

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:	PROGETTISTA:	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE
RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI	Ing. Fabio RIZZO	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

GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+263 al km 25+200

Relazione di calcolo Imbocco lato Cannello e Sezione Tipo F

APPALTATORE	SCALA:
IMPRESA PIZZAROTTI & C. s.p.a. Dott. Ing. Sabino Del Balzo IL DIRETTORE TECNICO Ing. S. Del Balzo 23/06/2020	-

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

I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	C	L	G	A	0	2	0	0	0	1	0	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	G. Brino	24/02/2020	A. Fernandez	24/02/2020	P. Grasso	24/02/2020	Ing. Fabio RIZZO
B	Soglie monitoraggio ed eliminazione capitolo setti	G. Brino	18/06/2020	A. Fernandez	19/06/2020	P. Grasso	23/06/2020	

File:IF26.1.2.E.ZZ.CL.GA.02.0.0.010.B.doc.doc

n. Elab.:

Indice

1	GENERALITA'	6
1.1	FASI COSTRUTTIVE DEL TRATTO D'OPERA	8
1.2	UNITA' DI MISURA	17
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	18
2.1	SOFTWARE IMPIEGATI	18
2.2	ELABORATI DI RIFERIMENTO	19
2.3	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	20
3	MATERIALI	21
3.1	CALCESTRUZZO PER PALI E CORDOLI	22
3.2	CALCESTRUZZO PER SOLETTA SUPERIORE, PIEDRITTO E FODERE	23
3.3	CALCESTRUZZO PER SOLETTE INFERIORI	24
3.4	CALCESTRUZZO MAGRO.....	25
3.5	ACCIAIO IN BARRE A.M.....	25
3.6	ACCIAIO PER TREFOLI	26
3.7	CLASSI DI ESPOSIZIONE E COPRIFERRI	27
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	30
4.1	PARAMETRIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA	32
4.2	MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA	32
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	33
6	INTERAZIONE OPERA-TERRENO	37
6.1	MODELLAZIONE STRUTTURALE	37
6.1.1	PARATIA.....	37
6.1.2	TRAVI, MURI, SOLETTE E PLATEE.....	38
6.1.3	PALI DI FONDAZIONE E ANCORAGGI	38
6.2	MODELLAZIONE GEOTECNICA	40
6.3	MODELLAZIONE SISMICA	41
7	ANALISI DEI CARICHI	45

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	3 di 202

7.1	G1: PESI PROPRI.....	45
7.2	G2: SOVRACCARICHI PERMANENTI.....	45
7.3	G3: SPINTA DELLE TERRE.....	46
7.4	Q1: SOVRACCARICHI MOBILI.....	46
7.4.1	SOVRACCARICHI MOBILI APPLICATI AL SOLETTONE DI FONDAZIONE	46
7.4.2	SOVRACCARICHI ACCIDENTALI A TERGO DEI PALI.....	48
7.5	Q2: INCREMENTO DINAMICO DEI CARICHI MOBILI.....	48
7.6	E4: CEDIMENTI VINCOLARI.....	49
7.7	ALTRE AZIONI.....	49
8	COMBINAZIONI DI CARICO	50
9	VERIFICHE STRUTTURALI	56
9.1	VERIFICHE SLU.....	56
9.2	VERIFICHE SLE.....	58
10	VERIFICHE GEOTECNICHE	61
10.1	VERIFICHE SULLA PARATIA.....	61
10.1.1	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE DELL'INSIEME OPERA TERRENO	61
10.1.2	VERIFICA GEOTECNICA DI COLLASSO PER ROTAZIONE INTORNO AD UN PUNTO DELL'OPERA	62
10.2	VERIFICHE SUI TIRANTI	62
10.2.1	VERIFICA GEOTECNICA DI SFILAMENTO DEI BULBI DI ANCORAGGIO.....	62
10.2.2	VERIFICA A SNERVAMENTO DELL'ACCIAIO DI ARMATURA	65
10.3	CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI	65
11	RISULTATI DELLE ANALISI NUMERICHE	69
11.1	SEZIONE GA02_G – PK 22+284.00.....	70
11.1.1	GEOMETRIA.....	70
11.1.2	CARATTERISTICHE DEL TERRENO.....	71
11.1.3	CARATTERISTICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	72
11.1.4	SIMULAZIONE DELLE FASI COSTRUTTIVE.....	73
11.1.5	RISULTATI DELLE ANALISI.....	79
11.2	SEZIONE GA02_F1 – PK 22+298.00	82
11.2.1	GEOMETRIA.....	82
11.2.2	CARATTERISTICHE DEL TERRENO.....	83
11.2.3	CARATTERISTICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	83

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	4 di 202

11.2.4	SIMULAZIONE DELLE FASI COSTRUTTIVE.....	85
11.2.5	RISULTATI DELLE ANALISI.....	94
11.3	SEZIONE GA02_F2 – PK 22+308.00	102
11.3.1	GEOMETRIA.....	102
11.3.2	CARATTERISTICHE DEL TERRENO.....	103
11.3.3	CARATTERISTICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	104
11.3.4	SIMULAZIONE DELLE FASI COSTRUTTIVE.....	105
11.3.5	RISULTATI DELLE ANALISI.....	115
12	VERIFICHE	123
12.1	SEZIONE GA02_G – PK 22+284.00.....	123
12.1.1	PARATIE DI PALI.....	123
12.1.2	TIRANTI	131
12.1.3	TRAVE DI RIPARTIZIONE	132
12.1.4	CORDOLO DI TESTA.....	133
12.2	SEZIONE GA02_F1 – PK 22+298.00	134
12.2.1	PARATIE DI PALI.....	134
12.2.2	TIRANTI	148
12.2.3	TRAVE DI RIPARTIZIONE	149
12.2.4	CORDOLO DI TESTA.....	150
12.2.5	PIEDRITTO	151
12.2.6	SOLETTA SUPERIORE	154
12.3	SEZIONE GA02_F2 – PK 22+308.00	157
12.3.1	PARATIE DI PALI.....	157
12.3.2	TIRANTI	173
12.3.3	TRAVE DI RIPARTIZIONE	174
12.3.4	CORDOLO DI TESTA.....	175
12.3.5	PIEDRITTO	176
12.3.6	SOLETTA SUPERIORE	179
12.4	VERIFICA DELLA FONDAZIONE	182
12.4.1	SOLETTA DI FONDAZIONE	188
12.4.2	PALI DI FONDAZIONE	191
13	MONITORAGGIO DELLA PARATIA.....	195
13.1	CARATTERISTICHE DEL PIANO DI MONITORAGGIO	195
13.2	PARAMETRI CHIAVE DEL MONITORAGGIO	196

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	5 di 202

13.3	GRANDEZZE MONITORATE	196
13.3.1	MISURE DI SPOSTAMENTO E CONVERGENZA CON MIRE OTTICHE	196
13.3.2	MISURE INCLINOMETRICHE	196
13.4	STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO	196
13.5	FREQUENZE DI LETTURA	197
13.6	DEFINIZIONE DEI LIMITI DI ATTENZIONE E DELLE CONTROMISURE	197
14	CONCLUSIONI	201

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	6 di 202

1 GENERALITA'

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici del Progetto Esecutivo (PE) per il Raddoppio dell'Itinerario Ferroviario Napoli-Bari nella Tratta Canello-Benevento / 2° Lotto Funzionale Frasso Telesino – Vitulano e si occupa, in particolare, dell'analisi strutturale della Galleria Artificiale Telese, codificata a nome GA02, e rappresentata da una struttura realizzata in Cut&Cover con il cosiddetto Metodo Milano.

Vista la sua notevole lunghezza, che supera i 2900m, e la varietà delle condizioni geometriche e geotecniche incontrate lungo il suo sviluppo, la verifica della stabilità e sicurezza strutturale dell'opera viene articolata in più Relazioni di Calcolo che studiano le varie Sezioni Tipo A e C composte da Cut&Cover con pali di diametro 1200 mm disposti ad interasse 1.500 m, e di due Relazioni di Calcolo degli Imbocchi, lato Benevento (Nord) e lato Canello (Sud).

Le tratte della Galleria sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 1: Tratti della Galleria Artificiale Telese (GA02)

Tratto	da PK	a PK	Sez. Tipo	Lunghezza
	km	km		m
Imbocco SUD Lato Canello	22+263.00	22+295.00	G	32.00
Galleria Artificiale GA02	22+295.00	22+310.00	F	15.00
Galleria Artificiale GA02	22+310.00	25+110.00	A, C	2 800.00
Galleria Artificiale GA02	25+110.00	25+162.00	D	52.00
Imbocco NORD Lato Benevento	25+162.00	25+200.00	E	38.00

Galleria Artificiale di Telese (GA02)	22+263.00	25+200.00		2 937.00

La presente relazione si occupa, in particolare, dell'analisi geotecnica e strutturale delle opere all'Imbocco Sud lato Canello e per la sezione tipo F e mette in evidenza le particolari condizioni parietali dell'Opera che, rispetto alle previsioni del Progetto Definitivo, ha richiesto l'introduzione di Sezioni Tipo aggiuntive.

La lunghezza totale della Galleria non viene variata, né sono sostanziali le modeste variazioni dei tratti coperti e scoperti che si ripartiscono diversamente, anche per quanto riguarda l'approccio costruttivo che, nella Sezione Tipo F, richiede l'adozione di una tecnica mista che vede lato monte la costruzione di una paratia di pali del diametro 1200 mm di lunghezza totale 25 m, disposti con interasse 1.5 m con tiranti disposti su due file, e lato valle una paratia di pali a sbalzo del diametro 1200 mm con interasse 1.5 m l'elevazione di un corrispondente muro su fondazioni profonde che offre un secondo appoggio alla soletta di copertura.

I tiranti svolgono la funzione solo temporanea di consentire il raggiungimento delle quote di fondo scavo alle quali vengono realizzati i "pali di fondazione", in numero di quattro con passo 3.60 m, il cui scopo non è propriamente il sostegno della sede ferroviaria quanto il contrasto alle spinte subite dalla paratia di monte che vengono "rilasciate" una volta de-tesati i tiranti provvisori.

In altre parole, viene confermato l'approccio progettuale proprio del Progetto Definitivo, salvo qualche diverso dettaglio che razionalizza il comportamento strutturale d'insieme. Nella sezione tipo F, i pali di fondazione DN 1200 mm sono aggiuntivi rispetto alla soluzione di PD e riducono l'azione orizzontale sul DN1200 di valle che vede un debole contrasto passivo offerto dal terreno in sito stante la sua parietalità.

La scelta progettuale proposta è coerente poiché risponde alle principali problematiche a cui è sottoposta la struttura in esame, ovvero:

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	7 di 202

- la paratia di pali discontinua è giustificata dal fatto che la falda freatica individuata in corrispondenza dell'imbocco Sud è posizionata al di sotto della soletta di fondazione, come confermato dai sondaggi a disposizione nella zona dell'imbocco [I] [II] [III] [IV];
- la sezione G di transizione con paratia a sbalzo e struttura in elevazione permette di minimizzare gli effetti sul versante, garantire la piena sicurezza della gabbionata e degli abitati a valle della struttura di imbocco
- l'assenza di tiranti sulla paratia a valle è compensata dal ridotto carico del versante a valle dell'opera di sostegno;
- la soletta su pali contrasta orizzontalmente l'azione sismica in condizioni di lungo termine, una volta che i tiranti provvisori non sono più in azione, e fornisce continuità strutturale al di sotto della piattaforma ferroviaria nel passaggio imbocco e galleria artificiale, il che migliora la prestazione dell'opera in termini funzionali della sede ferroviaria.

La figura seguente illustra le soluzioni adottate in Progetto Esecutivo.

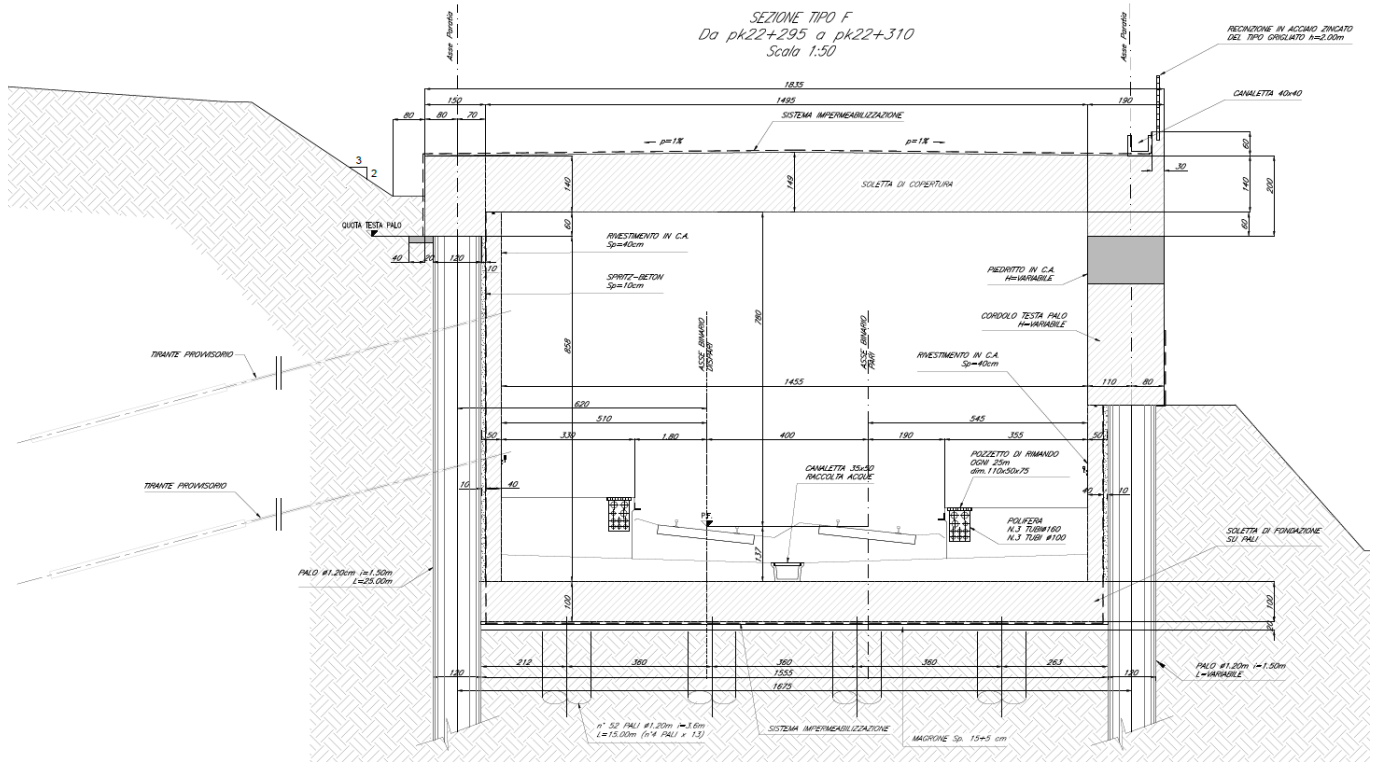


Figura 1: Progetto Esecutivo - Sezione Tipo F

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	8 di 202

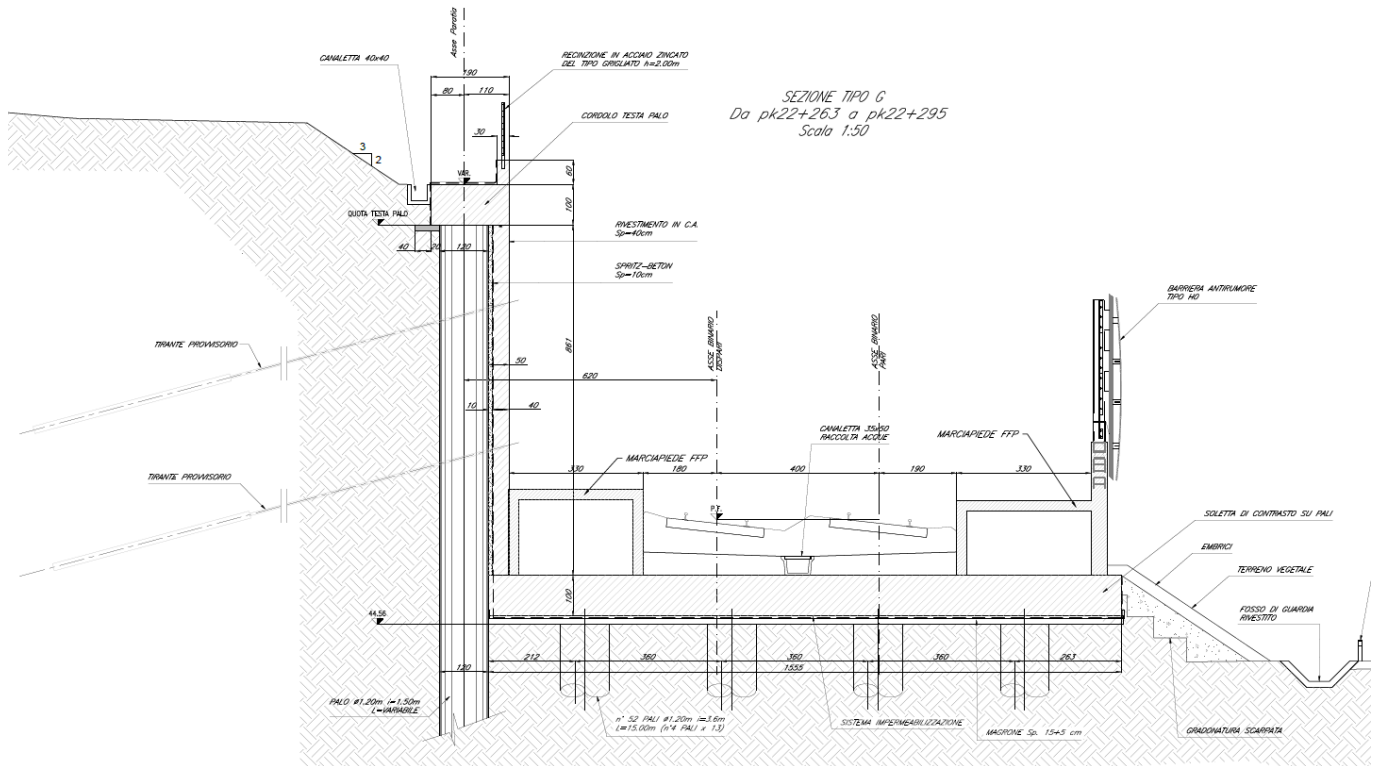


Figura 2: Progetto Esecutivo - Sezione Tipo G

1.1 FASI COSTRUTTIVE DEL TRATTO D'OPERA

L'imbocco sud della Galleria Artificiale Telese è situato tra la progressiva 22+263 (termine della tratta su rilevato successiva alla fermata Amorosi) e la progressiva 22+295 (inizio della Galleria Artificiale di Telese, mentre la galleria artificiale GA02 inizia alla progressiva 22+295 e si sviluppa in condizioni parietali fino alla progressiva 22+310.

La porzione di tracciato in esame prevede due sezioni tipologiche distinte, come riassunto in tabella:

- Imbocco lato Canello, Sezione G: paratia tirantata sulla paratia a monte, soletta su pali;
- GA02, Sezione F: paratia tirantata sulla paratia a monte, paratia a sbalzo con piedritto in elevazione sulla paratia a valle e soletta di copertura.

Tabella 2: Sezioni tipologiche sull'imbocco lato Canello e per la sezione tipo F della GA02

Opera	Sezione tipo	Progr. iniziale	Progr. finale	Lunghezza
		km	km	m
Imbocco lato Canello	Sezione tipo G	22+263.00	22+295.00	32.00
Galleria Artificiale GA02	Sezione tipo F	22+295.00	22+310.00	15.00

La porzione di tracciato analizzata prevede due paratie, con uno sviluppo longitudinale totale di 56m sulla paratia a monte e uno sviluppo di 15m sulla paratia a valle.

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	9 di 202

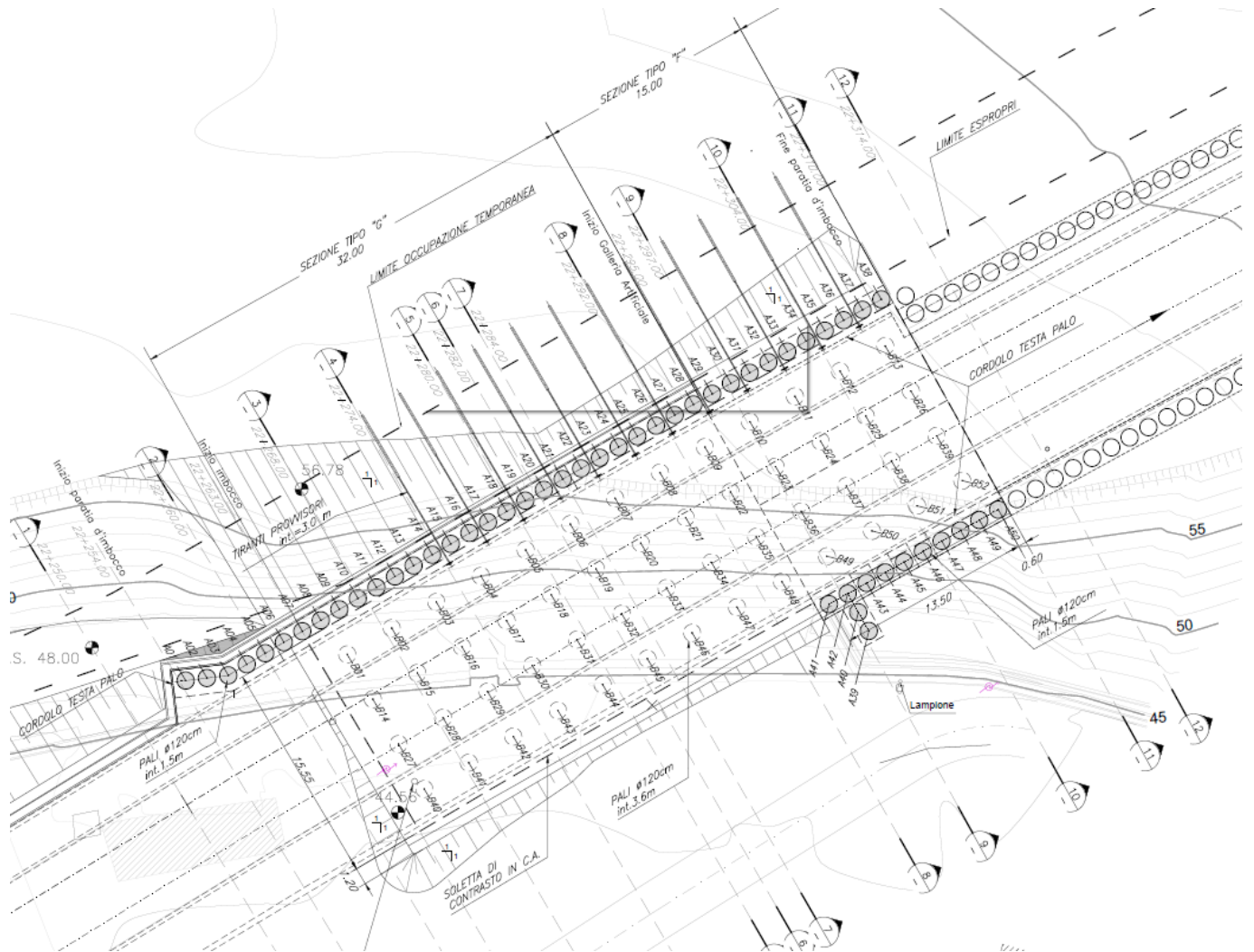


Figura 3: Pianta scavi finale dell'imbocco lato Canello

L'imbocco e la porzione parietale della galleria artificiale sono costituiti da:

- una paratia di sostegno in pali discontinui tirantata, che include uno o due ordini di tiranti provvisori in funzione dello sbalzo, per la paratia Nord, con uno sviluppo longitudinale di 56m che copre l'intera tratta tra GA02 e inizio del rilevato, fino a chiudere la paratia in corrispondenza della gabbionata. Nell'ultima porzione di tracciato si prevede una soletta in elevazione;

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	10 di 202

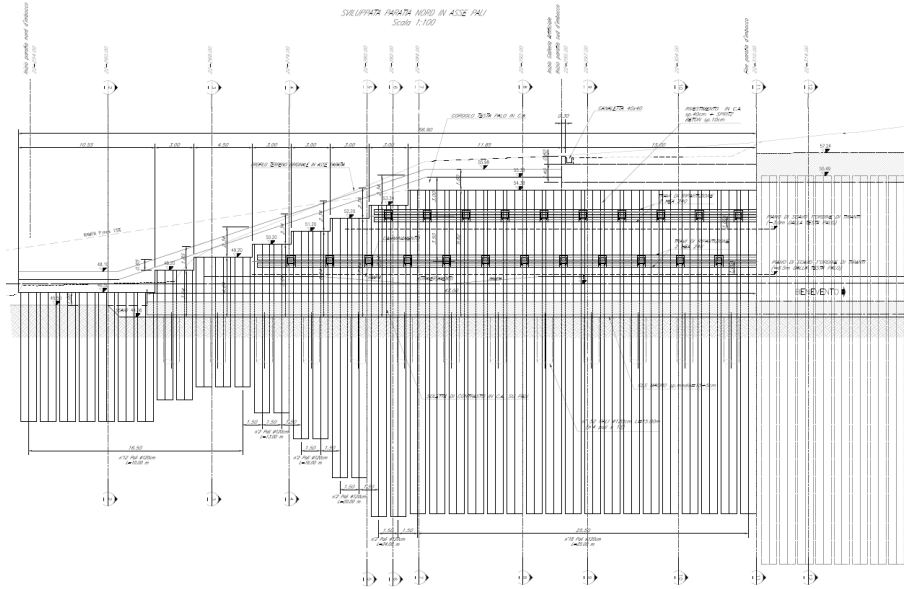


Figura 4: Sviluppo longitudinale dell'imbocco lato Canello, paratia Nord

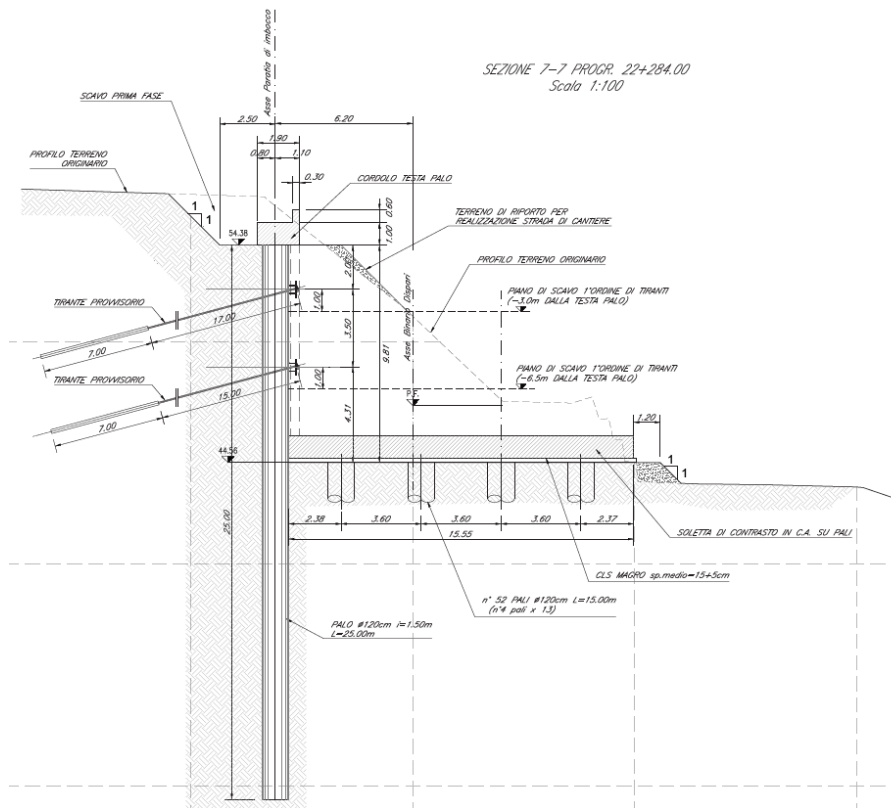


Figura 5: Sezione trasversale di scavo sezione tipo G, configurazione a singola paratia

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	11 di 202

- una paratia di sostegno in pali discontinua con cordolo in c.a. in corrispondenza della paratia a valle (paratia Sud), con uno sviluppo longitudinale di 15m che copre l'intera porzione di imbocco in condizioni parietali, sormontata da un cordolo a cui si appoggia una struttura gettata in elevazione, composta da un piedritto e una soletta superiore;

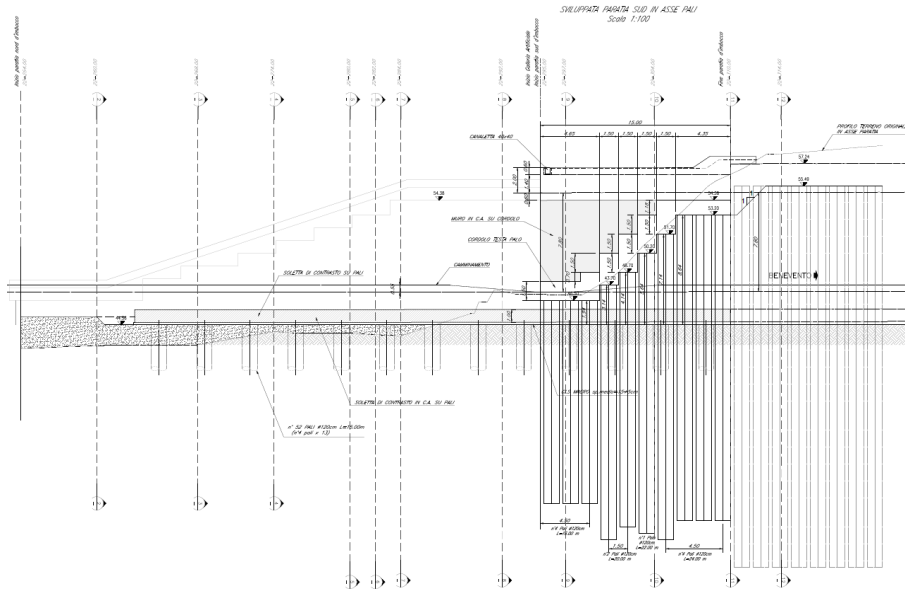


Figura 6: Sviluppo longitudinale dell'imbocco lato Canello, Paratia Sud

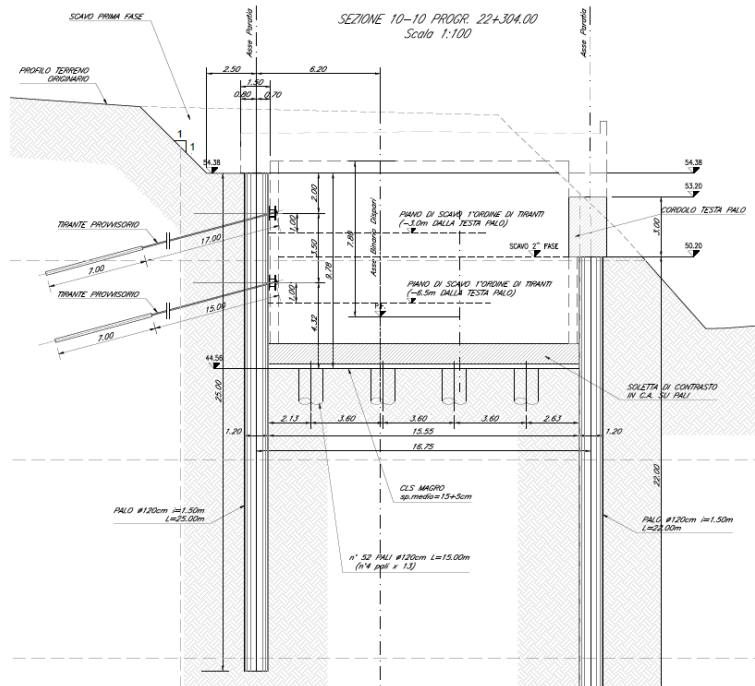


Figura 7: Sezione trasversale di scavo sezione tipo F, configurazione a doppia paratia

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0200 010</td> <td>A</td> <td>12 di 202</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	12 di 202
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	12 di 202								

Entrambe le paratie sono composte da pali di diametro 1200 mm con interasse fra pali 1500 mm al fine di consentire la perforazione di pali di lunghezza fino a 25 m rimanendo nella tolleranza di Capitolato posta pari all'1% (Tabella 7.9.1 [10]).

Il piedritto gettato in elevazione che sormonta la paratia di valle è di altezza variabile tra 1.18m e 6.38m di spessore 1.90m, e una soletta superiore di spessore 1.40m.

Lungo l'intera tratta d'imbocco è prevista una platea di fondazione fondata su pali di spessore 1000 mm con funzione di soletta di contrasto, con 4 file di pali di diametro 1200 mm con interasse fra pali 3600 mm in entrambe le direzioni

Le condizioni di calcolo analizzate sono qui riassunte:

- Sezione tipo G:
 - sezione di calcolo GA02_G (pk 22+284): singola paratia, massima altezza possibile del palo sulla paratia a monte
- Sezione tipo F:
 - sezione di calcolo GA02_F1 (pk 22+298): doppia paratia, massima altezza del palo sulla paratia a monte e massima lunghezza del piedritto sulla paratia a valle;
 - sezione di calcolo GA02_F2 (pk 22+308): doppia paratia, massima altezza del palo sulla paratia a monte e massima altezza del palo sulla paratia a valle.

Le sezioni tipo F e G qui presentate si compongono, dunque, di paratie discontinue di pali trivellati del diametro 1200mm posti ad interasse di 1500mm di lunghezza variabile tra 25,00m e 10,00m.

Tanto la ripida configurazione geometrica di versante quanto l'angolo di attacco dello stesso comportano una fasistica complicata, vincolata dalla presenza della gabbionata esistente che protegge la viabilità attuale dal pendio sovrastante.

L'imbocco lato Canello e la sezione tipo F sarà costruito in seguito alla realizzazione della galleria artificiale in sezione tipo C2, scavata con la metodologia "top-down", con piano d'imposta dei pali della galleria artificiale realizzato a quota +55.45 m.s.l.m, fino alla progressiva 22+310. Come spiegato nella relazione illustrativa [V] si provvederà alla realizzazione del solettone di copertura in modo da poter procedere con lo scavo all'interno della galleria artificiale.

In primo luogo, si procederà allo scotico del gradone al di sopra della gabbionata e si eseguiranno i pali facenti parte della paratia di monte e di valle, aventi quota di testa +46.50, coincidente con il piano del gradone superiore della gabbionata.

Una volta eseguiti i pali a quota +46.50, si procederà alla creazione di una rampa temporanea con pendenza 15% che colleghi la strada sottostante (quota +42.50) con il livello del piano a cui si realizzeranno la maggior parte dei pali (quota +54.38); i pali saranno realizzati in sequenza a partire da quelli adiacenti alla galleria artificiale.

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	13 di 202

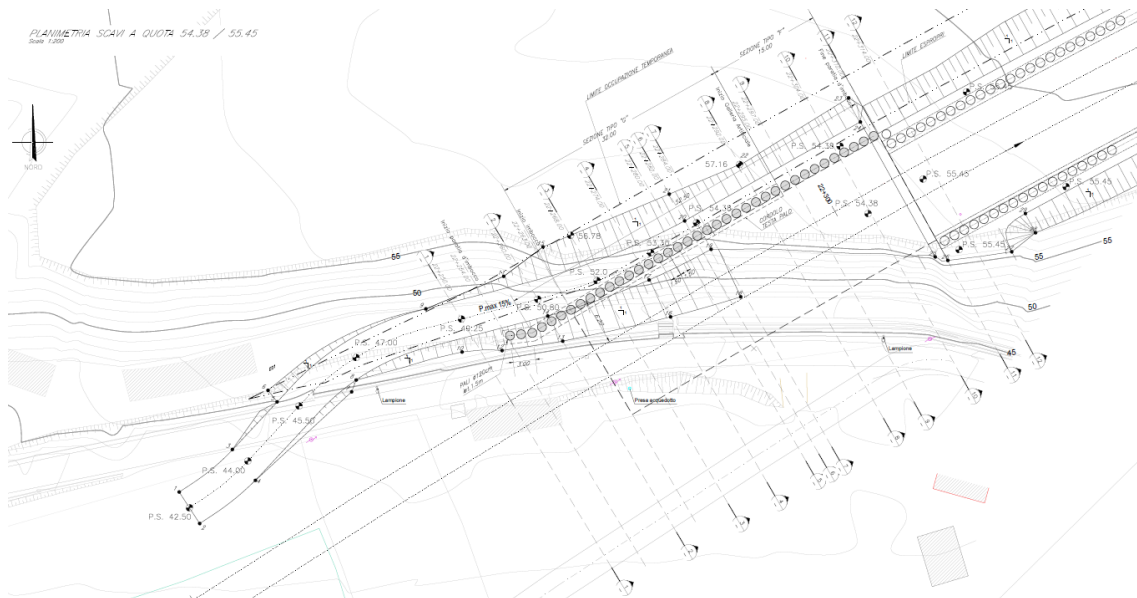


Figura 8: Pianta dell'imbocco lato Canello, creazione della rampa e realizzazione dei pali a quota +54.38

Per la paratia a sbalzo sulla paratia a valle sarà necessario il getto del cordolo prima di procedere con l'esecuzione dello scavo, in modo da solidarizzare i pali della paratia, funzione assolta dalla trave di ripartizione in acciaio tra i tiranti sulla paratia sulla paratia a monte.

Quindi si procederà allo scavo per livelli successivi, a partire dall'interno della galleria artificiale estendendosi fino alla porzione di rampa provvisoria necessaria per arrivare alla quota di riferimento.



Figura 9: Pianta dell'imbocco lato Canello, esempio di fase intermedia di scavo

Durante lo scavo, si procede con l'installazione del calcestruzzo proiettato (spritz-beton armato con rete elettrosaldata) di spessore variabile fino a creare un piano di regolarizzazione a 10 cm dal filo dei pali, per proteggere la parete tra i pali durante lo scavo. La quota della falda rimane sottostante il piano di appoggio della soletta di fondazione e, pertanto, non sono previste opere di particolare impegno per il drenaggio, fatte salve le consuete attrezzature di cantiere per l'aggotamento delle eventuali acque di percolazione.

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	14 di 202

Si provvederà con l'installazione dei tiranti nella paratia posizionata sulla paratia a monte, dopo aver provveduto allo scavo un metro sotto la quota dei tiranti, ovvero;

- installazione a quota -2m rispetto alla testa del palo della prima fila di tiranti, aventi 4 trefoli (modalità di ancoraggio con iniezione ripetuta e selettiva):
 - lunghezza di perforazione totale $L_{T1,perf} = 24m$
 - lunghezza di ancoraggio $L_{T1,anc} = 7m$
 - lunghezza libera $L_{T1,lib} = 17m$
 - angolo con l'orizzontale $\alpha = 15^\circ$
 - pretensione $F_{T1} = 300 \text{ kN}$

- installazione a quota -5.5m rispetto alla testa del palo della seconda fila di tiranti, aventi 4 trefoli (modalità di ancoraggio con iniezione ripetuta e selettiva):
 - lunghezza di perforazione totale $L_{T2,perf} = 22m$
 - lunghezza di ancoraggio $L_{T2,anc} = 7m$
 - lunghezza libera $L_{T2,lib} = 15m$.
 - angolo con l'orizzontale $\alpha = 15^\circ$
 - pretensione $F_{T2} = 300 \text{ kN}$

La trave di ripartizione tra 4 tiranti è composta da 2HEA240 di lunghezza 12m, connesse da piastre in acciaio e fazzoletti metallici. Una volta arrivati al piano di fondo scavo, posizionato a quota +44.56, si provvederà all'esecuzione dei pali di fondazione, all'esecuzione del magrone di pulizia a fondo scavo, l'allestimento dell'impermeabilizzazione, la posa in opera delle armature ed il successivo getto di calcestruzzo per la realizzazione della soletta.

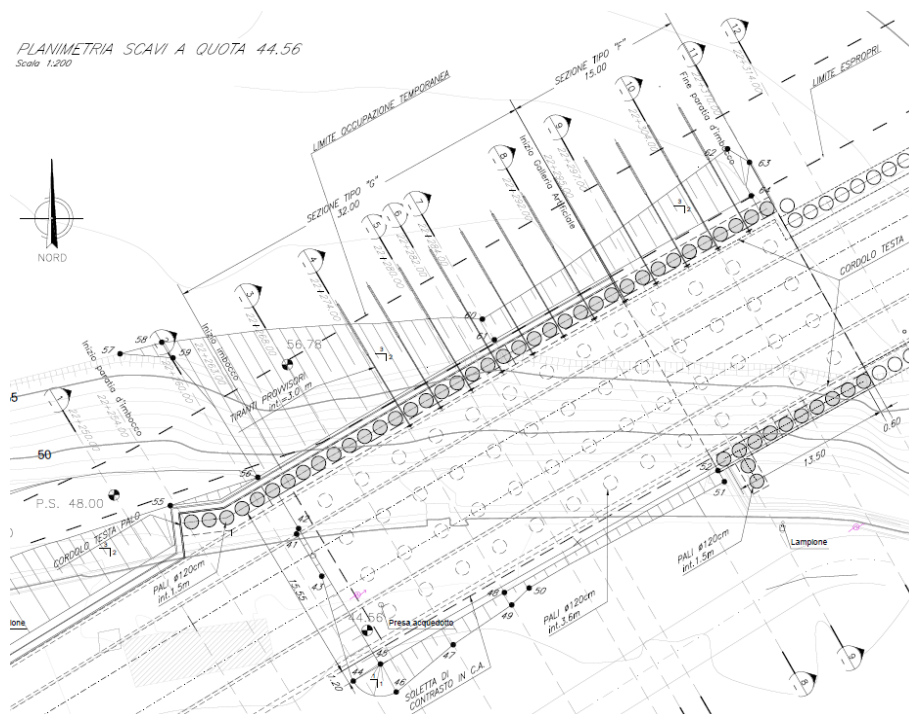


Figura 10: Pianta dell'imbocco lato Canello, pianta scavi a fondo scavo

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	15 di 202

Una volta raggiunto lo schema statico finale della struttura, con il completamento della struttura con cordoli, del piedritto e della soletta di testa, si provvederà a disinstallare i tiranti provvisori.

Si procederà quindi alla realizzazione della fodera all'interno dei pali e alla sistemazione definitiva del pendio delle scarpate con pendenza massima pari a 3/2 (orizzontale/verticale)



Figura 11: Pianta dell'imbocco lato Canello, sistemazione definitiva

Le Fasi Costruttive delle due Opere sono sintetizzate nelle seguenti Tabelle.

