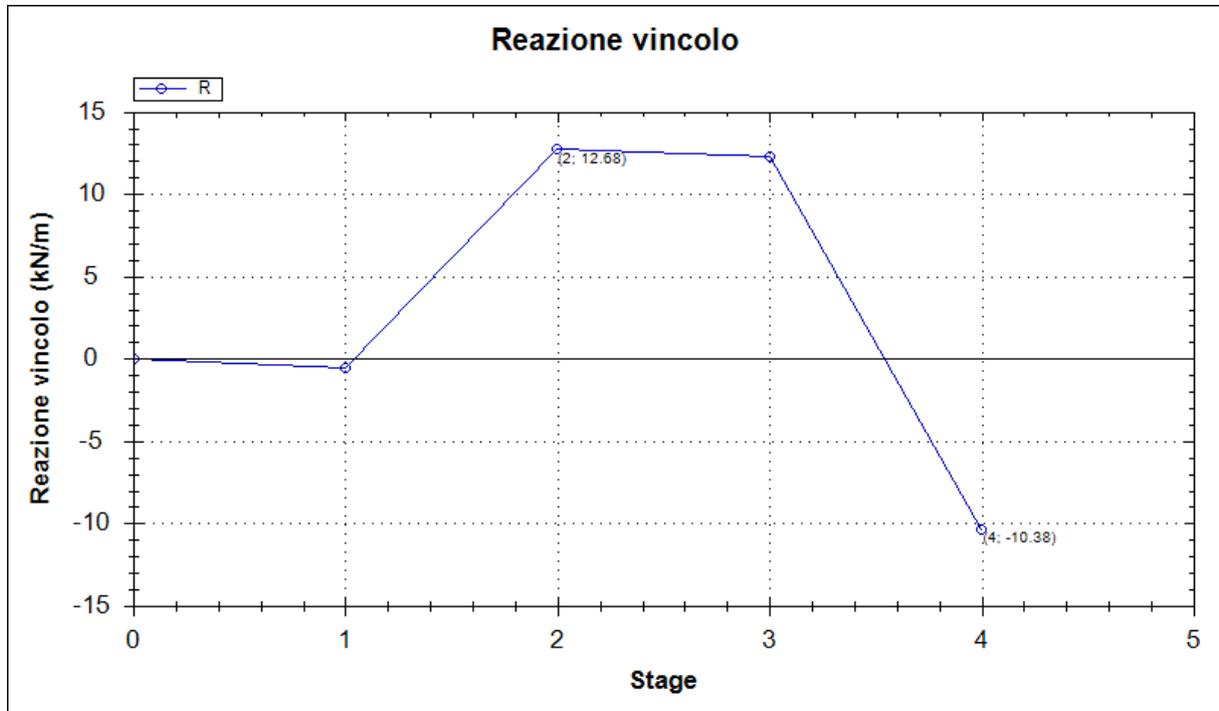


Figura 17: FASE 1 - Reazione puntone provvisorio allo SLU (A1+M1+R1)

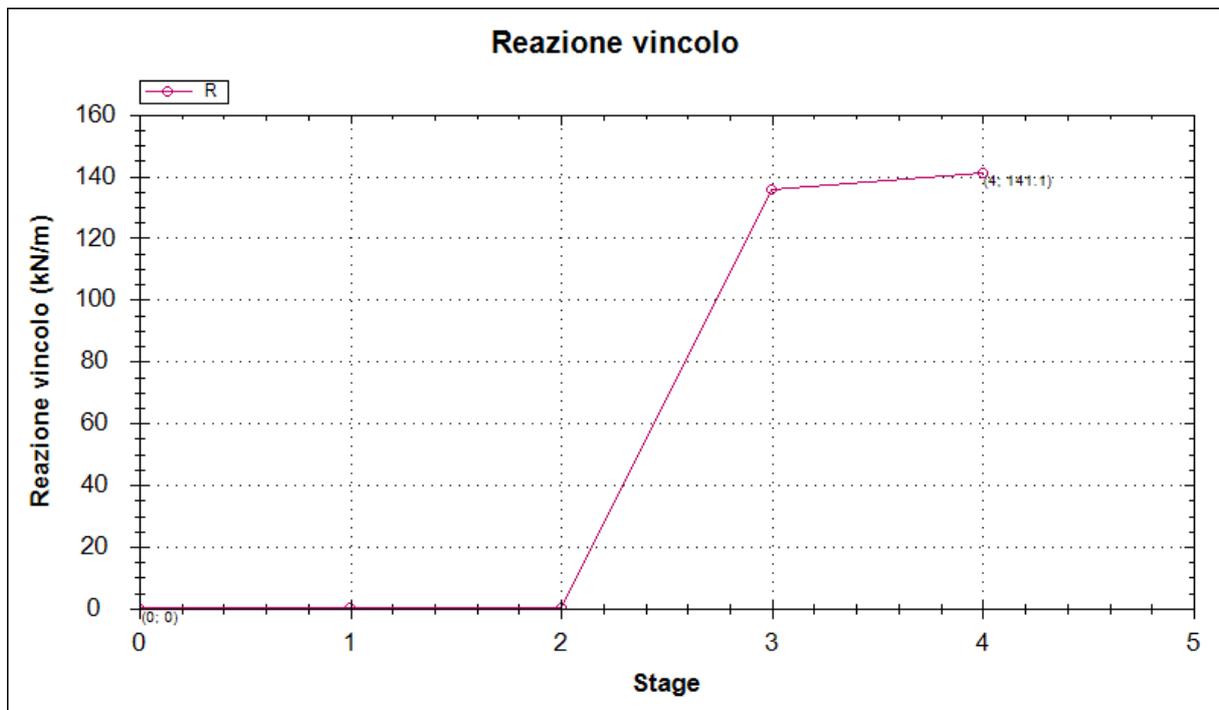


Figura 18: FASE 1 - Reazione 1° ordine tiranti allo SLU (A1+M1+R1)