Tabella 3: Fasi Costruttive - Sezione F (pk 22+295-22+310)

FASE	DESCRIZIONE
0	Raggiungimento quote di testa pali
1	Scavo a quota testa Pali e loro esecuzione
2	Magrone, Posa Armature e Getto del cordolo di testa della paratia di ciglio dx)
3	Scavo e installazione betoncino fino a quota -3m dalla testa del palo (ciglio sx)
4	Installazione della prima fila di tiranti a quota -2m dalla testa del palo con trave di ripartizione, tesatura dei tiranti (ciglio sx)
5	Scavo e installazione betoncino fino a quota -6.5m dalla testa del palo (ciglio sx)
6	Installazione della seconda fila di tiranti a quota -5.5m dalla testa del palo con trave di ripartizione, tesatura dei tiranti (ciglio sx)
7	Scavo e installazione betoncino fino a fondo scavo
8	Esecuzione dei pali di fondazione
9	Magrone, Posa Armature e Getto platea di fondazione

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	16 di 202

10	Posa Armature e Getto muri e solettone
11	Disattivazione dei tiranti
12	Elevazione delle Fodere verticali, ricoprimento e riprofilatura del pendio fino a raggiungere la configurazione di sistemazione definitiva
13	Esecuzione della Massicciata Ferroviaria e dei suoi elementi marginali
14	Apertura al traffico ferroviario

Tabella 4: Fasi Costruttive - Sezione G (pk 22+263-22+295)

FASE	DESCRIZIONE
0	Raggiungimento quote di testa pali
1	Scavo a quota testa Pali e loro esecuzione
2	Magrone, Posa Armature e Getto del cordolo di testa della paratia
3	Scavo e installazione betoncino fino a quota -3m dalla testa del palo
4	Installazione della prima fila di tiranti a quota -2m dalla testa del palo con trave di ripartizione, tesatura dei tiranti
5	Scavo e installazione betoncino fino a quota -6.5m dalla testa del palo
6	Installazione della seconda fila di tiranti a quota -5.5m dalla testa del palo con trave di ripartizione, tesatura dei tiranti
7	Scavo e installazione betoncino fino a fondo scavo
8	Esecuzione dei pali di fondazione
9	Magrone, Posa Armature e Getto platea di fondazione
10	Disattivazione dei tiranti
11	Elevazione delle Fodere verticali e riprofilatura del pendio fino a raggiungere la configurazione di sistemazione definitiva
12	Esecuzione della Massicciata Ferroviaria e dei suoi elementi marginali
13	Apertura al traffico ferroviario

La tabella precedente rappresenta, evidentemente, anche le fasi di calcolo dell'Opera che vengono descritte con maggior dettaglio più avanti.

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	17 di 202

1.2 UNITA' DI MISURA

Nel seguito si adotteranno le seguenti unità di misura:

- lunghezze ⇒ m, mm
- carichi ⇒ kN, kN/m², kN/m³
- azioni di calcolo ⇒ kN, kNm
- tensioni ⇒ N/mm²

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	<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>GA0200 010</td> <td>A</td> <td>18 di 202</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	18 di 202
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	18 di 202								

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Di seguito si riporta l'elenco generale delle Normative Nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento, quale riferimento per la redazione degli elaborati tecnici e/o di calcolo dell'intero progetto nell'ambito della quale si inserisce l'opera oggetto della presente relazione:

- Rif. [1] Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»
- Rif. [2] Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008»
- Rif. [3] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 A)
- Rif. [4] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 1 / Ambiente e Geologia (RFI DTC SI AG MA IFS 001 A – rev 30/12/2016)
- Rif. [5] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [6] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [7] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 4 / Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [8] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [9] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 7 / Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [10] Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere civili: PARTE II – Sezione 7 / Pali e Micropali (RFI DTC SI CS SP IFS 005 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [11] Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere civili: PARTE II – Sezione 8 / Paratie di Pali, Diaframmi e Palancolate (RFI DTC SI CS SP IFS 006 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [12] Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea
- Rif. [13] Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)
- Rif. [14] UNI 11104: Calcestruzzo : Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1.
- Rif. [15] UNI 11104: Calcestruzzo : Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1.
- Rif. [16] Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

2.1 SOFTWARE IMPIEGATI

Per la redazione del Progetto Esecutivo dell'imbocco sono stati impiegati i seguenti softwares di calcolo:

- PLAXIS 2D – Versione 2018 Bentley EMEA;
- SAP2000 Ultimate – Versione 21.0.2 Computers and Structures, Inc.

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	19 di 202

2.2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

I documenti di Progetto Esecutivo citati nel report sono di seguito elencati:

- Rif. [I] IF26.1.2.E.ZZ.RG.GE.00.0.1.001: Relazione Geologica, geomorfologica ed idrogeologica
 Rif. [II] IF26.1.2.E.ZZ.SG.GE.00.0.5.001: Dossier indagini
 Rif. [III] IF26.1.2.E.ZZ.RB.GE.00.0.1.001: Relazione geotecnica generale
 Rif. [IV] IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.5.001-008: Profilo geotecnico di linea – Tavole 1/8, 2/8, 3/8, 4/8, 5/8, 6/8, 7/8, 8/8.
 Rif. [V] IF26.1.2.E.ZZ.CL.GA.02.0.0.001: Galleria Artificiale GA02 – Relazione Tecnica Generale.

Costituiscono parte integrante di quanto esposto nel presente documento, l'insieme degli elaborati di progetto specifici relativi all'opera in esame e riportati in seguito come estratto dell'elenco elaborati.

Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F - Allegati	I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	C	L	GA	02	0	0	011
Imbocco lato Canello: Pianta Generale	I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	P	9	GA	02	0	0	001
Imbocco lato Canello: Pianta Scavi	I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	P	9	GA	02	0	0	002
Imbocco lato Canello: Sezioni scavi 1 di 3	I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	W	A	GA	02	0	0	001
Imbocco lato Canello: Sezioni scavi 2 di 3	I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	W	A	GA	02	0	0	002
Imbocco lato Canello: Sezioni scavi 3 di 3	I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	W	A	GA	02	0	0	003
Imbocco lato Canello: Sviluppata Paratia Nord	I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	B	A	GA	02	0	0	001
Imbocco lato Canello: Sviluppata Paratia Sud	I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	B	A	GA	02	0	0	002
Imbocco lato Canello: Pianta - sistemazione definitiva	I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	P	A	GA	02	0	0	001
Imbocco lato Canello: Sezioni sistemazione definitiva - tav 1 di 3	I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	W	A	GA	02	0	0	004
Imbocco lato Canello: Sezioni sistemazione definitiva - tav 2 di 3	I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	W	A	GA	02	0	0	005
Imbocco lato Canello: Sezioni sistemazione definitiva - tav 3 di 3	I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	W	A	GA	02	0	0	006

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	<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>GA0200 010</td> <td>A</td> <td>20 di 202</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	20 di 202
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	20 di 202								

2.3 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Rif. [17] Schanz T., Vermeer P.A., Bonnier P.G., 1999. The Hardening Soil Model. Formulation and Verification“. Beyond 2000 in Computational Geotechnics – 10 Years of PLAXIS, Balkema, Rotterdam.
- Rif. [18] Obrzud R., 2015. Constitutive models for practice. Lausanne, Switzerland.
- Rif. [19] Benz, T., 2018. Parameters of the Hardening Soil Model. Advanced Course on Computational Geotechnics, 19-22 March 2018.
- Rif. [20] Bustamante, M. and Doix, B., 1985. Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés. Bulletin Liaison Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, N.140, pp. 75-92.
- Rif. [21] Mononobe N., 1929. Earthquake Proof Construction of Masonry Dams. Proc., World Engineering Conference, Vol.9.
- Rif. [22] Okabe S., 1926. General Theory of Earth Pressure. Japanese Society of Civil Engineers, Vol.12, N°1.
- Rif. [23] Seed H. B., Withman R. V., 1970. Design of Hearth Retaining Structures for Dynamic Loads. ASCE, Special Conference (Lateral Stresses in the Ground and Design of earth Retaining Structures) pp.103-147. Cornell University, Ithaca. New York.

3 MATERIALI

Nella Tabella che segue si riportano in sintesi le Classi dei materiali impiegati per l'analisi strutturale:

Tabella 5: Lista Materiali

ELEMENTO	CALCESTRUZZO
Soletta Superiore, Muri e Fodere	C32/40
Soletta Inferiore	C30/37
Pali e Cordoli	C25/30
Magroni di pulizia	C12/15
ELEMENTO	ACCIAIO IN BARRE A.M.
Tutti	B450C
ELEMENTO	ACCIAIO PER TREFOLI
Tiranti	$f_{ptk} \geq 1860 \text{ N/mm}^2$ $f_{p(1)k} \geq 1670 \text{ N/mm}^2$
ELEMENTO	ACCIAIO PER PROFILATI E PIASTRE
Travi di ripartizione	S275
Piastre di collegamento	S275

Le specifiche tecniche dei materiali sopra descritti sono ricavate nei seguenti paragrafi, dove il riferimento principale per le verifiche SLE è stato assunto nelle Prescrizioni del Manuale RFI Parte 2 – Sezione 2 – 2.5.1.8.3.2.1.

3.1 CALCESTRUZZO PER PALI E CORDOLI

Valore Caratteristico Resistenza Cubica a 28gg: $R_{ck} = 30$ N/mm²

Valore Caratteristico Resistenza Cilindrica a 28gg: $f_{ck} = 25$ N/mm²

Resistenza a compressione cilindrica media: $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 33$ N/mm²

Resistenza a trazione assiale: $f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3} = 2,56$ N/mm²

$f_{ctk,0,05} = 0,70 * f_{ctm} = 1,79$ N/mm²

Resistenza a trazione per flessione $f_{cfm} = 1,20 * f_{ctm} = 3,07$ N/mm²

$f_{ctk,0,05} = 0,70 * f_{cfm} = 2,15$ N/mm²

Verifiche agli SLU: $\gamma_c = 1,50$

Resistenza di calcolo a compressione $f_{cd} = 0,85 * f_{ck} / \gamma_c = 14,11$ N/mm²

Resistenza di calcolo a trazione diretta $f_{ctd} = f_{ctk,0,05} / \gamma_c = 1,19$ N/mm²

Resistenza di calcolo a trazione per flessione $f_{ctd,f} = 1,20 * f_{ctd} = 1,43$ N/mm²

Modulo di Young secante: $E_{cm} = 22 * [f_{cm}/10]^{0,3} = 31447$ N/mm²

Modulo di elasticità tangenziale: $G_{cm} = E / [2(1+\nu)] = 13103$ N/mm²

Coefficiente di Poisson: $\nu = 0,20$

Coefficiente di dilatazione lineare: $\alpha = 0,000010$ °C⁻¹

Tensione di aderenza acciaio-calcestruzzo: $\eta = 1,00$

$f_{bd} = 2,25 * f_{ctk} * \eta / \gamma_c = 2,69$ N/mm²

Verifiche agli SLE:

Combinazioni Quasi Permanenti $\sigma_{cmax,QP} = 0,40 * f_{ck} = 9,96$ N/mm²

Combinazioni Caratteristiche $\sigma_{cmax,R} = 0,55 * f_{ck} = 13,70$ N/mm²

Verifiche a Fessurazione $\sigma_t = f_{ctm} / 1,2 = 2,13$ N/mm²

3.2 CALCESTRUZZO PER SOLETTA SUPERIORE, PIEDRITTO E FODERE

Valore Caratteristico Resistenza Cubica a 28gg: $R_{ck} = 40$ N/mm²

Valore Caratteristico Resistenza Cilindrica a 28gg: $f_{ck} = 32$ N/mm²

Resistenza a compressione cilindrica media: $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 40$ N/mm²

Resistenza a trazione assiale: $f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3} = 3,02$ N/mm²

$f_{ctk,0,05} = 0,70 * f_{ctm} = 2,12$ N/mm²

Resistenza a trazione per flessione $f_{cfm} = 1,20 * f_{ctm} = 3,63$ N/mm²

$f_{ctk,0,05} = 0,70 * f_{cfm} = 2,54$ N/mm²

Verifiche agli SLU: $\gamma_c = 1,50$

Resistenza di calcolo a compressione $f_{cd} = 0,85 * f_{ck} / \gamma_c = 18,13$ N/mm²

Resistenza di calcolo a trazione diretta $f_{ctd} = f_{ctk,0,05} / \gamma_c = 1,41$ N/mm²

Resistenza di calcolo a trazione per flessione $f_{ctd,f} = 1,20 * f_{ctd} = 1,69$ N/mm²

Modulo di Young secante: $E_{cm} = 22 * [f_{cm}/10]^{0,3} = 33346$ N/mm²

Modulo di elasticità tangenziale: $G_{cm} = E / [2(1+\nu)] = 13894$ N/mm²

Coefficiente di Poisson: $\nu = 0,20$

Coefficiente di dilatazione lineare: $\alpha = 0,000010$ °C⁻¹

Tensione di aderenza acciaio-calcestruzzo: $\eta = 1,00$

$f_{bd} = 2,25 * f_{ctk} * \eta / \gamma_c = 3,18$ N/mm²

Verifiche agli SLE:

Combinazioni Quasi Permanenti $\sigma_{cmax,QP} = 0,40 * f_{ck} = 12,80$ N/mm²

Combinazioni Caratteristiche $\sigma_{cmax,R} = 0,55 * f_{ck} = 17,60$ N/mm²

Verifiche a Fessurazione $\sigma_t = f_{ctm} / 1,2 = 2,52$ N/mm²

3.3 CALCESTRUZZO PER SOLETTE INFERIORI

Valore Caratteristico Resistenza Cubica a 28gg: $R_{ck} = 37$ N/mm²

Valore Caratteristico Resistenza Cilindrica a 28gg: $f_{ck} = 30$ N/mm²

Resistenza a compressione cilindrica media: $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 38$ N/mm²

Resistenza a trazione assiale: $f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3} = 2,90$ N/mm²

$f_{ctk,0,05} = 0,70 * f_{ctm} = 2,03$ N/mm²

Resistenza a trazione per flessione $f_{cfm} = 1,20 * f_{ctm} = 3,48$ N/mm²

$f_{ctk,0,05} = 0,70 * f_{cfm} = 2,43$ N/mm²

Verifiche agli SLU: $\gamma_c = 1,50$

Resistenza di calcolo a compressione $f_{cd} = 0,85 * f_{ck} / \gamma_c = 17,00$ N/mm²

Resistenza di calcolo a trazione diretta $f_{ctd} = f_{ctk,0,05} / \gamma_c = 1,35$ N/mm²

Resistenza di calcolo a trazione per flessione $f_{ctd,f} = 1,20 * f_{ctd} = 1,62$ N/mm²

Modulo di Young secante: $E_{cm} = 22 * [f_{cm}/10]^{0,3} = 32837$ N/mm²

Modulo di elasticità tangenziale: $G_{cm} = E / [2(1+\nu)] = 13682$ N/mm²

Coefficiente di Poisson: $\nu = 0,20$

Coefficiente di dilatazione lineare: $\alpha = 0,000010$ °C⁻¹

Tensione di aderenza acciaio-calcestruzzo: $\eta = 1,00$

$f_{bd} = 2,25 * f_{ctk} * \eta / \gamma_c = 3,04$ N/mm²

Verifiche agli SLE:

Combinazioni Quasi Permanenti $\sigma_{cmax,QP} = 0,40 * f_{ck} = 12,00$ N/mm²

Combinazioni Caratteristiche $\sigma_{cmax,R} = 0,55 * f_{ck} = 16,50$ N/mm²

Verifiche a Fessurazione $\sigma_t = f_{ctm} / 1,2 = 2,42$ N/mm²

3.4 CALCESTRUZZO MAGRO

Valore Caratteristico Resistenza Cubica a 28gg: $R_{ck} = 12 \text{ N/mm}^2$

Valore Caratteristico Resistenza Cilindrica a 28gg: $f_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a compressione cilindrica media: $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 23 \text{ N/mm}^2$

3.5 ACCIAIO IN BARRE A.M.

Tensione caratteristica di rottura (frattile 5%) $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica di snervamento(frattile 5%) $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$

Fattore di sovraresistenza $K = f_{tk}/f_{yk} = 1,20 \text{ N/mm}^2$

Verifiche agli SLU:

Allungamento a rottura $\varepsilon_{uk} = 7,50 \%$

$\varepsilon_{ud} = 0,9 * \varepsilon_{uk} = 6,75 \%$

Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU: $\gamma_s = 1,15$

Resistenza di calcolo allo SLU: $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391,3 \text{ N/mm}^2$

Modulo di elasticità: $E_f = 210000 \text{ N/mm}^2$

Verifiche agli SLE:

Combinazioni Caratteristiche $\sigma_{smax} = 0,75 * f_{yk} = 337,5 \text{ N/mm}^2$

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	26 di 202

3.6 ACCIAIO PER TREFOLI

Tensione caratteristica di rottura	$f_{ptk} =$	1860	N/mm ²
Tensione caratteristica all'1 % di deformazione totale	$f_{p(1)k} =$	1670	N/mm ²
Allungamento sotto carico massimo	$A_{gt} =$	3,5	%
Modulo di elasticità:	$E_f =$	210000	N/mm ²
Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU:	$\gamma_s =$	1,15	
Resistenza di calcolo allo SLU:	$f_{yd} = f_{p(1)k} / \gamma_s =$	1452	N/mm ²

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	27 di 202

3.7 CLASSI DI ESPOSIZIONE E COPRIFERRI

Con riferimento alle specifiche di cui alla norma UNI 11104, si definiscono di seguito le classe di esposizione del calcestruzzo delle diversi parti della struttura oggetto dei dimensionamenti di cui al presente documento:

Elemento	Classe CLS	Classe di Esp.ne	Ambiente	Diam.Max Aggregati	Max a/c	Min Cemento	Copriferro
				mm		[kg/mc]	[mm]
Soletta Superiore, Muri e Fodere	C32/40	XC4	aggressivo	32	0.50	340	40
Soletta Inferiore	C30/37	XA1	aggressivo	32	0.55	320	40
Pali e Cordoli	C25/30	XC2	ordinario	25	0.60	300	60

Classe esposizione norma UNI 9858	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206-1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco						
1	X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici in ambiente molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.	-	C 12/15	
2 Corrosione indotta da carbonatazione						
Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriporto o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettono quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.						
2 a	XC1	Asciutto o permanentemente bagnato.	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensazione, o immerse in acqua.	0,60	C 25/30	
2 a	XC2	Bagnato, raramente asciutto.	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	0,60	C 25/30	
5 a	XC3	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non comprese nella classe XC2.	0,50	C 32/40	
3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare						
5 a	XD1	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XD2	Bagnato, raramente asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenente cloruri (Piscine).	0,50	C 32/40	
5 c	XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	0,45	C 35/45	

Classe esposizione norma UNI 9858	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206-1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare						
4 a 5 b	XS1	Esposto alla salinità marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.	0,50	C 32/40	
	XS2	Permanentemente sommerso.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua.	0,45	C 35/45	
	XS3	Zone esposte agli spruzzi o alle maree.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.	0,45	C 35/45	
5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti*						
2 b	XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.	0,50	C 32/40	
3	XF2	Moderata saturazione d'acqua, in presenza di agente disgelante.	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.	0,50	C 25/30	3,0
2 b	XF3	Elevata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.	0,50	C 25/30	3,0
3	XF4	Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.	0,45	C 28/35	3,0
6 Attacco chimico**						
5 a	XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contentori di fanghi e vasche di decantazione. Contentori e vasche per acque reflue.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.	0,50	C 32/40	
5 c	XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contentori di foraggi, mangimi e liquame provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi di gas di scarico industriali.	0,45	C 35/45	

*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione:
- moderato: occasionalmente gelato in condizione di saturazione;
- elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.
**) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.

Figura 12: Classi di esposizione secondo UNI-EN 206-2006.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <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>GA02000 010</td> <td>A</td> <td>28 di 202</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA02000 010	A	28 di 202
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA02000 010	A	28 di 202								

La scelta delle classi di resistenza dei conglomerati riportate in precedenza viene di seguito verificata impiegando il Prospetto 4 della UNI-EN 11104 il quale prescrive, in funzione delle Classi di Esposizione, la resistenza minima delle miscele da adottare:

prospetto 4 Valori limiti per la composizione e le proprietà del calcestruzzo

	Classi di esposizione																	
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri			Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico					
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	Acqua di mare		Cloruri provenienti da altre fonti	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2
Massimo rapporto a/c	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,50	0,45	0,45
Minima classe di resistenza ¹⁾	C12/15	C25/30	C28/35	C32/40	C32/40	C35/45	C28/35	C32/40	C35/45	C28/35	C32/40	32/40	25/30	28/35	28/35	32/40	35/45	35/45
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³)	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	340	320	340	360	320	340	360	360
Contenuto minimo in aria (%)													3,0 ^{a)}					
Altri requisiti												Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				È richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati ^{b)}		

*) Nel prospetto 7 della UNI EN 206-1 viene riportata la classe C8/10 che corrisponde a specifici calcestruzzi destinati a sottofondazioni e ricoprimenti. Per tale classe dovrebbero essere definite le prescrizioni di durabilità nei riguardi di acque o terreni aggressivi.
a) Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI 7087, per la relativa classe di esposizione.
b) Qualora la presenza di solfati comporti le classi di esposizione XA2 e XA3 è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati secondo UNI 9156.

Figura 13: Classi di resistenza minima del calcestruzzo secondo UNI – 11104

I copriferri di progetto adottati per le barre di armatura, tengono infine conto inoltre delle prescrizioni di cui alla Tabella C4.1.IV della Circolare n.617 del 02-02-09 redatta dal legislatore per una Vita Nominale di 50 anni:

<i>Vita Nominale = 50 anni</i>			barre c.a. per Piastre		barre c.a. per altri Elem.		cavi c.a.p. per Piastre		cavi c.a.p. per altri Elem.	
Cmin	Co	ambiente	C>=Co	Cmin<=C<Co	C>=Co	Cmin<= C<Co	C>=Co	Cmin<= C<Co	C>=Co	Cmin<=C<Co
25	35	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
28	40	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
35	45	molto aggr.	35	40	40	45	45	50	50	50

Figura 14: Definizioni del Copriferro secondo NTC08

Interpolando per la Vita Nominale di Progetto scelta dal Committente e pari a 75 anni, ed eseguendo il calcolo analitico del copriferro minimo, riportato nella tabella che segue, si evince che i copriferri adottati in PE confermano i copriferri già previsti in PD che già ottemperavano alle richieste normative.

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	29 di 202

	Pali	Soletta Inf.	Soletta Sup.	Muri	
fck =	25	30	32	32	N/mm ²
AMBIENTE =	2	2	2	2	Aggressivo
Classe di Esposizione =	XC2	XA1	XC4	XC4	
Cmin =	28	28	28	28	N/mm ²
Co =	40	40	40	40	N/mm ²
VITA NOMINALE =	75	75	75	75	anni
Copriferro base =	35	30	30	30	mm
Incr. per Resistenza =	5	0	0	0	mm
Incr. per Vita Nominale =	5	5	5	5	mm
Incr. per Controllo Qualità =	0	0	0	0	mm
Copriferro di Calcolo =	45	35	35	35	mm
Copriferro di PE =	60	40	40	40	mm

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La definizione del modello geotecnico per il sottosuolo di riferimento è trattata diffusamente nella specifica sezione dedicata all'opera in esame nella "Relazione Geologica, geomorfologica ed idrogeologica" [I].

Il sondaggio di riferimento per stratigrafia e livello di falda presso l'imbocco lato Canello è il sondaggio S-PE16, ubicato all'intorno della pk 22+360. Il livello della falda rilevato è ubicato a profondità maggiori di 15 m dal p.c. e corre, generalmente, ad una distanza di almeno 5 metri al di sotto delle quote del Piano del Ferro.

La Tabella di cui sopra sintetizza in cifre la situazione stratigrafica individuata dai sondaggi e dalle indagini che viene graficamente rappresentata dal Profilo Geologico sottoriportato relativo alla sola tratta oggetto della presente Relazione.

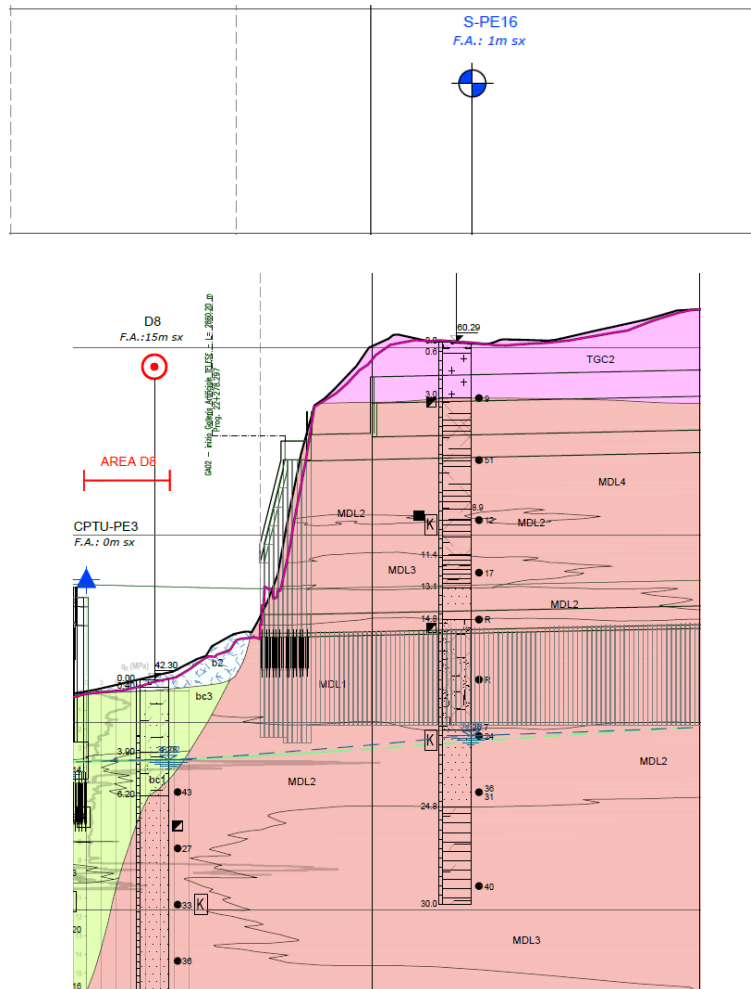


Figura 15: Profilo Geotecnico ricostruito nell'intorno dell'imbocco lato Canello [IV]

Si riporta di seguito, altresì, la stratigrafia adottata per la definizione delle azioni sulle strutture.

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

**GA02 - Relazione di calcolo imbocco lato Canello
e Sezione Tipo F**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	31 di 202

Tabella 6: Stratigrafia di progetto, imbocco lato Canello e per la sezione tipo F

Unità Geotecnica	Descrizione	GEOMETRIA		
		z0	z1	H
(UG)		(mslm)	(mslm)	(m)
Ra	Terreno di riporto	var	57.1	max 0.2
TGC2	Tufo Grigio Campano Cenere sabbioso, sabbioso limosa	57.1	56.7	0.4
MDL4	Unità di Maddaloni Sabbia travertinosa	56.7	48.4	8.3
MDL3	Unità di Maddaloni Argille limose	48.4	46.9	1.5
MDL2	Unità di Maddaloni Sabbia, sabbia limosa	46.9	45.5	1.4
MDL1	Unità di Maddaloni Ghiaia sabbiosa	45.5	39.4	6.1
MDL2	Unità di Maddaloni Sabbia, sabbia limosa	39.4	34.7	4.7
MDL3	Unità di Maddaloni Argille limose	34.7	28.4	6.3
MDL2	Unità di Maddaloni Sabbia, sabbia limosa	28.4	inf	-

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">GA0200 010</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">32 di 202</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	32 di 202
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	32 di 202								

4.1 PARAMETRIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

Vista la complessa geometria e l'effetto dell'interazione opera struttura da considerare, le analisi sono state sviluppate con il software per le analisi con il metodo agli elementi finiti (FEM) bidimensionale geotecnico PLAXIS versione 2018.

La seguente tabella riassume i parametri di calcolo utilizzati per l'imbocco lato Canello e per la sezione tipo F. La parametrizzazione è stata utilizzata nella modellazione per le analisi 2D FEM con PLAXIS.

Tabella 7: Parametri di calcolo dell'imbocco lato Canello e sezione tipo F

Unità Geotecnica	Descrizione	PARAMETRI GEOTECNICI					
		Modello	γ (kN/m ³)	φ' (°)	c' (kPa)	$E'_{0,50}$ (MPa)	$E'_{ur,50}$ (MPa)
(UG)							
Ra	Terreno di riporto	HSM-DR	20	35	0	35	70
TGC2	Tufo Grigio Campano Cenere sabbioso, sabbioso limosa	HSM-DR	17	33	0	35	70
MDL1	Unità di Maddaloni Ghiaia sabbiosa	HSM-DR	20	38	0	120	240
MDL2	Unità di Maddaloni Sabbia, sabbia limosa	HSM-DR	20	32	0	60	120
MDL3	Unità di Maddaloni Argille limose	HSM-DR	20	24	10	50	150
MDL4	Unità di Maddaloni Sabbia travertinoso	HSM-DR	20	34	30	200	600

Si può notare come tutti i depositi sono stati modellati con il modello Hardening Soil Model in condizioni drenate (HSM DR), modello elasto-plastico con diversi moduli di carico e scarico, risposta tenso-deformativa iperbolica e criterio di rottura alla Mohr-Coulomb con superficie che può espandersi a causa della deformazione plastica.

I parametri caratteristici dell'HSM riportati in tabella sono:

$E'_{0,50}$ Modulo elastico per il carico primario di riferimento

$E'_{ur,50}$ Modulo di carico-scarico di riferimento

Per ulteriori dettagli, riferirsi al capitolo sulla modellazione geotecnica.

4.2 MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA

Come già illustrato precedentemente, il sondaggio di riferimento per il livello di falda presso l'imbocco lato Canello (S-PE16) ha permesso di definire il livello di falda ad una quota pari a **38 m.s.l.m.**, corrispondente ad una quota relativa di circa 16.5m rispetto alla quota di intestazione dei pali della paratia Nord.

Durante la modellazione, il materiale geotecnico è stato considerato sempre in condizioni drenate, così da essere sempre a favore di sicurezza. In ogni caso, la falda è situata sempre al di sotto della quota di scavo, quindi la creazione di sovrappressioni nei depositi coesivi è limitata.

5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica necessari per la determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato dal D.M. 14 Gennaio 2008 e relativa circolare applicativa.

Il tracciato della Linea Ferroviaria si sviluppa per circa 30km, da ovest verso est, attraversando il territorio di diverse località tra cui Dugenta/Frasso (BN), Amorosi (BN), Telese(BN), Solopaca(BN), San Lorenzo Maggiore(BN), Ponte(BN), Torrecuso(BN), Vitulano (BN) , Benevento – Località Roseto (BN).

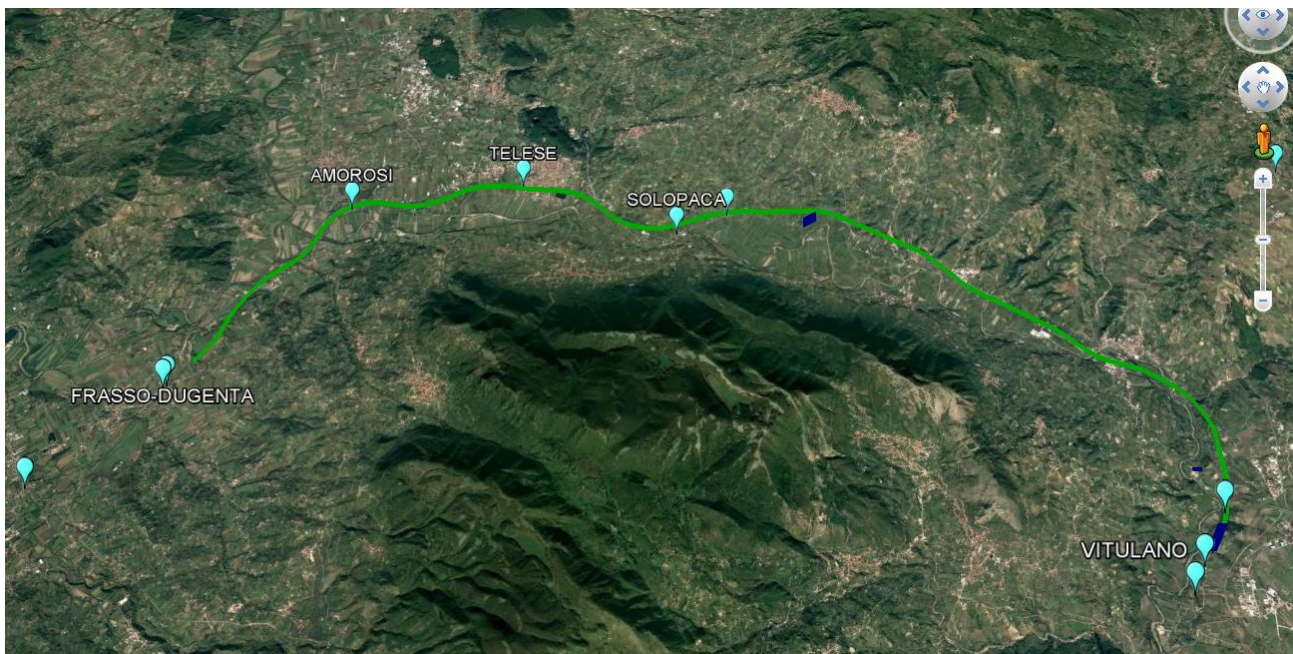


Figura 16: Configurazione planimetrica tracciato.

La Galleria Artificiale Telese, a codice GA02, si sviluppa per circa 3km nei soli territori dei Comuni di Telese e Solopaca (BN). Quest'ultimo è stato assunto quale rappresentativo per la valutazione delle azioni sismiche di progetto.

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale $VN = 75$ anni propria della Categoria 2 "Altre opere nuove a velocità $V < 250$ km/h".

Per la definizione della Classe d'Uso si assume l' opera appartenente alla Classe III a cui, per lo Stato Limite di Vita (SLV) è associato un coefficiente d'uso pari a $C_u = 1,50$.

Il prodotto dei due parametri precedenti danno luogo, come noto, al Periodo di Riferimento:

$$V_r = 1,50 * 75 = 112,50 \text{ anni}$$

		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F		COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0200 010	REV. A	FOGLIO 34 di 202

La Categoria di Sottosuolo è valutata in [XX] secondo le prescrizioni di cui e al punto 3.2.2 del DM 14.01.08.

Dal documento si evince che l'opera in esame appartiene al

Sottosuolo Tipo C

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Figura 17: Espressioni di S_s e di C_c .

Per la Topografia si assume

Classe Topografica T1

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Figura 18: Categorie Topografiche.

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Figura 19: Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T .

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0200 010	REV. A	FOGLIO 35 di 202

I prospetti che seguono inseriscono le scelte su definite nel complesso normativo proprio della NTC08:

Stato Limite	Pvr	Classe d'Uso	Cu	Note NTC08
	%			
SLO	81	1	0,70	Presenza Occasionale di Persone
SLD	63	2	1,00	Normale affollamento
SLV	10	3	1,50	Affollamenti significativi
SLC	5	4	2,00	Reti Viarie di Tipo A e B DM 5.11.2001

Opera	Vita Nom.	CLASSI D'USO			
		1	2	3	4
	Vn				
Provvisoria	<=10	35	35	35	35
Ordinaria	>=50	35	50	75	100
Grande Opera	>=100	70	100	150	200

e riepilogando si assume:

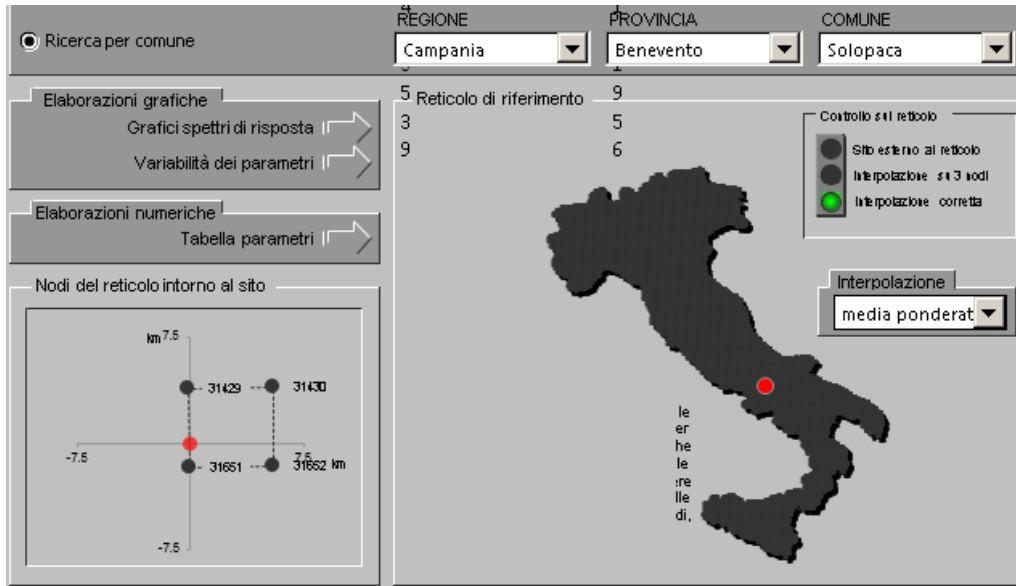
Stato Limite	Pvr	Vn	Cl. d'uso	Cu	Vr = Vn * Cu
	%	anni			anni
SLV	10	75	3	1,50	112,50

La figura che segue mostra le accelerazioni spettrali ed i relativi parametri di governo della località:

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	36 di 202



SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	68	0.088	2.368	0.316
SLD	113	0.113	2.377	0.331
SLV	1068	0.322	2.346	0.401
SLC	2193	0.419	2.430	0.425

Figura 20: Tabella Parametri Sismici @ Solopaca (BN)

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0200 010</td> <td>A</td> <td>37 di 202</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	37 di 202
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	37 di 202								

6 INTERAZIONE OPERA-TERRENO

Il comportamento del sistema opera-terreno è stato analizzato nelle diverse fasi costruttive fino alla configurazione finale. Le analisi sono mirate alla previsione del comportamento deformativo nell'intorno dello scavo e dei carichi attesi sull'opera di sostegno, così come ad una valutazione attendibile degli spostamenti orizzontali della paratia e degli effetti indotti al piano campagna.

Le analisi numeriche sono state condotte con il software geotecnico per la modellazione bidimensionale ad elementi finiti PLAXIS versione 2018.

Tale programma consente di studiare problemi di ingegneria geotecnica piani o assialsimmetrici, riproducendo l'esatta storia di carico del terreno e fornendo al termine di ogni fase di carico il quadro tenso-deformativo nell'ammasso e negli elementi di sostegno. In particolare il terreno può essere discretizzato attraverso una maglia costituita da elementi triangolari connessi in corrispondenza dei nodi perimetrali (possono essere utilizzati elementi a 6 o a 15 nodi). I modelli di comportamento applicabili nella descrizione del suolo possono essere sia di tipo elastico che di tipo elasto-plastico ed è possibile riprodurre le varie fasi di scavo attivando o disattivando gli elementi del modello interessati.

La schematizzazione impiegata utilizza elementi triangolari a 15 nodi per modellare gli strati di terreno ed elementi "plate" o "beam" a 5 nodi per modellare le strutture. Il triangolo a 15 nodi fornisce un'interpolazione del quarto ordine e l'integrazione numerica adopera dodici punti di Gauss, mentre gli elementi "beam" si basano sulla teoria della trave di Mindlin che tiene conto dell'influenza sulla deformabilità dovuta sia alle sollecitazioni taglianti che a quelle flettenti.

6.1 MODELLAZIONE STRUTTURALE

Gli elementi strutturali sono stati modellati utilizzando differenti tipologie di elementi strutturali previste dal software per analisi FEM in funzione delle peculiarità :

- Elementi "plate" per paratie, travi, muri, solette e platee di fondazione;
- Elementi "embedded beam row" per i pali di fondazione e per i bulbi degli ancoraggi;
- Elementi "node-to-node anchor" per la lunghezza libera degli ancoraggi.

6.1.1 PARATIA

La paratia di pali discontinua è stata modellata con elementi di tipo "plate" a cui sono state assegnate le caratteristiche di un diaframma equivalente con inerzia pari a quella dei pali in calcestruzzo divisa per il proprio interasse:

$$EJ_{paratia} = \frac{E_c \cdot J_p}{s_p}$$

Lo spessore del diaframma equivalente è quindi:

$$d_{eq} = \sqrt[3]{\frac{12}{EJ_{paratia}}}$$

con:

- E_c = modulo elastico del calcestruzzo;
- A_p = area del palo;
- J_p = inerzia del palo;
- s_p = interasse fra i pali;
- d_{eq} = diametro del diaframma equivalente.

L'elemento avrà quinti rigidezza assiale pari a:

$$EA_{parati a} = E_c \cdot d_{eq}$$

6.1.2 TRAVI, MURI, SOLETTE E PLATEE

Travi, muri, platea di fondazione e soletta superiore sono stati modellati come elementi "plate" (teoria della trave) caratterizzati da rigidezza assiale EA, rigidezza flessionale EJ, peso proprio e coefficiente di Poisson ν .

$$EA = E_c \cdot h_b$$

$$EJ = E_c \cdot \frac{h_b^3}{12}$$

6.1.3 PALI DI FONDAZIONE E ANCORAGGI

I pali e i bulbi di ancoraggio sono modellati con elementi appositamente creati all'interno del programma per la modellazione di pali, bulloni e bulbi di ancoraggi, definiti "embedded beam row".

Questi elementi sono ordinari elementi "beam" secondo la teoria della trave di Midlin che vengono sovrapposti alla mesh di analisi senza determinarne l'interruzione ed interagendo con la stessa solo attraverso delle molle ai nodi. La rigidezza di tali molle di connessione è funzione dell'interasse tra i pali, così da lasciare la possibilità alla mesh di "attraversare" la palificata.

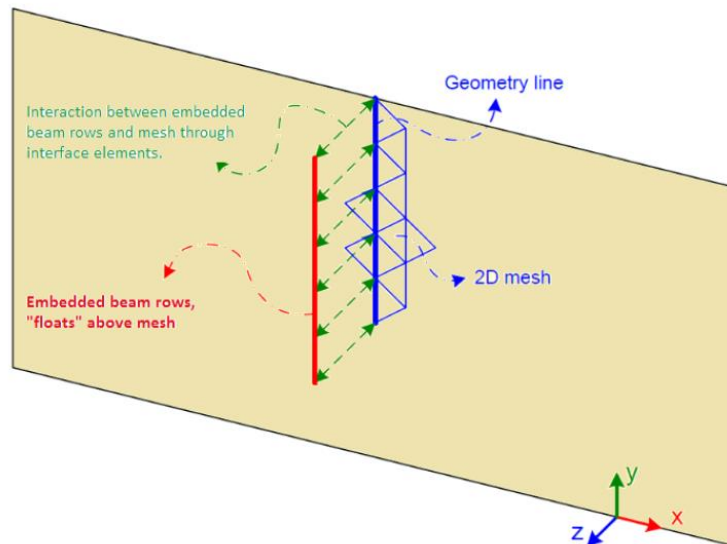


Figura 21: Schema dell'elemento "embedded beam row"

L'interazione dell'elemento con il terreno è descritta da una legge di comportamento lineare elastica con resistenza determinata da parametri specifici che governano il comportamento del palo tramite gli spostamenti differenziali e la rigidezza, per i tre principali meccanismi di trasmissione degli sforzi tra palo e terreno, ognuno dotato di un valore di resistenza:

- Rigidezza assiale (K_s) e relativa resistenza attritiva (T_{shaft}).
- Rigidezza laterale fuori dal piano (K_n) e relativa resistenza laterale (T_{lat}).

- Rigidezza alla base del palo (K_{foot}) e resistenza alla base (F_{foot})

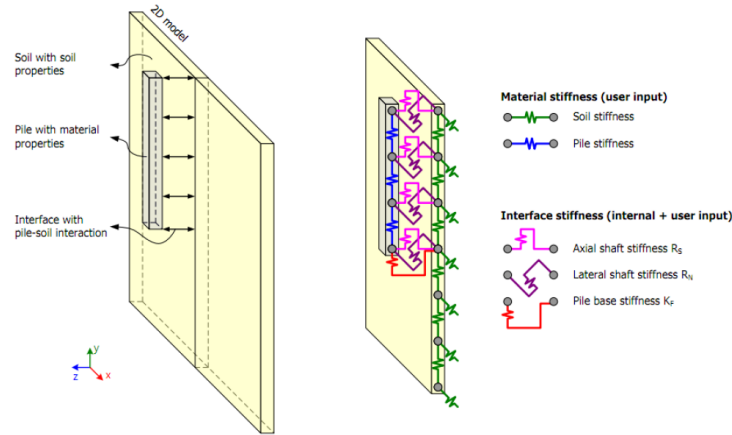


Figura 22: Rigidezze dell'elemento di interfaccia tra pali e terreno per gli elementi "embedded beam row"

I parametri di input forniti al programma per la modellazione degli elementi "embedded beam row" saranno quindi i parametri geometrici dell'elemento (area A_{ebr} , inerzia J_{ebr} , interasse fuori dal piano $L_{s,ebr}$), le caratteristiche meccaniche del materiale (modulo elastico E_{ebr} , peso specifico γ_{ebr}) e dell'interfaccia elemento-terreno (resistenza assiale $T_{shaft,ebr}$, resistenza laterale $T_{lat,ebr}$, resistenza alla base $F_{foot,ebr}$).

La resistenza assiale e la resistenza di base per i pali di fondazione è derivata dal calcolo della capacità portante (rispettivamente laterale e alla punta) per pali trivellati in terreni attritivi, sviluppato con maggiore dettaglio nel paragrafo relativo alle verifiche geotecniche per la capacità portante.

La resistenza assiale per i tiranti è derivata dal calcolo della resistenza a metro lineare ottenuta con i diagrammi di Bustamante e Doix, descritta con maggiore dettaglio nel paragrafo relativo alle verifiche geotecniche sugli ancoraggi:

$$T_{shaft} = \pi \Phi_d \alpha \tau_{lim}$$

L'elemento strutturale, essendo del tutto equivalente ad un elemento "beam", fornirà le sollecitazioni principali calcolate con la teoria della trave di Midlin.

La differenza tra l'utilizzo dell'elemento strutturale tra pali e bulbi di ancoraggi è qui riassunta: il palo è connesso con l'elemento "plate" in testa con una connessione che permette la trasmissione di spostamenti e rotazioni, mentre il bulbo di ancoraggio è connesso all'estremità con l'elemento di collegamento "node-to-node anchor" che simula il comportamento della lunghezza libera del tirante, e non con il terreno, a cui è collegato solo attraverso l'interfaccia.

L'elemento "node-to-node anchor" è un elemento che può essere soggetto sia a compressione sia a trazione, è sollecitato solo da sforzi assiali e simula il comportamento di una molla elastica con relativa rigidezza calcolata come:

$$k = E_s A_t / L_t$$

ove

- E_s modulo elastico dell'acciaio
- A_t sommatoria dell'area di tutti i trefoli del tirante
- L_t interasse tra tiranti in direzione longitudinale

6.2 MODELLAZIONE GEOTECNICA

Il modello costitutivo utilizzato per simulare il comportamento del materiale è l'Hardening Soil Model (HSM) con il criterio di rottura di Mohr-Coulomb, un modello elasto-plastico con un criterio di rottura multi-superficie che governa lo sviluppo delle deformazioni plastiche. La superficie si espande a causa della deformazione plastica, con una legge di flusso ipotizzata associata.

L'HSM ha un comportamento secondo cui la rigidità è funzione dello stato tensionale e cambia in caso di cicli di carico-scarico con una relazione iperbolica sul piano delle tensioni in funzione delle deformazioni.

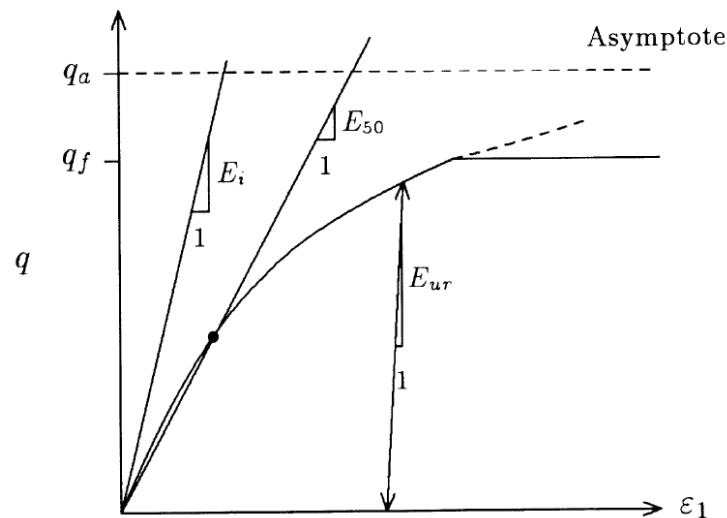


Figura 23: Risposta tenso-deformativa di un materiale modellato con HSM sottoposto di cicli di carico-scarico (Rif [16])

Il modulo elastico per il carico primario E_{50} è funzione del modulo elastico in condizioni di riferimento E_{50}^{ref} (la tensione di riferimento considerata è $\sigma^{ref}=100\text{kPa}$), dalla coesione c' , dall'angolo di attrito φ' e anche dalla tensione minima σ_3 , mentre la dipendenza dalla tensione è definita dal parametro m , considerato pari a 0.5, valore cautelativo sia per le sabbie (range 0.5-0.8) sia per le argille (range 0.8-1), come illustrato in dettaglio in Rif. [18] Rif. [19]:

$$E_{50} = E_{50}^{ref} \cdot \left(\frac{\sigma_3 + c' \cot \varphi}{\sigma^{ref} + c' \cot \varphi} \right)^m$$

In caso di fasi di carico-scarico, il modulo di riferimento di carico-scarico sarà:

$$E_{ur} = E_{ur}^{ref} \cdot \left(\frac{\sigma_3 + c' \cot \varphi}{\sigma^{ref} + c' \cot \varphi} \right)^m$$

Il rapporto tra moduli elastici di carico e scarico E_{50} / E_{ur} è stato stimato con un valore cautelativo sia per le sabbie/ghiaie (range di possibile variazione 3-5), sia per le argille (range di possibile variazione 2-3), come illustrato in dettaglio in Rif. [18] Rif. [19].

Il modulo elastico a piccole deformazioni è stato utilizzato come E_{50}^{ref} , considerando $E_{oed}^{ref} = E_{50}^{ref}$, ipotesi riconosciuta come realistica in assenza di evidenze da prove edometriche in sito.

L'interazione terreno-struttura è stata modellata utilizzando degli elementi "interfaccia" applicati alle stesse strutture.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0200 010	REV. A	FOGLIO 41 di 202

In condizione statica, la rugosità tra le superfici a contatto è simulata attraverso un valore di riduzione della resistenza (R_{inter}), assunto pari a 0.6, equivalente a considerare un angolo di attrito al contatto pari a 2/3 dell'angolo di attrito del terreno:

$$\delta = 0.6 \varphi'$$

6.3 MODELLAZIONE SISMICA

Considerando che le strutture in esame sono assimilabili a strutture flessibili, la forza dovuta alla spinta dinamica del terreno soggetta a moto sismico è stata valutata con il metodo pseudo-statico secondo la teoria di Mononobe e Okabe (Rif. [21] e Rif. [22]).

Per la simulazione degli effetti dell'azione sismica sulle masse inerziali si fa riferimento al metodo pseudostatico secondo quanto previsto dalla normativa vigente, applicando cioè alle masse ed ai carichi fissi e variabili eventualmente presenti, due azioni statiche equivalenti proporzionali al peso, ovvero all'intensità del carico secondo quanto di seguito indicato:

$$F_h = k_h \cdot W \quad \text{azione sismica orizzontale}$$

$$F_v = k_v \cdot W \quad \text{azione sismica verticale}$$

con:

W : Peso della massa coinvolta / intensità del carico permanente

K_h : coefficiente sismico orizzontale

K_v : coefficiente sismico verticale

Per le opere di sostegno, i coefficienti sismici K_h e K_v sono in particolare definiti al punto 7.11.6.3.1 del DM 14.01.08 (Rif. [1]), risultando in particolare:

$$K_h = \alpha \cdot \beta \cdot (a_{max} / g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

dove:

β è un coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti (us) senza cadute di resistenza.

α è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera, ricavabile dall' abaco riportato di seguito, in funzione dell'altezza complessiva dell'opera H e del tipo di sottosuolo.

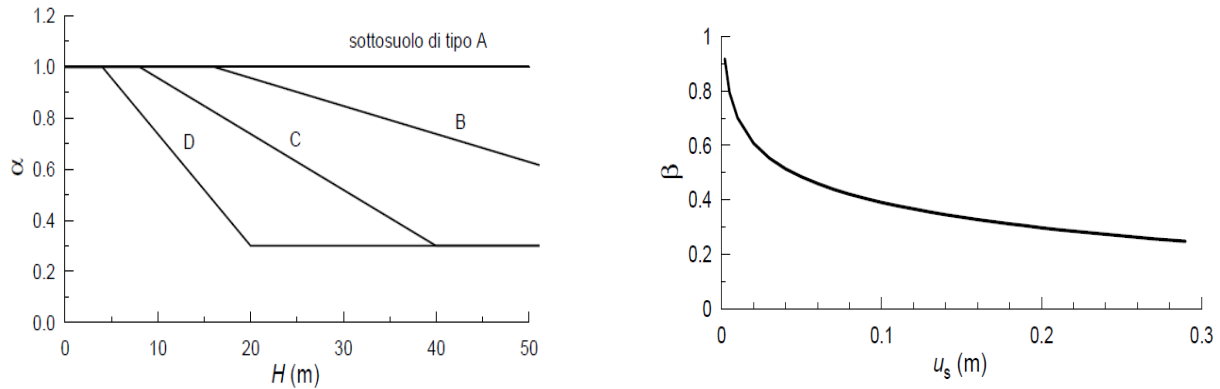


Figura 24: Diagrammi per la valutazione dei coefficienti α e β inclusi nelle NTC 2008 (Rif. [1])

La spinta secondo la teoria di Mononobe-Okabe è stata applicata con l'approccio consigliato dall'EC8-5 (Rif. [16]), seguendo la procedura qui descritta:

- Calcolo della spinta attiva in condizioni sismiche P_{AE} con le equazioni di Mononobe-Okabe, ovvero la reazione della paratia, uguale in modulo alla spinta attiva pseudostatica nella condizione critica.

$$P_{AE} = \frac{1}{2} \gamma H^2 (1 \pm k_v) K_{AE}$$

in cui γ è il peso dell'unità di volume del terreno, K_{AE} è il coefficiente di spinta attiva del terreno in condizioni sismiche e k_v è il coefficiente sismico verticale.

L'espressione analitica di K_{AE} è la seguente:

$$K_{AE} = \frac{\sin^2(\psi + \phi' - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi' + \delta) \sin(\phi' - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

in cui:

- β : inclinazione della superficie limite del terrapieno
- ψ inclinazione del paramento interno rispetto all'orizzontale
- H altezza libera della paratia,
- ϕ' angolo di resistenza al taglio del terreno
- δ angolo di attrito struttura-terreno lungo il paramento, imposto pari a zero
- W peso del cuneo di terreno,
- θ Inclinazione rispetto alla verticale della risultante delle forze di volume agenti sul cuneo di rottura dovute alla gravità ed alle forze pseudo-statiche nelle direzioni orizzontale e verticale

$$\theta = \arctg\left(\frac{k_H}{1 \pm k_v}\right)$$

- Valutazione della spinta attiva in condizioni statiche P_{AS} per $\theta=0$

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0200 010</td> <td>A</td> <td>43 di 202</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	43 di 202
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	43 di 202								

- Valutazione dell'incremento di spinta ΔP_{AE} con la seguente relazione:

$$\Delta P_{AE} = P_{AE} - P_{AS}$$

che può essere stimata con la teoria di Seed e Whitman (Rif. [23]) come:

$$\Delta P_{AE} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \left(\frac{3}{4} k_h \right) = \frac{3}{8} \cdot k_h \cdot \gamma \cdot H^2$$

Studi teorici e indagini sperimentali su modelli hanno confermato che il punto di applicazione della spinta è ubicato ad una quota compresa nell'intervallo 0.4÷0.6 H a partire dalla base della struttura. L'EC8 propone l'applicazione della spinta a 0.5 H, equivalente all'applicazione di un carico uniformemente distribuito sul tratto fuori-terra della paratia pari a:

$$\Delta q_{AE} = \Delta P_{AE} / H$$

Tale azione è applicata al solo tratto "scoperto" o "fuori terra" della paratia.

La spinta totale di progetto in fase sismica E_d calcolata dal programma ed agente sull'opera di sostegno è data dalla somma della spinta statica precedentemente determinata, dall'incremento di spinta sismico, dalla spinta statica data dall'eventuale sovraccarico accidentale combinata al 20% così come riportato nella Tabella 5.2.V delle NTC2008, e dall'azione inerziale delle masse strutturali applicata nei rispettivi baricentri (per motivi di praticità di calcolo e senza pregiudizio di sicurezza si trascura l'azione inerziale dei pali).

$$E_d = S_{stat} + 0,20 \cdot S_q + \Delta S_s$$

In accordo alle NTC 08, nel caso delle paratie l'accelerazione verticale può essere trascurata.

In condizione sismica, l'interazione terreno-struttura è stata modellata utilizzando degli elementi "interfaccia" applicati alle stesse strutture.

La rugosità tra le superfici a contatto è simulata attraverso un valore di riduzione della resistenza (R_{inter}), assunto pari a 0, equivalente a considerare un completo scorrimento al contatto paratia/terreno:

$$\delta / \varphi' = 0$$

Applicazione all'imbocco lato Canello e sezione tipo F della GA02

Nel caso dell'imbocco lato Canello e sezione tipo F della GA02, i calcoli sono stati eseguiti utilizzando i seguenti coefficienti sismici legati a geometria e spostamenti ammissibili:

$H_p = 25 \text{ m}$	altezza totale della paratia
$\alpha (H_p=200\text{m}) = 0,60$	coefficiente di deformabilità
$\beta (H_p=0.03u_s) = 0,60$	coefficiente di spostamento

Nel caso in esame, per quanto detto al capitolo delle azioni sismiche, il coefficiente sismico orizzontale sarà:

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	44 di 202

$$K_h = \alpha \cdot \beta \cdot (a_{\max} / g) = \alpha \cdot \beta \cdot S \cdot a_g/g = 0,60 \cdot 0,60 \cdot 1,247 \cdot 0,322 = 0,145$$

Il calcolo della spinta applicata alla paratia, secondo la teoria di Seed e Whitman (Rif. [23]), è:

$$\Delta P_{AE} = \frac{3}{8} \cdot k_h \cdot \gamma \cdot H^2 = \frac{3}{8} \cdot 0,145 \cdot 20 \cdot 9,81^2 = 104,7 \text{ kN}$$

da cui si ricava il carico sismico:

$$\Delta q_{AE} = \frac{\Delta P_{AE}}{H} = \frac{104,7}{9,81} = 10,67 \text{ kN/m}$$

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	<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>GA0200 010</td> <td>A</td> <td>45 di 202</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	45 di 202
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	45 di 202								

7 ANALISI DEI CARICHI

7.1 G1: PESI PROPRI

I pesi propri considerati nell'analisi della paratia sono stati inseriti nella modellazione con PLAXIS attraverso il peso lineare degli elementi "plate" e "embedded beam row", riassunti nell'apposito paragrafo riportato in ogni sezione di calcolo.

I pesi propri considerati nella modellazione della soletta di fondazione sono qui riassunti:

Tabella 8 – Determinazione del peso proprio

Elemento	$B * H * \gamma =$	G1 [kN/m]
Soletta di fondazione	$1.00 \cdot 1.00 \cdot 25 \text{ kN/m}^3 =$	25.00

7.2 G2: SOVRACCARICHI PERMANENTI

I sovraccarichi permanenti considerati nell'analisi della paratia sono stati inseriti nella modellazione con PLAXIS attraverso il peso del terreno di ricoprimento inserito come elemento di volume in ogni sezione di calcolo.

I sovraccarichi permanenti presenti sulla soletta di base non sono stati riportati nell'analisi agli elementi finiti in PLAXIS poiché l'assenza degli stessi è la condizione più gravosa per il calcolo di tutti gli elementi strutturali e per il calcolo geotecnico, mentre sono stati considerati nella verifica della platea di fondazione, in cui sono effettivamente dimensionanti.

I pesi propri considerati nella modellazione della soletta di fondazione sono qui riassunti:

Tabella 9 – Determinazione dei sovraccarichi permanenti per i diversi elementi strutturali

Elemento	$B * H * \gamma =$	G2 [kN/m]
Massicciata Ferroviaria	$1.00 \cdot 0.90 \cdot 18 \text{ kN/m}^3 =$	16.20
Massetto Pendenze	$1.00 \cdot 0.52 \cdot 24 \text{ kN/m}^3 =$	12.48
Marciapiede FFP Sx	$(1.66 / 3.30) \cdot 25 \text{ kN/m}^3 =$	12.58
Marciapiede FFP Dx	$(1.66 / 3.30) \cdot 25 \text{ kN/m}^3 =$	12.58

E' stato considerato il rinterro con geometria coerente a quanto riportato sugli elaborati grafici.

7.3 G3: SPINTA DELLE TERRE

La spinta delle terre è calcolata in modo automatico e viene generata nell'ambito della modellazione geotecnica ad elementi finiti tramite il calcolo dello stato tenso-deformativo nel terreno e dall'interazione struttura terreno in funzione della fase di realizzazione delle opere e dello scavo.

Alle sollecitazioni così calcolate verranno applicati i coefficienti di combinazione propri delle spinte delle terre.

7.4 Q1: SOVRACCARICHI MOBILI

7.4.1 SOVRACCARICHI MOBILI APPLICATI AL SOLETTONE DI FONDAZIONE

I carichi verticali vengono schematizzati per mezzo di due treni di carico distinti.

Il treno LM71 è rappresentativo del traffico normale ed è, quindi, applicabile a entrambi i binari.

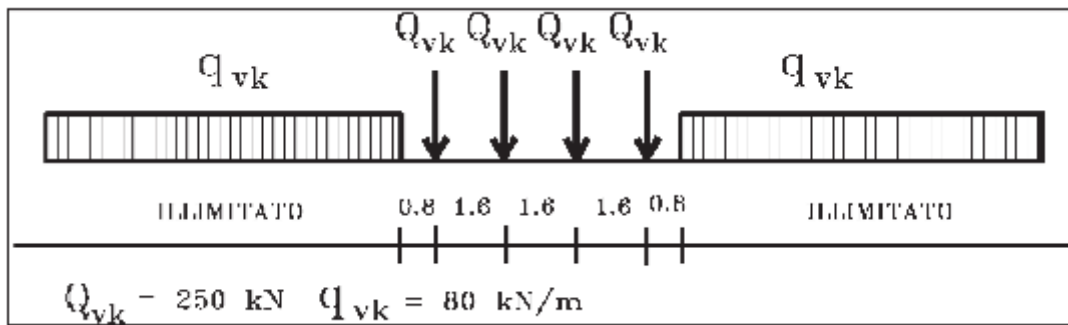


Figura 25: Treno di carico LM 71.

Considerando i 4 carichi assiali da 250 kN e la lunghezza complessiva di 6.40 m sulla quale agiscono, il carico verticale equivalente a metro lineare agente alla quota della piattaforma ferroviaria risulta pari a :

$$p = 4 \cdot 250 / 6.40 = 156.25 \text{ kN/m}$$

Il carico per asse può essere distribuito longitudinalmente e trasversalmente secondo i seguenti schemi di diffusione:

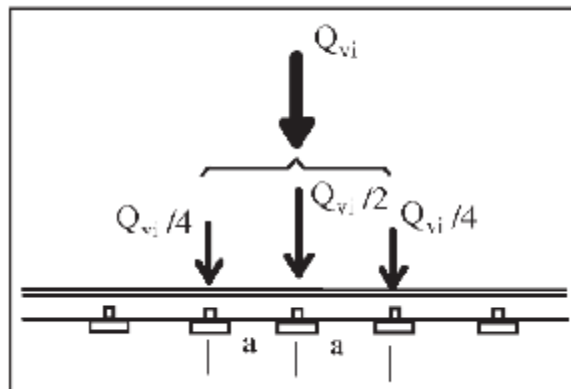


Figura 26: Distribuzione longitudinale dei carichi assiali.

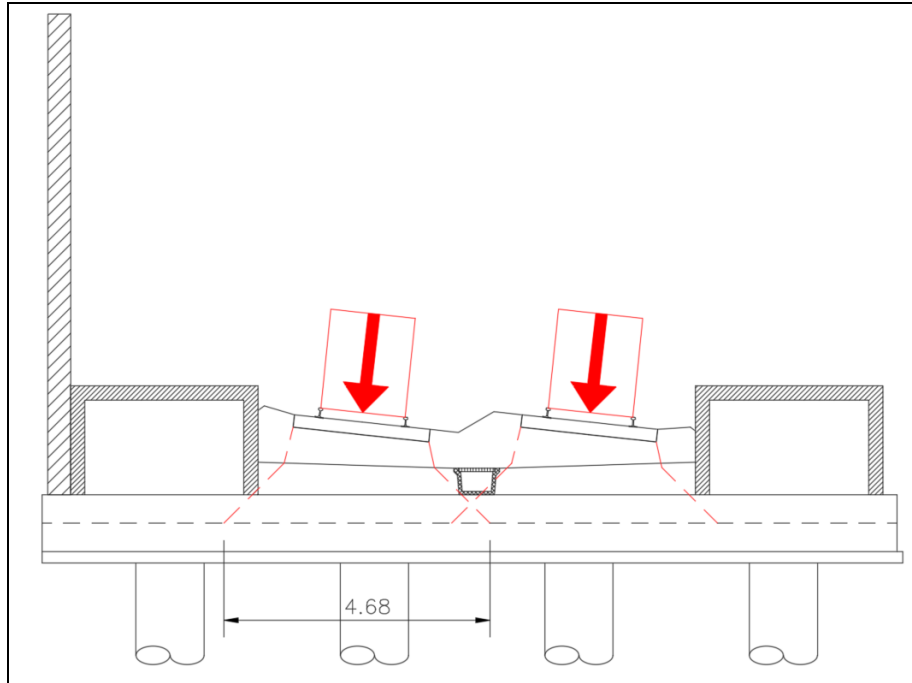


Figura 27: Distribuzione Trasversale dei Carichi Assiali dal Binario.

La larghezza di diffusione riportata in figura è stata ottenuta diffondendo il carico dalla traversina con pendenza 4V:1H nello spessore della massicciata ferroviaria, e 1V:1H negli strati in calcestruzzo: Adottando infatti:

Ltr=	2.40	m	Lunghezza traversina
sb=	0.90	m	Spessore ballast
sm=	0.52	m	Spessore massetto
ss=	1.00	m	Spessore solettone

Si ottiene

$$B_t = 4.68 \text{ m}$$

Il valore del carico ottenuto va moltiplicato per il coefficiente di adattamento “ α ” che si assume cautelativamente pari a:

$$\alpha = 1.10$$

Il carico complessivo Q^* agente su una striscia trasversale di lunghezza unitaria, vale dunque:

$$Q_{vk/LM71}^* = 1.10 \cdot 156.25 / 4.68 = 36.73 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{vk/LM71}^* = 1.10 \cdot 80 / 4.68 = 18.84 \text{ KN/m}^2$$

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0200 010	REV. A	FOGLIO 48 di 202

Si osservi che longitudinalmente è stato assunto, in modo cautelativo, il carico Q_{vk} nella sua interezza e senza considerarne la diffusione longitudinale.

Il treno SW/2 è rappresentativo del traffico pesante.

5.2.2.3.1.2 Treno di carico SW

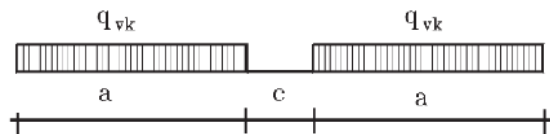


Figura 5.2.2 - Treno di carico SW

Tale carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante.

L'articolazione del carico è mostrata in Fig. 5.2.2 e, per tale modello di carico, sono considerate due distinte configurazioni denominate SW/0 ed SW/2 (l'SW/0 andrà utilizzato solo per le travi continue qualora più sfavorevole dell'LM71). Le caratterizzazioni di entrambe queste configurazioni sono indicate in Tab. 5.2.1.

Tabella 5.2.1 - Caratteristiche Treni di Carico SW

Tipo di Carico	q_{vk} [kN/m]	a [m]	e [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

Figura 28: Treno di carico SW.

Nelle analisi tale carico, essendo inferiore al precedente ed applicabile ad un solo binario, non verrà preso in considerazione.

Si adotta pertanto come unico valore di carico mobile, la grandezza:

$$Q1 = 36.73 \text{ kN/m}^2$$

7.4.2 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI A TERGO DEI PALI

Il sovraccarico accidentale a tergo dei pali dovuto al passaggio dei mezzi di cantieri nelle fasi provvisorie è stato posto pari a:

$$Q1_a = 20 \text{ kN/m}^2$$

e produce un incremento di spinta sulle pareti alle cui sollecitazioni verranno applicati i coefficienti di combinazione proprio delle spinte delle terre.

7.5 Q2: INCREMENTO DINAMICO DEI CARICHI MOBILI

Il valore del carico mobile va moltiplicato per il coefficiente di incremento dinamico che, dall'essere il solettone direttamente poggiante sul terreno, si assume nullo.

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	49 di 202

7.6 E4: CEDIMENTI VINCOLARI

La simulazione con il Software Plaxis delle fasi costruttive e del rinterro dell'Opera fornisce implicitamente la soluzione delle reazioni iperstatiche che si destano in funzione delle asimmetrie geometriche e di carico. La natura dei terreni attraversati dalle palificate, inoltre, non mostra avere significativi comportamenti viscosi tali da far temere incrementi di sollecitazione nel tempo.

7.7 ALTRE AZIONI

Non si applicano altre azioni all'opera in oggetto. In particolare le azioni termiche, escluse anche in PD, sono assunte ininfluenti per la risposta statica dell'opera.

		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F		COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0200 010	REV. A	FOGLIO 50 di 202

8 COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini della determinazione delle sollecitazioni di verifica, le azioni nominali descritte al precedente paragrafo, vanno combinate nei vari Stati Limite di verifica previsti (SLE, SLU, SIS) in accordo a quanto previsto al punto 2.5.3 delle NTC08:

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

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

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

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

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

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

Alle matrici dei coefficienti di combinazione si affiancano i fattori parziali di sicurezza da applicare ai parametri geotecnici del terreno che, come da Normativa, possono seguire due Approcci:

Approccio 1:

Fase Statica: A1+M1+R1 Combinazioni per le verifiche STR
 A2+M2+R1 (R2) Combinazioni per le verifiche GEO (R2 =1.1 per la stabilità globale, Tab 6.8.I)

Fase Sismica: A1+M1+R1 EQK-STR – Combinazioni per verifiche STR in fase sismica (A1=1)

Approccio 2:

Fase Statica: A1+M1+R3 Combinazioni per le verifiche STR e GEO

Fase Sismica: A1+M1+R3 EQK-STR – Comb. per le verifiche STR in fase sismica

Le Tabelle seguenti definiscono i valori dei coefficienti da adottare:

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

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

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

Figura 29: Tabella 6.2.I

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <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>GA0200 010</td> <td>A</td> <td>51 di 202</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	51 di 202
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	51 di 202								

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	γ_ϕ	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	γ_c	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_r	1,0	1,0

Figura 30: Tabella 6.2.II

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

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

Figura 31: Tabella 6.5.I

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

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

Figura 32: Tabella 6.8.I

Per il dimensionamento delle opere dell'imbocco lato Canello e per la sezione tipo F, per la paratia è stato applicato l'Approccio 1:

Fase Statica: A1+M1+R1 Combinazioni per le verifiche STR
 A2+M2+R1 (R2) Combinazioni per le verifiche GEO (R2=1.1 per la stabilità globale, Tab 6.8.I)

Fase Sismica: A1+M1+R1 EQK-STR – Combinazioni per verifiche STR in fase sismica (A1=1)

Come riportato nel paragrafo 6.5.3.1.2 delle NTC 2008, per le paratie si devono considerare i seguenti stati limite ultimi (SLU):

- SLU di tipo strutturale (STR)
 - Resistenza strutturale della paratia (pressoflessione e taglio);
 - Resistenza strutturale degli ancoraggi (snervamento);
- SLU di tipo geotecnico (GEO) per le opere provvisionali
 - collasso per rotazione intorno ad un punto dell'opera (atto di moto rigido);
 - collasso per carico limite verticale;
 - sfilamento di uno o più ancoraggi;
 - stabilità globale dell'insieme terreno-opera

Gli altri stati limite analizzati sono:

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <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>GA0200 010</td> <td>A</td> <td>52 di 202</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	52 di 202
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	52 di 202								

- SLE → fessurazione, tensioni nel calcestruzzo e nell'acciaio, valutazione degli spostamenti della paratia e dei cedimenti in superficie.
- EQK → resistenza strutturale (pressoflessione e taglio) e spostamenti in caso sismico

Le verifiche strutturali sono state effettuate mediante l'Approccio 1 Combinazione 1: A1+M1+R1, assumendo i parametri geotecnici con il loro valore caratteristico, si incrementano del 30% i carichi permanenti strutturali, o permanenti non strutturali (portati) che risultino compiutamente definiti, e del 50% i carichi variabili; in accordo a quanto indicato nelle Istruzioni per l'applicazione delle NTC 2008 nel paragrafo C6.5.3.1.2 con tale combinazione di carico si procede alle verifiche degli SLU di tipo strutturale (STR).

Le verifiche geotecniche sono state effettuate mediante l'Approccio 1 Combinazione 2: A2+M2+R1. I parametri geotecnici caratteristici vengono ridotti applicando i coefficienti γ_M , i carichi permanenti strutturali (o permanenti portati compiutamente definiti) vengono assunti con il loro valore caratteristico, mentre i carichi variabili vengono incrementati del 30% alle verifiche degli SLU di tipo geotecnici (GEO)..

La verifica geotecnica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera è stata effettuata mediante l'Approccio 1 Combinazione 2: A2+M2+R2. I parametri geotecnici caratteristici vengono ridotti applicando i coefficienti γ_M , i carichi permanenti strutturali (o permanenti portati compiutamente definiti) vengono assunti con il loro valore caratteristico, mentre i carichi variabili vengono incrementati del 30%, mentre il coefficiente parziale per la verifica di sicurezza R2 deve essere maggiore di 1.1 (Tabella 6.8.I).

Per le verifiche SLE e EQK, sia i parametri geotecnici che le azioni (carichi permanenti e variabili) sono assunti con i loro valori caratteristici.

Per i tiranti di ancoraggio la normativa prescrive il seguente approccio:

Fase Statica: A1+M1+R3 Combinazioni per le verifiche STR (R3=1.1 per gli ancoraggi, Tab 6.6.I)

Le Tabelle seguenti definiscono i valori dei coefficienti da adottare:

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

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

Figura 33: Tabella 6.6.I

Per il dimensionamento geotecnico degli ancoraggi, la verifica stato limite di sfilamento della fondazione dell'ancoraggio viene effettuata con riferimento alla combinazione A1+M1+R3, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.6.I.

Le sollecitazioni ottenute dal calcolo Plaxis sono poi state utilizzate come dati di input per il calcolo strutturale sui rivestimenti definitivi.

Le Tabelle che seguono meglio specificano i valori dei coefficienti da attribuire ai carichi nominali analizzati separando le opere sottobinario dalle opere stradali e/o non soggette a carichi ferroviari e differenziando in funzione dello stato limite:

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	53 di 202

SLU Opere Ferroviarie:

5.2.3.3.1 Requisiti concernenti gli SLU

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali in Tab. 5.2.V e i coefficienti di combinazione ψ in Tab. 5.2.VI.

Tabella 5.2.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica

		Coefficiente	FQT ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_p	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.
⁽⁴⁾ I componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

Nella Tab. 5.2.V il significato dei simboli è il seguente:

- γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;
- γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
- γ_B coefficiente parziale del peso proprio del ballast;
- γ_Q coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;
- γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili.

Figura 34: Tabella 5.2.V – NTC 2008

SLU Opere Stradali:

Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	FQT ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Figura 35: Tabella 5.1.V – NTC 2008

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	54 di 202

SLE Opere Ferroviarie:

Tabella 5.2.VI - Coefficienti di combinazione ψ delle azioni.

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr_1	$0,80^{(2)}$	$0,80^{(1)}$	0,0
	gr_2	$0,80^{(2)}$	$0,80^{(1)}$	-
	gr_3	$0,80^{(2)}$	$0,80^{(1)}$	0,0
	gr_4	1,00	$1,00^{(1)}$	0,0
Azioni del vento	F_{wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Figura 36: Tabella 5.2.VI – NTC 2008

Tabella 5.2.VII - Ulteriori coefficienti di combinazione ψ delle azioni.

	Azioni	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	$0,80^{(3)}$	⁽¹⁾	0,0
	Treno di carico SW /0	$0,80^{(3)}$	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	$0,0^{(3)}$	0,80	0,0
	Treno scarico	$1,00^{(3)}$	-	-
	Centrifuga	⁽²⁾⁽³⁾	⁽²⁾	⁽²⁾
	Azione laterale (serpeggio)	$1,00^{(3)}$	0,80	0,0

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Si usano gli stessi coefficienti ψ adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Figura 37: Tabella 5.2.VII – NTC 2008

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	55 di 202

SLE Opere Stradali:

Tabella 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	----	0,75	0,0
Vento q_s	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve q_s	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

Figura 38: Tabella 5.1.VI – NTC 2008

9 VERIFICHE STRUTTURALI

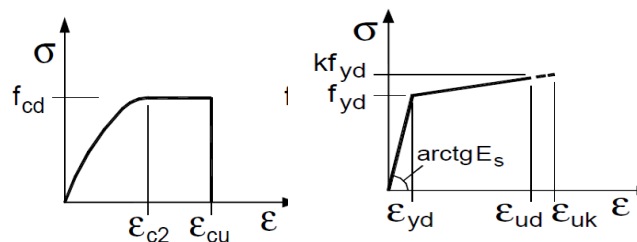
I criteri generali di verifica utilizzati per la valutazione delle capacità resistenti delle sezioni, per la condizione SLU, e per le massime tensioni nei materiali nonché per il controllo della fessurazione, relativamente agli SLE, sono quelli definiti al p.to 4.1.2 del DM 14.01.08.

9.1 VERIFICHE SLU

La verifica agli Stai Limite Ultimi per presso-flessione viene condotta attraverso il calcolo dei domini di interazione N-M, ovvero il luogo dei punti rappresentativi di sollecitazioni che portano in crisi la sezione di verifica, secondo i criteri di resistenza da normativa.

Nel calcolo dei domini sono state mantenute le consuete ipotesi, tra cui:

- conservazione delle sezioni piane;
- legame costitutivo del calcestruzzo parabola-rettangolo non reagente a trazione, con plateau ad una deformazione del 2‰ e rottura al 3.5‰, ($\sigma_{max} = 0.85 \times f_{ck} / 1.5$);
- legame costitutivo dell'armatura d'acciaio elasto-perfettamente plastico con deformazione limite di rottura al 7.5‰, ($\sigma_{max} = f_{yk} / 1.15$)



Legami costitutivi Calcestruzzo – Acciaio.

La verifica a taglio viene sempre eseguita secondo il seguente percorso.

Verifica della richiesta di armatura

$$V_{rd,c} = [0.18 * k * (100 \rho * f_{ck})^{1/3} / \gamma + 0.15 \sigma_{cp}] * b_w * d$$

$$k = 1 + \text{rad}q(200/d)$$

$$v_{min} = 0.035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2}$$

$$V_{rd,min} = (v_{min} + 0.15 * \sigma_{cp}) * b_w * d$$

Verifica Biella Compresa

$$V_{rcd} = \alpha_{cw} * v_1 * f_{cd} * [\text{ctg}(\alpha) + \text{ctg}(\theta)] / [1 + \text{ctg}^2(\theta)] * b_w * 0.9 * d$$

$$1.0 \leq \text{ctg}(\theta) \leq 2.5 \quad \alpha = 90^\circ$$

α_{cw}	σ_{cp}
1.000	$\sigma_{cp} \leq 0.00 * f_{cd}$
$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	$0.00 * f_{cd} < \sigma_{cp} \leq 0.25 * f_{cd}$
1.25	$0.25 * f_{cd} < \sigma_{cp} \leq 0.50 * f_{cd}$
$2.50 * (1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	$0.50 * f_{cd} < \sigma_{cp} \leq 1.00 * f_{cd}$

$$v_1 = 0.500$$

Verifica Armatura Trasversale

$$V_{rsd} = 0.9 * d * A_{sw}/s * f_{ywd} * [\text{ctg}(\alpha) + \text{ctg}(\theta)] * \sin(\alpha)$$

$$V_{rd} = \min(V_{rcd}, V_{rsd}) \geq V_{sd}$$

Assumendo $\text{cotg}(\theta) = 1.0$ non si esegue verifica di fessurazione per taglio.

Per le sezioni circolari le verifiche a taglio vengono svolte adottando:

$$b_w = \Phi / 2 * \sqrt{\pi}$$

$$d = (\Phi - 2c) * (1/2 + 1/\pi)$$

Verifiche a Torsione

$$T_{rcd} = 2 * v_1 * f_{cd} * A * t * \text{cotg}(\theta) / [1 + \text{cotg}^2(\theta)]$$

$$v_1 = 0.500$$

$$t = A_c/u \text{ per sezioni piene}$$

$$T_{rsd} = 2 * A * A_s/s * f_{yd} * \text{ctg}(\theta) \quad \text{per le staffe}$$

$$T_{rld} = 2 * A * \Sigma A_l/u * f_{yd} / \text{ctg}(\theta) \quad \text{per le arm. longitudinali}$$

$$T_{sd} / T_{rcd} + V_{sd}/V_{rcd} \leq 1$$

L'angolo θ è stato ipotizzato sempre pari a 45° ($\text{cotg } \theta = 1$).

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	58 di 202

9.2 VERIFICHE SLE

I criteri di verifica agli Stati Limite di Esercizio sono i seguenti:

Combinazione		Pali	Soletta Inf.	Soletta Sup.	
	fck	25	30	32	N/mm ²
	Classe di Esp.	XC2	XA1	XC4	2
CARATTERISTICHE	sigma_b =	0.55	0.55	0.55	* fck
	sigma_b =	-13.75	-16.50	-17.60	N/mm ²
	w =	0.200	0.200	0.200	mm
FREQUENTI	w =	NA	NA	NA	mm
QUASI PERM.	sigma_b =	0.40	0.40	0.40	* fck
	sigma_b =	-10.00	-12.00	-12.80	N/mm ²
	w =	0.200	0.200	0.200	mm
FORM. FESS.	sigma_b =	NA	NA	NA	N/mm ²

I valori riportati in Tabella sono stabiliti nel documento RFI DTC SICS MA IFS 001 A – 2.5.1.8.3.2.4 (*Manuale di progettazione delle opere civili del 30/12/2016*).

In particolare l'apertura convenzionale delle fessure δ_f dovrà rispettare i seguenti limiti:

- $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$ per tutte le strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive (così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008 – Tab 4.1.III), per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- $\delta_f \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Figura 39: Tabella 4.1.III – DM 14.01.2008.

In definitiva, nel caso in esame, con riferimento alle indicazioni della tabella di cui in precedenza, si adotta il limite

$$w_1 = 0.200 \text{ mm}$$

sia per le parti in elevazione che per quelle in fondazione, in quanto in entrambi i casi trattasi di strutture a permanente contatto col terreno.

L'approccio adottato, in conclusione, riporta la verifica a fessurazione propria delle condizioni frequenti alla condizione caratteristica, facendo mancare, quindi, la necessità di analizzare le stesse condizioni frequenti.

L'analisi delle condizioni permanenti rimane immutato, salvo maggior penalizzazione del limite di apertura.