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	28 di 56

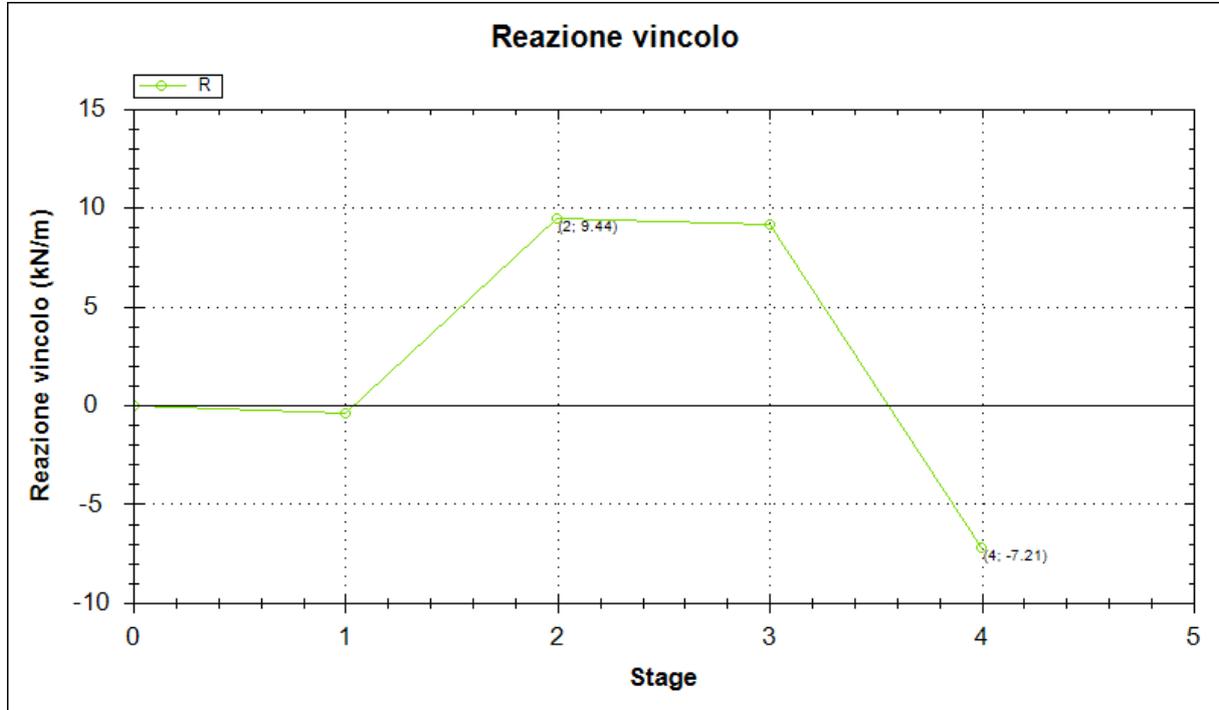


Figura 19: FASE 1 - Reazione puntone provvisorio allo SLE

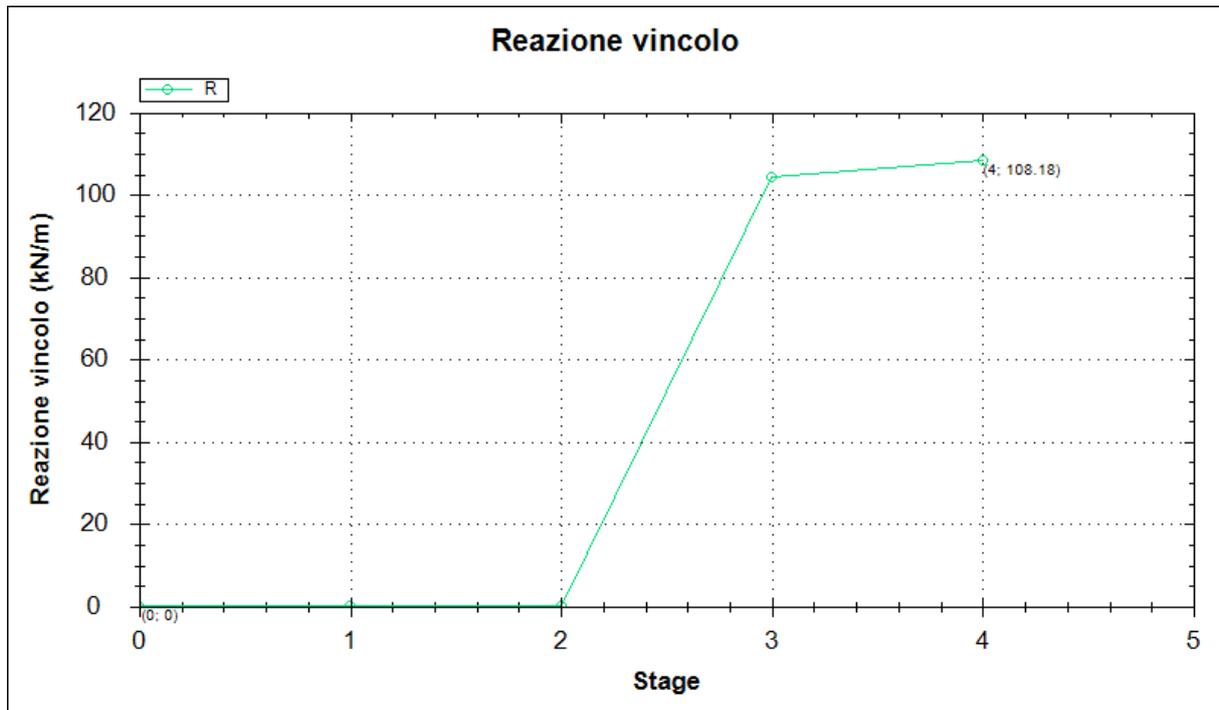


Figura 20: FASE 1 - Reazione 1° ordine tiranti allo SLU

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	29 di 56

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 ²]
Momento d'inerzia	I	1009	[cm ⁴]
Raggio d'inerzia	i	5.74	[cm]
Modulo di resistenza elastico	W _{el,yy}	120	[cm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	W _{pl,yy}	158	[cm ³]
Momento d'inerzia torsionale	I _t	2017	[cm ⁴]
Modulo di torsione	C _t	240	[cm ³]

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio	f _{yk}	355	[MPa]
Coefficiente ε	ε	0.81	[-]
Classificazione			
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 _{Ed}	29.8	[kN]		
A _v	19.5	[cm ²]	Area a taglio	
γ _{M0}	1.05			
V _{c,Rd}	380	[kN]	Resistenza a taglio del tubo	FS = 12.74

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 _{Ed}	21.4	[kNm]		
M _{c,Rd,pl}	53	[kNm]	Resistenza a flessione del tubo (W _{pl,yy})	FS = 2.50
M _{c,Rd,el}	41	[kNm]	Resistenza a flessione del tubo (W _{el,yy})	FS = 1.90

VERIFICHE TENSIONALI - SLE

V _{SLE}	22.4	[kN]	τ	11	[MPa]	
M _{SLE}	15.8	[kNm]	σ _M	131	[MPa]	
N _{SLE}	0	[kN]	σ _N	0	[MPa]	
			σ _{TOT}	133	[MPa]	ok

Le verifiche a flessione e taglio del micropalo risultano soddisfatte.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Opere provvisionali: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0703 001	REV. A	FOGLIO 30 di 56

6.1.3 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 puntone provvisori (L) e soggetto ad un carico per unità di lunghezza (p) pari alla realizzazione massima sugli stessi puntone 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	3.4	m
reazione massima puntone (SLU)	R_{SLU}	43	kN
Reazione massima al m	p_{SLU_h}	13	kN/m
momento flettente (SLU)	M_{SLU}	15	kNm
taglio (SLU)	T_{SLU}	22	kN

reazione massima puntone (SLE)	R_{SLE}	32	kN
Reazione massima al m	p_{SLE_h}	9	kN/m
momento flettente (SLE)	M_{SLE}	11	kNm
taglio (SLE)	T_{SLE}	16	kN

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

- Longitudinale: $3\emptyset 12$ in zona tesa e da $3\emptyset 12$ in zona compressa;
- Trasversale: staffe $\emptyset 10/20 \text{ cm}$.

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	31 di 56

Verifica a pressoflessione (A1+M1+R1)

Verifica C.A. S.L.U. - File

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

Titolo :

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [mm]	h [mm]
1	500	500

N°	As [mm²]	d [mm]
1	339	56
2	339	444

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 15 kNm
M_{yEd} 0 kNm

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviate

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 mm Col. modello

Precompresso

Materiali

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

M_{xRd} 60.48 kN m

σ_c -14.17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 35.52 ‰
d 444 mm
x 39.82 mm x/d 0.08969
δ 0.7

$$M_{Ed} = 15 \text{ kNm} < M_{Rd} = 60.5 \text{ kNm.}$$

$$FS = M_{Rd}/M_{Ed} = 4.03$$

La verifica risulta soddisfatta.

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	32 di 56

Verifica a pressoflessione (SLE)

Verifica C.A. S.L.U. - File

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

TITOLO :

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	500	500	1	339	56
			2	339	444

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	0	0	kN
M _{xEd}	15	11	kNm
M _{yEd}	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 _{su}	67.5 ‰	ε _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391.3 N/mm²	ε _{cu}	3.5 ‰
E _s	200 000 N/mm²	f _{cd}	14.17
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0.8
ε _{syd}	1.957 ‰	σ _{c,adm}	9.75
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0.6
		τ _{c1}	1.829

σ_c -1.192 N/mm²
σ_s 78.3 N/mm²
ε_s 0.3915 ‰
d 444 mm
x 82.54 x/d 0.1859
δ 0.7

Verifica

N° iterazioni: 5

Precompresso

$$\sigma_s = 78.3 \text{ MPa} < 0.8 \cdot f_{yk} = 313.4 \text{ MPa}$$

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	33 di 56

Verifica a taglio (A1+M1+R1)

$$V_{Ed} = 22 \text{ kNm} < V_{Rd} = 124 \text{ kNm}$$

Verifica a taglio per sezioni rettangolari armate a taglio (D.M. 14/01/2008)			
classe cls	R_{ck}	30	N/mm ²
resist. Caratteristica cilindrica	f_{ck}	25	N/mm ²
	f_{cd}	14	
coeff. parziale	γ_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 ²
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	N	0	N
ok	σ_{cp}	0.00	N/mm ²
	α_c	1.00	
Acciaio	f_{yk}	450	N/mm ²
Feb44k	f_{yd}	391	N/mm ²
diametro staffe (spille)	ϕ_w	10	mm
Area staffa (spilla)	A_{ϕ_w}	79	mm ²
0.9 d	z	405	mm
passo delle staffe (spille)	s_w	200	mm
	n° bracci	2	
angolo di inclinazione	θ	45.0	°
deve essere compreso tra 1 e 2.5	$\cot(\theta)$	1.00	
angolo di inclinazione armatura rispetto asse palo	α	90	°
	$\cot(\alpha)$	0.00	
	AS_w / s_w	0.79	mm ² /mm
Taglio resistente per "taglio trazione"	V_{Rsd}	124	kN
Taglio resistente per "taglio compressione"	V_{Rcd}	714	kN
taglio sollecitante	V_{Ed}	22	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	γ_{Rd}	1	
taglio resistente	V_{Rd}	124	kN
	V_{Ed}	<	V_{Rd}
FS =	5.66	verifica	

La verifica risulta soddisfatta.

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	34 di 56

6.1.4 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 e risulta inclinato, rispetto al cordolo di coronamento di un angolo pari a 45° . Scomponendo la reazione proveniente dal modello di calcolo risulta:

PUNTONE PROVVISORIO	R^*_{\max} (kN)	N (kN)
SLE_max	32	45.3
SLU (A1+M1+R1)_max	43	60.8

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;

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 ²]
Momento d'inerzia	I	8697 [cm ⁴]
Raggio d'inerzia	i	9.22 [cm]
Modulo di resistenza elastico	$W_{el,yy}$	637 [cm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	$W_{pl,yy}$	849 [cm ³]
Momento d'inerzia torsionale	I_t	17395 [cm ⁴]
Modulo di torsione	C_t	1274 [cm ³]

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

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

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	35 di 56

VERIFICA DI RESISTENZA ALLO SLU - COMPRESSIONE/TRAZIONE

N_{Ed} 61 [kN]
 $N_{c,Rd}$ 3459 [kN] Resistenza a compressione/trazione del tubo

VERIFICHE TENSIONALI - SLE

V_{SLE}	0.0 [kN]	τ	0 [MPa]
M_{SLE}	0.0 [kNm]	σ_M	0 [MPa]
N_{SLE}	45.3 [kN]	σ_N	4 [MPa]
		σ_{TOT}	4 [MPa] ok

STABILITA' DELLE MEMBRATURE

N_{Ed}	61 [kN]		
$N_{b,Rd}$	3428 [kN]	FS	56.38
χ	0.99	Φ	0.53
A	102.3 [cm ²]	α	0.21
f_{yk}	355 [MPa]	λ	0.24
γ_{M1}	1.05 [-]		
L	1.65 [m]		
N_{cr}	63060 [kN]		
$0.04 N_{cr}$	2522 [kN]	è possibile trascurare i fenomeni di instabilità per le aste compresse	

6.1.5 VERIFICHE STRUTTURALI DEI TIRANTI E DELLE TRAVI DI RIPARTIZIONE

Si riportano a seguire le verifiche di carattere strutturale effettuate sui tiranti di ancoraggio e sulle relative travi di ripartizione. Queste ultime risultano costituite da 2 profili UPN200 accoppiati; in corrispondenza della testata dei tiranti sono presenti 2 piastre di ripartizione di dimensioni 350x450x40mm e 450x570x40mm. Per i dettagli si rimanda ai relativi elaborati grafici.

Caratteristiche Geometriche Tiranti							Caratteristiche trefoli e preensione tiranti					Carichi di progetto				
Ordine	Quota da testa pali (m)	i (m)	α (°)	L_{libera} (m)	L_{fond} (m)	L_{tot} (m)	d_{perf} (m)	A_{tref} (mm ²)	$f_{p(t)k}$ (MPa)	n_{tref} (-)	N_0 (kN)	N_{max_SLU} (kN/m)	$N^*_{max_SLU}$ (kN)	N_{max_SLE} (kN/m)	$N^*_{max_SLE}$ (kN)	N_c (kN)
1	2	2.4	30	7	6	13	0.24	139	1670	3	250	141.1	339	108.2	260	312
i =	interasse tirante															
α =	angolo d'inclinazione tirante sull'orizzontale															
L_{libera} =	Lunghezza libera tirante															
L_{fond} =	lunghezza bulbo di fondazione tirante															
L_{tot} =	lunghezza totale tirante															
d_{perf} =	diametro perforazione tirante															
A_{tref} =	area singolo trefolo															
$f_{p(t)k}$ =	tensione caratteristica allo 0.1% di deformazione residua															
n_{tref} =	numero di trefoli tirante															
N_0 =	preensione iniziale alla messa in opera															
N_{max_SLU} =	carico massimo al metro lineare di paratia allo SLU															
$N^*_{max_SLU}$ =	carico massimo sul singolo tirante allo SLU															
N_{max_SLE} =	carico massimo al metro lineare di paratia allo SLE															
$N^*_{max_SLE}$ =	carico massimo sul singolo tirante allo SLE															
N_c =	carico totale di collaudo singolo tirante (1.2xN [*] _{max_SLE})															

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	36 di 56

Verifica strutturale trefoli							Gerarchia delle resistenze				
Ordine	A _{tref} (mm ²)	f _{p(1)k} (MPa)	n _{tref} (-)	γ _s	N _{yk} (kN)	N _{vd} (kN)	N* _{max,SLU} (kN)	FS	N _{yk} (kN)	N _{tb} (kN)	N _{yk} > N _{tb}
1	139	1670	3	1.15	696	606	339	1.79	696	480	ok

A_{tref} = area singolo trefolo
 n_{tref} = numero di trefoli tirante
 f_{p(1)k} = tensione caratteristica allo 0.1% di deformazione residua
 γ_s = coefficiente parziale sicurezza per verifica acciaio tiranti
 N_{yk} = carico limite strutturale caratteristico del tirante
 N_{vd} = carico limite strutturale di progetto del tirante
 N_{tb} = resistenza a sfilamento di progetto del tirante

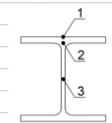
Verifica trave di ripartizione																
Ordine	f _{yk} (MPa)	γ _{MO}	N _{max,SLU} (kN/m)	L (m)	M _{Ed,SLU} (kNm)	V _{Ed,SLU} (kN)	n _p (-)	M _{Ed,SLU,p} (kNm)	V _{Ed,SLU,p} (kN)	Profilo	V _{C,Rd} (kN)	ρ=[2V _{Ed} /V _{C,Rd}] ²	V _{Ed} /V _{C,Rd}	M _{pl,Rd} (kNm)	M _{y,V,Rd} (kNm)	FS
1	355	1.05	141.1	2.4	81	203	2	41	102	UPN200	346	0.17	0.29	77	72	1.77

Ordine	f _{yk} (MPa)	γ _{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	σ ₁ (Mpa)	τ ₃ (Mpa)	σ ₂ (Mpa)	τ ₂ (Mpa)	σ _{id} (Mpa)
1	355	1.05	108.2	2.4	62	156	2	31	78	UPN200	163	55	144	39	159

UPN200	h (mm)	b (mm)	t _w (mm)	t _f (mm)	r (mm)	A (cm ²)	W _{el} (cm ³)	W _{pl} (cm ³)	A _{vz} (cm ²)	I _y (cm ⁴)
UPN200	200	75	8.5	11.5	11.5	32.2	191	228	17.71	1910

f_{yk} = tensione di snervamento dell'acciaio della trave di ripartizione
 γ_{MO} = coefficiente di sicurezza per la resistenza dell'acciaio
 N_{max,SLU} = carico massimo al metro lineare di paratia allo SLU
 L = luce di calcolo
 M_{Ed,SLU} = momento agente sulla trave di ripartizione allo SLU
 V_{Ed,SLU} = taglio agente sulla trave di ripartizione allo SLU
 n_p = numero di profili sulla trave di ripartizione
 M_{Ed,SLU,p} = momento agente sul singolo profilo della trave di ripartizione allo SLU
 V_{Ed,SLU,p} = taglio agente sul singolo profilo della trave di ripartizione allo SLU
 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

M_{Ed,SLE} = momento agente sulla trave di ripartizione allo SLE
 V_{Ed,SLE} = taglio agente sulla trave di ripartizione allo SLE
 M_{Ed,SLE,p} = momento agente sul singolo profilo della trave di ripartizione allo SLE
 V_{Ed,SLE,p} = taglio agente sul singolo profilo della trave di ripartizione allo SLE
 σ₁ = tensione normale nel punto 1
 τ₃ = tensione tangenziale nel punto 3
 σ₂ = tensione normale nel punto 2
 τ₂ = tensione normale nel punto 2
 σ_{id} = (σ₁² + 3τ₂²)^{0.5} tensione ideale



Verifica piastra di ripartizione 350x450x40mm																
Ordine	f _{yk} (MPa)	γ _{MO}	N* _{max,SLU} (kN)	i _{fazz} (m)	p (kN/m)	M _{Ed,SLU} (kNm)	V _{Ed,SLU} (kN)	Ø _{foro} (mm)	b (mm)	b' (mm)	h (mm)	W (mm ³)	σ ₁ (MPa)	τ ₃ (MPa)	σ _{id} (MPa)	FS
1	355	1.05	339	0.25	1355	10.6	169.32	135	350	215	40	57333	185	20	188	1.80

Verifica piastra di ripartizione 450x570x40mm																
Ordine	f _{yk} (MPa)	γ _{MO}	N* _{max,SLU} (kN)	i _{fazz} (m)	p (kN/m)	M _{Ed,SLU} (kNm)	V _{Ed,SLU} (kN)	Ø _{foro} (mm)	b (mm)	b' (mm)	h (mm)	W (mm ³)	σ ₁ (MPa)	τ ₃ (MPa)	σ _{id} (MPa)	FS
1	355	1.05	339	0.3905	867	16.5	169.32	185	570	385	40	102667	161	11	162	2.09

f_{yk} = tensione di snervamento dell'acciaio della trave di ripartizione
 γ_{MO} = coefficiente di sicurezza per la resistenza dell'acciaio
 N*_{max,SLU} = carico massimo sul singolo tirante allo SLU
 i_{fazz} = interasse fazzoletti
 p = carico al metro lineare
 M_{Ed,SLU} = momento agente sulla piastra di ripartizione allo SLU
 V_{Ed,SLU} = taglio agente sulla piastra di ripartizione allo SLU
 Ø_{foro} = diametro foro della piastra
 b = larghezza piastra
 b' = larghezza piastra al netto del foro
 h = spessore piastra
 W = modulo di resistenza della sezione netta della piastra
 σ₁ = tensione normale nella piastra
 τ₃ = tensione tangenziale nella piastra
 σ_{id} = tensione ideale nella piastra

Le verifiche risultano sempre soddisfatte

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	37 di 56

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	370
Spinta passiva mobilitata	155
FS % passiva mobilitata	2.39

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 2.25 e quindi superiore al minimo richiesto (pari a 1.1); la verifica risulta soddisfatta.

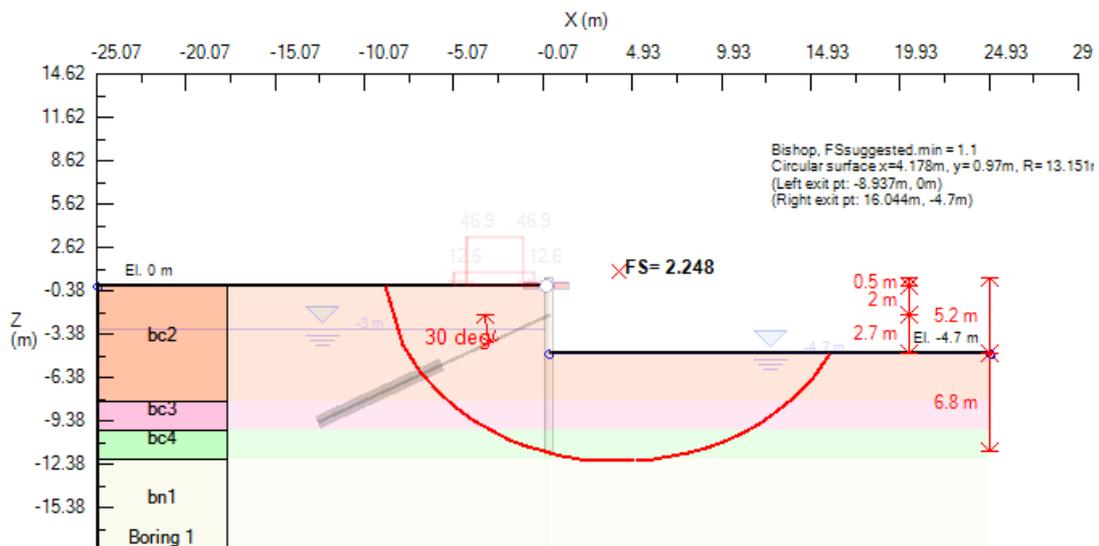


Figura 21: FASE 1 - Verifica di stabilità globale allo SLU (A2+M2+R2)

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	38 di 56

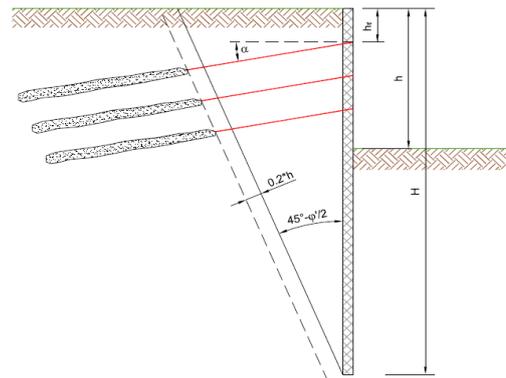
6.1.7 VERIFICHE GEOTECNICHE ALLO SLU DEI TIRANTI

Si riporta di seguito il dimensionamento del tratto libero della paratia.