Analogamente per le armature si impone:

Combinazioni		B450C	
	$f_{yk} =$	450	N/mm ²
CARATTERISTICHE	$\sigma_{sr} = 0.75 * f_{yk} =$	337.5	N/mm ²

Il calcolo dell'apertura della fessura è stato condotto con le relazioni:

$$W_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

$$S_{r,max} = k_3 * c + k_1 * k_2 * k_4 * \phi_{eq} / \rho_{p,eff}$$

In cui:

$$k_3 = 3.400$$

$$c = 40 \text{ mm}$$

ricoprimento dell'armatura;

$$k_1 = 0.800$$

barre ad aderenza migliorata

$$k_2 = 0.500$$

distribuzione delle deformazioni per flessione

$$k_4 = 0.425$$

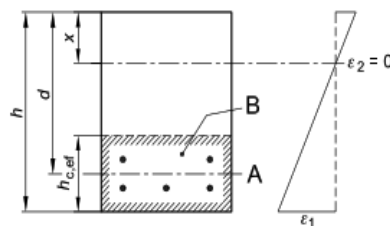
$$\phi_{eq} = \frac{\sum n_i * \phi_i^2}{\sum n_i * \phi_i}$$

diametro equivalente barre in zona tesa

$$\rho_{p,eff} = A_s / A_{c,ef}$$

Area efficace di calcestruzzo intorno all'armatura tesa

- A Livello del baricentro dell'acciaio
- B Area tesa efficace, $A_{c,eff}$



$$h_{c,ef} = \min [2.5 * (h-d) ; (h-x)/3 ; h/2]$$

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	60 di 202

$$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) * E_s = \sigma_s - K_t * f_{ct,eff} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff}) \geq 0.6 * \sigma_s$$

$K_t = 0.40$ per carichi di lunga durata

$K_t = 0.60$ per carichi di breve durata

$$\alpha_e = E_s / E_{cm}$$

σ_s = tensione nell'armatura tesa in sezione fessurata

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} / 1.2$$

10 VERIFICHE GEOTECNICHE

I criteri generali di verifica utilizzati per la valutazione delle capacità resistenti delle sezioni, per la condizione SLU, e per le massime tensioni nei materiali nonché per il controllo della fessurazione, relativamente agli SLE, sono quelli definiti al p.to 4.1.2 del DM 14.01.08.

10.1 VERIFICHE SULLA PARATIA

10.1.1 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE DELL'INSIEME OPERA TERRENO

La verifica di stabilità globale dell'insieme opera terreno è stata verificata tramite l'Approccio 1 Combinazione 2: A2+M2+R2 applicato al modello PLAXIS 2D in fase finale, come prescritto dalla normativa per la stabilità globale di una paratia.

Il fattore di sicurezza disponibile è stato indagato tramite l'applicazione del metodo "Phi/c reduction". La Phi-c reduction (Riduzione dei parametri di resistenza) è un'opzione disponibile in PLAXIS per calcolare fattori di sicurezza.

Nell'approccio Phi-c reduction, i parametri di resistenza $\tan\phi'$ e c' del terreno vengono ridotti fin quando avviene la rottura della struttura, così come la resistenza delle interfacce, se utilizzata, è ridotta nello stesso modo, mentre invece la resistenza di oggetti strutturali come paratie, platee e ancoraggi non è influenzata dalla procedura Phi-c reduction.

Il moltiplicatore totale ΣM_{sf} è utilizzato per definire il fattore di sicurezza ad un determinato step dell'analisi:

$$\Sigma M_{sf} = \frac{\tan\phi'_{input}}{\tan\phi'_{reduced}} = \frac{c'_{input}}{c'_{reduced}}$$

dove i parametri di resistenza con il pedice 'input' si riferiscono alle proprietà del materiale introdotte ed i parametri con il pedice 'reduced' si riferiscono ai valori ridotti utilizzati nell'analisi.

Quando la procedura viene iniziata, i valori di $\tan\phi'$ e c' sono pari a quelli di input ($\Sigma M_{sf} = 1$); ad ogni step di calcolo, il valore di ΣM_{sf} viene via via aumentato e quindi il valore dei parametri di resistenza viene ridotto fino ad ottenere il collasso della struttura.

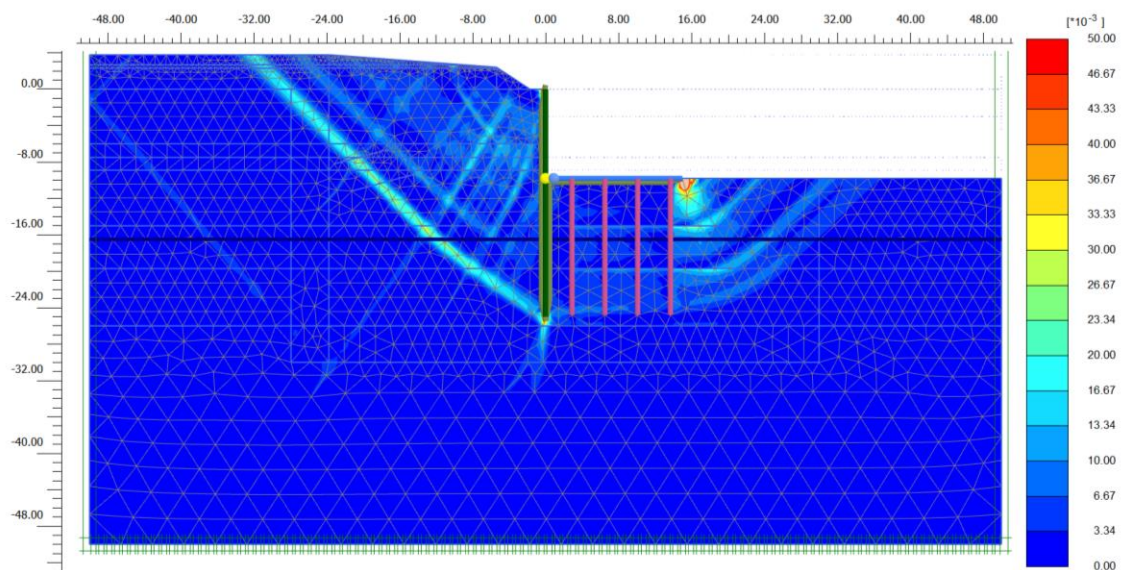


Figura 40: Esempio di risultato finale della procedura phi/c reduction, deformazione di taglio γ_s dopo l'analisi

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	62 di 202

Nell'ultimo step di calcolo il valore il ΣM_{sf} sarà quindi il rapporto tra la resistenza disponibile prima del lancio dell'analisi e la resistenza in caso di collasso, quindi:

$$\Sigma M_{sf,finale} = FS = \frac{\text{Resistenza iniziale}}{\text{Resistenza al collasso}}$$

Il valore di ΣM_{sf} a rottura ottenuto alla fine della procedura "c-phi reduction" ha una definizione del coefficiente di sicurezza del tutto confrontabile con la definizione che si adopera convenzionalmente nei calcoli eseguiti con i metodi dell'equilibrio limite globale e nelle NTC 2008 per la verifica di stabilità globale.

10.1.2 VERIFICA GEOTECNICA DI COLLASSO PER ROTAZIONE INTORNO AD UN PUNTO DELL'OPERA

La stabilità dell'opera geotecnica nei confronti del collasso per rotazione intorno ad un punto dell'opera è indagata mediante l'Approccio 1 Combinazione 2: A2+M2+R1 applicato al modello PLAXIS 2D in fase finale.

I parametri geotecnici caratteristici vengono ridotti applicando i coefficienti γ_M , i carichi permanenti strutturali (o permanenti portati compiutamente definiti) vengono assunti con il loro valore caratteristico, mentre i carichi variabili vengono incrementati del 30% alle verifiche degli SLU di tipo geotecnici (GEO).

La convergenza raggiunta dal software PLAXIS 2D all'applicazione dell'approccio progettuale Approccio 1 Combinazione 2 assicura l'equilibrio dell'opera nei confronti del collasso per rotazione.

10.2 VERIFICHE SUI TIRANTI

10.2.1 VERIFICA GEOTECNICA DI SFILAMENTO DEI BULBI DI ANCORAGGIO

La verifica a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio si esegue confrontando la massima azione di progetto P_d , considerando tutti i possibili stati limite ultimi (SLU) e di esercizio (SLE), con la resistenza di progetto R_{ad} , determinata applicando alla resistenza caratteristica R_{ak} i fattori parziali γ_R riportati nella Tab. 6.6.I.

Il valore caratteristico della resistenza allo sfilamento dell'ancoraggio R_{ak} si determina per metodi di calcolo analitici come il minore tra resistenza media e minima ridotta con i fattori ξ_{a3} e ξ_{a4} :

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

Le Tabelle seguenti definiscono i valori dei coefficienti da adottare:

Tabella 6.6.III: Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero n di profili di indagine.

numero di profili di indagine	1	2	3	4	≥ 5
ξ_{a3}	1,80	1,75	1,70	1,65	1,60
ξ_{a4}	1,80	1,70	1,65	1,60	1,55

Figura 41: Tabella 6.6.III

I bulbi di ancoraggio dei tiranti saranno eseguiti con iniezione di malta cementizia ed additivi ad alta pressione, con il metodo I.R.S. (Iniezioni Ripetute e Selettive) attraverso valvole poste ad interasse di circa 1.0 m.

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	63 di 202

In considerazione delle caratteristiche tecnologiche e della natura dei terreni si valutano le tensioni “caratteristiche” di adesione laterale limite fondazione-terreno $\alpha \tau_{lim}$, riferite al diametro nominale di perforazione, in accordo a quanto suggerito dalla esperienza di Bustamante e Doix, risultando dunque:

$$FS = \frac{R_{a,d}}{E_d} = \frac{R_{a,k}}{\gamma_{Ra,t} \xi_i P_d} = \frac{\pi \Phi_d \alpha \tau_{lim d} L_a}{\gamma_{Ra,t} \xi_i P_d} \geq 1.00$$

dove:

- L_a è la lunghezza attiva
- Φ_d è il diametro di perforazione
- P_d è lo sforzo di progetto allo stato limite ultimo
- $\gamma_{Ra,t}$ è il coefficiente parziale per la resistenza, a seconda se si tratta di tiranti provvisori (1.1) o definitivi (1.2)
- ξ è il coefficiente di correlazione resistenza geotecnica dei terreni
- τ_{lim} è la tensione caratteristica di adesione laterale limite fondazione-terreno.
- α è il coefficiente di sbulbamento secondo Bustamante e Doix

La tensione caratteristica di adesione del bulbo di ancoraggio è derivata dal calcolo della tensione tangenziale limite a metro lineare ottenuta con i diagrammi di Bustamante e Doix.

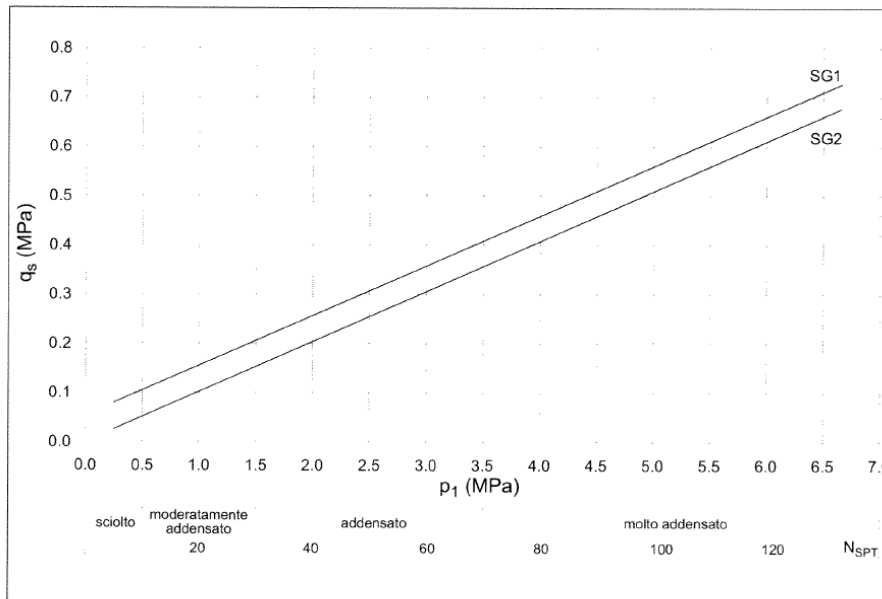


Fig. 6.6 - Resistenza unitaria limite per terreni incoerenti

Figura 42: Grafico di Bustamante e Doix per i terreni sabbiosi e ghiaiosi

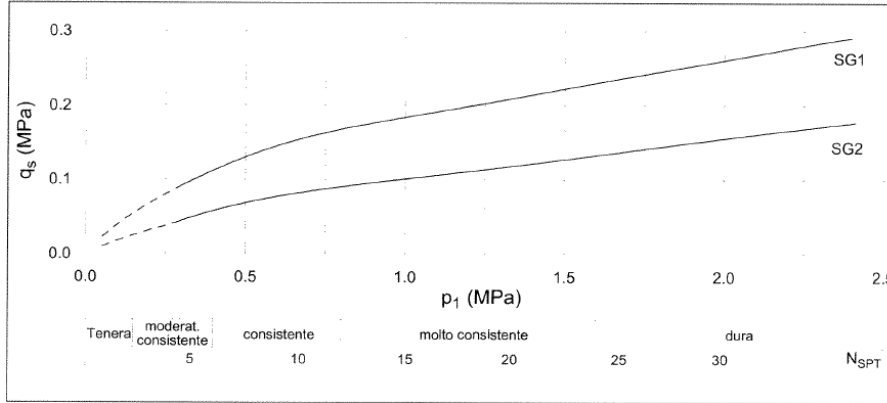


Fig. 6.7 - Resistenza unitaria limite per terreni a grana fine

Figura 43: Grafico di Bustamante e Doix per limi ed argille

Tab. 6.4 - Valori del coefficiente α_d per la stima del diametro reale della fondazione dell'ancoraggio

Terreno	Valori del coefficiente α_d		Quantità minima di miscela consigliata Vs	Rapporto A/C
	IRS ($p_i \geq p_i$)	IGU ($p_i < p_i$)		
Ghiaia	1,8	1,3 + 1,4	1,5 Vs	1,7 + 2,4
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	1,5 + 2,0	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	1,7 + 2,4
Argilla	1,8 + 2,0	1,2	IRS: (2,5 + 3) Vs; IGU: (1,5 + 2) Vs	
Marna	1,8	1,1 + 1,2	(1,5 + 2) Vs per strati compatti	1,7 + 2,4
Calcari marnosi	1,8	1,1 + 1,2	(2 + 6) Vs o più per strati fratturati	
Calcari alterati o fratturati	1,8	1,1 + 1,2		
Roccia alterata e/o fratturata	1,2	1,1	(2+6) Vs o più per strati poco fratturati 2 Vs o più per strati fratturati	1,7 + 2,4
IRS: iniezione ad alta pressione a più stadi e ripetuta IGU: iniezione a bassa pressione in unica soluzione p_i : pressione limite dalla prova pressiométrica Menard p_i : pressione di iniezione			$V_s = L_f D_s^2 / 4$ L_f : lunghezza della fondazione D_s : diametro reale della fondazione	
Nota: nella tabella sono riportati i valori teorici della quantità in volume della miscela di iniezione nelle diverse condizioni operative ed il rapporto acqua cemento ottimale (da Bustamante e Doix, 1985)				

Figura 44: Coefficiente di sbulbamento secondo Bustamante e Doix per tutti i tipi di terreno

Per l'imbocco lato Canello della GA02, i fattori di sicurezza e i coefficienti di correlazione sono:

- $\gamma_{Ra,t} = 1.1$ poiché i tiranti sono provvisori
- $\xi = 1.8$ nel caso in esame, poiché in corrispondenza dell'imbocco lato Canello è presente una sola verticale di indagine

Per quanto riguarda i valori assunti dall'adesione laterale del bulbo di ancoraggio:

- Fila 1, iniezione ripetuta e selettiva (IRS, corrispondente alla curva SG1), bulbo in MDL2 (sabbia limosa) con $N_{spt}=30$: $q_{s}=200$ kPa con $\alpha=1.45$.
- Fila 2, iniezione ripetuta e selettiva (IRS, corrispondente alla curva SG1), bulbo in MDL1 (ghiaia sabbiosa) con $N_{spt}=50$: $q_{s}=300$ kPa con $\alpha=1.70$.

		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F		COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0200 010	REV. A	FOGLIO 65 di 202

10.2.2 VERIFICA A SNERVAMENTO DELL'ACCIAIO DI ARMATURA

In condizioni ultime, lo sforzo massimo di trazione di calcolo P_d ricavato dall'analisi, deve risultare non maggiore dello sforzo di snervamento di progetto dei tiranti N_{yd} ottenuto moltiplicando l'area totale A_t della sezione resistente per la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio $f_{p(1)k}$, fattorizzata con il coefficiente parziale $\gamma_s = 1.15$, ovvero :

$$FS = \frac{f_{u,d}}{E_d} = \frac{f_{u,k} A_{trefoli} n_{tr}}{\gamma_R \cdot P_d} \geq 1.00$$

dove:

$f_{u,k}$ è la trazione caratteristica dell'acciaio dei trefoli, all'1% di deformazione totale

$A_{trefoli}$ è l'area di ciascun trefolo

n_{tr} è il numero di trefoli per tirante

10.3 CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI

In questo paragrafo si tratterà la capacità dei pali di trasferire i carichi verticali al terreno di fondazione.

Il valore di progetto N_{rd} della portanza del palo isolato si ottiene a partire dal valore caratteristico N_{rk} ridotto dai coefficienti parziali γ_R secondo il dettato della Tabella 6.4.II. della Norma NTC_2008:

Tabella 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche.

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_b	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale ^(*)	γ_t	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

^(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Pertanto, per i pali dell'Opera in esame, la verifica si svolge come segue:

$$N_{sd} \leq N_{rd} = N_{rk} / \gamma_R$$

dove:

N_{sd} carico assiale sollecitante di progetto allo Stato Limite Ultimo

N_{rd} capacità portante di progetto allo SLU ultimo definita riducendo il valore caratteristico N_{rk} con coefficienti di sicurezza parziali funzioni della tecnologia di esecuzione

N_{rk} valore caratteristico della capacità portante

		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F		COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0200 010	REV. A	FOGLIO 66 di 202

Il rettangolo rosso definisce la scelta dei coefficienti parziali di sicurezza eseguita, coerente con le assunzioni operate in sede di Progetto Definitivo, che adotta l'Approccio 2 al tema.

Con riferimento alle procedure analitiche che prevedono l'utilizzo dei parametri geotecnici o dei risultati di prove in sito, il valore caratteristico della resistenza a compressione $R_{c,k}$ (o a trazione $R_{t,k}$) è dato dal minore dei valori ottenuti applicando alle resistenze calcolate $R_{c,cal}$ (o $R_{t,cal}$) i fattori di correlazione ξ riportati nella Tabella 6.4.IV della citata Norma, in funzione del numero "n" di verticali di indagine:

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

Tabella 6.4.IV – Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate.

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Nell'ambito del sistema di fondazione scelto, a favore di sicurezza, si considerano significative **5** (cinque) verticali di indagine.

La portata totale limite Q_{LIM} viene valutata sommando i contributi della portanza alla base del palo e la portanza della sua superficie laterale, valutate con le seguenti espressioni:

$$Q_{LIM} = Q_{B,LIM} + Q_{L,LIM}$$

$$Q_{L,LIM} = \pi * \beta * D * \sum_i (\tau_{lim,i} * H_i)$$

$$Q_{B,LIM} = \pi * D^2 / 4 * q_{bcr}$$

dove $Q_{B,LIM}$ = portata limite alla base
 $Q_{L,LIM}$ = portata limite alla superficie laterale
 D = diametro del palo
 H_i = spessore dello strato i-esimo
 $\beta = 240/360=0.667$ porzione della superficie laterale considerata

Le grandezze meccaniche che caratterizzano gli strati di terreno incontrati lungo lo sviluppo del palo assumono, in condizioni drenate, le seguenti espressioni.

Portanza Laterale

La adesione laterale limite $\tau_{lim,i}$ per terreni granulari viene valutata con l'espressione:

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	67 di 202

$$\tau_{lim,i} = K_s * \sigma_v' * \tan \delta < 100 \text{ kPa}$$

dove σ_v' = tensione verticale efficace

K_s = coefficiente di spinta orizzontale assunto pari a $K_o = 1 - \sin(\phi')$

δ = angolo di attrito palo-terreno pari a $\delta/\phi' = 1.00$

La portata di base critica q_{bcr} , per terreni granulari, viene valutata con l'espressione:

$$q_{bcr} = N_c * c + N_q * \sigma_v'$$

dove $N_c = (N_q - 1) / \tan(\phi')$

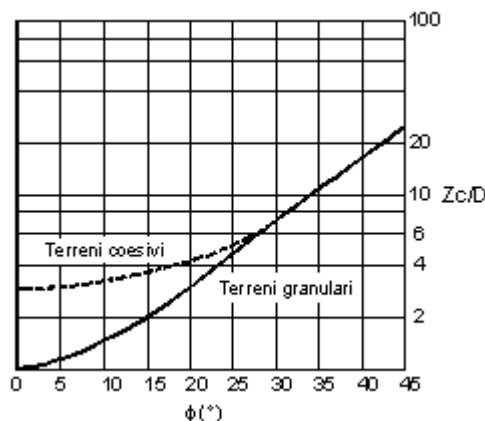
c = coesione drenata

σ_v' = tensione verticale efficace

N_q = coefficiente di capacità portante secondo Berezantzev funzione di ϕ

ϕ	0	18	22	24	26	30	35	38	42
N_q	0.00	2.44	3.64	4.46	5.51	8.56	15.48	22.75	39.70

In accordo con le più recenti metodologie di calcolo, la valutazione della capacità limite di base per terreni granulari è condotta facendo riferimento non più alle condizioni di rottura bensì riferendosi ad una portata critica q_{bcr} corrispondente ad una condizione di servizio limite basata su considerazioni di cedimenti ammissibili, ed in genere riferita all'insorgere di deformazioni plastiche nei terreni di fondazione. I valori di q_{bcr} sono interamente mobilitati ad una profondità critica Z_c , secondo l'espressione $Z_c = m * D$ con D pari al diametro del palo e m variabile tra 4 e 21 secondo la figura seguente (Meyerhof, 1976):



Una volta ottenuti i contributi nominali dovuti all'aderenza laterale $Q_{L,LIM}$ e alla portata di base $Q_{B,LIM}$, questi vengono tra loro sommati previa riduzione per mezzo dei rispettivi coefficienti parziali di sicurezza, come descritto nelle Tabelle riportate in precedenza.

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	68 di 202

ξ_4	γ_{base}	$\gamma_{later.}$	$\xi*\gamma_p$	$\xi*\gamma_l$	
1.34	1.35	1.15	1.81	1.54	A Compressione A Trazione
1.34		1.30		1.74	

Ed ottenuti seguendo l'Approccio 2 definito dalla Norma, ossia A1+M1+R3:

Coeff. Parz. R3	Infissi	Trivellati	Elica	
Punta	1.15	1.35	1.30	
Laterale	1.15	1.15	1.15	Compressione
Totale	1.15	1.30	1.25	Compressione
Laterale	1.25	1.25	1.25	Trazione

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	<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>GA0200 010</td> <td>A</td> <td>69 di 202</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	69 di 202
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	69 di 202								

11 RISULTATI DELLE ANALISI NUMERICHE

Le sezioni di calcolo analizzate per la verifica dell'Imbocco lato Canello e la sezione tipo F della GA02 sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 10: Sezioni di calcolo per dimensionamento - Imbocco GA02 lato Canello e sezione tipo F

Identificativo	Progressiva	Sezione dell'opera	Descrizione
	km		-
GA02_G	22+284.00	Sezione G	Paratia Nord con massima altezza, soletta su pali non contrastata
GA02_F1	22+298.00	Sezione F	Paratia Nord con massima altezza, paratia Sud sormontata da piedritto di massima altezza e soletta di testa, platea di fondazione su pali contrastata
GA02_F2	22+308.00	Sezione F	Paratia Nord con massima altezza, paratia Sud con massima altezza sormontata da piedritto e soletta di testa, platea di fondazione su pali contrastata

Gli allegati di calcolo sono riportati nella relazione IF26.1.2.E.ZZ.CL.GA.02.0.0.011: GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+263 al km 25+200 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F Allegati.

11.1 SEZIONE GA02_G – PK 22+284.00

11.1.1 GEOMETRIA

La geometria della sezione GA02_G (pk 22+284) è qui riportata.

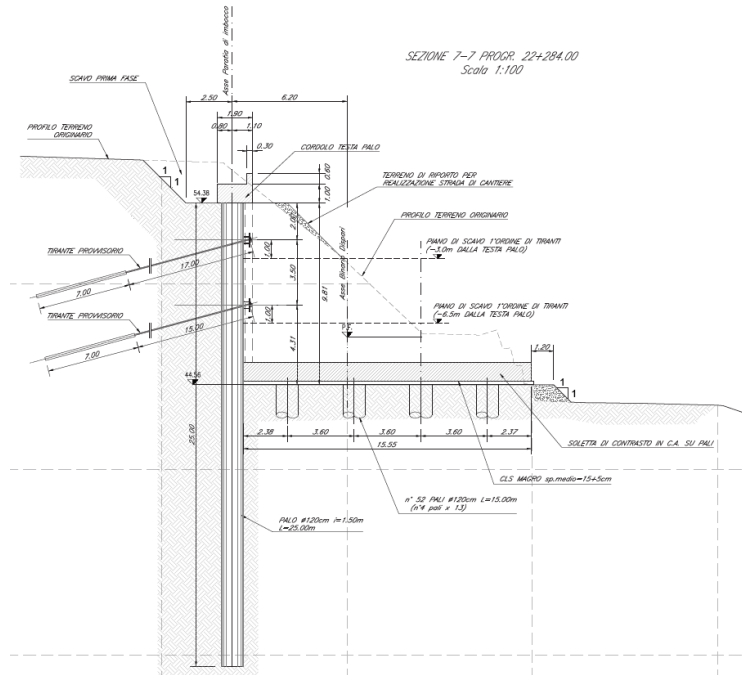


Figura 45: Sezione trasversale rappresentativa della geometria della sezione GA02_G (pk 22+284)

La paratia dei pali sulla paratia a monte ha la massima altezza possibile sull'intero sviluppo dell'imbocco (H=9.81m), con soletta su pali non contrastata di larghezza 15.55m con quattro pali in platea. La geometria del modello della sezione GA02_G è qui riportata.

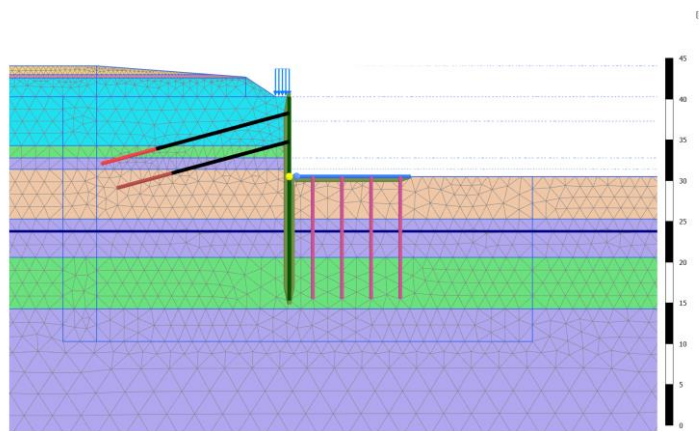


Figura 46: Geometria del modello

		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F		COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0200 010	REV. A	FOGLIO 71 di 202

I limiti inferiori e laterali del modello sono stati posizionati ad una distanza tale da non influenzare lo sviluppo tenso-deformativo all'interno dell'opera.

11.1.2 CARATTERISTICHE DEL TERRENO

La stratigrafia e parametri di calcolo utilizzati per l'imbocco lato Canello sono riportate nella tabella seguente. Le quote relative sul modello sono state definite a partire dalla quota di testa palo della paratia, situata per la sezione di calcolo a quota +54.38 m.s.l.m.

Tabella 11: Stratigrafia e parametri di calcolo

Unità Geotecnica (UG)	Descrizione	GEOMETRIA		PARAMETRI GEOTECNICI				
		zModello (m)	Modello	γ (kN/m ³)	φ' (°)	c' (kPa)	$E'_{0,50}$ (MPa)	$E'_{ur,50}$ (MPa)
Ra	Terreno di riporto	2.7	HSM-DR	20	35	0	35	70
TGC2	Tufo Grigio Campano Cenere sabbioso, sabbioso limosa	2.3	HSM-DR	17	33	0	35	70
MDL4	Unità di Maddaloni Sabbia travertinosa	-6	HSM-DR	20	34	30	200	600
MDL3	Unità di Maddaloni Argille limose	-7.5	HSM-DR	20	24	10	50	100
MDL2	Unità di Maddaloni Sabbia, sabbia limosa	-8.9	HSM-DR	20	32	0	60	120
MDL1	Unità di Maddaloni Ghiaia sabbiosa	-15	HSM-DR	20	38	0	120	360
MDL2	Unità di Maddaloni Sabbia, sabbia limosa	-19.7	HSM-DR	20	32	0	60	120
MDL3	Unità di Maddaloni Argille limose	-26	HSM-DR	20	24	10	50	100
MDL2	Unità di Maddaloni Sabbia, sabbia limosa	-50	HSM-DR	20	32	0	60	120

11.1.3 CARATTERISTICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Gli elementi strutturali presenti nel modello sono:

- Paratia di pali: elemento "plate" equivalente
- Platea di fondazione elemento "plate"
- Pali di fondazione elemento "embedded beam row"
- Bulbi dei tiranti elemento "embedded beam row"
- Lunghezza libera tiranti elemento "node-to-node anchor"

Le tabelle seguenti riassumono i parametri di calcolo utilizzati per modellare gli elementi strutturali, raggruppati in funzione della loro tipologia.

Tabella 12: Caratteristiche meccaniche degli elementi strutturali (paratie di pali)

Nome	Tipo di elemento	EA	EJ	d	w	v
-	-	(kN/m)	(kN m ² /m)	(m)	(kN/m/m)	(-)
Paratia di pali (D=1.2m, s=1.5m)	Plate	2.34E+07	2.10E+06	1.038	18.85	0.2

Tabella 13: Caratteristiche meccaniche degli elementi strutturali (elementi "plate")

Nome	Tipo di elemento	EA	EJ	d	w	v
-	-	(kN/m)	(kN m ² /m)	(m)	(kN/m/m)	(-)
Platea di fondazione (s=1m)	Plate	3.10E+07	2.58E+06	1	25	0.2

Tabella 14: Caratteristiche meccaniche degli elementi strutturali (elementi "embedded beam row")

Nome	Tipologia	EA	EJ	L_s	T_shaft	T_foot
-	-	(kN/m)	(kN m ² /m)	(m)	(kN/m)	(kN)
Pali di fondazione (D=1.2m, s=3.6m)	EBR (Pile)	3.51E+07	3.16E+06	3.6	120	1000
Bulbo in MDL2 ($\tau=200\text{kPa}$, $\alpha=1.45$, $\Phi_d=180\text{mm}$)	EBR (Grout)	1.61E+06	6.83E+03	3	164	-
Bulbo in MDL1 ($\tau=300\text{kPa}$, $\alpha=1.70$, $\Phi_d=180\text{mm}$)	EBR (Grout)	2.21E+06	1.29E+04	3	288	-

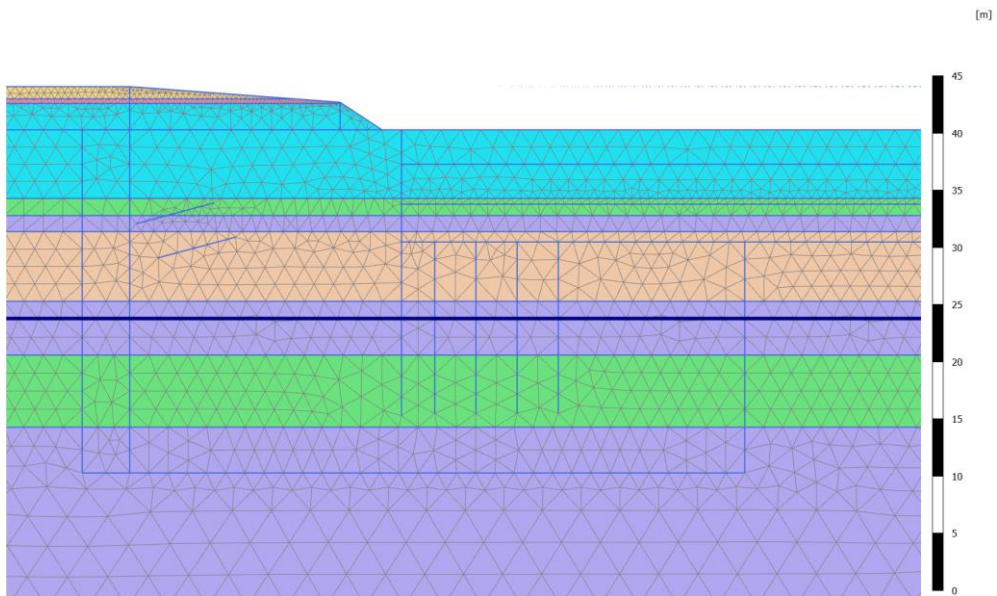
Tabella 15: Caratteristiche meccaniche degli elementi strutturali (elementi "node-to-node anchor")

Nome	Tipologia	Materiale	EA	L_spacing	F_max,t	F_max,c
-	-	-	(kN/m)	(m)	(kN)	(kN)
Tirante (4 trefoli)	NTN anchor	Elasto-plastico	1.18E+05	3	900	900

11.1.4 SIMULAZIONE DELLE FASI COSTRUTTIVE

Le fasi costruttive sono modellate come segue.

Tabella 16: Fasi di calcolo

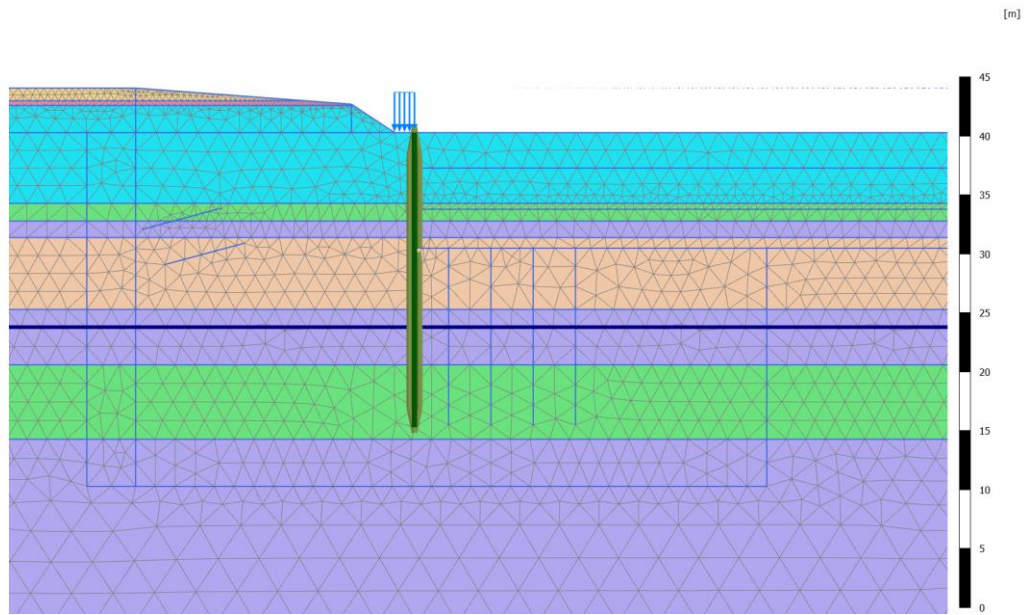
FASE	DESCRIZIONE
0	<p style="text-align: center;">Stato iniziale</p> 

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	74 di 202

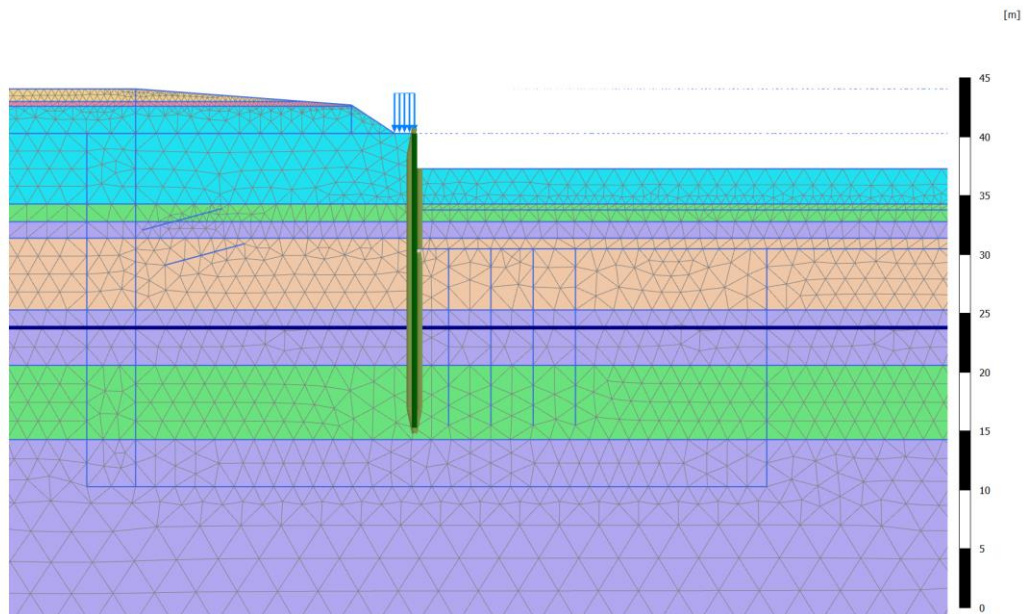
Installazione pali

1



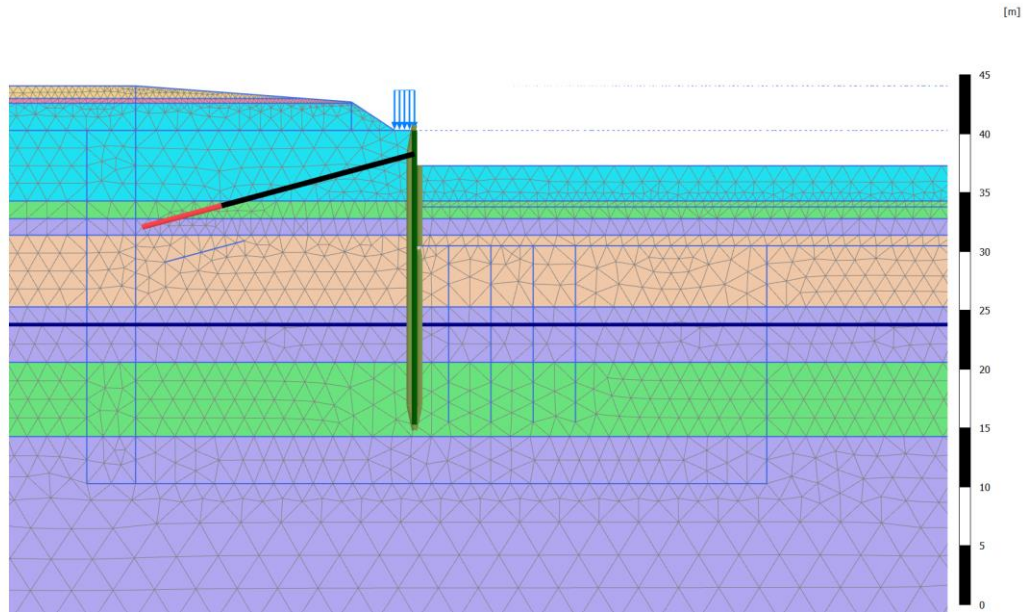
Scavo fino a quota -3m dalla testa del palo

2



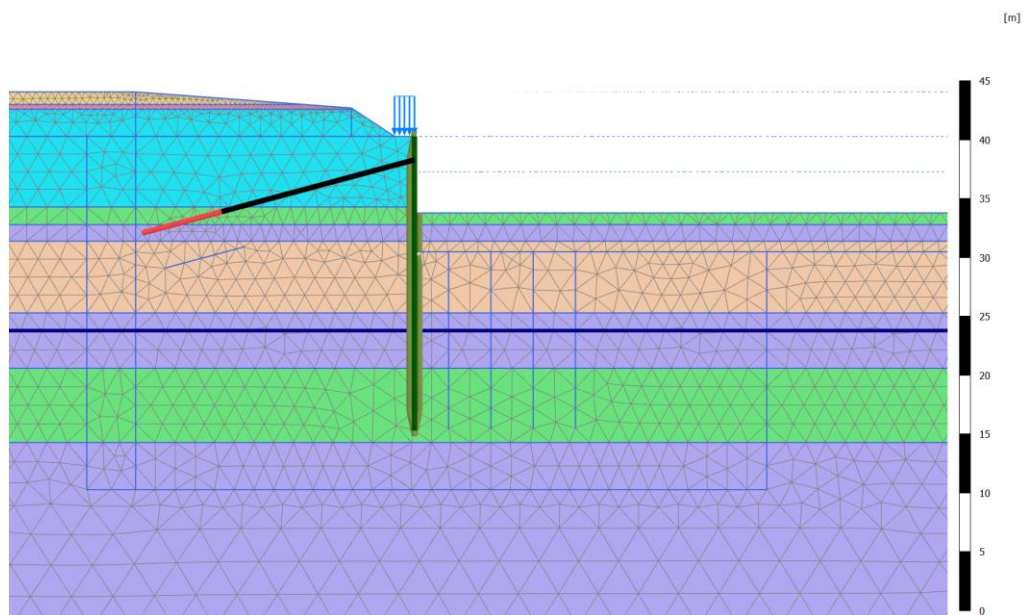
Installazione della prima fila di tiranti (-2m dalla testa del palo) e tesatura dei tiranti ($F=300kN$)