La lunghezza del tratto libero dei tiranti risulta essere pari a 7.0 m. Tale lunghezza risulta essere superiore al valore minimo riportato di seguito.

CALCOLO DELLA LUNGHEZZA LIBERA DEL TIRANTE DI UNA PARATIA

H =	12	(m)	altezza totale della paratia
h_{t1} =	2.5	(m)	distanza dalla testa della paratia al tirante 1
h_{t2} =		(m)	distanza dalla testa della paratia al tirante 2
h_{t3} =		(m)	distanza dalla testa della paratia al tirante 3
h_{t4} =		(m)	distanza dalla testa della paratia al tirante 4
h_{t5} =		(m)	distanza dalla testa della paratia al tirante 5
h_{t6} =		(m)	distanza dalla testa della paratia al tirante 6
φ'	32	(°)	angolo di resistenza al taglio del terreno spingente
α	30	(°)	angolo di inclinazione dei tiranti
h	5.2	(m)	altezza fuori scavo
h'	1.04	(m)	incremento di sicurezza per la lunghezza libera = $0.2 \cdot h$



Condizioni statiche

L_{t1}	L_{t2}	L_{t3}	L_{t4}	L_{t5}	L_{t6}
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
5.6					

$$L_{ti} = h' + (H - h_{ti}) \cdot \frac{\sin(45 - \varphi/2)}{\cos(45 - \frac{\varphi}{2} - \alpha)}$$

Per la verifica a sfilamento dei tiranti è stato assunto un valore di aderenza terreno bulbo ricavato dagli Abachi di *Bustamante e Doix (1985)* relativi a terreni incoerenti e alla tecnologia di iniezione del tipo I.R.S. (iniezioni selettive e ripetute).

In particolare i bulbi di fondazione dei tiranti ricadono all'interno delle seguenti formazioni:

- unità bc2: sabbia e sabbia limosa.
- unità bc3: argilla limosa

Facendo riferimento alle curve SG1 e AL1, relativa ad iniezioni I.R.S., ed in funzione del numero di colpi N_{SPT} per le due formazioni si ha:

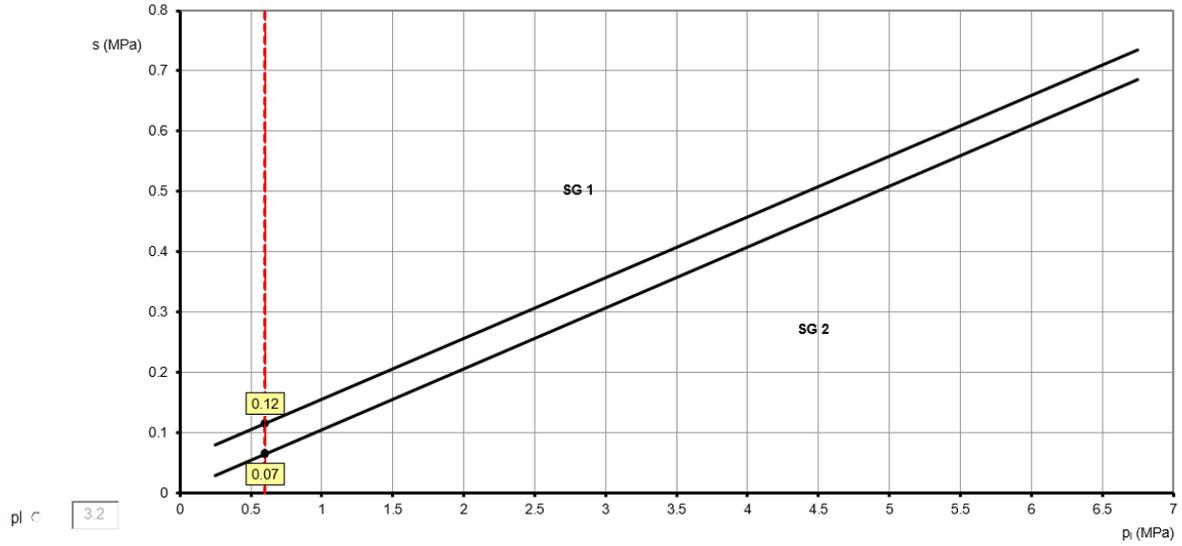
- bc2 ($N_{SPT}=2-14$) - Si assume $q_s=120$ kPa
- bc3 ($N_{SPT}=4-32$) - Si assume $q_s=150$ kPa

Dal momento che, secondo la stritigrafia di calcolo, la lunghezza del bulbo ricade per circa 3.5m nella formazione bc2 e per circa 2.5m nella formazione bc3, facendo la media pesata sulle lunghezze, si ottiene un valore di adensione medio pari a circa 130 kPa. Cautelativamente si assume un valore di 120 kPa.

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	39 di 56

Abaco per il calcolo di s per sabbie e ghiaie



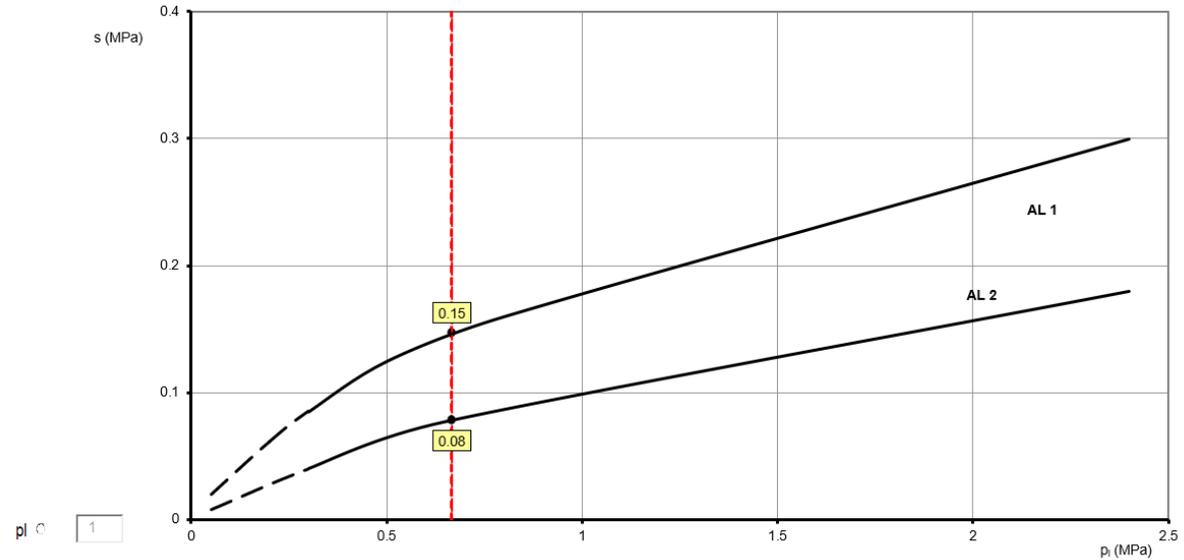
pl \odot 3.2

SPT \odot 12

	20	40	60	80	100	Nspt
sciolto	moderatamente addensato	addensato	molto addensato			

Figura 22: Diagramma di Bustamente e Doix (1985) per terreni granulari (unità bc2)

Abaco per il calcolo di s per argille e limi



pl \odot 1

SPT \odot 10

	4	8	15	30	Nspt
molle	moderat. consistente	consistente	molto consistente		dura

Figura 23: Diagramma di Bustamente e Doix (1985) per terreni argillosi (unità bc3)

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	40 di 56

Indicazioni per la scelta di s

Terreno	Tipo di iniezione	
	IRS	IGU
da ghiaia a sabbia limosa	SG1	SG2
limo e argilla	AL1	AL2
marna, calcare marnoso, calcare tenero	MC1	MC2
roccia alterata e/o fratturata	>=R1	>=R2

Figura 24: Bustamente e Doix (1985) valori di adesione laterale

Per quanto riguarda il Coefficiente amplificativo α i valori tipici sono riportati nella tabella seguente:

Valori del coefficiente α

Terreno	Valori di α		Quantità minima di miscela consigliata
	IRS	IGU	
Ghiaia	1.8	1,3 - 1,4	1,5 Vs
Ghiaia sabbiosa	1,6 - 1,8	1,2 - 1,4	1,5 Vs
Sabbia ghiaiosa	1,5 - 1,6	1,2 - 1,3	1,5 Vs
Sabbia grossa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 Vs
Sabbia media	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 Vs
Sabbia fine	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 Vs
Sabbia limosa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	IRS: (1,5 - 2) Vs; IGU: 1,5 Vs
Limo	1,4 - 1,6	1,1 - 1,2	IRS: 2 Vs; IGU: 1,5 Vs
Argilla	1,8 - 2,0	1,2	IRS: (2,5 - 3) Vs; IGU: (1,5 - 2) Vs
Marne	1,8	1,1 - 1,2	(1,5 - 2) Vs per strati compatti
Calcarei marnosi	1,8	1,1 - 1,2	(2 - 6) Vs per strati fratturati
Calcarei alterati o fratturati	1,8	1,1 - 1,2	
Roccia alterata e/o fratturata	1,2	1,1	(1,1 - 1,5) Vs per strati poco fratturati 2 Vs o più per strati fratturati

Figura 25: Bustamente e Doix (1985) valori del coefficiente α

Nel caso in esame si assume:

$\alpha = 1.40$ all'interno delle unità bc2.

$\alpha = 1.40$ all'interno delle unità bc3.

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

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	41 di 56

Nella tabella che segue si mostrano i risultati della verifiche a sfilamento per ognuno degli ordini di tiranti.

Caratteristiche Geometriche Tiranti							Caratteristiche trefoli e pretensione tiranti					Carichi di progetto				
Ordine	Quota da testa pali (m)	i (m)	α (°)	L_{libera} (m)	L_{fond} (m)	L_{tot} (m)	d_{perf} (m)	A_{tref} (mm ²)	$f_{p(1)k}$ (MPa)	n_{tref} (-)	N_0 (kN)	N_{max_SLU} (kN/m)	$N^*_{max_SLU}$ (kN)	N_{max_SLE} (kN/m)	$N^*_{max_SLE}$ (kN)	N_c (kN)
1	2	2.4	30	7	6	13	0.24	139	1670	3	250	141.1	339	108.2	260	312
i =	interasse tirante															
α =	angolo d'inclinazione tirante sull'orizzontale															
L_{libera} =	Lunghezza libera tirante															
L_{fond} =	lunghezza bulbo di fondazione tirante															
L_{tot} =	lunghezza totale tirante															
d_{perf} =	diametro perforazione tirante															
A_{tref} =	area singolo trefolo															
$f_{p(1)k}$ =	tensione caratteristica allo 0.1% di deformazione residua															
n_{tref} =	numero di trefoli tirante															
N_0 =	pretensione iniziale alla messa in opera															
N_{max_SLU} =	carico massimo al metro lineare di paratia allo SLU															
$N^*_{max_SLU}$ =	carico massimo sul singolo tirante allo SLU															
N_{max_SLE} =	carico massimo al metro lineare di paratia allo SLE															
$N^*_{max_SLE}$ =	carico massimo sul singolo tirante allo SLE															
N_c =	carico totale di collaudo singolo tirante ($1.2 \times N^*_{max_SLE}$)															
Verifica a sfilamento																
Ordine	α	d_{perf} (m)	$\alpha \times d_{perf}$ (m)	τ_{lim} (kPa)	L_{fond} (m)	$N_{ob,k}$ (kN)	ξ_{s3}	γ_R	N_{rd} (kN)	$N^*_{max_SLU}$ (kN)	FS					
1	1.4	0.24	0.34	120	6	760	1.8	1.1	384	339	1.13					
α =	coefficiente di amplificazione del diametro di perforazione															
d_{perf} =	diametro perforazione tirante															
τ_{lim} =	resistenza limite tangenziale unitaria															
γ_R =	coefficiente parziale per tiranti provvisori															
ξ_{s3} =	coefficiente di correlazione in funzione delle verticali indagate															
$N_{ob,k}$ =	resistenza a sfilamento caratteristica del tirante															
N_{rd} =	resistenza a sfilamento di progetto del tirante															

Opere provvisorie: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	42 di 56

6.1.8 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).

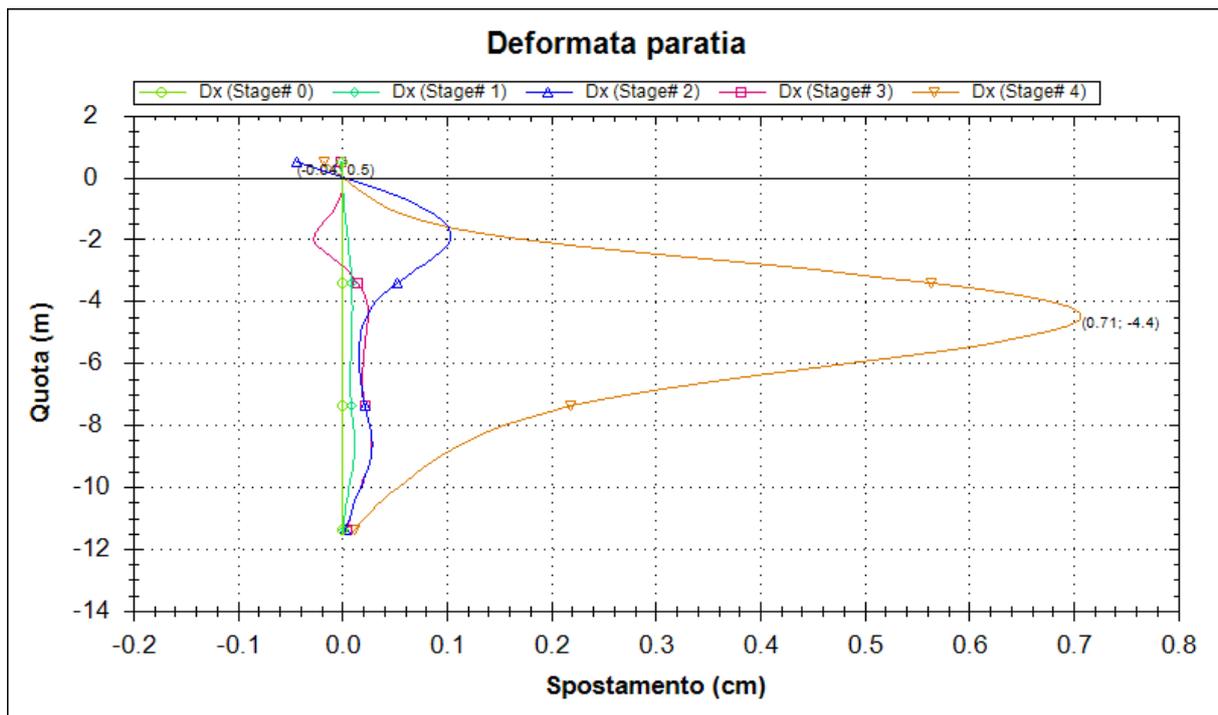


Figura 26: FASE 1 - Diagramma delle deformazioni allo SLE

SLE	
Spostamento orizzontale massimo δ_{h_max} (cm)	0.7

Si osserva che lo spostamento massimo è pari a 0.7 cm ad una profondità di circa 5 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 provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	43 di 56

6.1.9 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 pari a 0.7 cm ad una distanza di circa 1.5 m dalla testa dei micropali. Tale valore risulta di entità tale da non pregiudicare l'esercizio ferroviario.

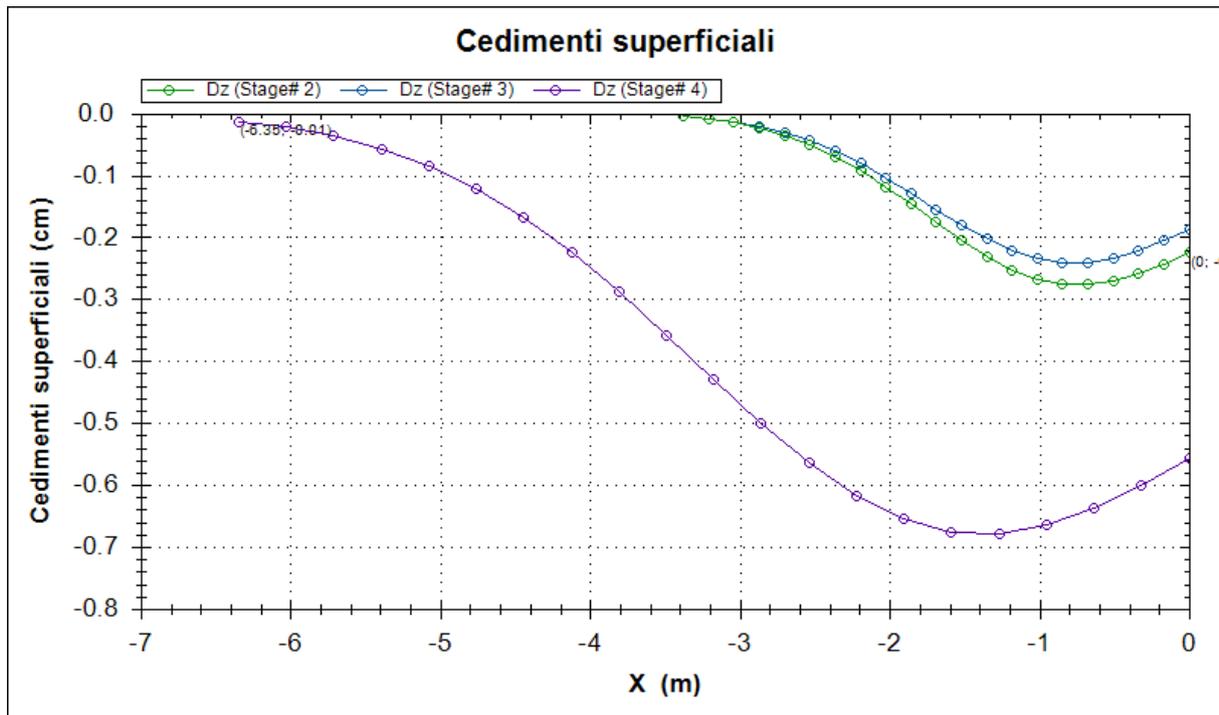


Figura 27: FASE 1 - Cedimenti verticali del terreno

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Opere provvisionali: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0703 001	REV. A	FOGLIO 44 di 56

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	69	27.6	51.3	20.5
SLU (A1+M1+R1)_max	91	36.4	67.3	26.9

PUNTONE PROVVISORIO	R_{max} (kN/m)	R^*_{max} (kN)
SLE_max	30.9	61.8
SLU (A1+M1+R1)_max	40.8	81.6