3



Scavo fino a quota -6.5m dalla testa del palo

4

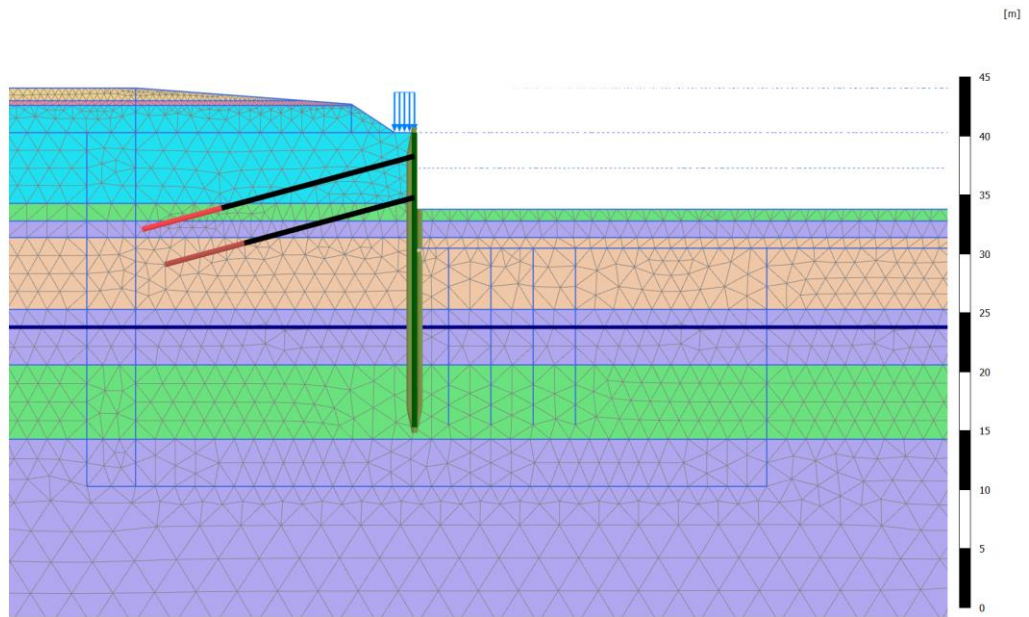


GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	76 di 202

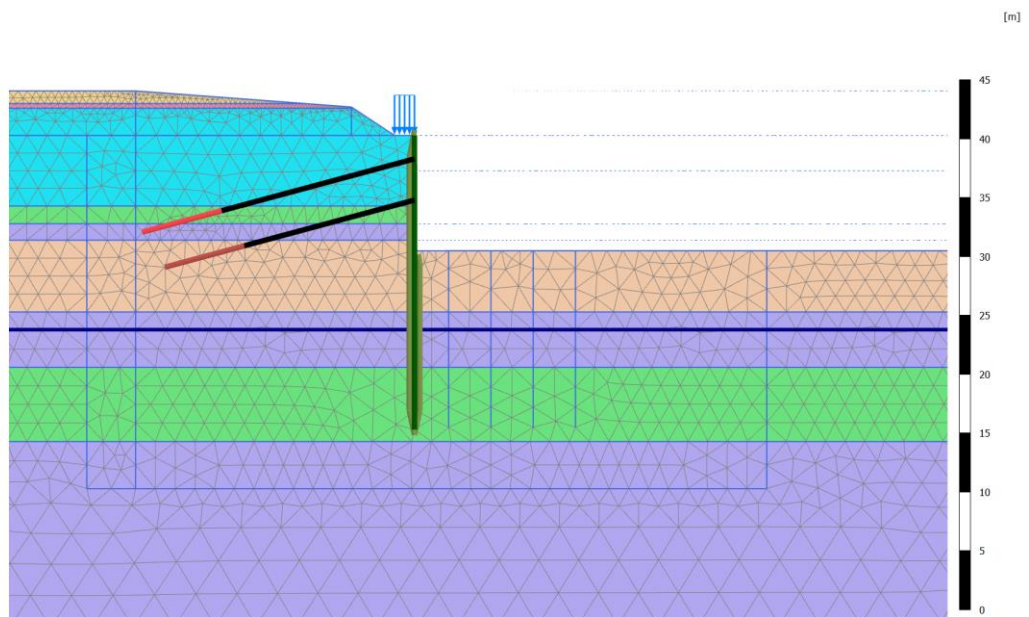
5

Installazione della seconda fila di tiranti (-5.5m dalla testa del palo) e tesatura dei tiranti ($F=300kN$)



6

Raggiungimento fondo scavo

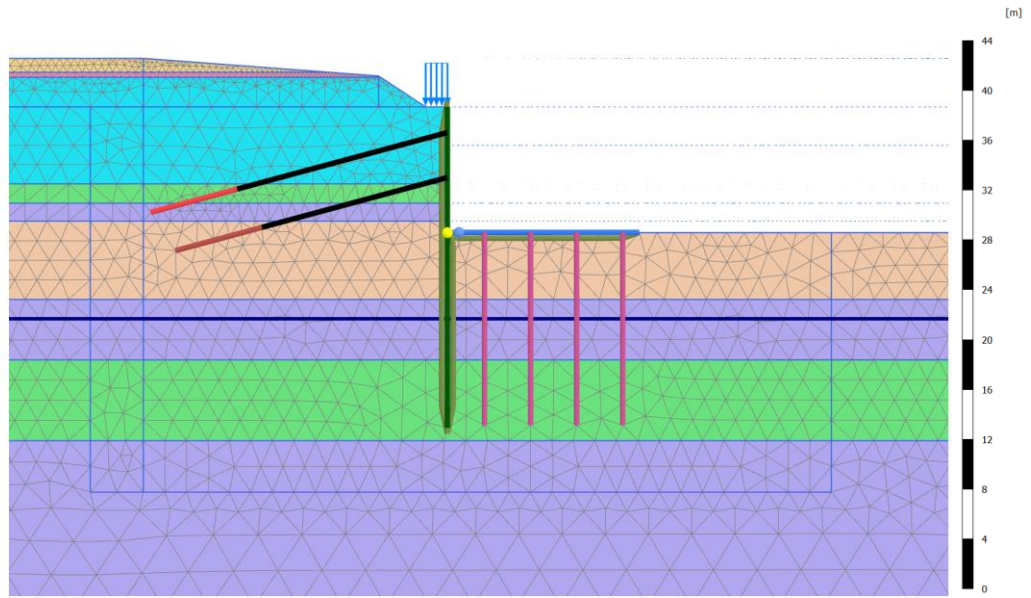


GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	77 di 202

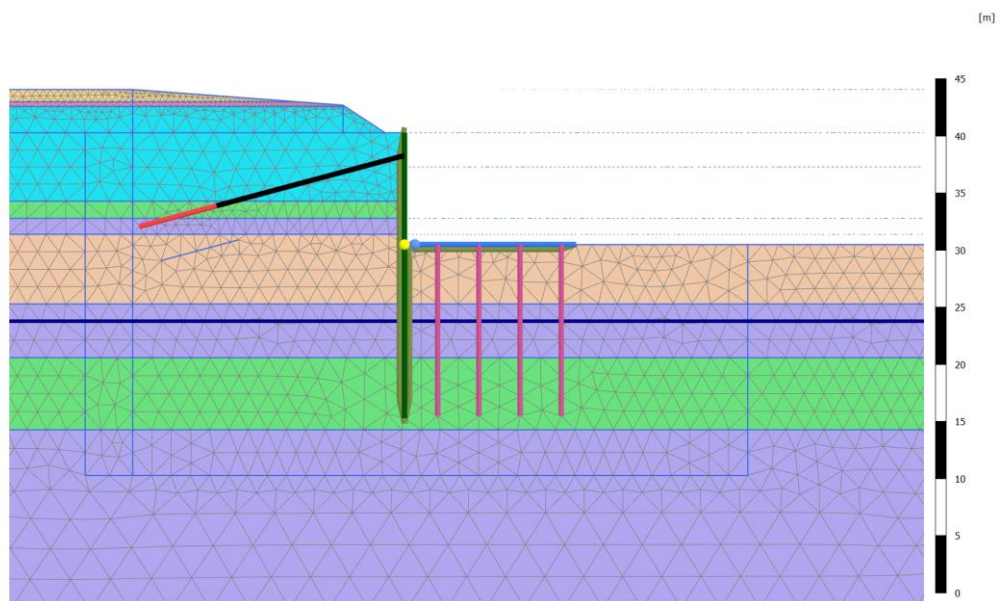
7

Esecuzione pali e platea di fondazione



8

Disattivazione della seconda fila di tiranti

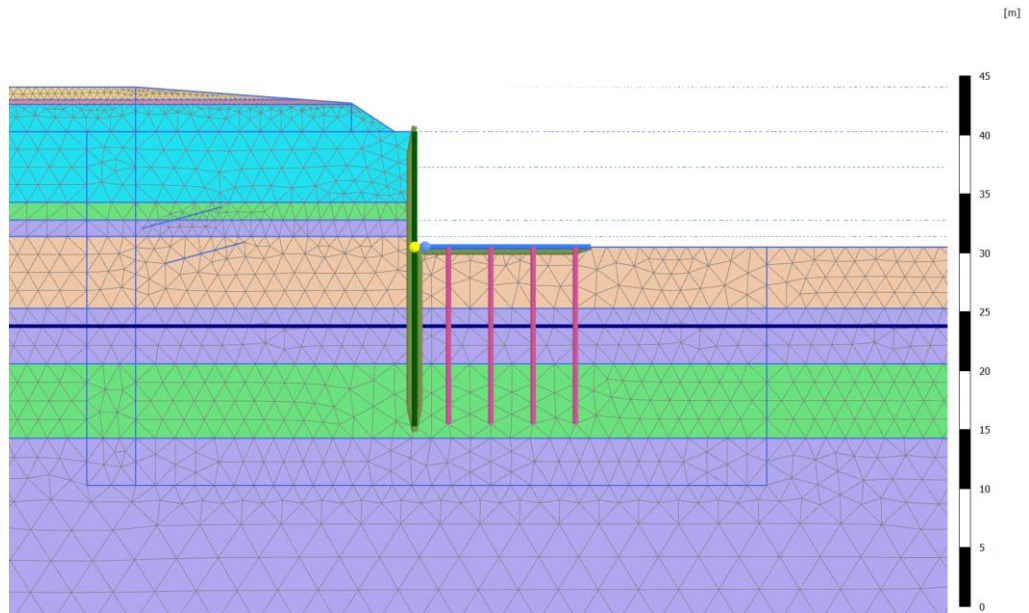


GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	78 di 202

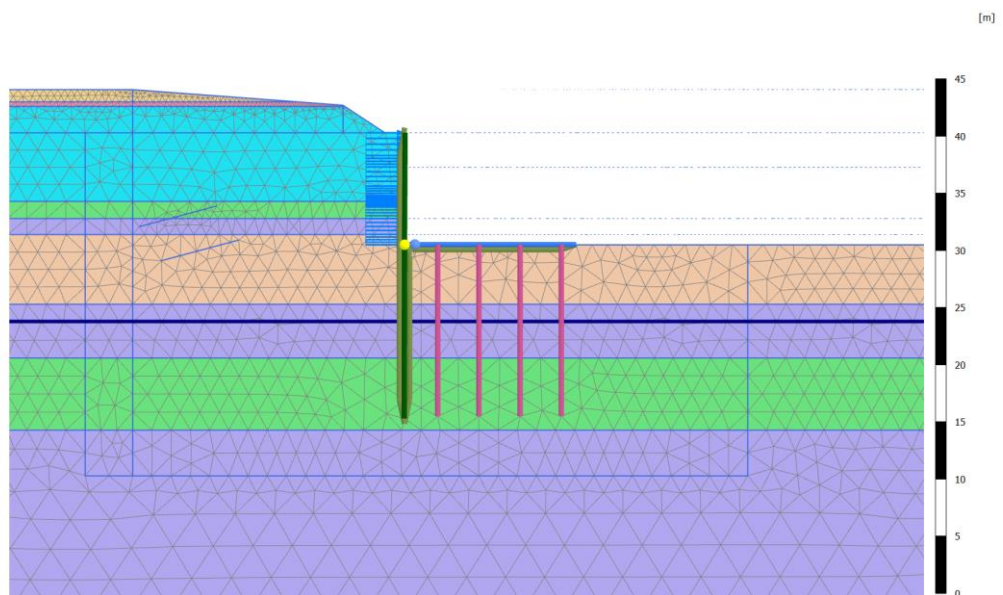
9

Disattivazione della prima fila di tiranti (LT - configurazione a lungo termine)



10

Simulazione del caso di carico EQK da sinistra (EKQ sx)



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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	79 di 202

A queste fasi seguono le procedure di “phi/c reduction”, per cui vengono applicati i parametri A2+M2 (Approccio 1 Combinazione 2) e lanciata l’analisi per il calcolo del fattore di sicurezza sulla stabilità globale:

- sulla fase 9 (LT);
- sulla fase 10 (EQK).

11.1.5 RISULTATI DELLE ANALISI

In seguito, sono riportati i risultati delle fasi maggiormente rappresentative delle analisi, in cui si è applicata la fastistica più gravosa per ogni elemento strutturale.

11.1.5.1 PARATIA NORD

I seguenti grafici riassumono le sollecitazioni e gli spostamenti ottenuti con l’analisi ad elementi finiti bidimensionale con il software PLAXIS 2D per le fasi più importanti.

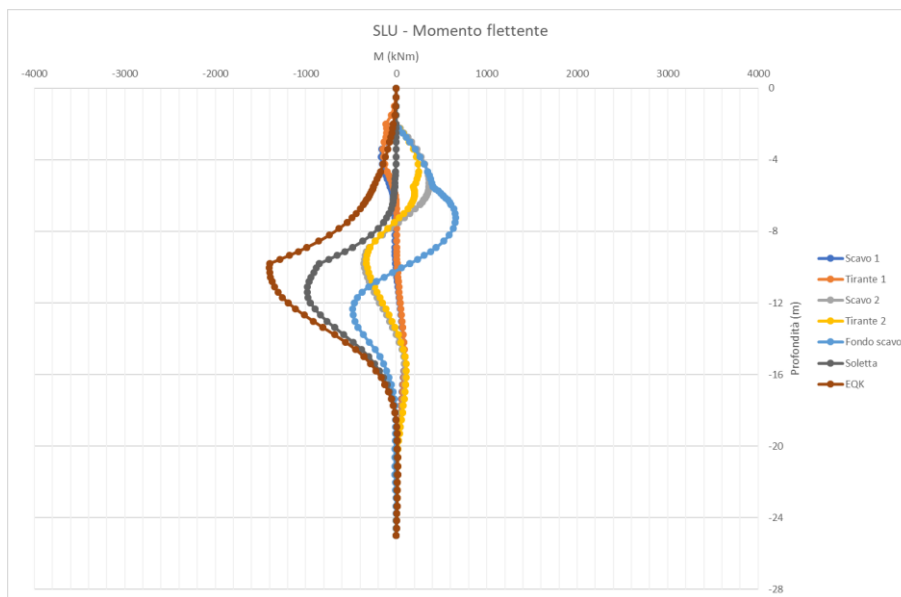


Figura 47: GA02_G (pk 22+284) – Paratia Nord – Sollecitazione di momento flettente (SLU)

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	80 di 202

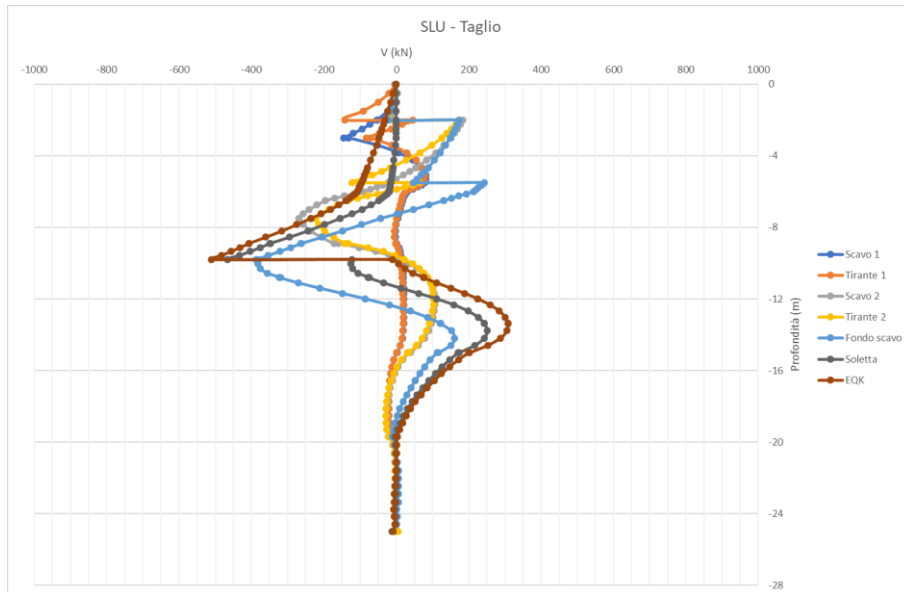


Figura 48: GA02_G (pk 22+284) – Paratia Nord – Sollecitazione di taglio (SLU)

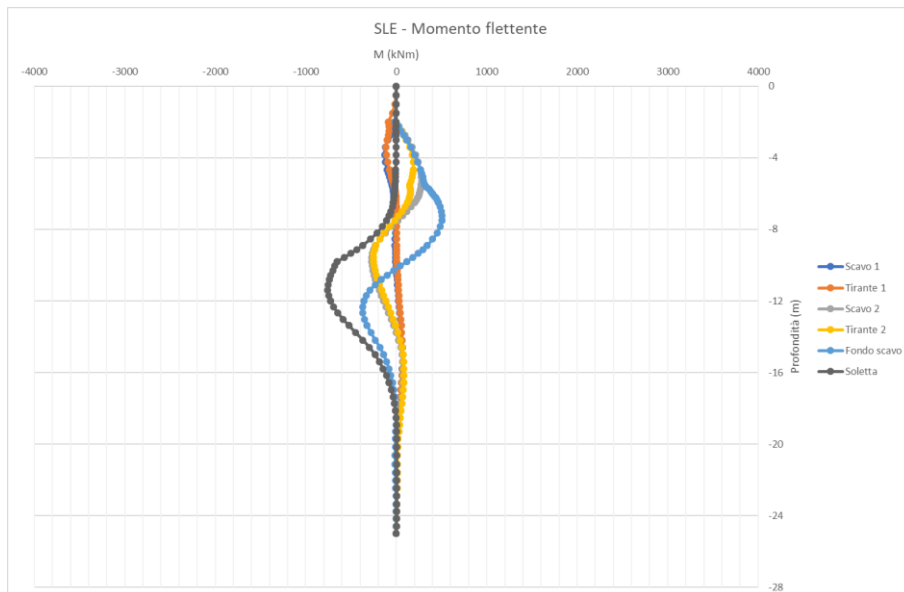


Figura 49: GA02_G (pk 22+284) – Paratia Nord – Sollecitazione di momento flettente (SLE)

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	81 di 202

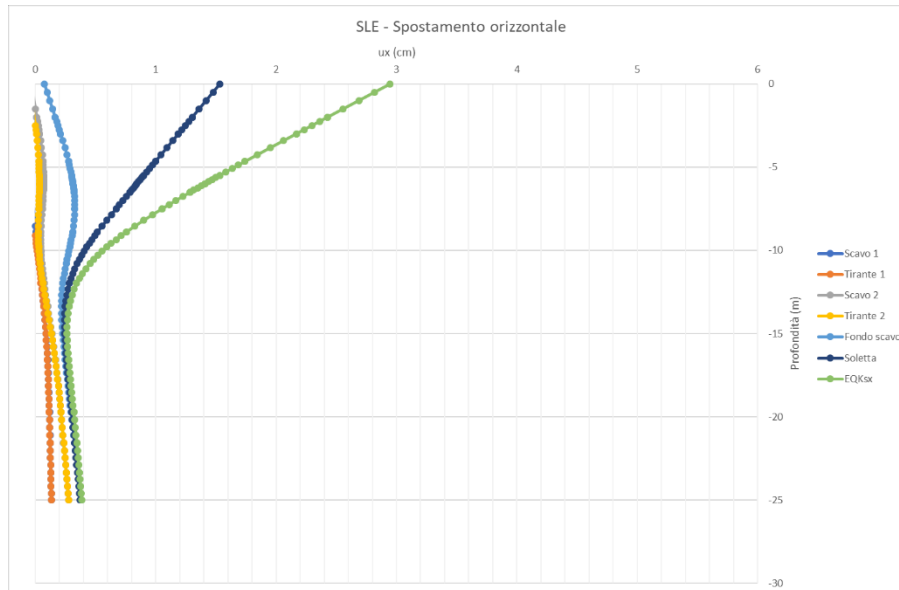


Figura 50: GA02_G (pk 22+284) – Paratia Nord – Spostamento orizzontale (SLE)

11.1.5.2 TIRANTI

La seguente tabella riassume la forza di trazione agente sulle file di tiranti in esercizi al variare delle fasi di scavo e realizzazione delle opere.

Tabella 17: Sollecitazioni nei tiranti in funzione delle fasi

Fase	Fase 3	Fase 4	Fase 5	Fase 6	Fase 10	Fase 11/11(*)
Descrizione fase	Tirante 1	Scavo 2	Tirante 2	Scavo Fin.	Disatt T1	Disatt T2
T1 (z=-2m)	300	307.9	308.6	312.4	317.6	-
T2 (z=-5.5m)	-	-	300	313.9	-	-

11.2 SEZIONE GA02_F1 – PK 22+298.00

11.2.1 GEOMETRIA

La geometria della sezione GA02_F1 (pk 22+298) è qui riportata.

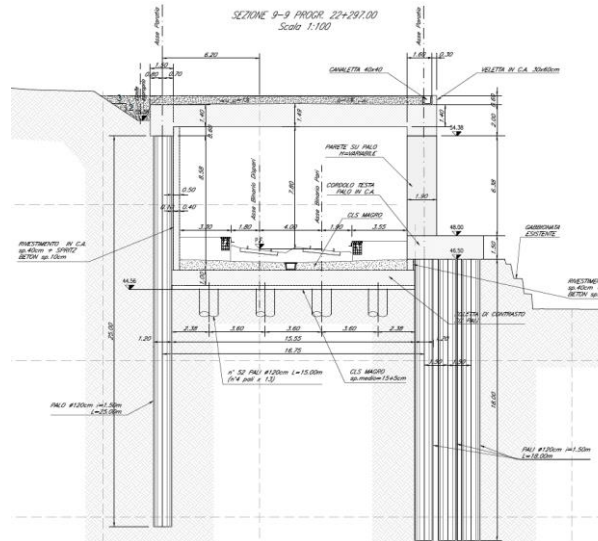


Figura 51: Sezione trasversale rappresentativa della geometria della sezione GA02_F1 (pk 22+298)

La paratia dei pali sulla paratia a monte ha la massima altezza possibile sull'intero sviluppo dell'imbocco ($H=9.81m$), mentre il piedritto ha la massima altezza ($H_m=6.4m$) con soletta su pali non contrastata di larghezza 15.55m con quattro pali in platea. La geometria del modello della sezione GA02_F01 è qui riportata.

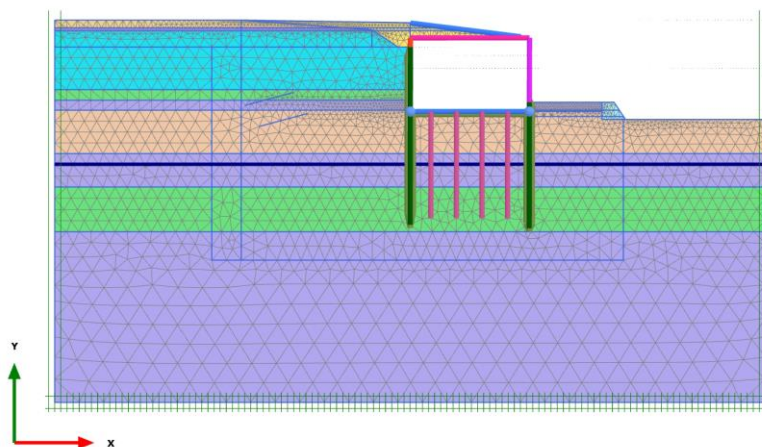


Figura 52: Geometria del modello

I limiti inferiori e laterali del modello sono stati posizionati ad una distanza tale da non influenzare lo sviluppo tenso-deformativo all'interno dell'opera.

11.2.2 CARATTERISTICHE DEL TERRENO

La stratigrafia e parametri di calcolo utilizzati per l'imbocco lato Canello sono riportate nella tabella seguente. Le quote relative sul modello sono state definite a partire dalla quota di testa palo della paratia, situata per la sezione di calcolo a quota +54.38 m.s.l.m.

Tabella 18: Stratigrafia e parametri di calcolo

Unità Geotecnica	Descrizione	GEOMETRIA	PARAMETRI GEOTECNICI					
		zModello	Modello	γ	ϕ'	c'	$E'_{0,50}$	$E'_{ur,50}$
(UG)		(m)		(kN/m ³)	(°)	(kPa)	(MPa)	(MPa)
Ra	Terreno di riporto	2.7	HSM-DR	20	35	0	35	70
TGC2	Tufo Grigio Campano Cenere sabbioso, sabbioso limosa	2.3	HSM-DR	17	33	0	35	70
MDL4	Unità di Maddaloni Sabbia travertinosa	-6	HSM-DR	20	34	30	200	600
MDL3	Unità di Maddaloni Argille limose	-7.5	HSM-DR	20	24	10	50	100
MDL2	Unità di Maddaloni Sabbia, sabbia limosa	-8.9	HSM-DR	20	32	0	60	120
MDL1	Unità di Maddaloni Ghiaia sabbiosa	-15	HSM-DR	20	38	0	120	360
MDL2	Unità di Maddaloni Sabbia, sabbia limosa	-19.7	HSM-DR	20	32	0	60	120
MDL3	Unità di Maddaloni Argille limose	-26	HSM-DR	20	24	10	50	100
MDL2	Unità di Maddaloni Sabbia, sabbia limosa	-50	HSM-DR	20	32	0	60	120

11.2.3 CARATTERISTICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Gli elementi strutturali presenti nel modello sono:

- Paratia di pali: elemento "plate" equivalente
- Platea di fondazione: elemento "plate"
- Piedritto sinistro: elemento "plate"
- Piedritto destro: elemento "plate"
- Soletta di testa: elemento "plate"
- Pali di fondazione: elemento "embedded beam row"
- Bulbi dei tiranti: elemento "embedded beam row"
- Lunghezza libera tiranti: elemento "node-to-node anchor"

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	<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>GA0200 010</td> <td>A</td> <td>84 di 202</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	84 di 202
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	84 di 202								

Le tabelle seguenti riassumono i parametri di calcolo utilizzati per modellare gli elementi strutturali, raggruppati in funzione della loro tipologia.

Tabella 19: Caratteristiche meccaniche degli elementi strutturali (paratie di pali)

Nome	Tipo di elemento	EA	EJ	d	w	v
-	-	(kN/m)	(kN m ² /m)	(m)	(kN/m/m)	(-)
Paratia di pali (D=1.2m, s=1.5m)	Plate	2.34E+07	2.10E+06	1.038	18.85	0.2

Tabella 20: Caratteristiche meccaniche degli elementi strutturali (elementi "plate")

Nome	Tipo di elemento	EA	EJ	d	w	v
-	-	(kN/m)	(kN m ² /m)	(m)	(kN/m/m)	(-)
Platea di fondazione (s=1m)	Plate	3.10E+07	2.58E+06	1	25	0.2
Piedritto sx (s=1.5m)	Plate	4.95E+07	9.28E+06	1.5	37.5	0.2
Piedritto dx (s=1.9m)	Plate	6.27E+07	1.89E+07	1.9	47.5	0.2
Soletta di testa (s=1.4m)	Plate	4.62E+07	7.55E+06	1.4	35	0.2

Tabella 21: Caratteristiche meccaniche degli elementi strutturali (elementi "embedded beam row")

Nome	Tipologia	EA	EJ	L_s	T_shaft	T_foot
-	-	(kN/m)	(kN m ² /m)	(m)	(kN/m)	(kN)
Pali di fondazione (D=1.2m, s=3.6m)	EBR (Pile)	3.51E+07	3.16E+06	3.6	120	1000
Bulbo in MDL2 ($\tau=200\text{kPa}$, $\alpha=1.45$, $\Phi_d=180\text{mm}$)	EBR (Grout)	1.61E+06	6.83E+03	3	164	-
Bulbo in MDL1 ($\tau=300\text{kPa}$, $\alpha=1.70$, $\Phi_d=180\text{mm}$)	EBR (Grout)	2.21E+06	1.29E+04	3	288	-

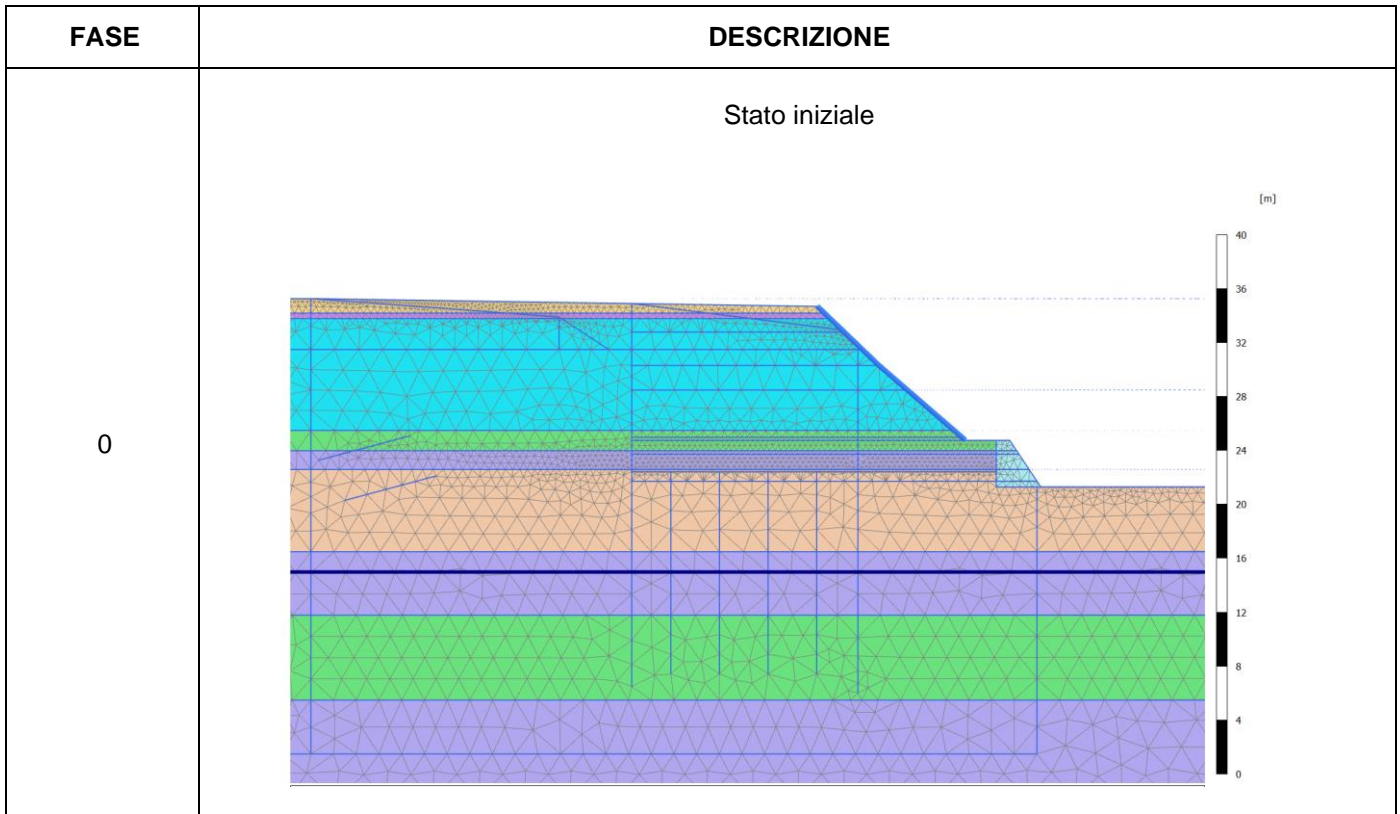
Tabella 22: Caratteristiche meccaniche degli elementi strutturali (elementi "node-to-node anchor")

Nome	Tipologia	Materiale	EA	L_spacing	F_max,t	F_max,c
-	-	-	(kN/m)	(m)	(kN)	(kN)
Tirante (4 trefoli)	NTN anchor	Elasto-plastico	1.18E+05	3	900	900

11.2.4 SIMULAZIONE DELLE FASI COSTRUTTIVE

Le fasi costruttive sono modellate come segue.

Tabella 23: Fasi di calcolo

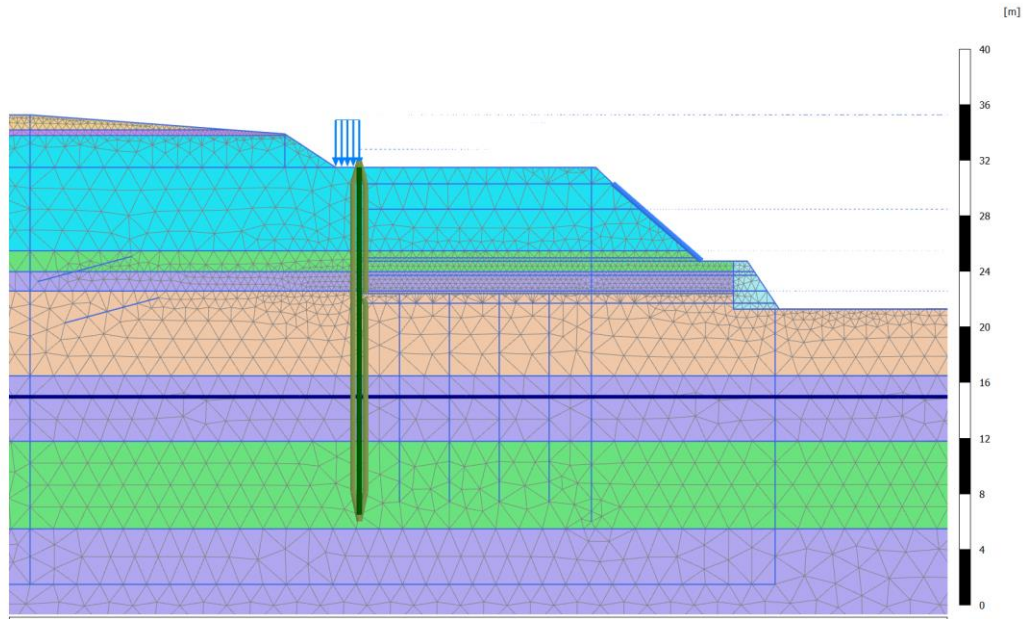


GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	86 di 202

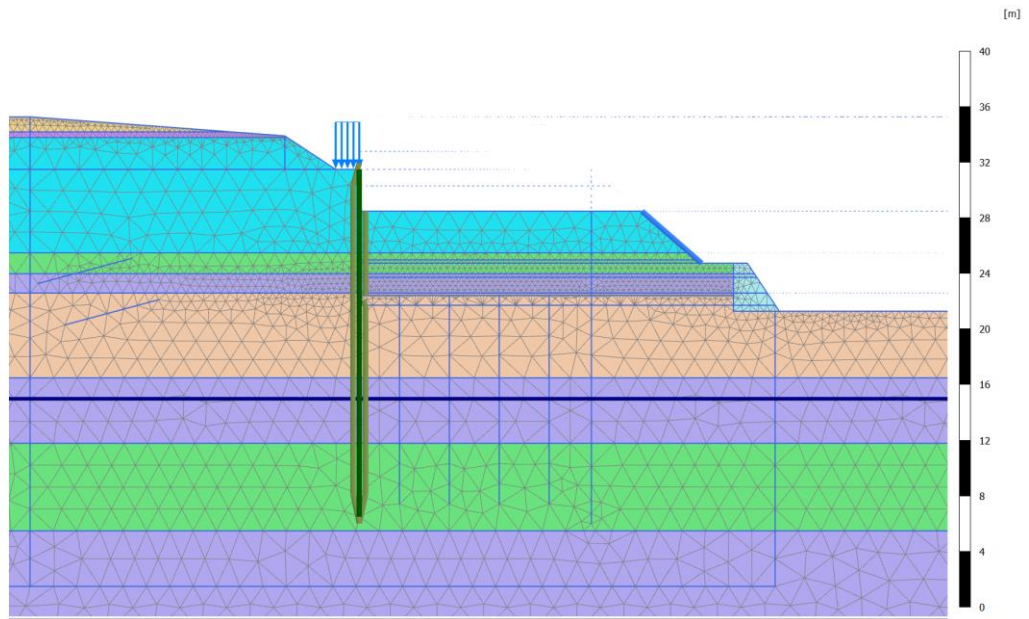
Installazione pali

1



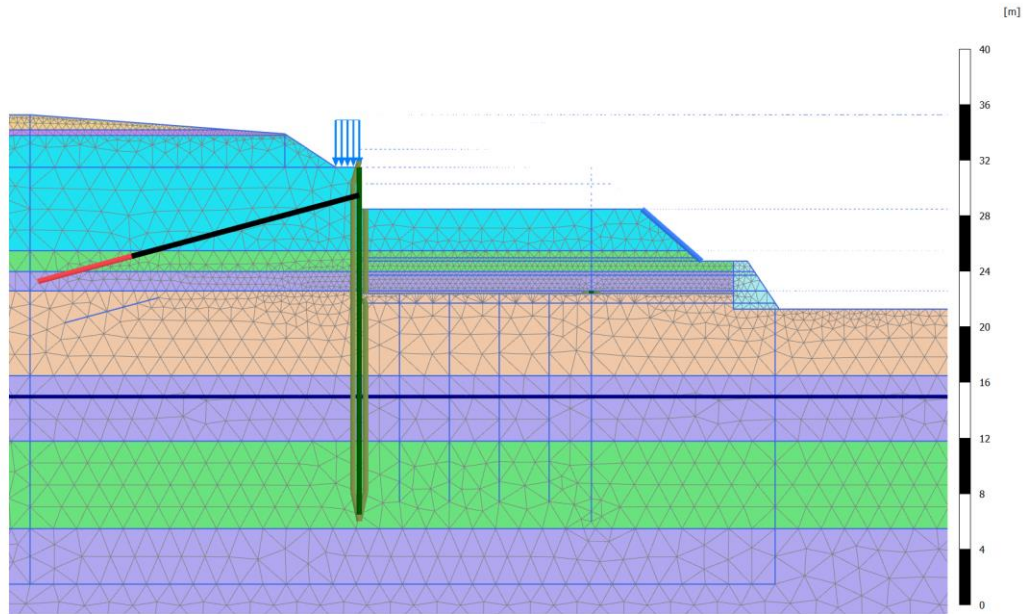
Scavo fino a quota -3m dalla testa del palo

2



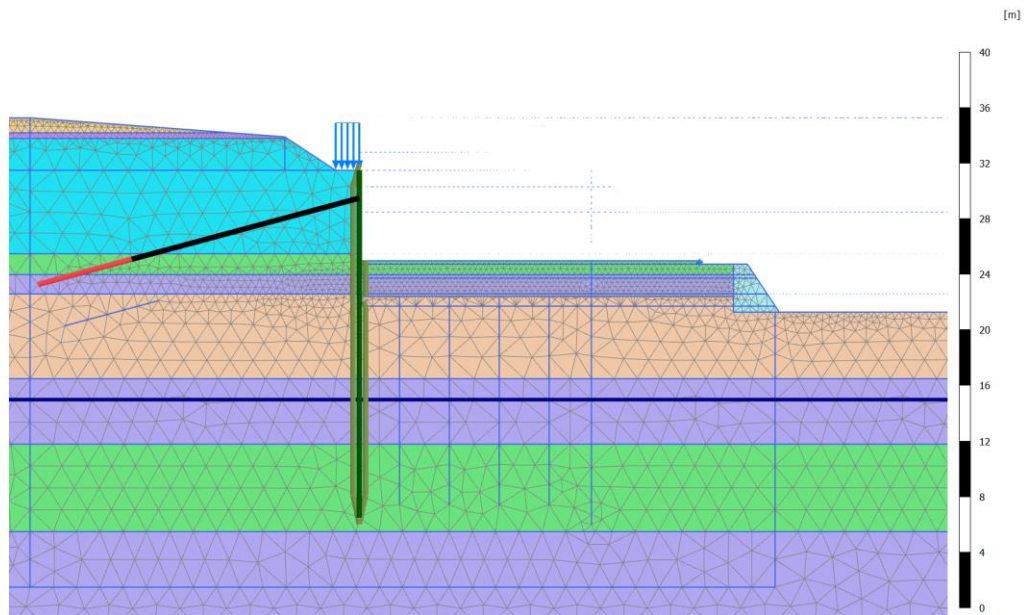
3

Installazione della prima fila di tiranti (-2m dalla testa del palo) e tesatura dei tiranti ($F=300kN$)



4

Scavo fino a quota -6.5m dalla testa del palo

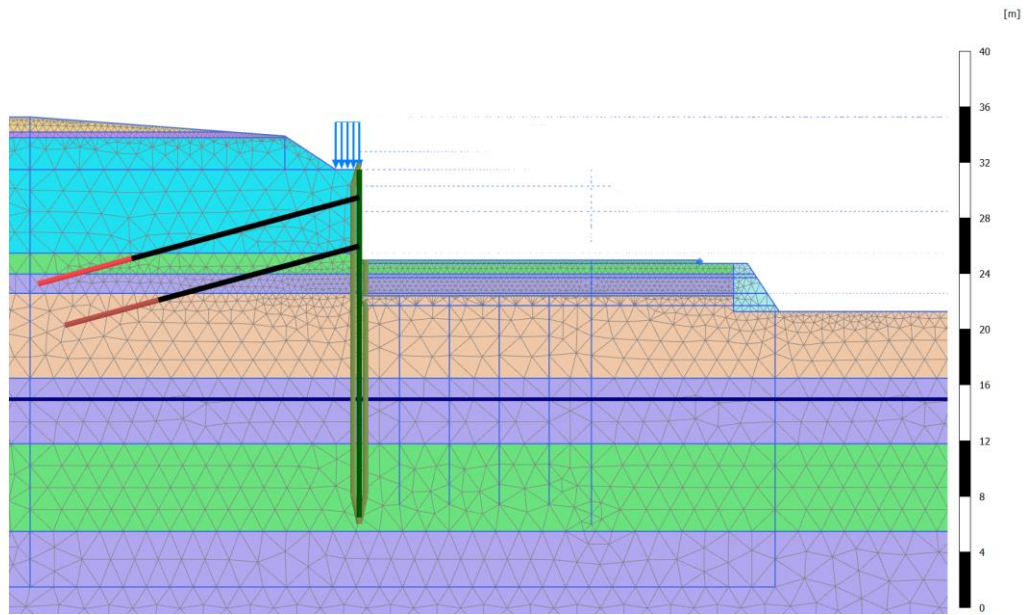


GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	88 di 202

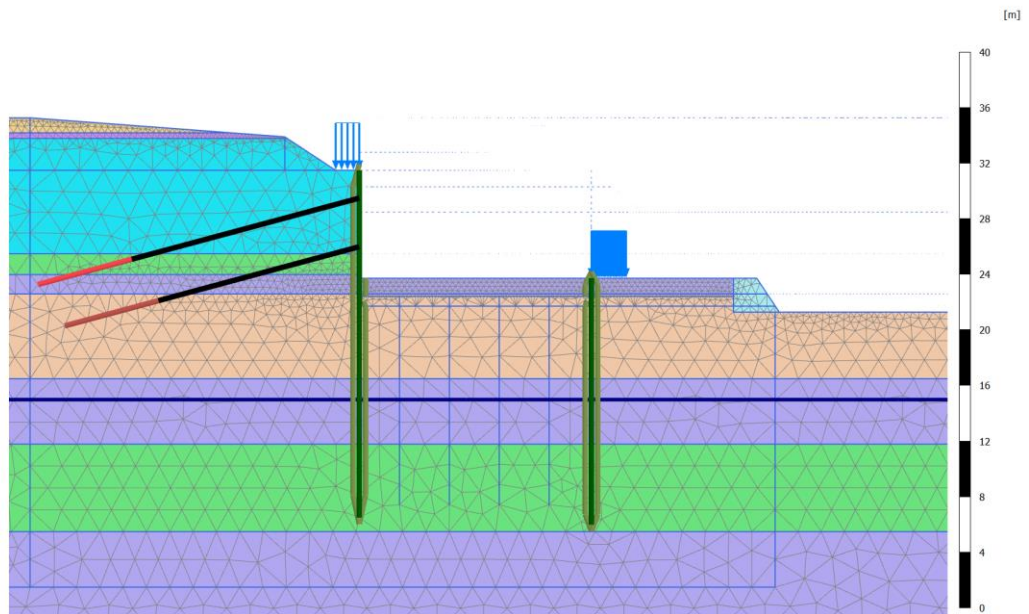
5

Installazione della seconda fila di tiranti (-5.5m dalla testa del palo) e tesatura dei tiranti ($F=300kN$)