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	IN0703 001	A	45 di 56

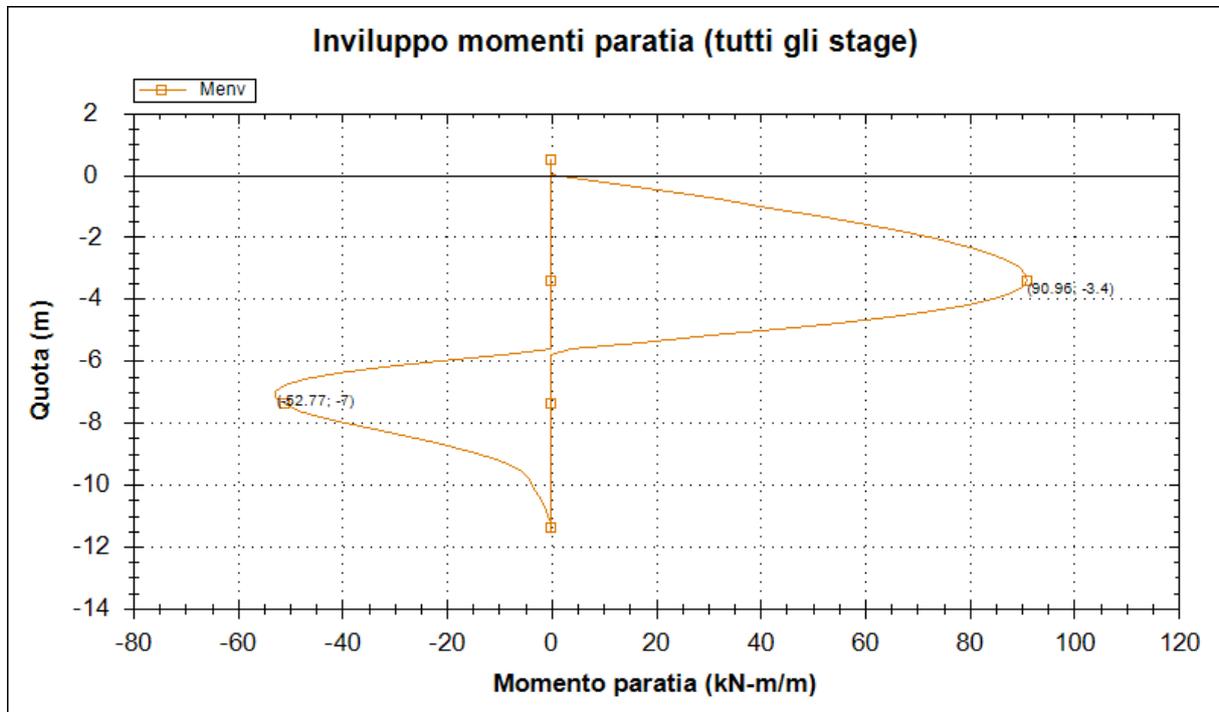


Figura 28: FASE 2 – Micropali: Diagramma dell'involuppo del momento allo SLU (A1+M1+R1)

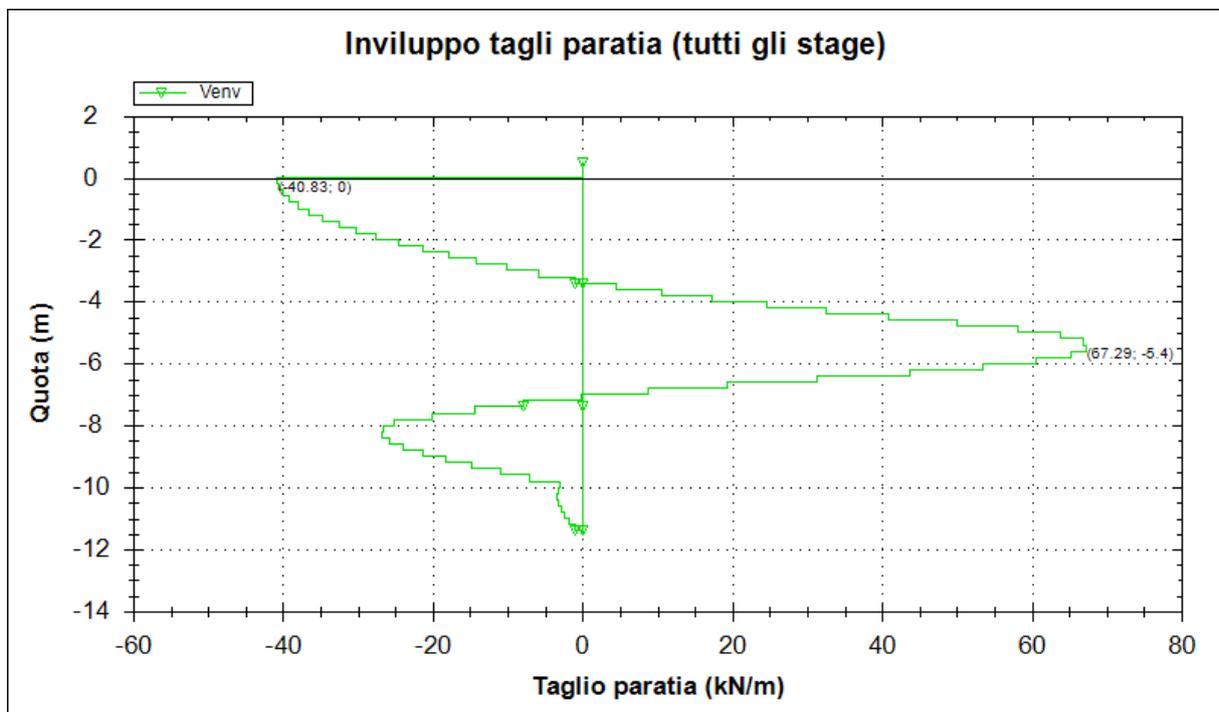


Figura 29: FASE 2 – Micropali: Diagramma dell'involuppo del taglio allo SLU (A1+M1+R1)

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	46 di 56

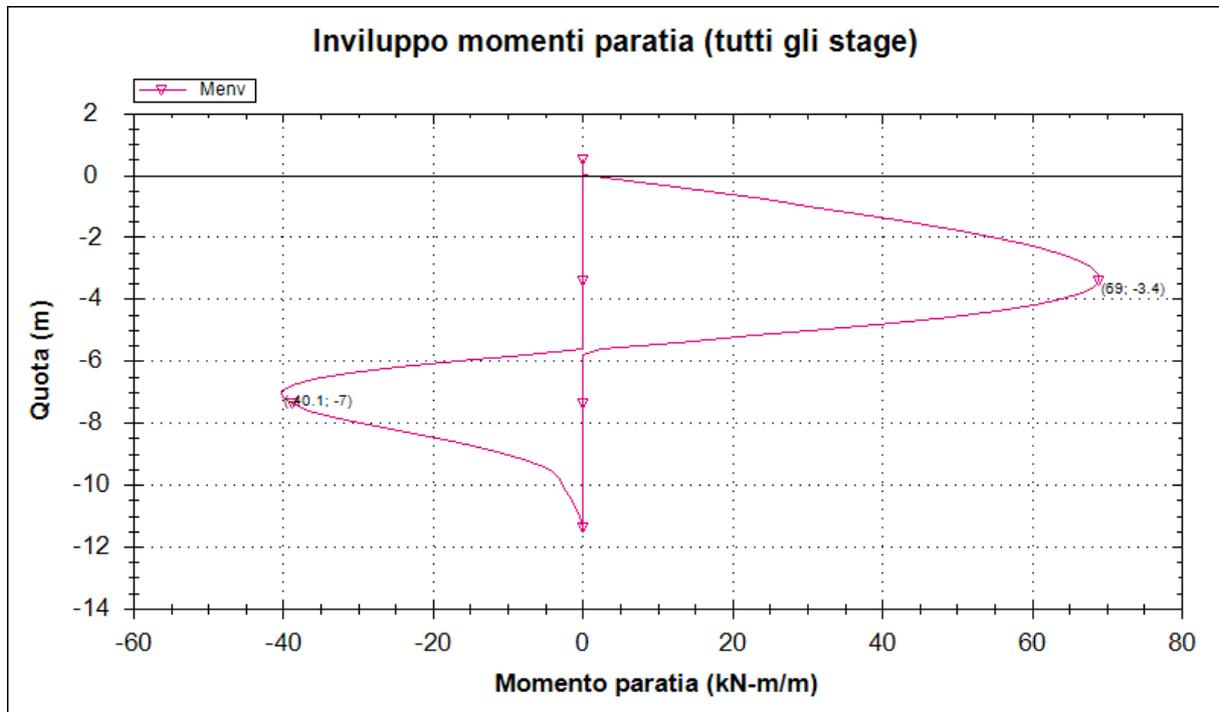


Figura 30: FASE 2 – Micropali: Diagramma dell'involuppo del momento allo SLE

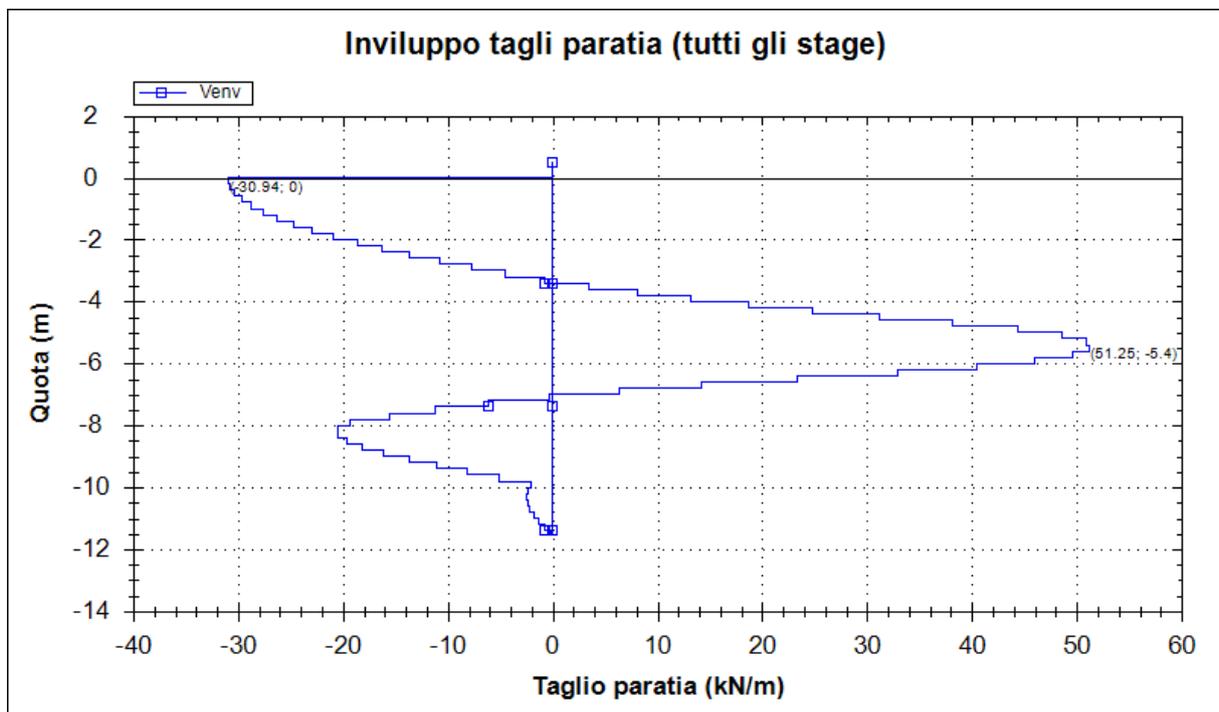


Figura 31: FASE 2 – Micropali: Diagramma dell'involuppo del taglio allo SLE

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	47 di 56

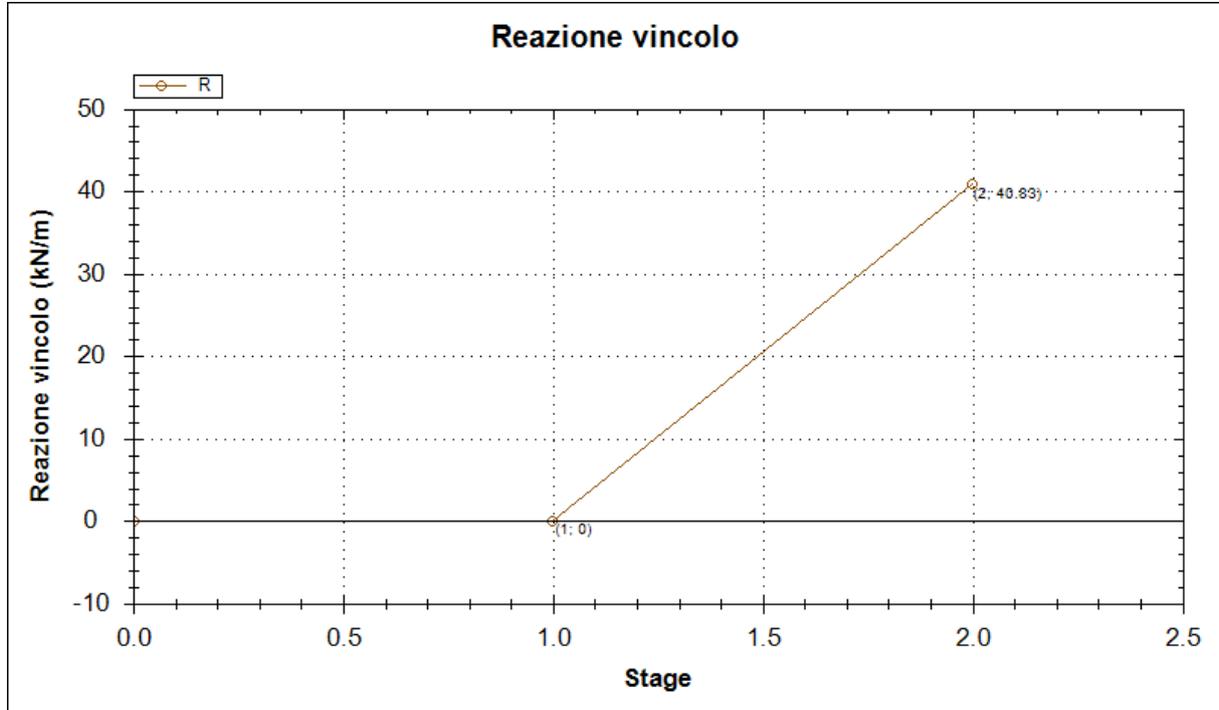


Figura 32: FASE 2 – Reazione puntone provvisorio allo SLU (A1+M1+R1)

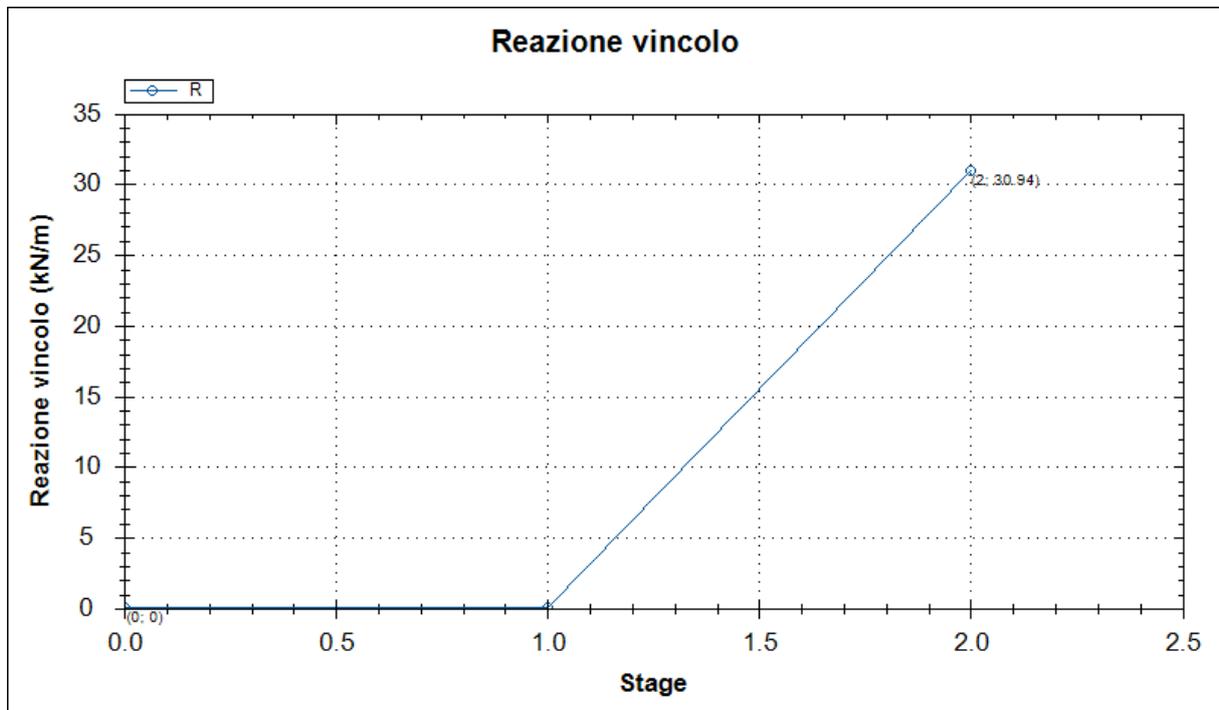


Figura 33: FASE 2 – Reazione puntone provvisorio allo SLE

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	48 di 56

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 ²]
Momento d'inerzia	I	1009	[cm ⁴]
Raggio d'inerzia	i	5.74	[cm]
Modulo di resistenza elastico	W _{el,yy}	120	[cm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	W _{pl,yy}	158	[cm ³]
Momento d'inerzia torsionale	I _t	2017	[cm ⁴]
Modulo di torsione	C _t	240	[cm ³]

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio	f _{yk}	355	[MPa]
Coefficiente e	ε	0.81	[-]
Classificazione			
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 _{Ed}	26.9	[kN]		
A _v	19.5	[cm ²]	Area a taglio	
γ _{M0}	1.05			
V _{c,Rd}	380	[kN]	Resistenza a taglio del tubo	FS = 14.12

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 _{Ed}	36.4	[kNm]		
M _{c,Rd,pl}	53	[kNm]	Resistenza a flessione del tubo (W _{pl,yy})	FS = 1.47
M _{c,Rd,el}	41	[kNm]	Resistenza a flessione del tubo (W _{el,yy})	FS = 1.11

VERIFICHE TENSIONALI - SLE

V _{SLE}	20.5	[kN]	τ	11	[MPa]	
M _{SLE}	27.6	[kNm]	σ _M	230	[MPa]	
N _{SLE}	0	[kN]	σ _N	0	[MPa]	
			σ _{TOT}	231	[MPa]	ok

Le verifiche a flessione e taglio del micropalo risultano soddisfatte.

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	49 di 56

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 puntone provvisori (L) e soggetto ad un carico per unità di lunghezza (p) pari alla realizzazione massima sugli stessi puntone 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}	82	kN
Reazione massima al m	p_{SLU_h}	41	kN/m
momento flettente (SLU)	M_{SLU}	16	kNm
taglio (SLU)	T_{SLU}	41	kN

reazione massima puntone (SLE)	R_{SLE}	62	kN
Reazione massima al m	p_{SLE_h}	31	kN/m
momento flettente (SLE)	M_{SLE}	12	kNm
taglio (SLE)	T_{SLE}	31	kN

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

- Longitudinale: 3Ø12 in zona tesa e da 3Ø12 in zona compressa;
- Trasversale: staffe Ø10/20cm.

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	50 di 56

Verifica a pressoflessione (A1+M1+R1)

Verifica C.A. S.L.U. - File

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

Titolo :

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [mm]	h [mm]
1	500	500

N°	As [mm²]	d [mm]
1	339	56
2	339	444

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} 0 0 kN
 M_{xEd} 16 12 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

Materiali
 B450C C25/30
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 14.17 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 9.75 ‰
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

M_{xRd} 60.48 kN m
 σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 35.52 ‰
 d 444 mm
 x 39.82 x/d 0.08969
 δ 0.7

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 mm Col. modello
 Precompresso

$$M_{Ed} = 16 \text{ kNm} < M_{Rd} = 60.5 \text{ kNm.}$$

$$FS = M_{Rd}/M_{Ed} = 3.78$$

La verifica risulta soddisfatta.