6

Raggiungimento quota di esecuzione del palo di destra e installazione del palo

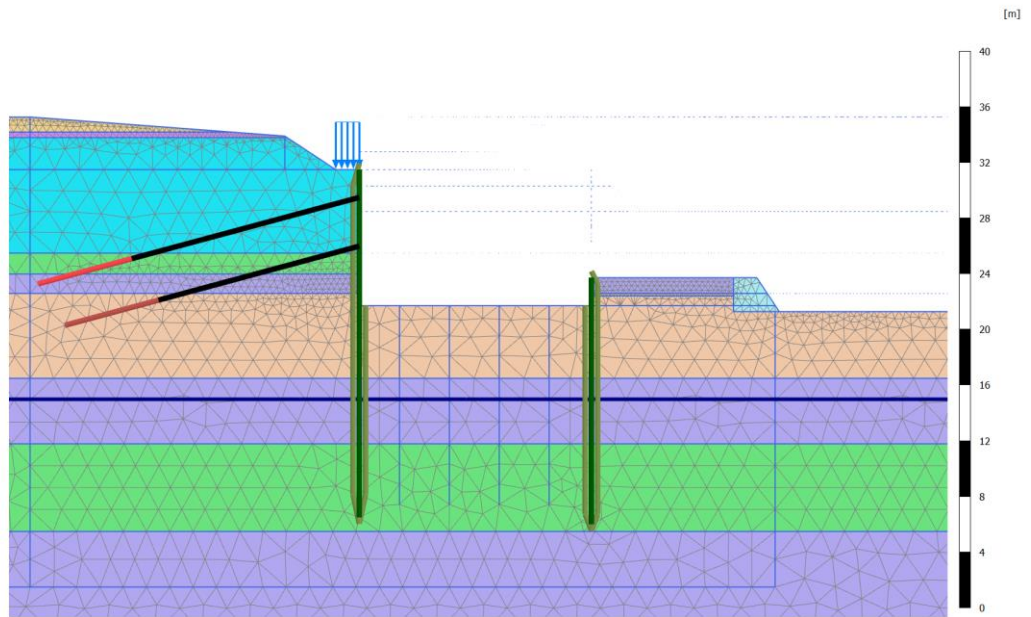


GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	89 di 202

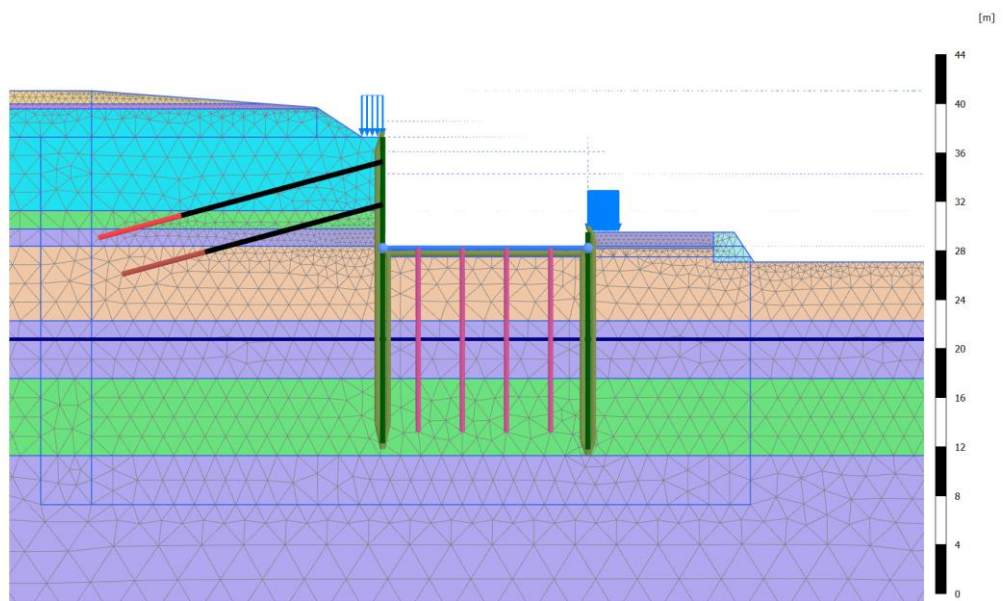
7

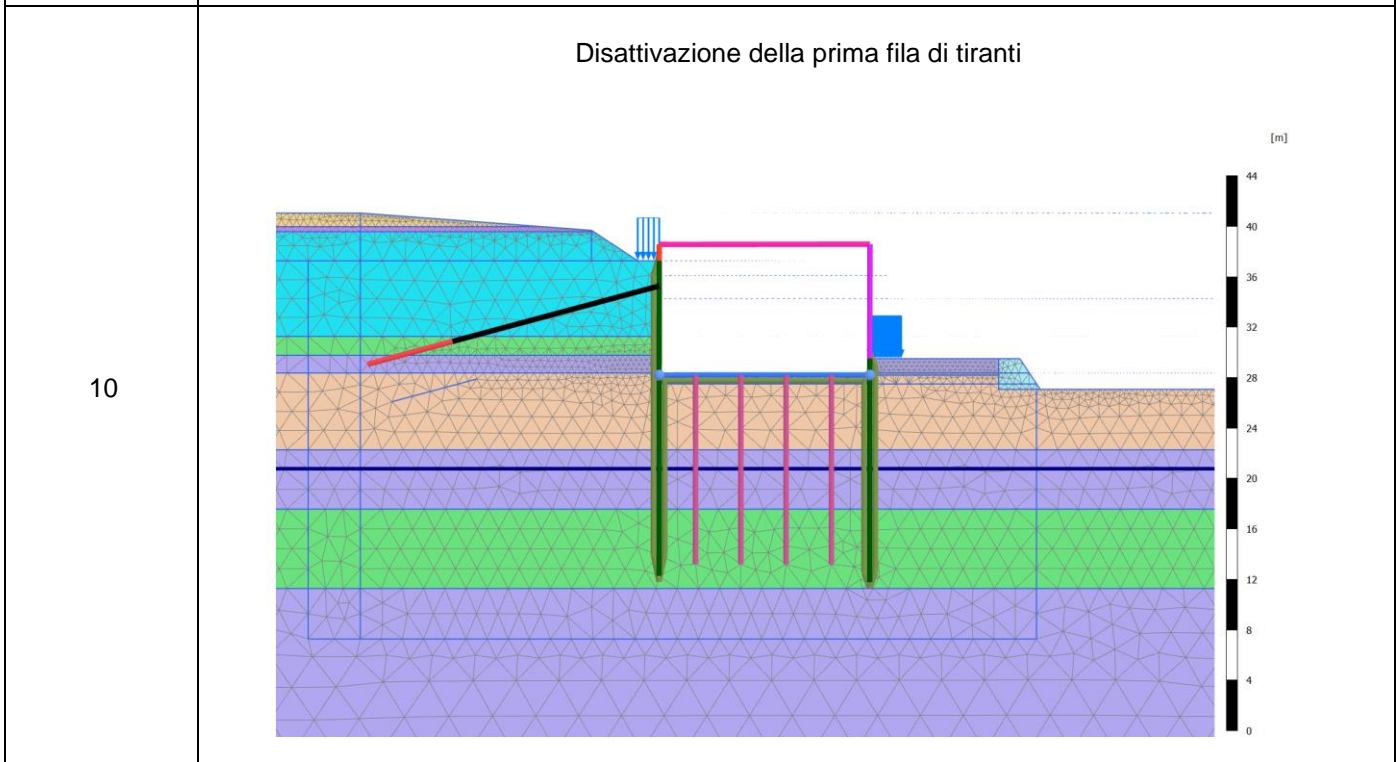
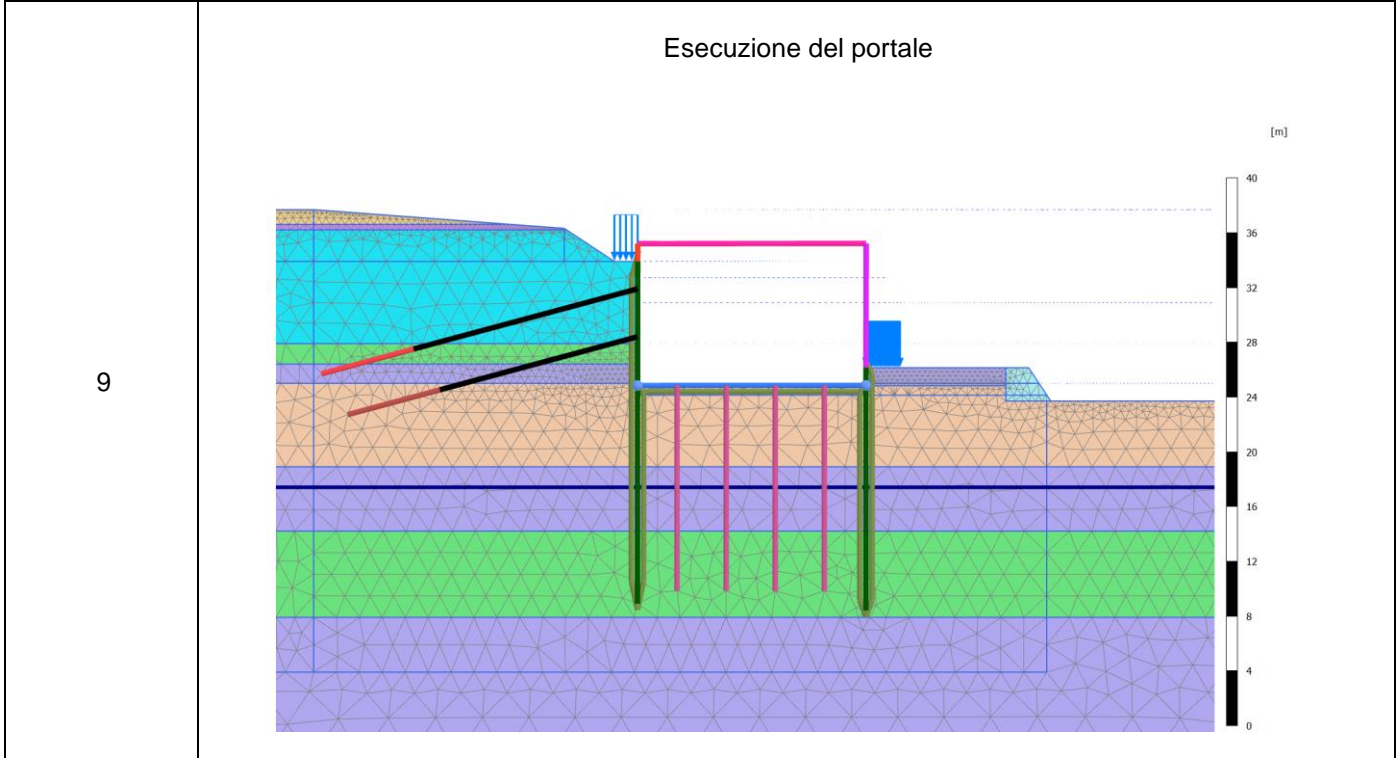
Raggiungimento fondo scavo



8

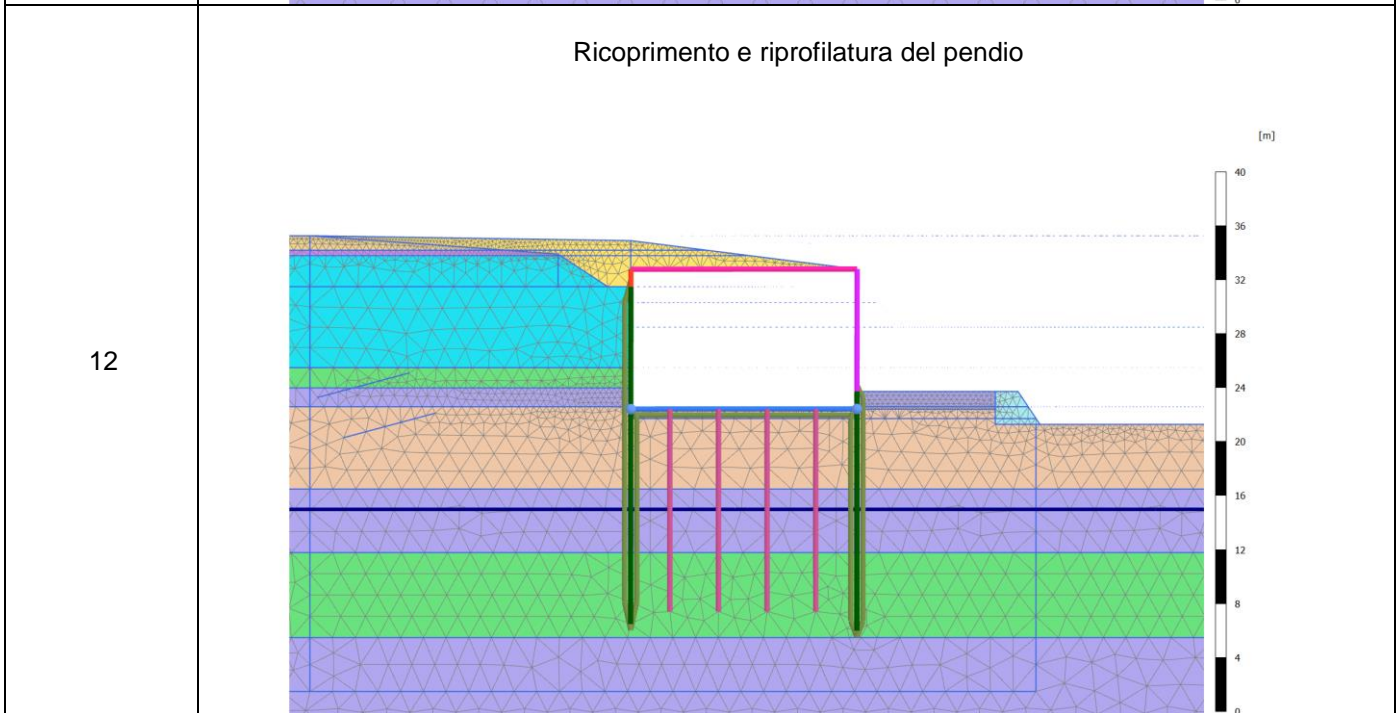
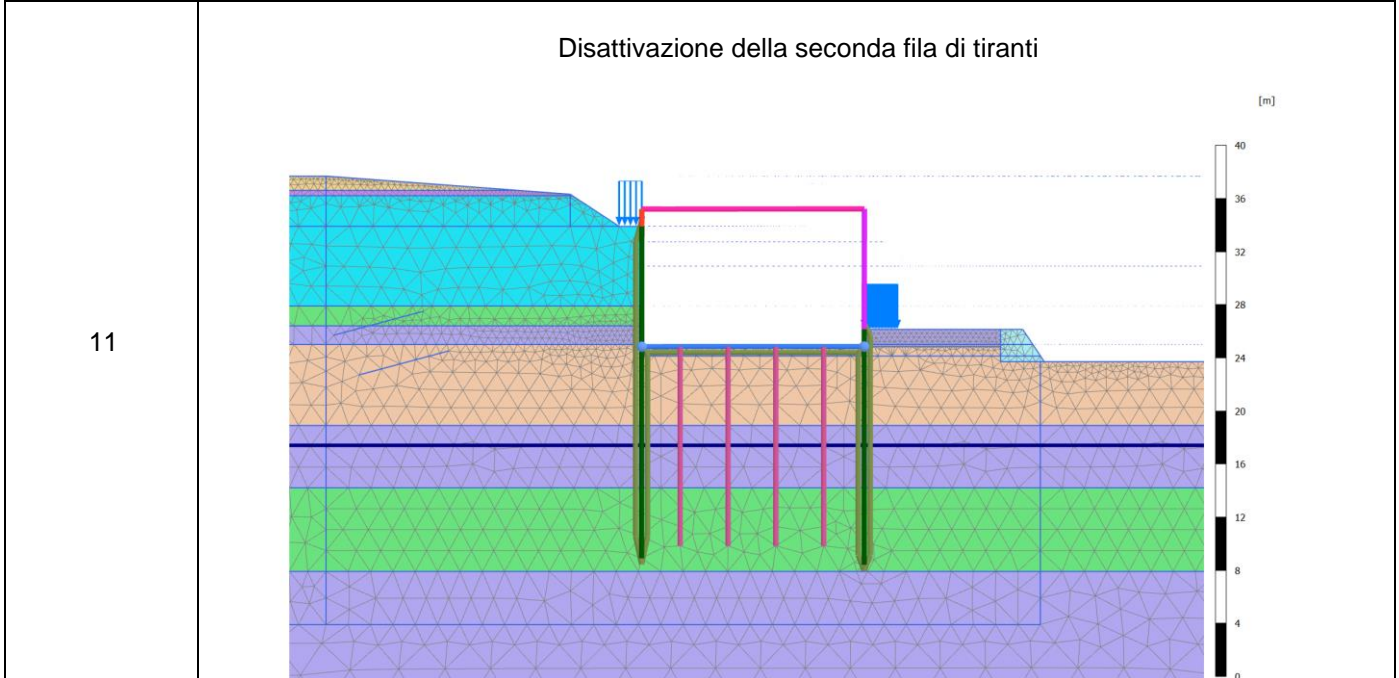
Esecuzione pali e platea di fondazione





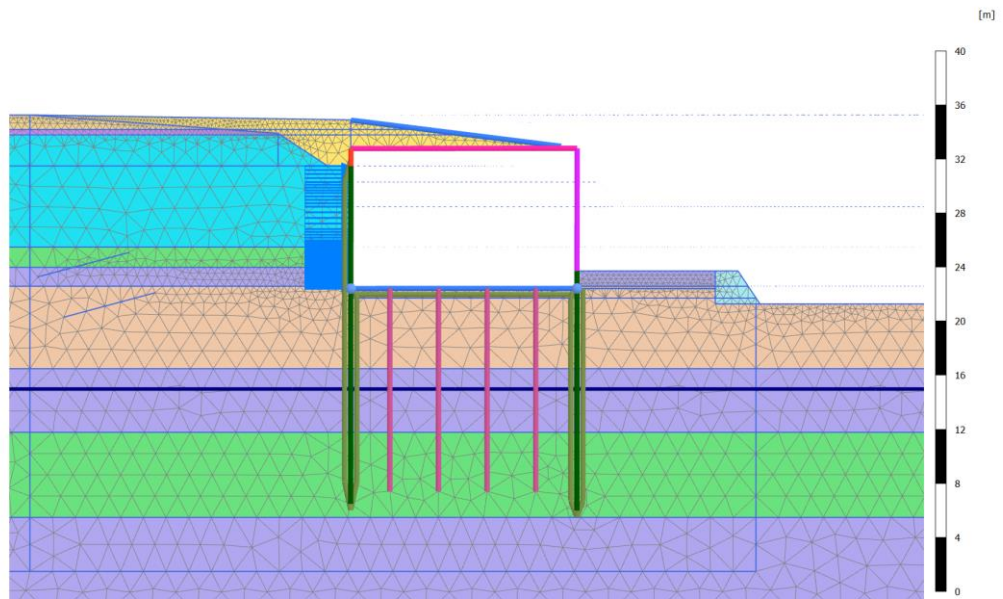
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	91 di 202



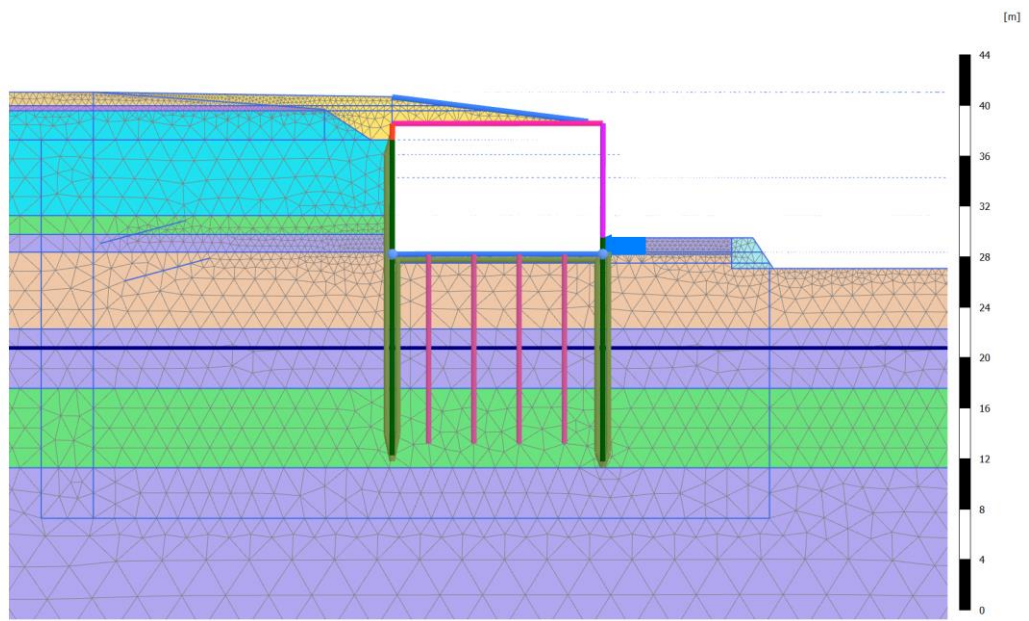
13

Simulazione del caso di carico EQK da sinistra (EKQ sx)



14

Simulazione del caso di carico EQK da destra (EKQ dx)



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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	93 di 202

A queste fasi seguono le procedure di “phi/c reduction”, per cui vengono applicati i parametri A2+M2 (Approccio 1 Combinazione 2) e lanciata l’analisi per il calcolo del fattore di sicurezza sulla stabilità globale:

- sulla fase 12 (ricoprimento);
- sulla fase 13 (sisma).

Inoltre la paratia di pali è stata verificata anche nel caso più gravoso di disattivazione dei tiranti prima dell’installazione del portale, per assicurare la sicurezza del sistema di sostegno e della sistemazione definitiva in caso di differente metodologia costruttiva.

Tabella 24: Fasi di calcolo alternative

FASE	DESCRIZIONE
<p>9 (*)</p> <p>10 (*)</p> <p>11 (*)</p>	<p>Disattivazione dei tiranti prima della costruzione del portale</p>

11.2.5 RISULTATI DELLE ANALISI

In seguito, sono riportati i risultati delle fasi maggiormente rappresentative delle analisi, in cui si è applicata la fase più gravosa per ogni elemento strutturale.

11.2.5.1 PARATIA NORD

I seguenti grafici riassumono le sollecitazioni e gli spostamenti ottenuti con l'analisi ad elementi finiti bidimensionale con il software PLAXIS 2D per le fasi più importanti.

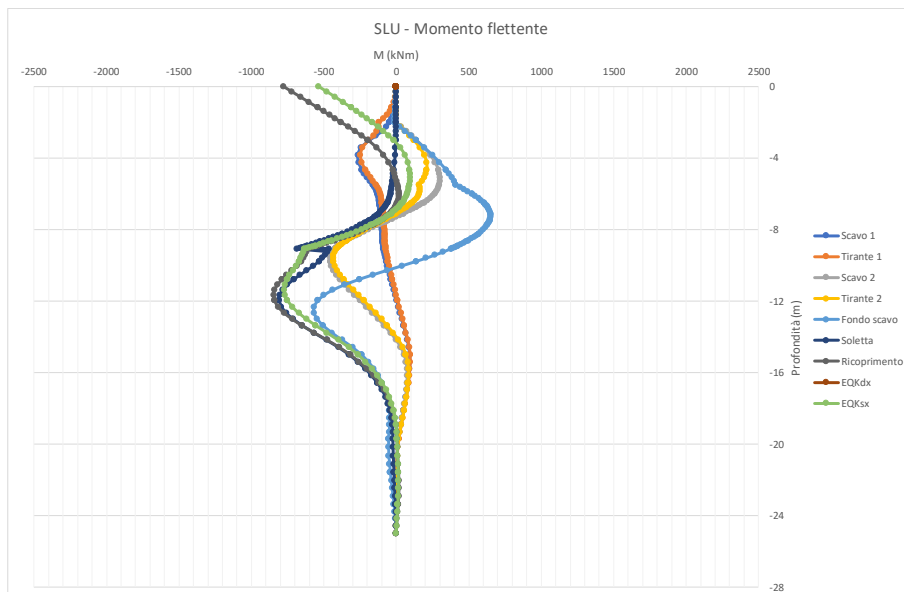


Figura 53: GA02_F1 (pk 22+298) – Paratia Nord – Sollecitazione di momento flettente (SLU)

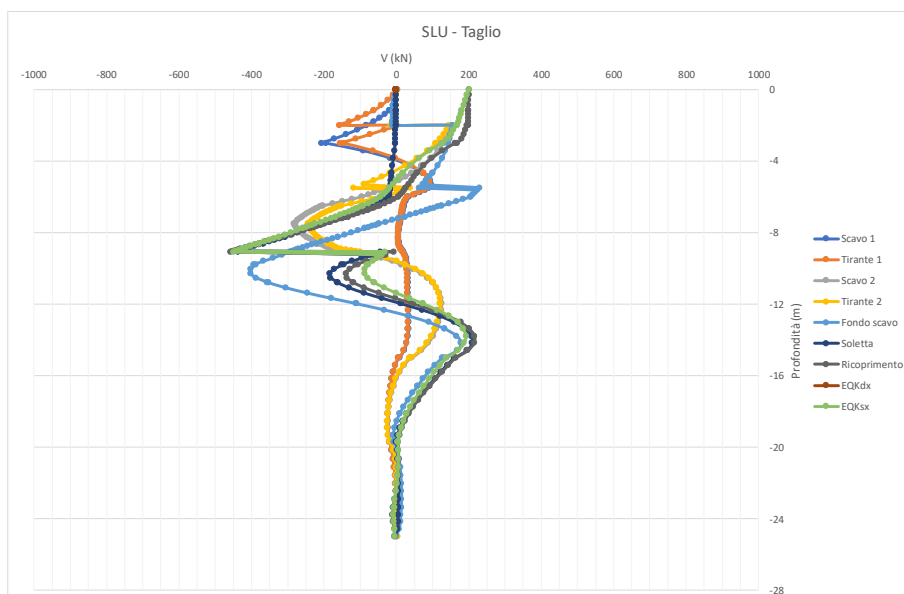


Figura 54: GA02_F1 (pk 22+298) – Paratia Nord – Sollecitazione di taglio (SLU)

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	95 di 202

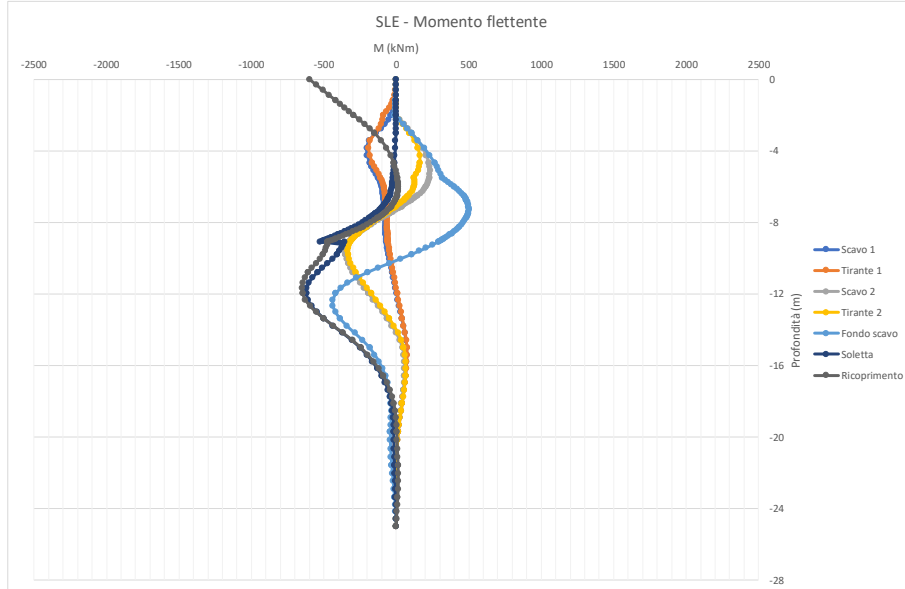


Figura 55: GA02_F1 (pk 22+298) – Paratia Nord – Sollecitazione di momento flettente (SLE)

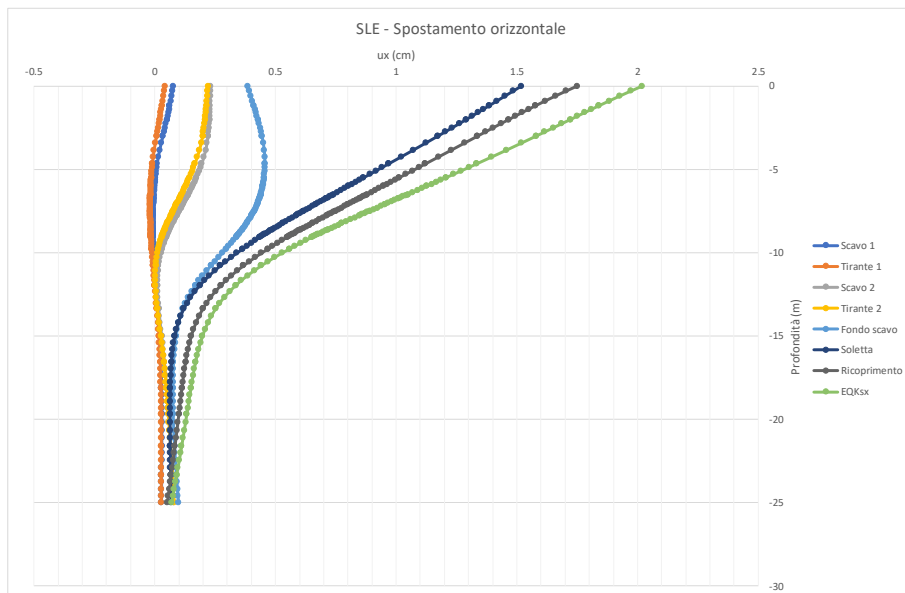


Figura 56: GA02_F1 (pk 22+298) – Paratia Nord – Spostamento orizzontale (SLE)

11.2.5.2 PARATIA SUD

I seguenti grafici riassumono le sollecitazioni e gli spostamenti ottenuti con l'analisi ad elementi finiti bidimensionale con il software PLAXIS 2D per le fasi più importanti.

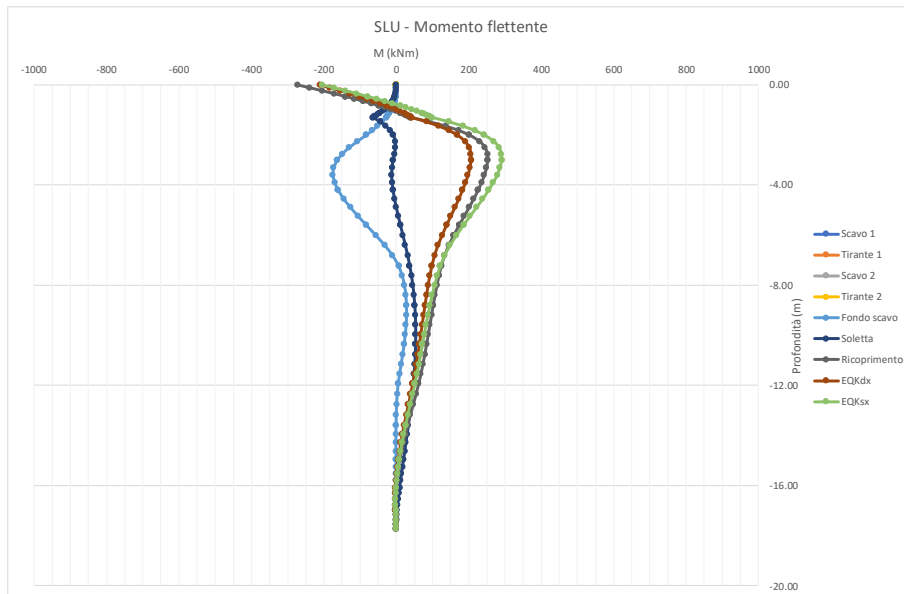


Figura 57: GA02_F1 (pk 22+298) – Paratia Sud – Sollecitazione di momento flettente (SLU)

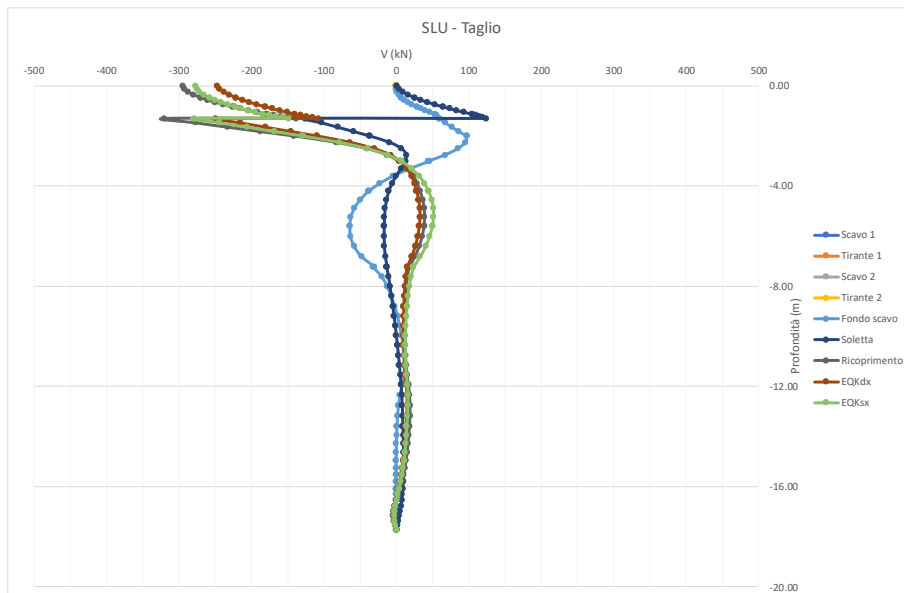


Figura 58: GA02_F1 (pk 22+298) – Paratia Sud – Sollecitazione di taglio (SLU)

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	97 di 202

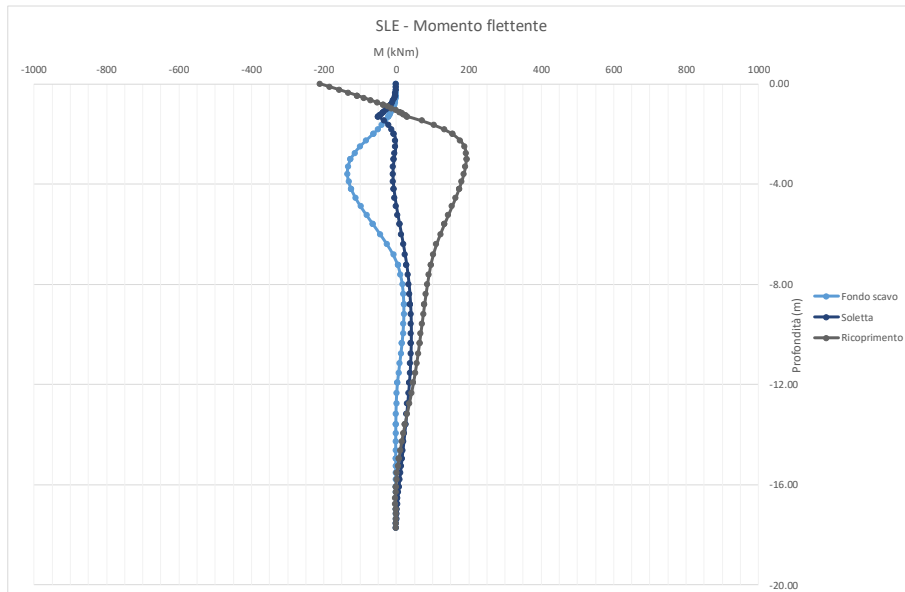


Figura 59: GA02_F1 (pk 22+298) – Paratia Sud – Sollecitazione di momento flettente (SLE)

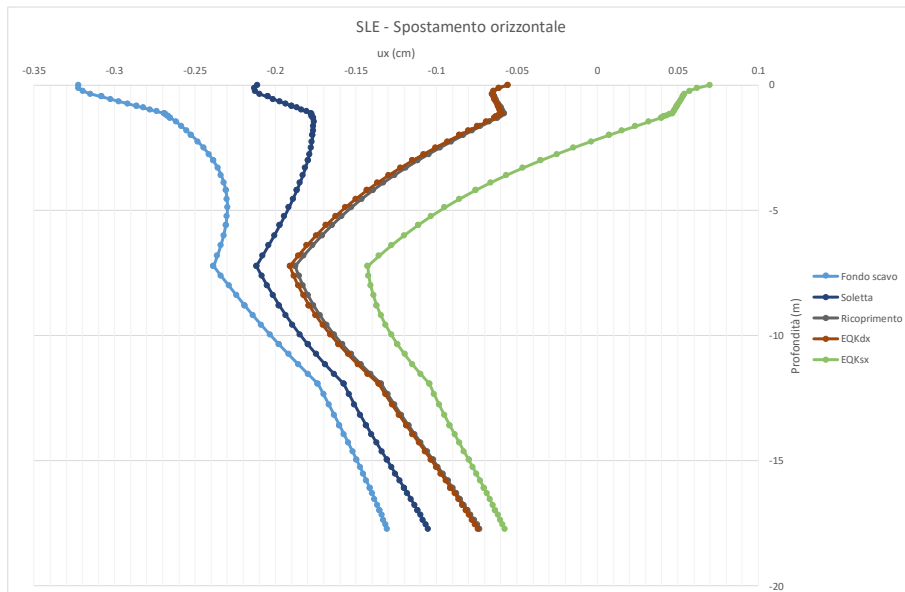


Figura 60: GA02_F1 (pk 22+298) – Paratia Sud – Spostamento orizzontale (SLE)

11.2.5.3 TIRANTI

La seguente tabella riassume la forza di trazione agente sulle file di tiranti in esercizi al variare delle fasi di scavo e realizzazione delle opere.