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	51 di 56

Verifica a pressoflessione (SLE)

Verifica C.A. S.L.U. - File

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

Titolo : _____

N° strati barre Zoom

N°	b [mm]	h [mm]
1	500	500

N°	As [mm²]	d [mm]
1	339	56
2	339	444

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kN
M _{xEd}	<input type="text" value="16"/>	<input type="text" value="12"/> kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

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

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

Materiali

B450C		C25/30	
ε _{su}	<input type="text" value="67.5"/> ‰	ε _{c2}	<input type="text" value="2"/> ‰
f _{yd}	<input type="text" value="391.3"/> N/mm²	ε _{cu}	<input type="text" value="3.5"/> ‰
E _s	<input type="text" value="200 000"/> N/mm²	f _{cd}	<input type="text" value="14.17"/> ‰
E _s /E _c	<input type="text" value="15"/>	f _{cc} /f _{cd}	<input type="text" value="0.8"/> ?
ε _{syd}	<input type="text" value="1.957"/> ‰	σ _{c,adm}	<input type="text" value="9.75"/>
σ _{s,adm}	<input type="text" value="255"/> N/mm²	τ _{co}	<input type="text" value="0.6"/>
		τ _{c1}	<input type="text" value="1.829"/>

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_s ‰
 d mm
 x x/d
 δ

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso

$$\sigma_s = 85.42 \text{ MPa} < 0.8 \cdot f_{yk} = 313.4 \text{ MPa}$$

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	52 di 56

Verifica a taglio (A1+M1+R1)

$$V_{Ed} = 41 \text{ kNm} < V_{Rd} = 124 \text{ kNm}$$

Verifica a taglio per sezioni rettangolari armate a taglio (D.M. 14/01/2008)			
classe cls	R_{ck}	30	N/mm ²
resist. Caratteristica cilindrica	f_{ck}	25	N/mm ²
	f_{cd}	14	
coeff. parziale	γ_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 ²
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	N	0	N
ok	σ_{cp}	0.00	N/mm ²
	α_c	1.00	
Acciaio	f_{yk}	450	N/mm ²
Feb44k	f_{yd}	391	N/mm ²
diametro staffe (spille)	ϕ_w	10	mm
Area staffa (spilla)	A_{ϕ_w}	79	mm ²
0.9 d	z	405	mm
passo delle staffe (spille)	s_w	200	mm
	n° bracci	2	
angolo di inclinazione	θ	45.0	°
deve essere compreso tra 1 e 2.5	$\cot(\theta)$	1.00	
angolo di inclinazione armatura rispetto asse palo	α	90	°
	$\cot(\alpha)$	0.00	
	AS_w / s_w	0.79	mm ² /mm
Taglio resistente per "taglio trazione"	V_{Rsd}	124	kN
Taglio resistente per "taglio compressione"	V_{Rcd}	714	kN
taglio sollecitante	V_{Ed}	41	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	γ_{Rd}	1	
taglio resistente	V_{Rd}	124	kN
	V_{Ed}	<	V_{Rd}
FS =	3.04	verifica	

La verifica risulta soddisfatta.

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	53 di 56

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 ²]
Momento d'inerzia	I	8697	[cm ⁴]
Raggio d'inerzia	i	9.22	[cm]
Modulo di resistenza elastico	W _{eI,yy}	637	[cm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	W _{pl,yy}	849	[cm ³]
Momento d'inerzia torsionale	I _t	17395	[cm ⁴]
Modulo di torsione	C _t	1274	[cm ³]

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

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

VERIFICA DI RESISTENZA ALLO SLU - COMPRESSIONE/TRAZIONE

N _{Ed}	82	[kN]	
N _{c,Rd}	3459	[kN]	Resistenza a compressione/trazione del tubo

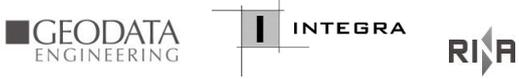
VERIFICHE TENSIONALI - SLE

V _{SLE}	0.0	[kN]	τ	0	[MPa]	
M _{SLE}	0.0	[kNm]	σ _M	0	[MPa]	
N _{SLE}	62.0	[kN]	σ _N	6	[MPa]	
			σ _{TOT}	6	[MPa]	ok

STABILITA' DELLE MEMBRATURE

N _{Ed}	82	[kN]		
N _{b,Rd}	2501	[kN]	FS	30.50
χ	0.72		Φ	0.99
A	102.3	[cm ²]	α	0.21
f _{yk}	355	[MPa]	λ	0.92
γ _{M1}	1.05	[-]		
L	6.30	[m]		
N _{cr}	4326	[kN]		
0.04 N _{cr}	173	[kN]	è possibile trascurare i fenomeni di instabilità per le aste compresse	

Le verifiche risultano sempre soddisfatte

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
	Opere provvisionali: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0703 001	REV. A

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	370
Spinta passiva mobilitata	153
FS % passiva mobilitata	2.42

avendo posto:

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

oooo

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.

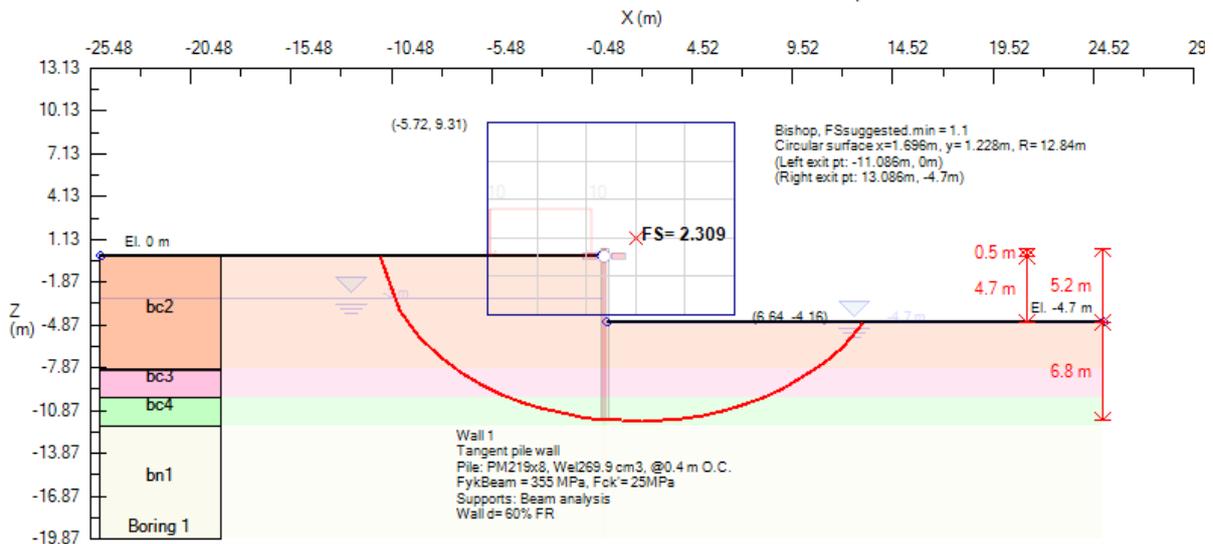


Figura 34: FASE 2 – Verifica di stabilità globale allo SLU (A2+M2+R2)

Opere provvisionali: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	IN0703 001	A	55 di 56

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).

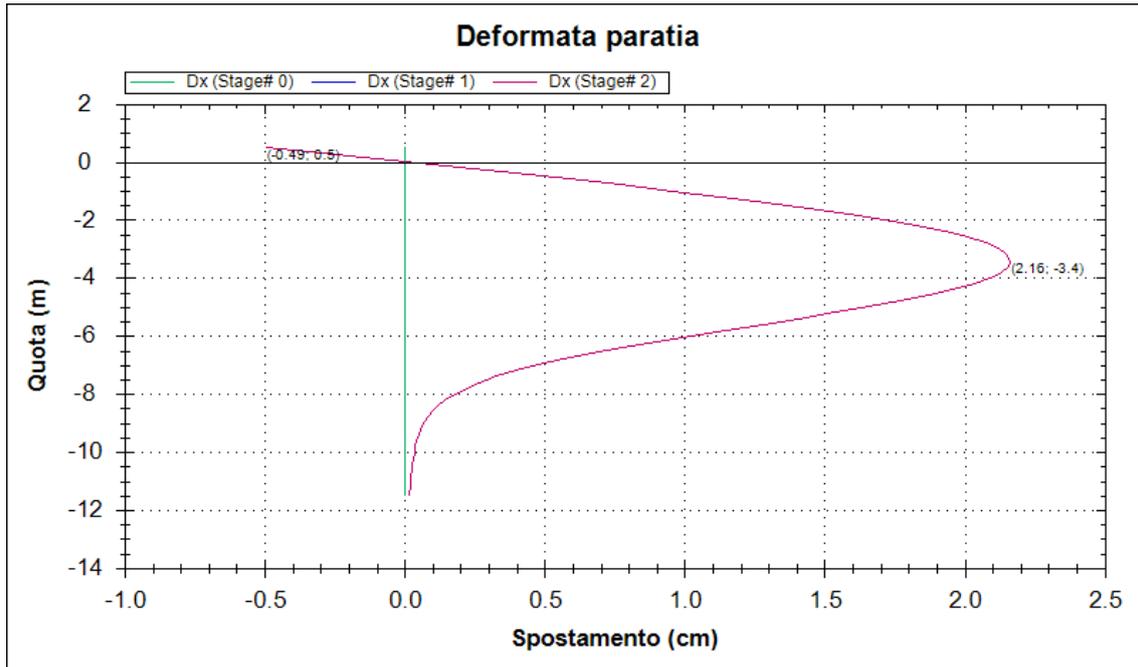


Figura 35: FASE 2 – Diagramma delle deformazioni allo SLE

SLE	
Spostamento orizzontale massimo δ_{h_max} (cm)	2.2

Si osserva che lo spostamento massimo è pari a circa 2.2 cm a circa 4 m di profondità dalla testa dei micropali; in testa lo spostamento risulta dell'ordine di alcuni 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	IN0703 001	A	56 di 56

7 INCIDENZA ARMATURE

Cordolo in c.a.	60 kg/mc
Tubo armatura micropali	Ø168.3 mm, sp.=6 mm – Peso = 24.0 kg/ml
Trave di ripartizione (2 x UPN200)	Peso = 2 x 25.3 kg/ml = 50.6 kg/ml
Puntone provvisorio	Ø273 mm, sp.=12.5 mm – Peso = 80.9 kg/ml