Tabella 25: Sollecitazioni nei tiranti in funzione delle fasi

Fase	F_tirante (kN)						
	Fase 3 Tirante 1	Fase 4 Scavo 2	Fase 5 Tirante 2	Fase 7 Scavo Fin.	Fase 10 Disatt T1	Fase 10 (*) Disatt T1	Fase 11/11(*) Disatt T2
T1 (z=-2m)	300	310.3	308.6	317.3	317.3	325	-
T2 (z=-5.5m)	-	-	300	316.9	-	-	-

11.2.5.4 PIEDRITTO

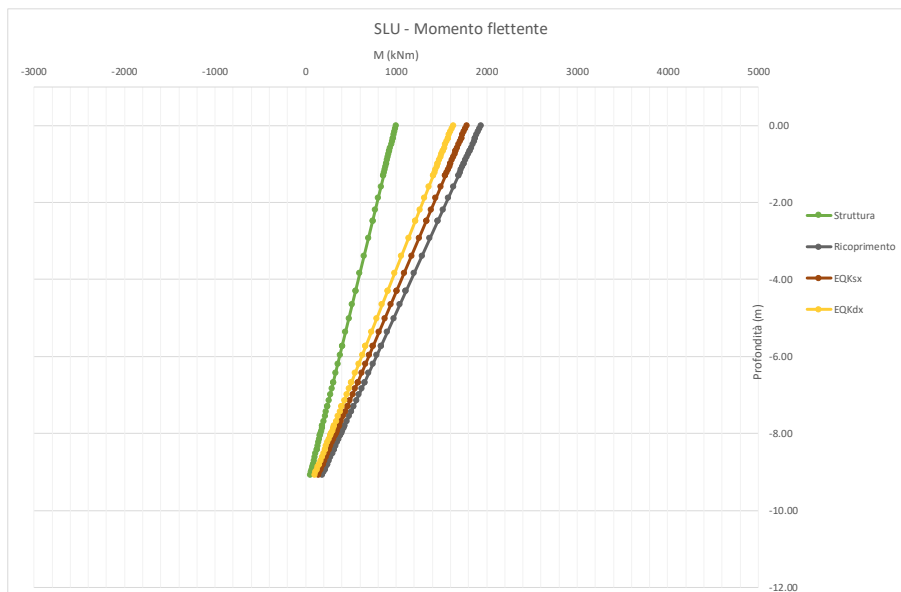


Figura 61: GA02_F1 (pk 22+298) – Piedritto – Sollecitazione di momento flettente (SLU)

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	99 di 202

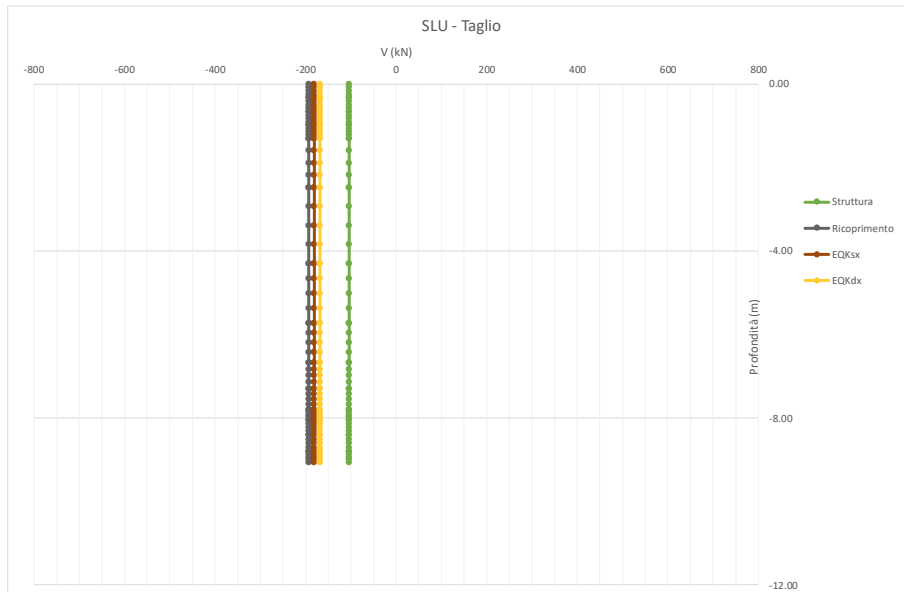


Figura 62: GA02_F1 (pk 22+298) – Piedritto – Sollecitazione di taglio (SLU)



Figura 63: GA02_F1 (pk 22+298) – Piedritto – Sollecitazione di momento flettente (SLE)

11.2.5.5 SOLETTA SUPERIORE

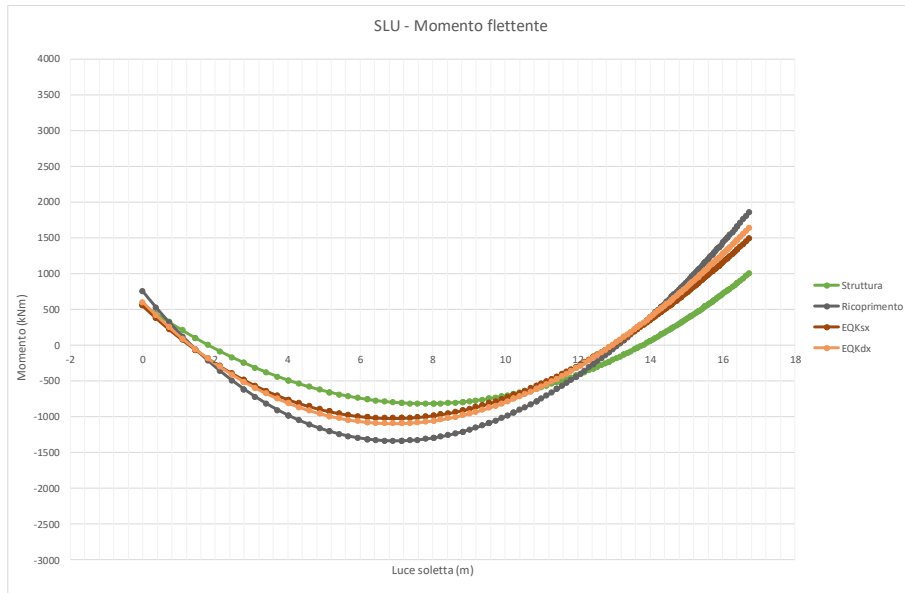


Figura 64: GA02_F1 (pk 22+298) – Soletta Superiore – Sollecitazione di momento flettente (SLU)

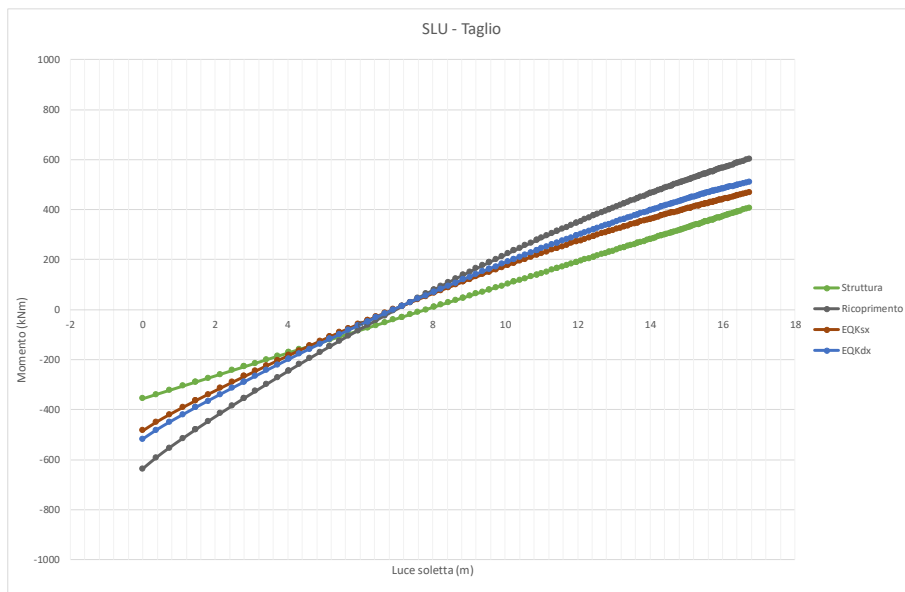


Figura 65: GA02_F1 (pk 22+298) – Soletta Superiore – Sollecitazione di taglio (SLU)

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	101 di 202

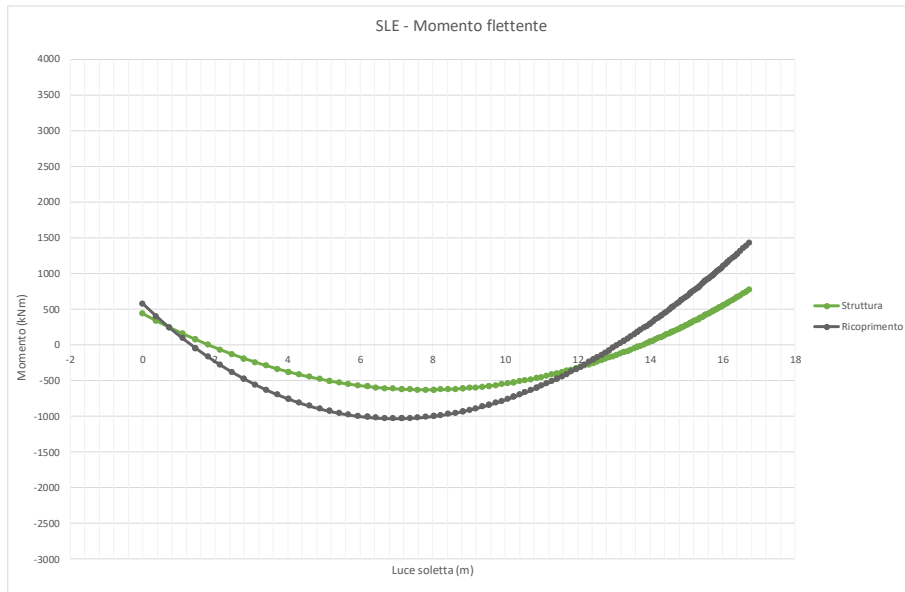


Figura 66: GA02_F1 (pk 22+298) – Soletta Superiore – Sollecitazione di momento flettente (SLE)

11.3 SEZIONE GA02_F2 – PK 22+308.00

11.3.1 GEOMETRIA

La geometria della sezione GA02_F2 (pk 22+308) è qui riportata.

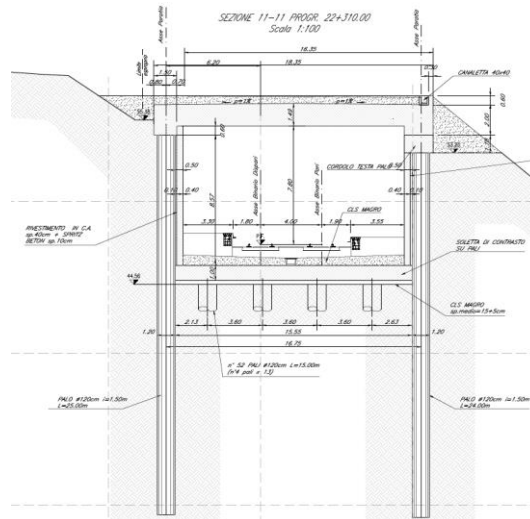


Figura 67: Sezione trasversale rappresentativa della geometria della sezione GA02_F2 (pk 22+308)

La paratia Nord ha i pali con massimo sbalzo possibile sull'intero sviluppo dell'imbocco ($H_{p,N} = 9.81m$), così come per la paratia Sud i pali hanno sbalzo massimo ($H_{p,S} = 8.64m$); viceversa, il piedritto ha la minima altezza ($H_m = 1.2m$). Il portale è completato dalla soletta di copertura e la fondazione è costituita da una soletta su pali contrastata di larghezza 15.55m con quattro pali in platea ($i = 3.60m$).

La caratteristica principale di questa sezione è la parietalità della galleria artificiale, con la possibilità di un effetto del sisma importante anche in caso fosse in direzione opposta allo sviluppo del versante e la generazione delle sollecitazioni più importanti negli incastri.

La geometria del modello della sezione GA02_F2 è qui riportata.

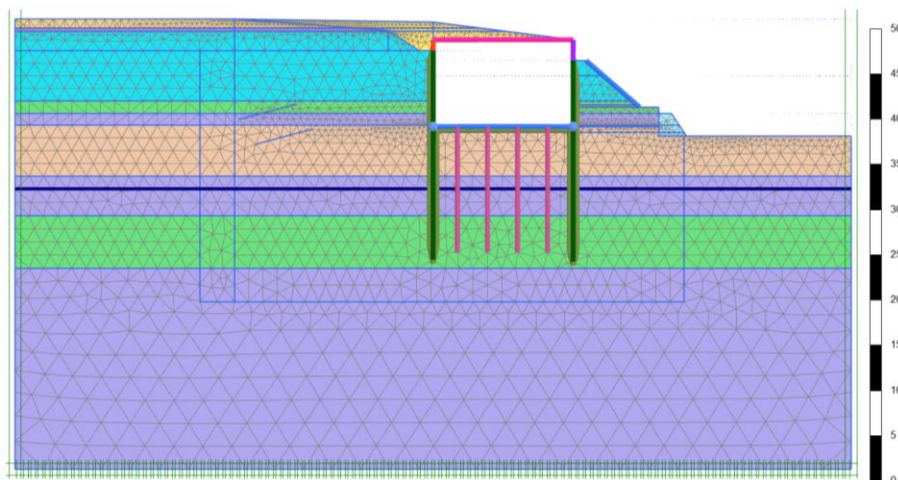


Figura 68: Geometria del modello

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">GA0200 010</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">103 di 202</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	103 di 202
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	103 di 202								

I limiti inferiori e laterali del modello sono stati posizionati ad una distanza tale da non influenzare lo sviluppo tenso-deformativo all'interno dell'opera.

11.3.2 CARATTERISTICHE DEL TERRENO

La stratigrafia e parametri di calcolo utilizzati per l'imbocco lato Canello sono riportate nella tabella seguente. Le quote relative sul modello sono state definite a partire dalla quota di testa palo della paratia, situata per la sezione di calcolo a quota +54.38 m.s.l.m.

Tabella 26: Stratigrafia e parametri di calcolo

Unità Geotecnica	Descrizione	GEOMETRIA		PARAMETRI GEOTECNICI				
		zModello	Modello	γ	φ'	c'	$E'_{0,50}$	$E'_{ur,50}$
(UG)		(m)		(kN/m ³)	(°)	(kPa)	(MPa)	(MPa)
Ra	Terreno di riporto	2.7	HSM-DR	20	35	0	35	70
TGC2	Tufo Grigio Campano Cenere sabbioso, sabbioso limosa	2.3	HSM-DR	17	33	0	35	70
MDL4	Unità di Maddaloni Sabbia travertinoso	-6	HSM-DR	20	34	30	200	600
MDL3	Unità di Maddaloni Argille limose	-7.5	HSM-DR	20	24	10	50	100
MDL2	Unità di Maddaloni Sabbia, sabbia limosa	-8.9	HSM-DR	20	32	0	60	120
MDL1	Unità di Maddaloni Ghiaia sabbiosa	-15	HSM-DR	20	38	0	120	360
MDL2	Unità di Maddaloni Sabbia, sabbia limosa	-19.7	HSM-DR	20	32	0	60	120
MDL3	Unità di Maddaloni Argille limose	-26	HSM-DR	20	24	10	50	100
MDL2	Unità di Maddaloni Sabbia, sabbia limosa	-50	HSM-DR	20	32	0	60	120

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	104 di 202

11.3.3 CARATTERISTICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Gli elementi strutturali presenti nel modello sono:

- Paratia di pali: elemento "plate" equivalente
- Platea di fondazione elemento "plate"
- Piedritto sinistro elemento "plate"
- Piedritto destro elemento "plate"
- Soletta di testa elemento "plate"
- Pali di fondazione elemento "embedded beam row"
- Bulbi dei tiranti elemento "embedded beam row"
- Lunghezza libera tiranti elemento "node-to-node anchor"

Le tabelle seguenti riassumono i parametri di calcolo utilizzati per modellare gli elementi strutturali, raggruppati in funzione della loro tipologia.

Tabella 27: Caratteristiche meccaniche degli elementi strutturali (paratie di pali)

Nome	Tipo di elemento	EA	EJ	d	w	v
-	-	(kN/m)	(kN m ² /m)	(m)	(kN/m/m)	(-)
Paratia di pali (D=1.2m, s=1.5m)	Plate	2.34E+07	2.10E+06	1.038	18.85	0.2

Tabella 28: Caratteristiche meccaniche degli elementi strutturali (elementi "plate")

Nome	Tipo di elemento	EA	EJ	d	w	v
-	-	(kN/m)	(kN m ² /m)	(m)	(kN/m/m)	(-)
Platea di fondazione (s=1m)	Plate	3.10E+07	2.58E+06	1	25	0.2
Piedritto sx (s=1.5m)	Plate	4.95E+07	9.28E+06	1.5	37.5	0.2
Piedritto dx (s=1.9m)	Plate	6.27E+07	1.89E+07	1.9	47.5	0.2
Soletta di testa (s=1.4m)	Plate	4.62E+07	7.55E+06	1.4	35	0.2

Tabella 29: Caratteristiche meccaniche degli elementi strutturali (elementi "embedded beam row")

Nome	Tipologia	EA	EJ	L_s	T_shaft	T_foot
-	-	(kN/m)	(kN m ² /m)	(m)	(kN/m)	(kN)
Pali di fondazione (D=1.2m, s=3.6m)	EBR (Pile)	3.51E+07	3.16E+06	3.6	120	1000
Bulbo in MDL2 ($\tau=200\text{kPa}$, $\alpha=1.45$, $\Phi_d=180\text{mm}$)	EBR (Grout)	1.61E+06	6.83E+03	3	164	-
Bulbo in MDL1 ($\tau=300\text{kPa}$, $\alpha=1.70$, $\Phi_d=180\text{mm}$)	EBR (Grout)	2.21E+06	1.29E+04	3	288	-

Tabella 30: Caratteristiche meccaniche degli elementi strutturali (elementi "node-to-node anchor")

Nome	Tipologia	Materiale	EA	L_spacing	F_max,t	F_max,c
-	-	-	(kN/m)	(m)	(kN)	(kN)
Tirante (4 trefoli)	NTN anchor	Elasto-plastico	1.18E+05	3	900	900

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	105 di 202

11.3.4 SIMULAZIONE DELLE FASI COSTRUTTIVE

Le fasi costruttive sono modellate come segue.

Tabella 31: Fasi di calcolo

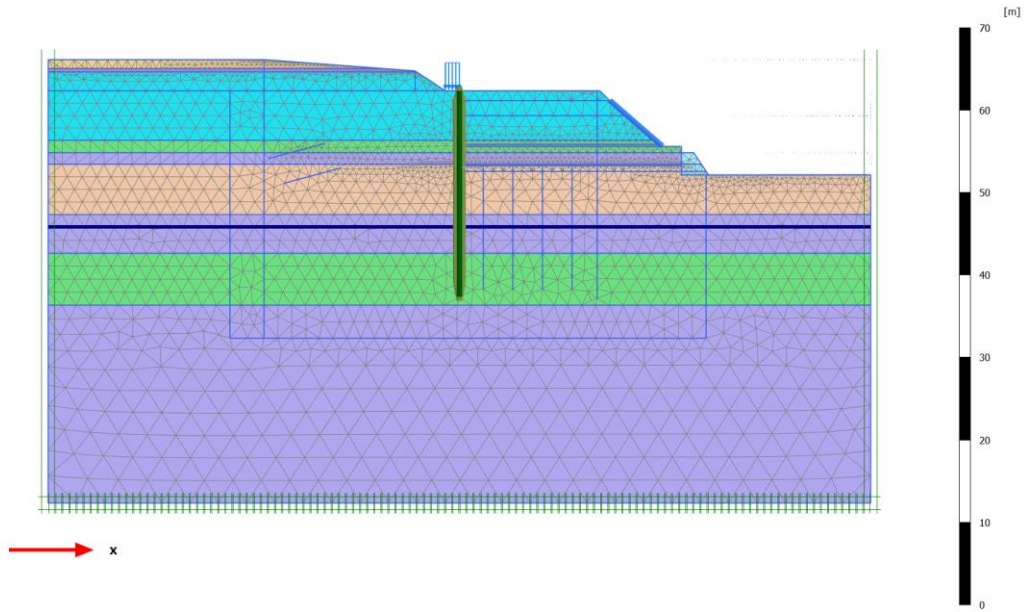
FASE	DESCRIZIONE
0	<p style="text-align: center;">Stato iniziale</p>

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	106 di 202

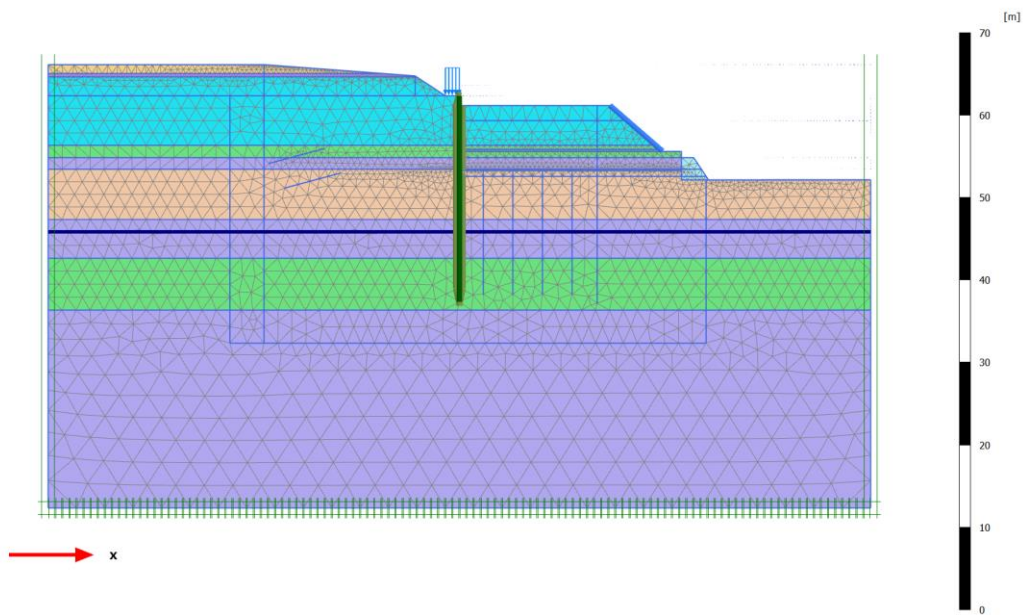
Installazione pali paratia Nord

1



Scavo fino a quota testa palo della paratia Sud

2

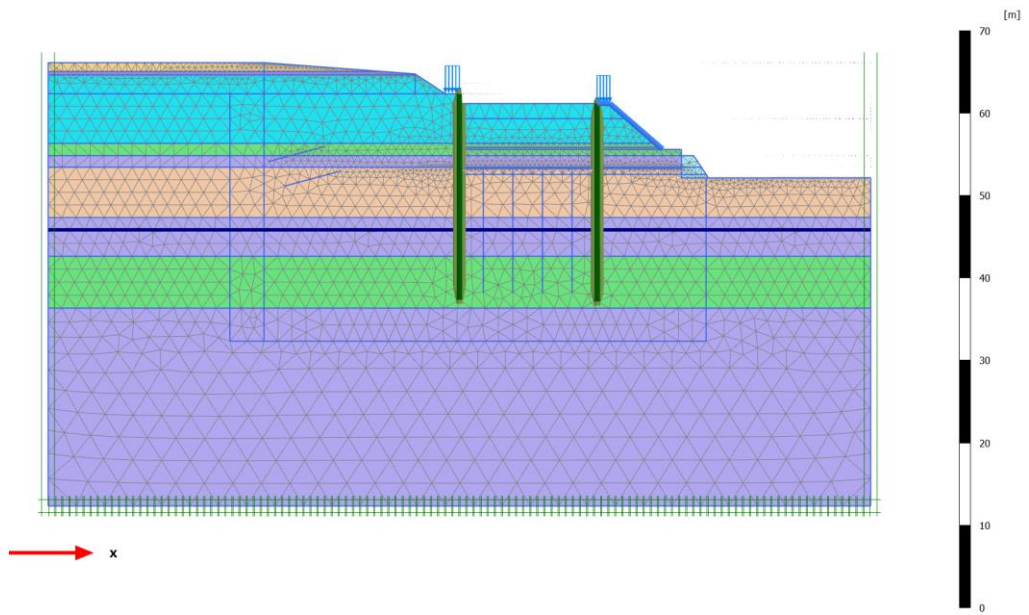


GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	107 di 202

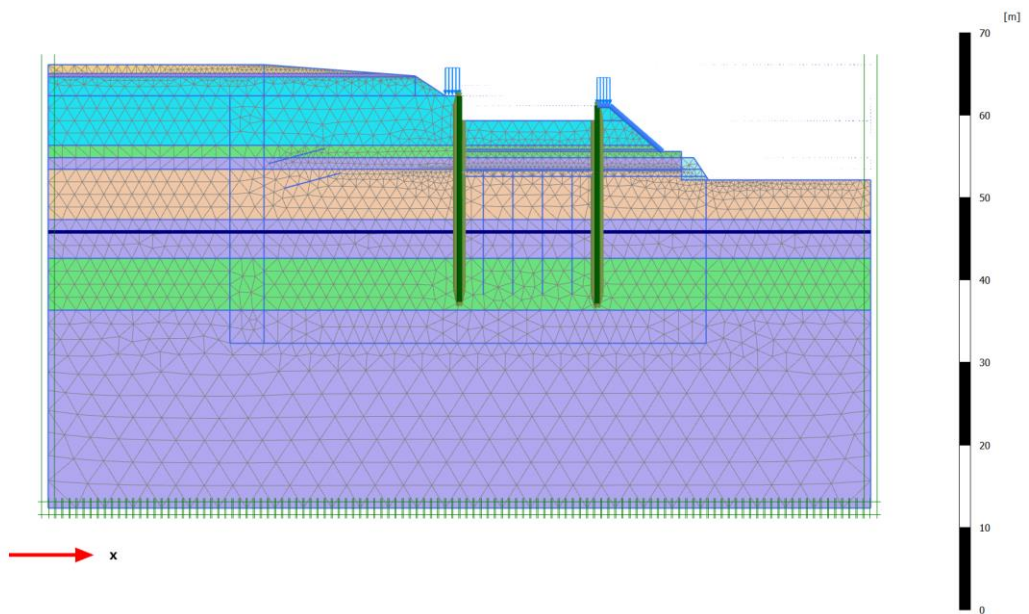
3

Installazione pali paratia Sud



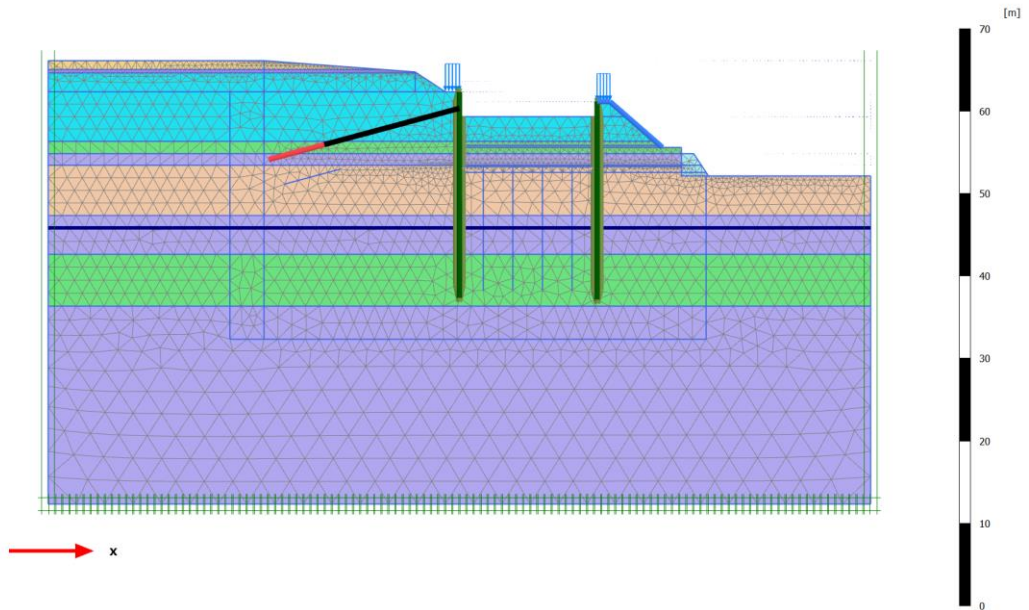
4

Scavo fino a quota -3m dalla testa del palo della paratia Nord



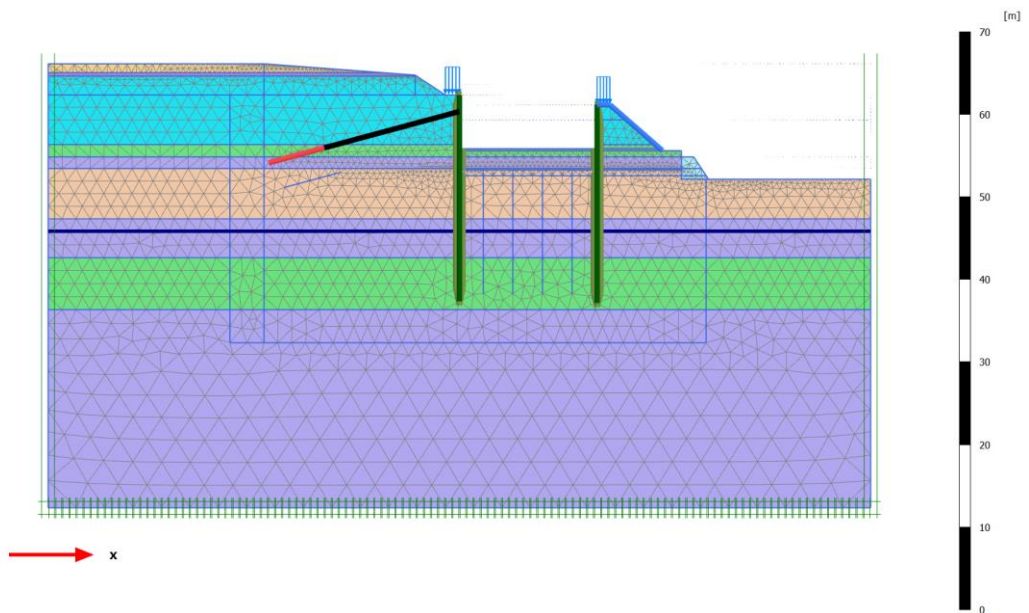
5

Installazione della prima fila di tiranti (-2m dalla testa del palo della paratia Nord) e tesatura dei tiranti ($F=300kN$)



6

Scavo fino a quota -6.5m dalla testa del palo della paratia Nord

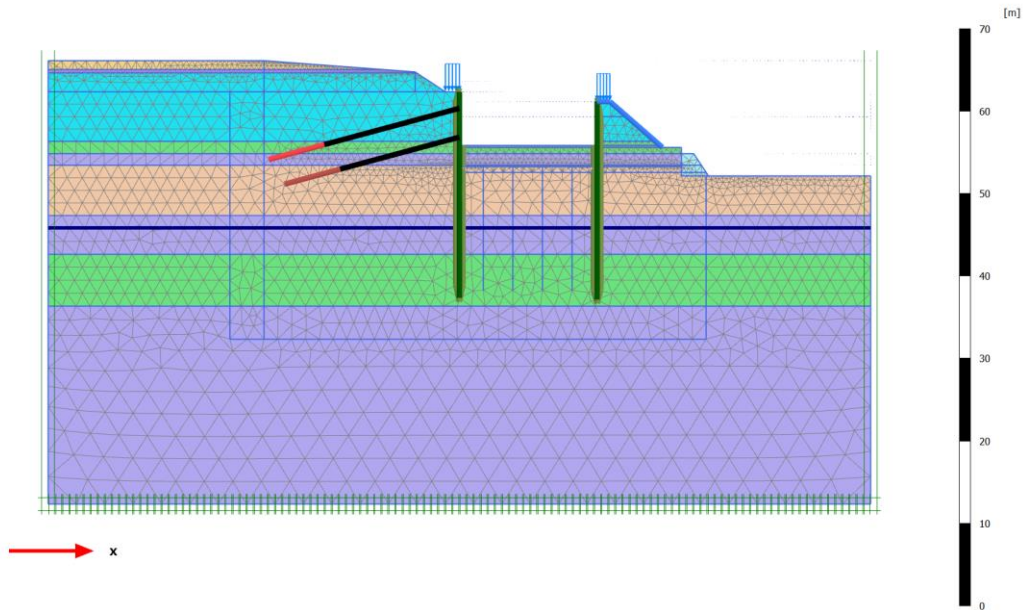


GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	109 di 202

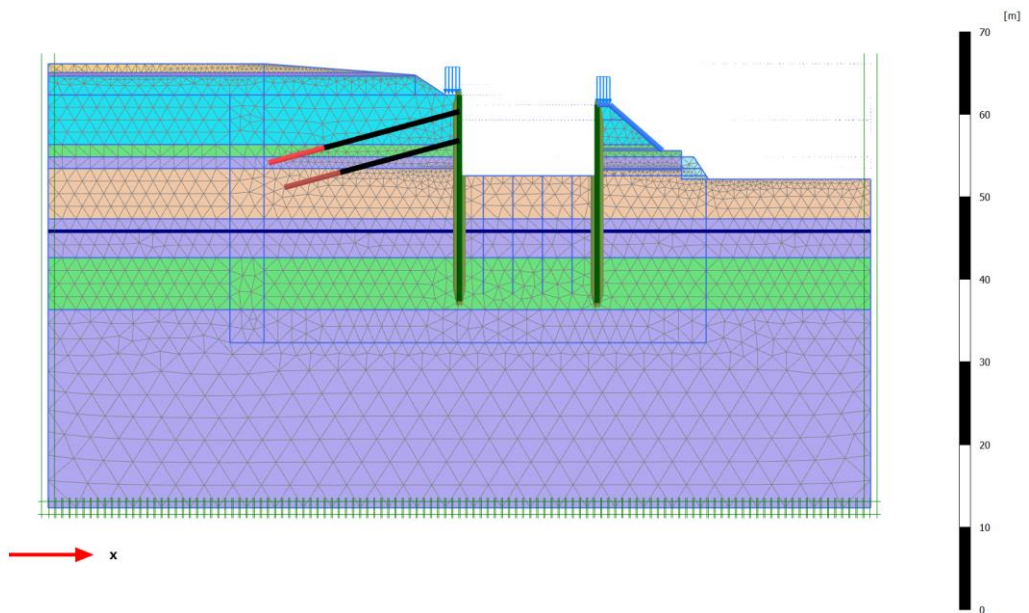
7

Installazione della seconda fila di tiranti (-5.5m dalla testa del palo della paratia Nord) e tesatura dei tiranti ($F=300kN$)



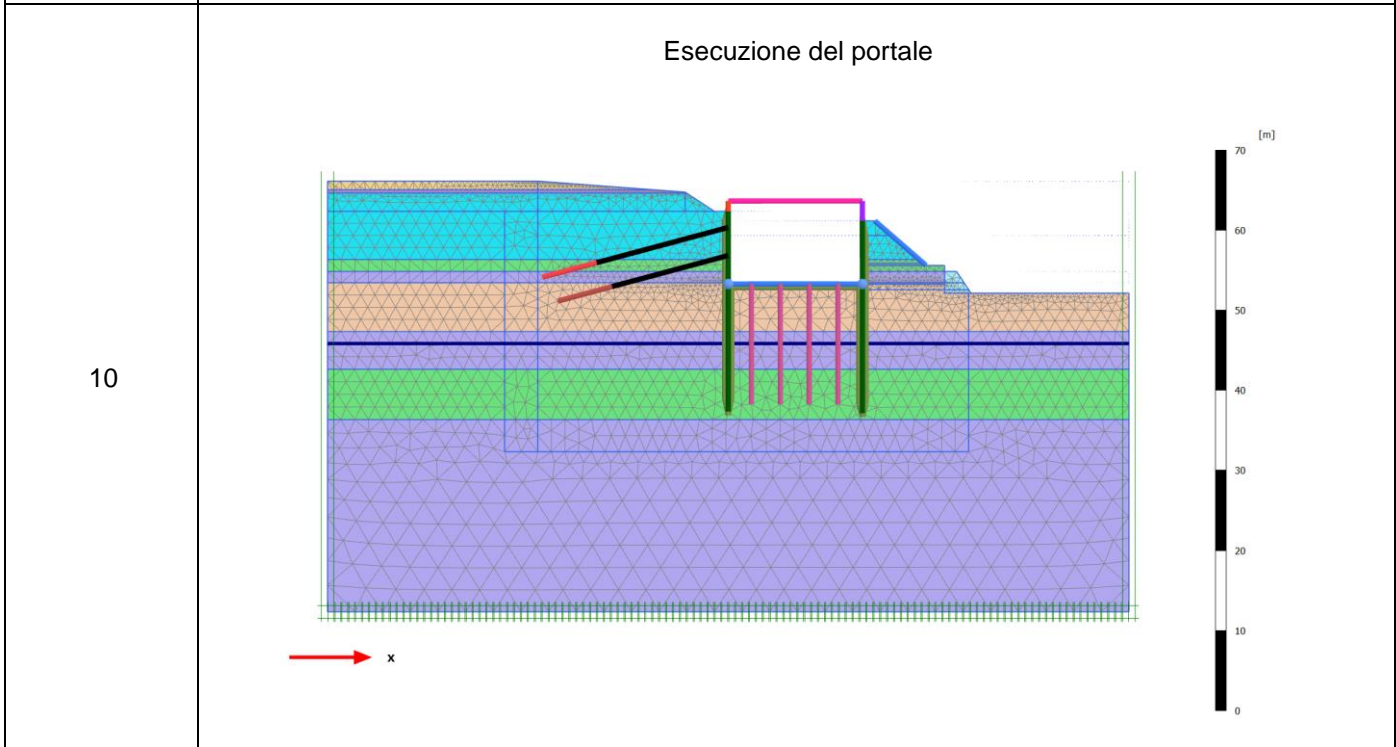
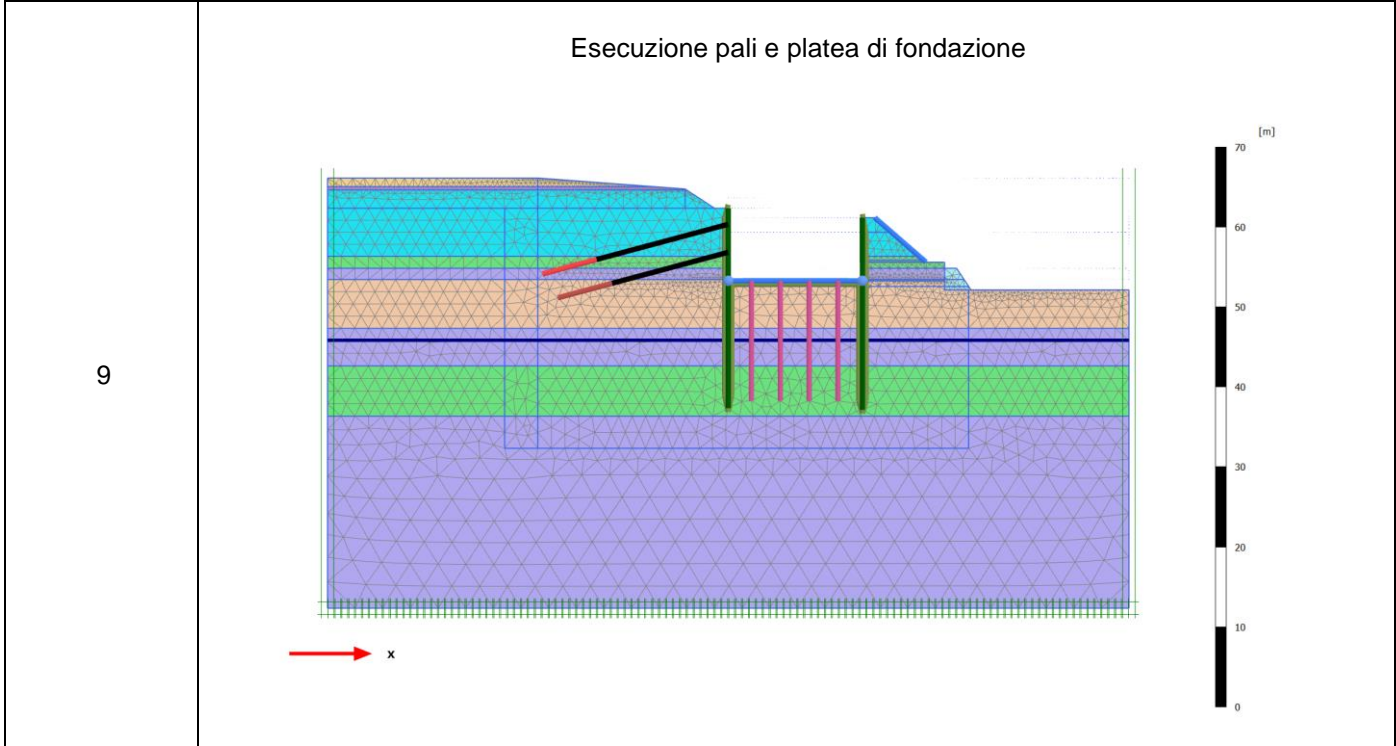
8

Raggiungimento fondo scavo



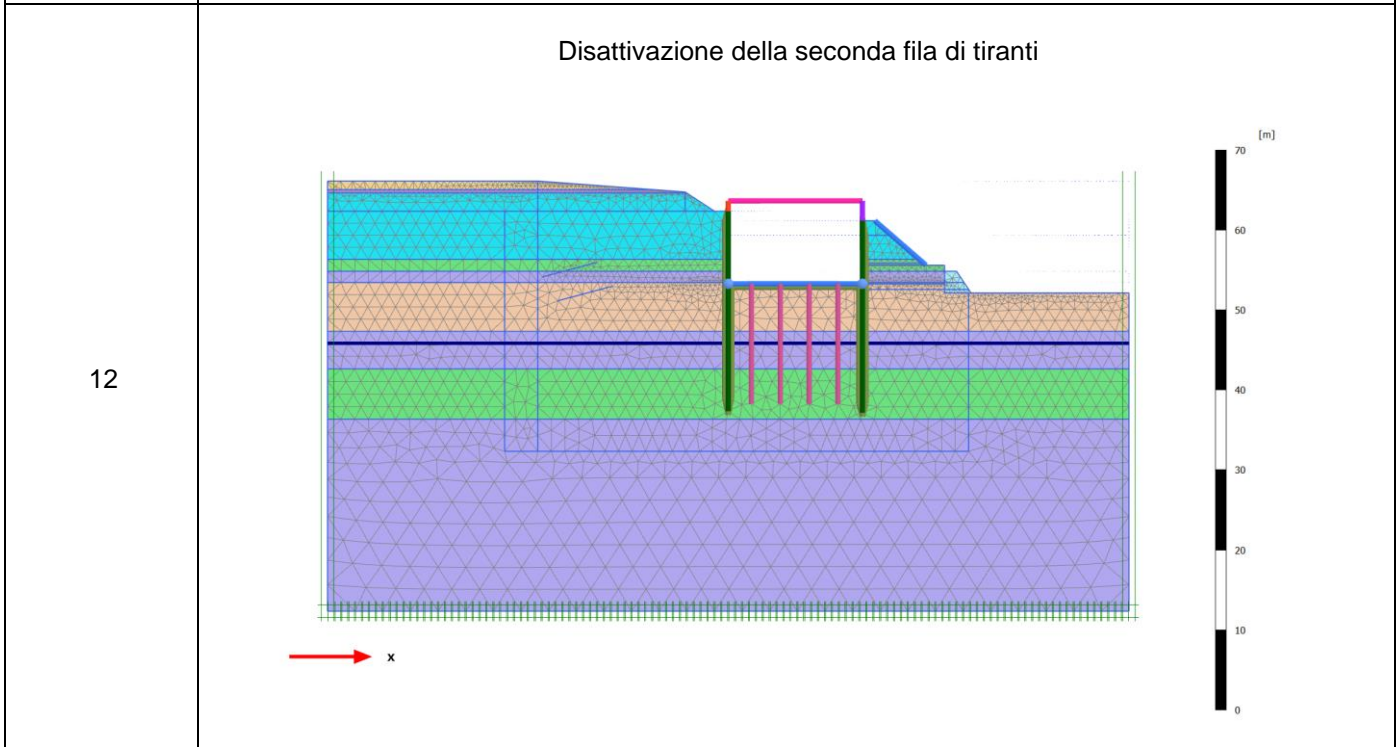
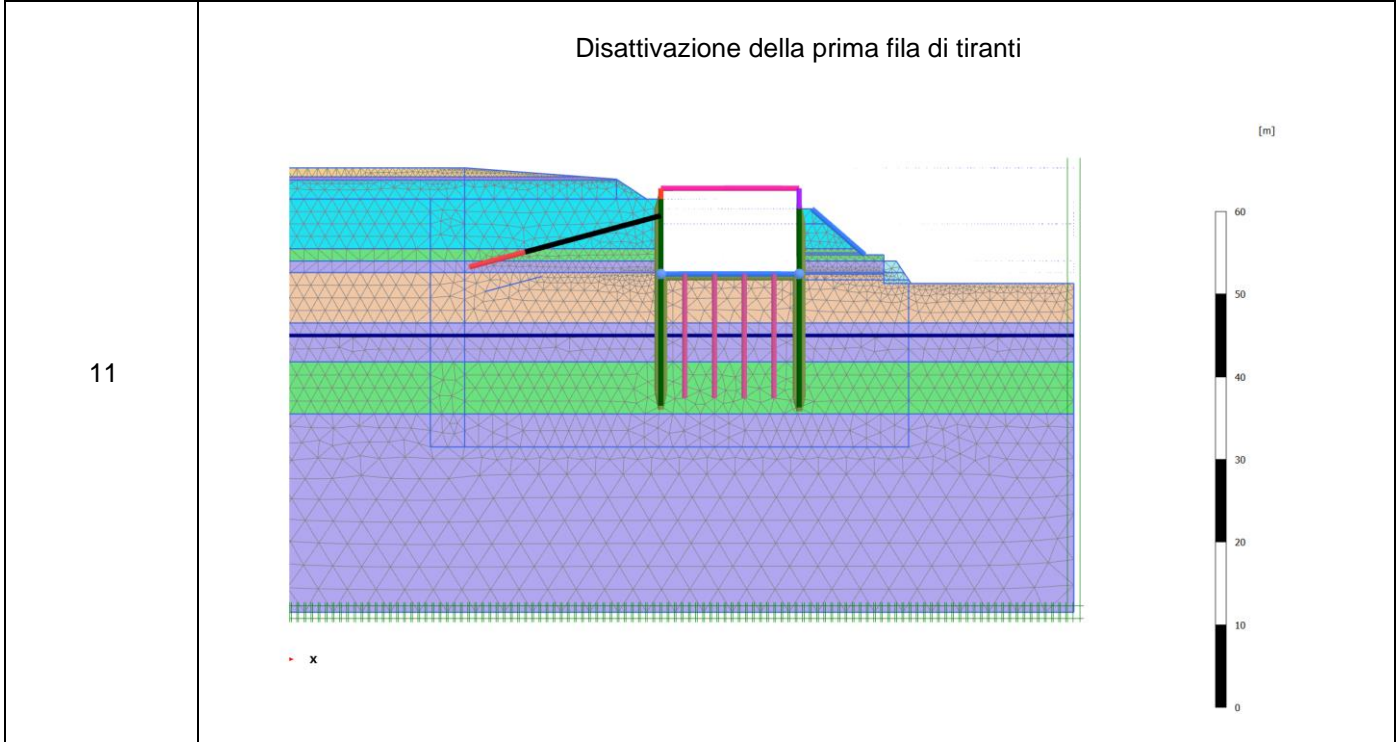
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	110 di 202



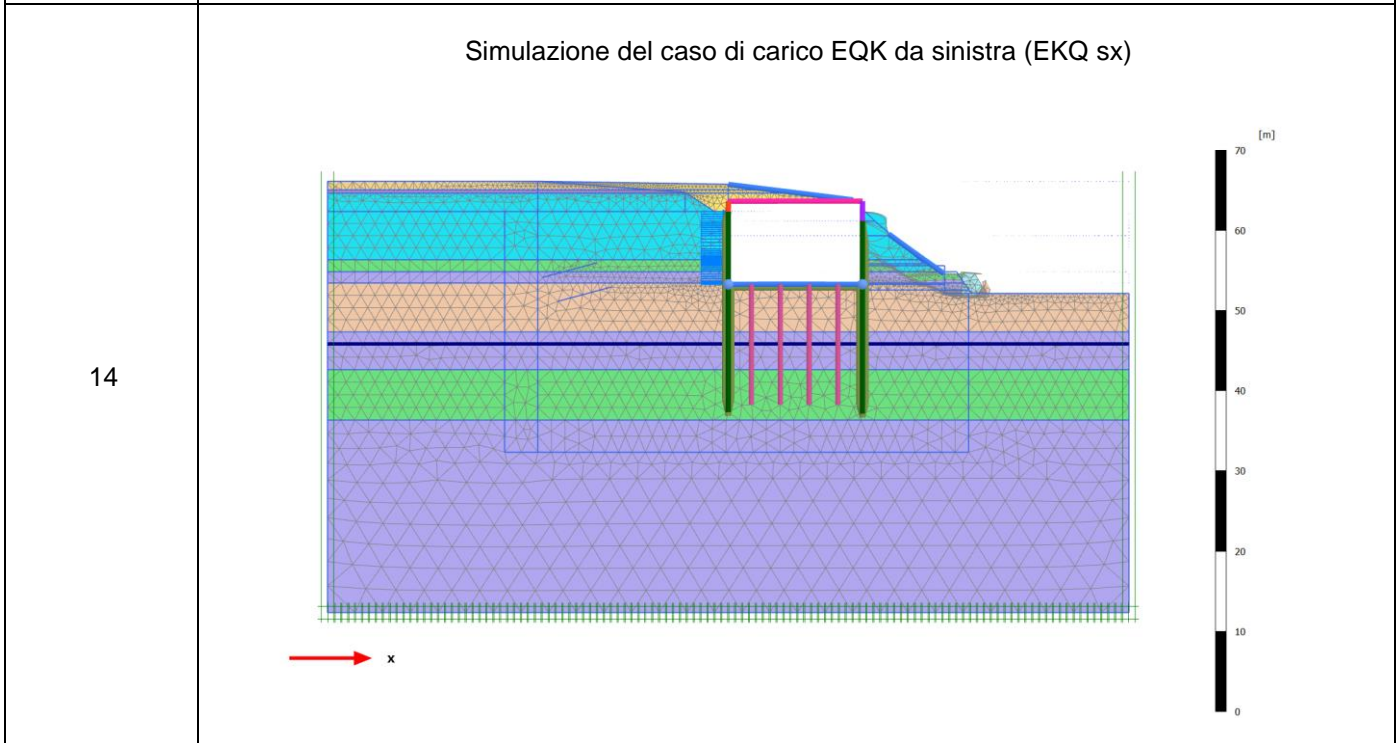
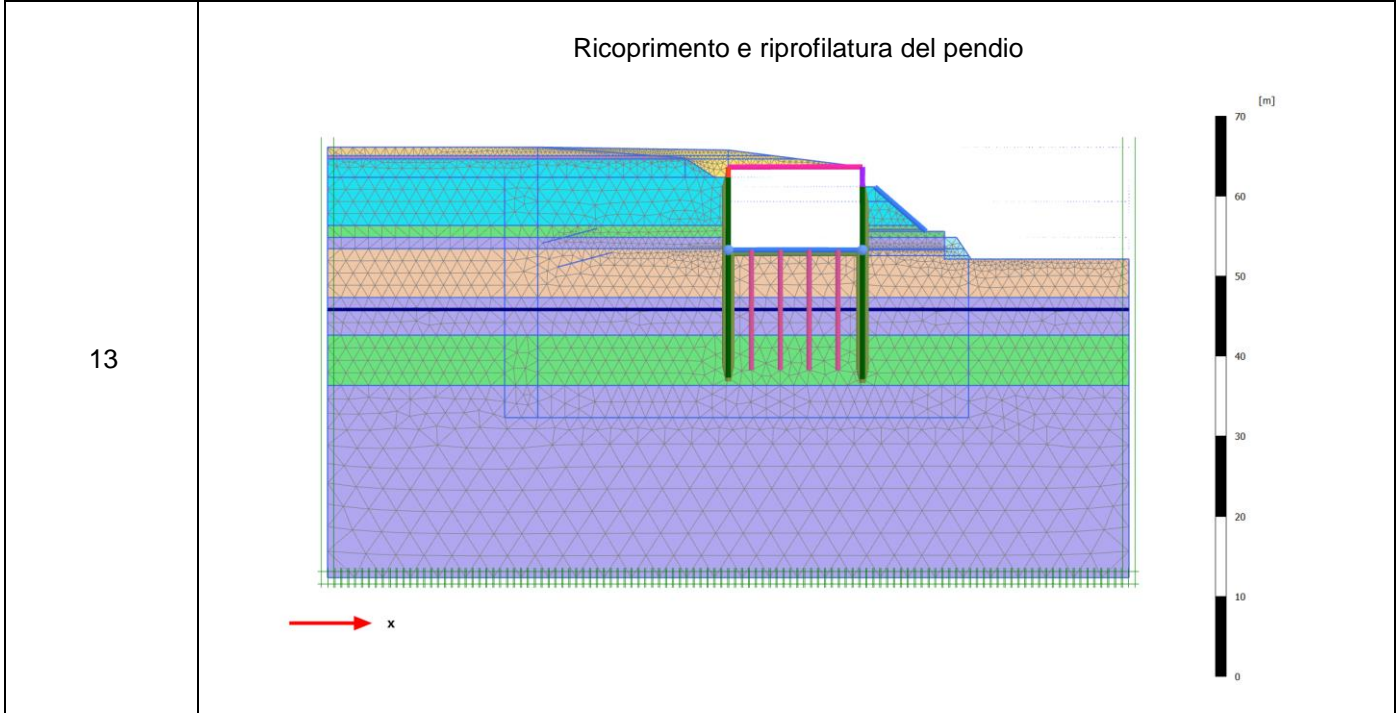
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

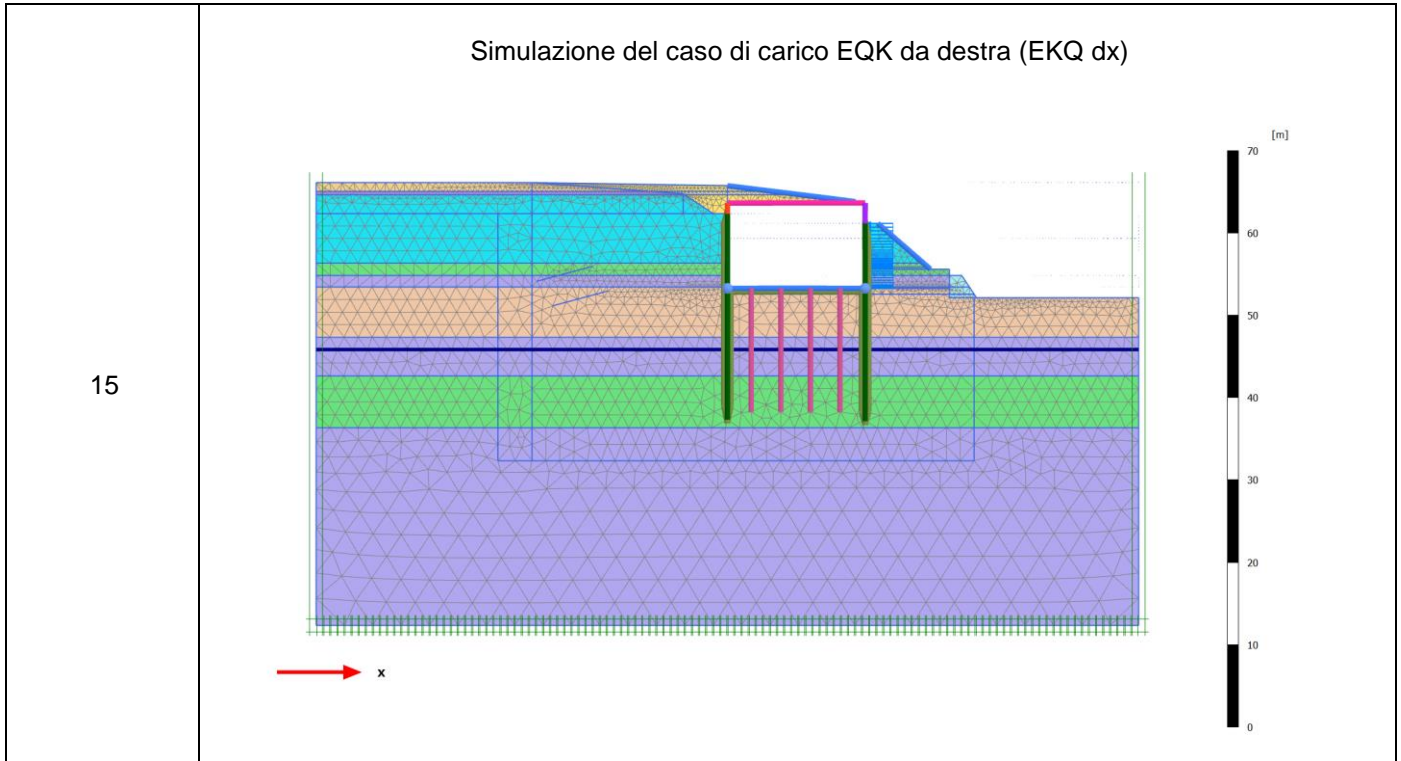
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	111 di 202



GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	112 di 202



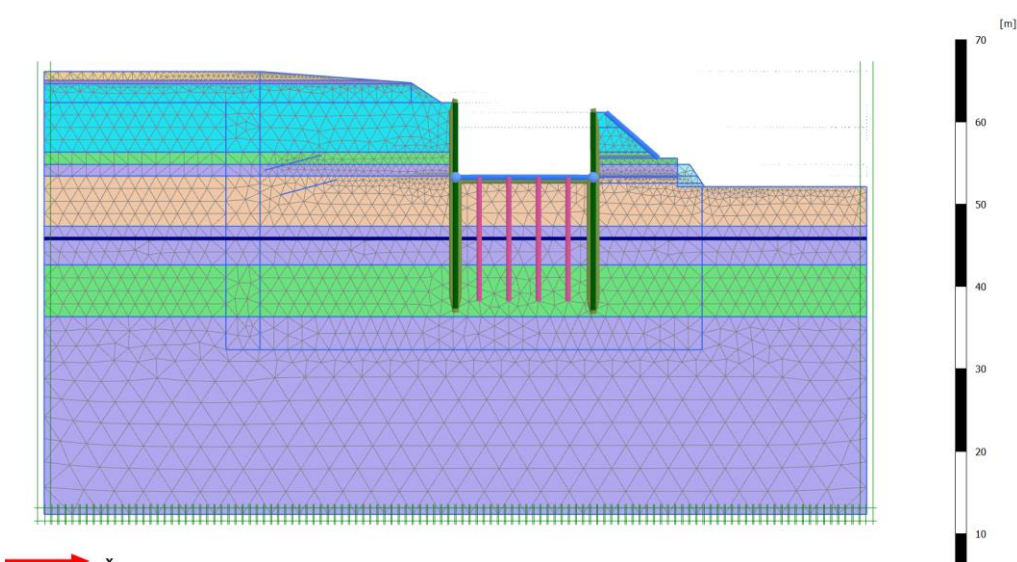


A queste fasi seguono le procedure di “phi/c reduction”, per cui vengono applicati i parametri A2+M2 (Approccio 1 Combinazione 2) e lanciata l’analisi per il calcolo del fattore di sicurezza sulla stabilità globale:

- sulla fase 13 (ricoprimento);
- sulla fase 14 (sisma verso sinistra).
- sulla fase 15 (sisma verso destra).

Inoltre la paratia di pali è stata verificata anche nel caso più gravoso di disattivazione dei tiranti prima dell’installazione del portale, per assicurare la sicurezza del sistema di sostegno e della sistemazione definitiva in caso di differente metodologia costruttiva.

Tabella 32: Fasi di calcolo alternative

FASE	DESCRIZIONE
<p>10 (*)</p> <p>11 (*)</p> <p>12 (*)</p>	<p style="text-align: center;">Disattivazione dei tiranti prima della costruzione del portale</p>  <p style="text-align: right;">[m]</p> <p style="text-align: right;">70</p> <p style="text-align: right;">60</p> <p style="text-align: right;">50</p> <p style="text-align: right;">40</p> <p style="text-align: right;">30</p> <p style="text-align: right;">20</p> <p style="text-align: right;">10</p> <p style="text-align: right;">0</p> <p style="text-align: left;">→ x</p>

11.3.5 RISULTATI DELLE ANALISI

11.3.5.1 PARATIA NORD

I seguenti grafici riassumono le sollecitazioni e gli spostamenti ottenuti con l'analisi ad elementi finiti bidimensionale con il software PLAXIS 2D per le fasi più importanti.

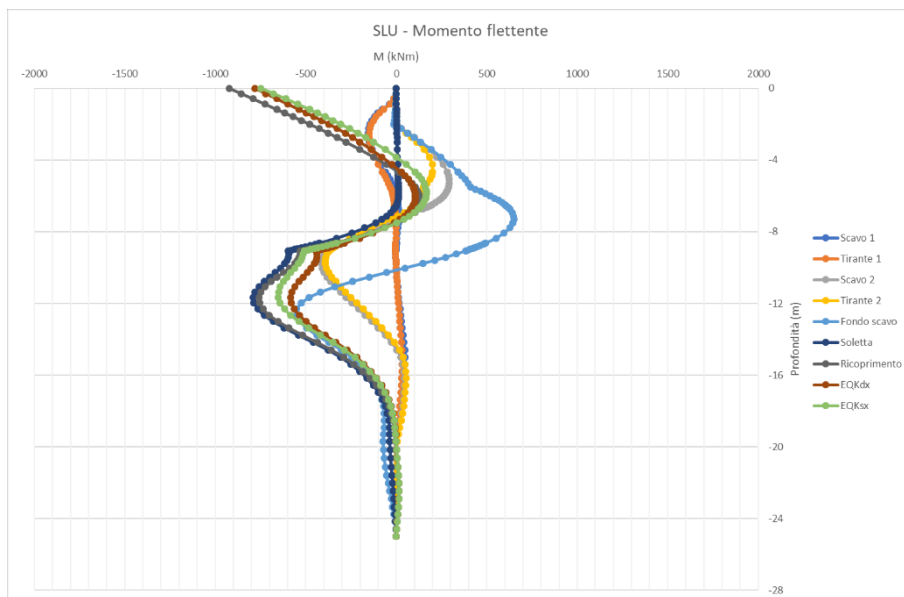


Figura 69: GA02_F2 (pk 22+308) – Paratia Nord – Sollecitazione di momento flettente (SLU)

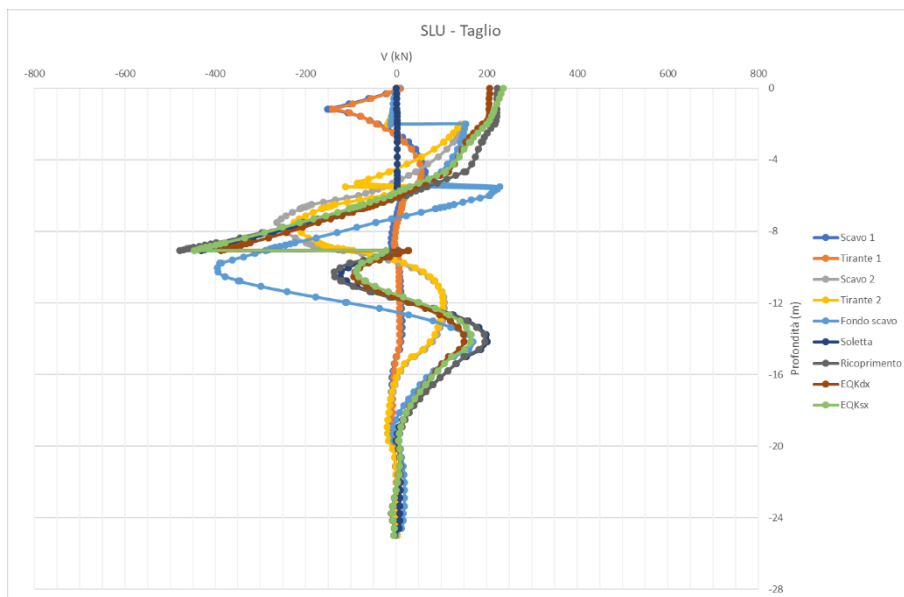


Figura 70: GA02_F2 (pk 22+308) – Paratia Nord – Sollecitazione di taglio (SLU)

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	116 di 202

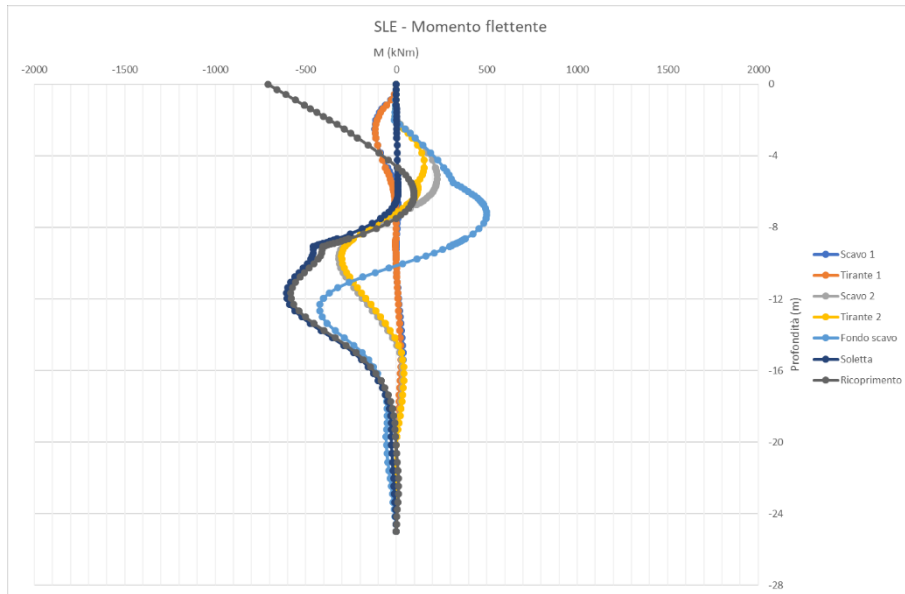


Figura 71: GA02_F2 (pk 22+308) – Paratia Nord – Sollecitazione di momento flettente (SLE)

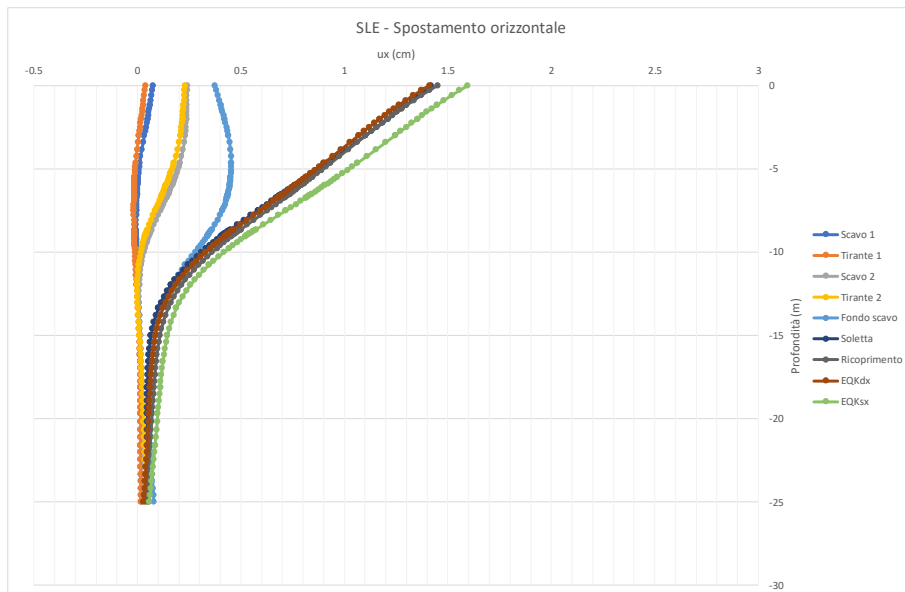


Figura 72: GA02_F2 (pk 22+308) – Paratia Nord – Spostamento orizzontale (SLE)

11.3.5.2 PARATIA SUD

I seguenti grafici riassumono le sollecitazioni e gli spostamenti ottenuti con l'analisi ad elementi finiti bidimensionale con il software PLAXIS 2D per le fasi più importanti.

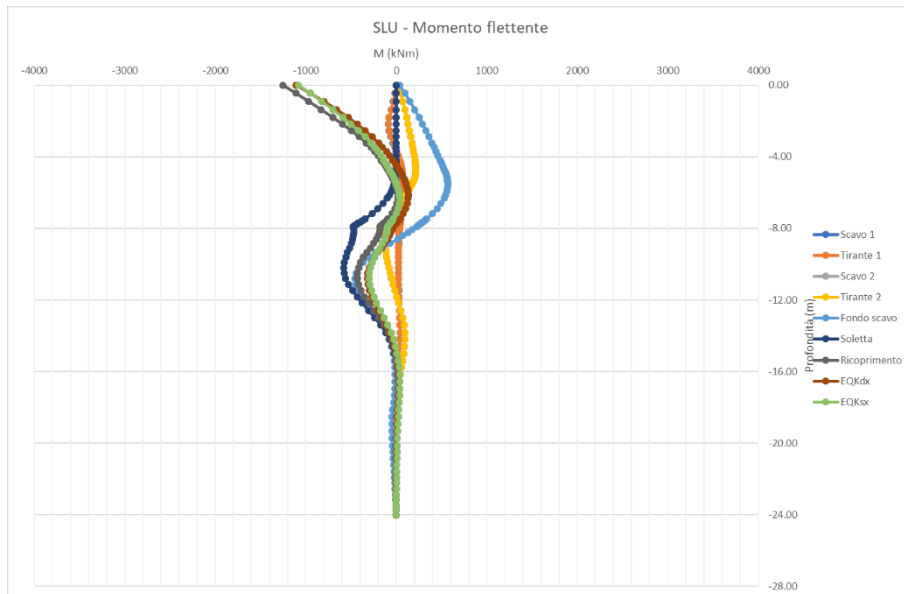


Figura 73: GA02_F2 (pk 22+308) – Paratia Sud – Sollecitazione di momento flettente (SLU)

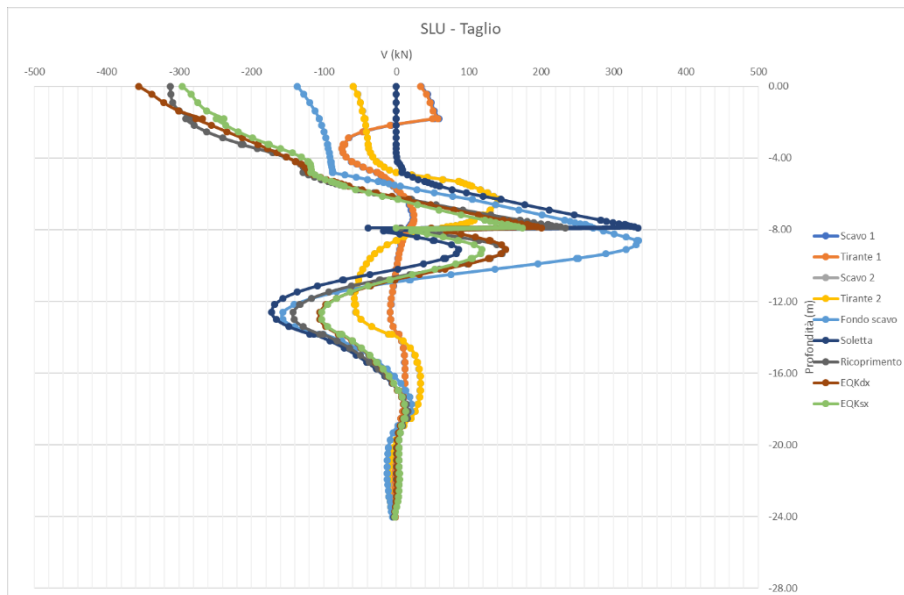


Figura 74: GA02_F2 (pk 22+308) – Paratia Sud – Sollecitazione di taglio (SLU)

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	118 di 202

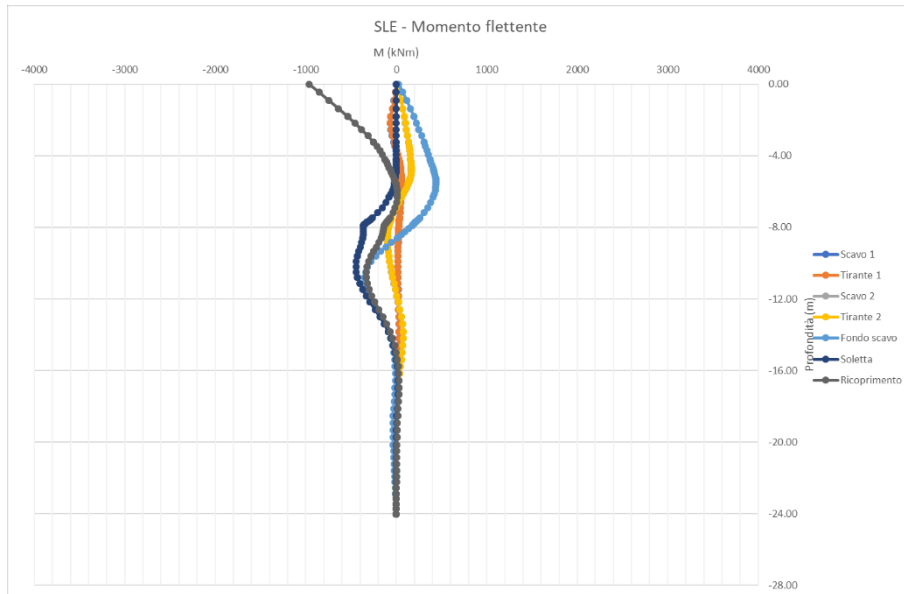


Figura 75: GA02_F2 (pk 22+308) – Paratia Sud – Sollecitazione di momento flettente (SLE)

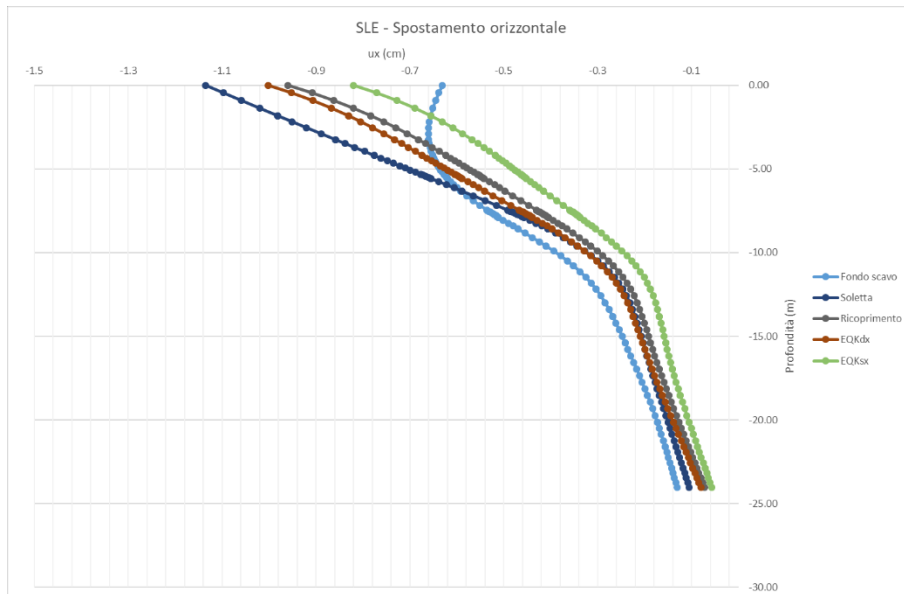


Figura 76: GA02_F2 (pk 22+308) – Paratia Sud – Spostamento orizzontale (SLE)

11.3.5.3 TIRANTI

La seguente tabella riassume la forza di trazione agente sulle file di tiranti in esercizi al variare delle fasi di scavo e realizzazione delle opere.

Tabella 33: Sollecitazioni nei tiranti in funzione delle fasi

Fase	F_tirante (kN)					
	Fase 5	Fase 6	Fase 7	Fase 8	Fase 10 (*)	Fase 12/12 (*)
Descrizione fase	Tirante 1	Scavo 2	Tirante 2	Scavo Fin.	Disatt T1	Disatt T2
T1 (z=-2m)	300	310.4	308.7	317.5	321.9 ⁽¹⁾	-
T2 (z=-5.5m)	-	-	300	317.0	-	-

⁽¹⁾ Il valore riportato è stato calcolato come:

$$T1 \text{ [fase 10(*)]} = T1 \text{ [fase 8]} + \Delta F$$

dove il tiro di fase 10(*) è la somma tra il valore di fase 8, T1[fase 8], e il differenziale tra fase 9 (installazione della soletta) e fase 10(*) (disattivazione del primo tirante) ovvero:

$$\Delta F = 268.6 - 264.2 = 4.4 \text{ kN}$$

Questi valori nella modellazione sono minori del valore alla fase 8 perché l'installazione della soletta comporta una reazione fittizia che fa diminuire il valore di tiro, ma che non è realistica.

11.3.5.4 PIEDRITTO

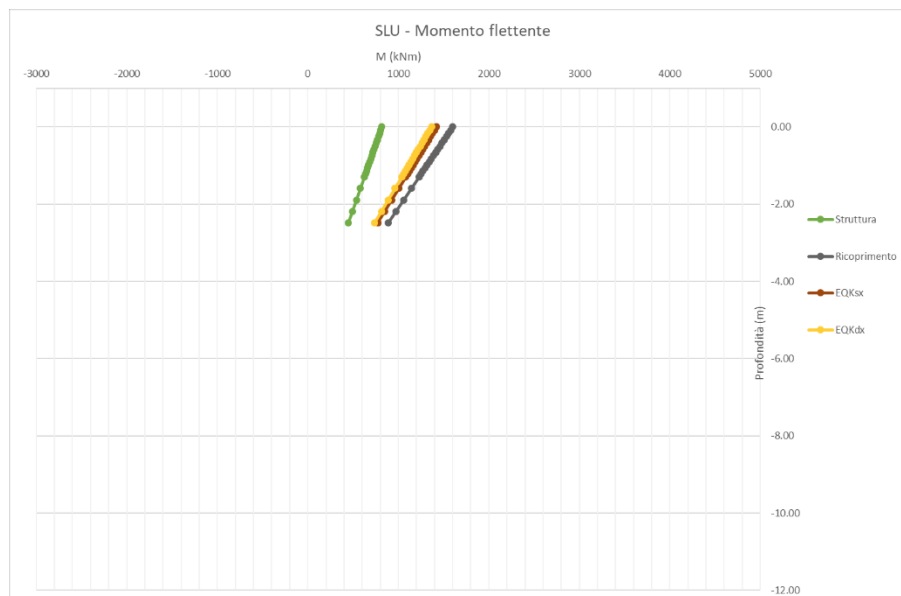


Figura 77: GA02_F2 (pk 22+308) – Piedritto – Sollecitazione di momento flettente (SLU)

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	120 di 202

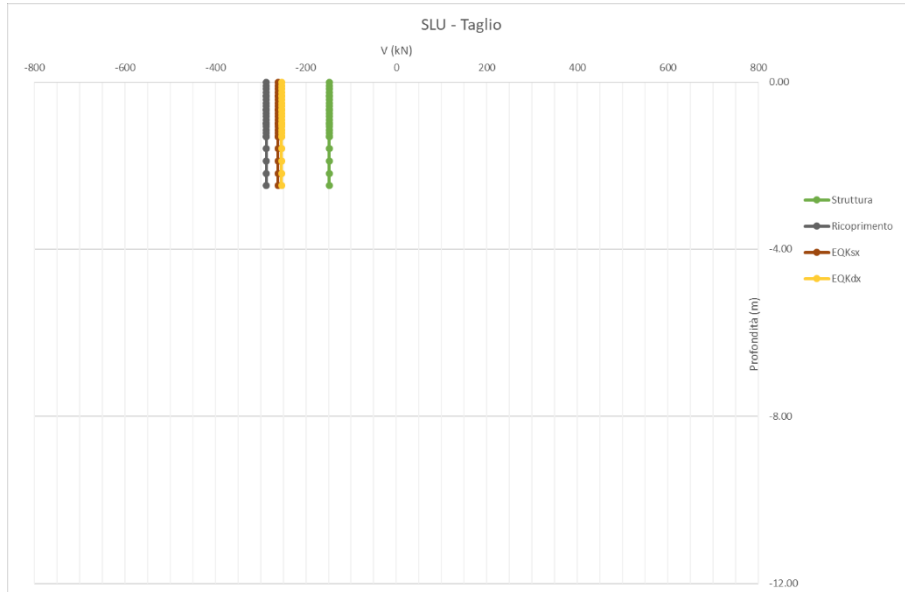


Figura 78: GA02_F2 (pk 22+308) – Piedritto – Sollecitazione di taglio (SLU)



Figura 79: GA02_F2 (pk 22+308) – Piedritto – Sollecitazione di momento flettente (SLE)

11.3.5.5 SOLETTA SUPERIORE

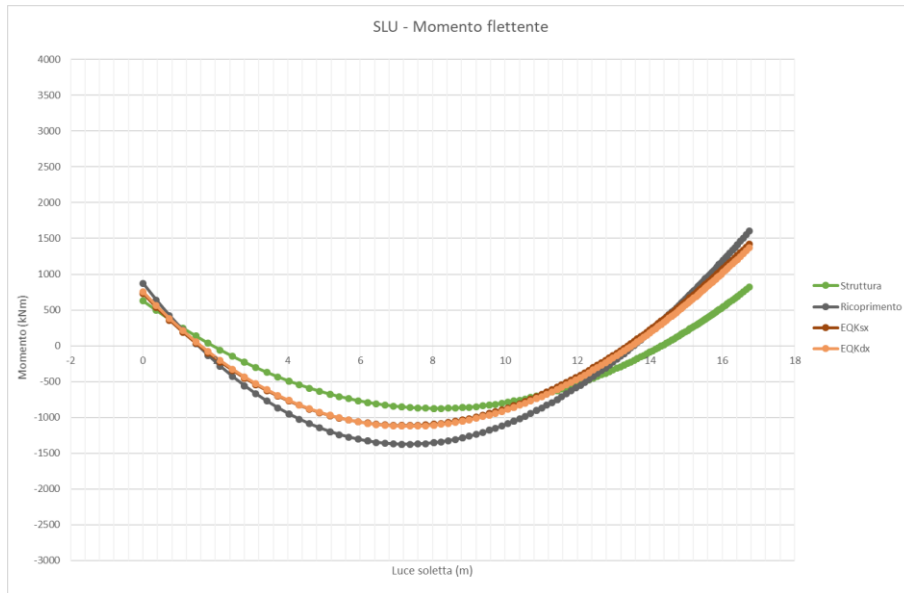


Figura 80: GA02_F2 (pk 22+308) – Soletta Superiore – Sollecitazione di momento flettente (SLU)

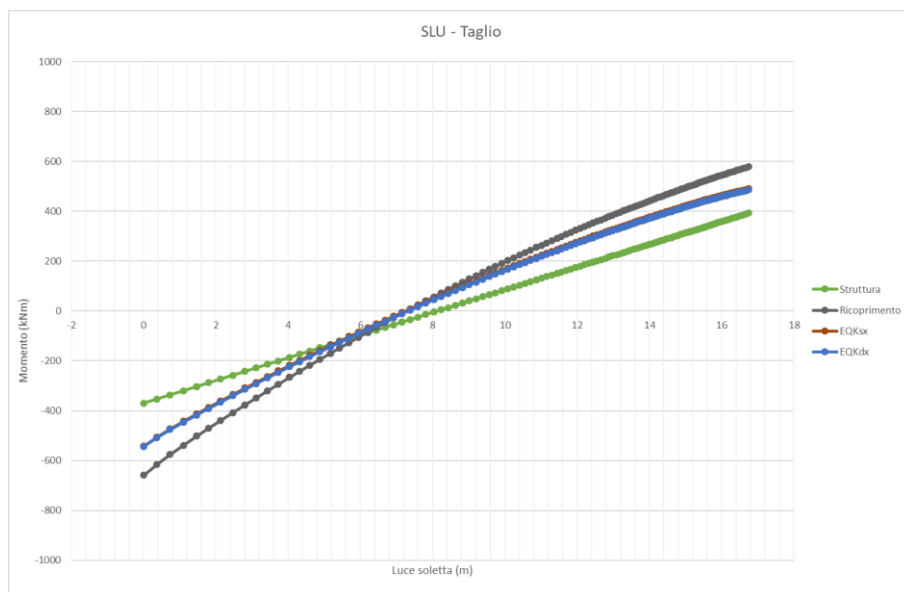


Figura 81: GA02_F2 (pk 22+308) – Soletta Superiore – Sollecitazione di taglio (SLU)

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	122 di 202

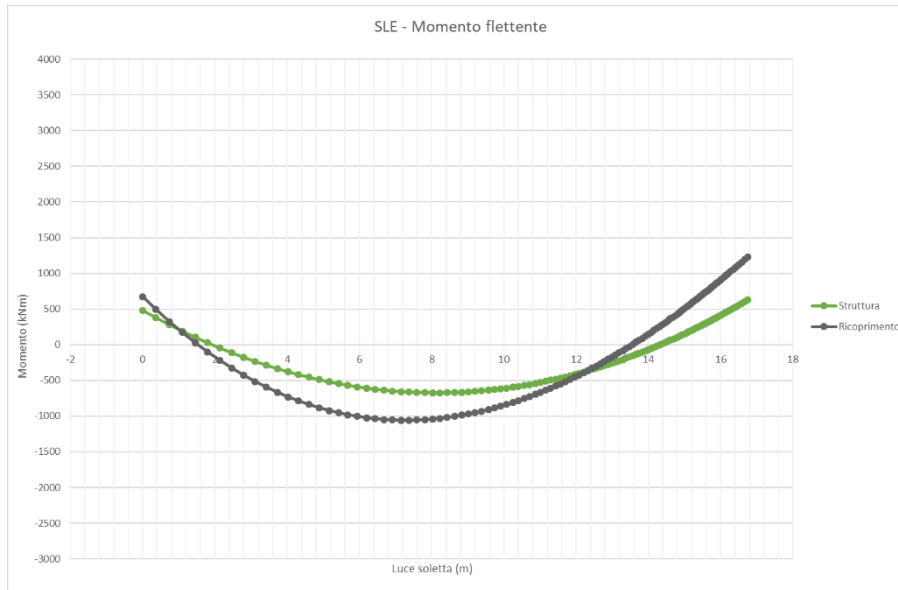


Figura 82: GA02_F2 (pk 22+308) – Soletta Superiore – Sollecitazione di momento flettente (SLE)

12 VERIFICHE

Le verifiche descritte al capitolo 9 sono riportate in seguito. Per ogni sezione sono stati verificati i seguenti elementi strutturali:

- Paratia Nord, con relativi tiranti, trave di ripartizione e cordolo di testa
- Paratia Sud, con relativo cordolo di testa
- Piedritto e soletta di copertura
- Soletta e pali di fondazione

12.1 SEZIONE GA02_G – PK 22+284.00

12.1.1 PARATIE DI PALI

12.1.1.1 VERIFICHE STRUTTURALI – PARATIA NORD

STATO LIMITE ULTIMO

Le verifiche allo Stato Limite Ultimo sono qui riportate, considerando la seguente armatura disposta in tre gabbie.

Tabella 34: Disposizione delle gabbie di armatura

Sezione	L (m)	As (mm ²)	As' (mm ²)	Asw (mm ²)
I	8	24Φ20	-	Φ14/300mm
II	12	24Φ30	-	Φ14/100mm (6m) Φ14/200mm (6m)
III	8	24Φ16	-	Φ14/300mm

Le verifiche allo SLU sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 35: Verifiche agli SLU, verifica di pressoflessione

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	SLU		
				MEd (kNm)	NEd (kN)	MRd (kNm)
I	-7.3	STR	Fondo Scavo	658	205	1484
II	-10.8	EQK	Sisma sx	1374	305	2934
III	-16.6	EQK	Sisma sx	124	468	828

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	124 di 202

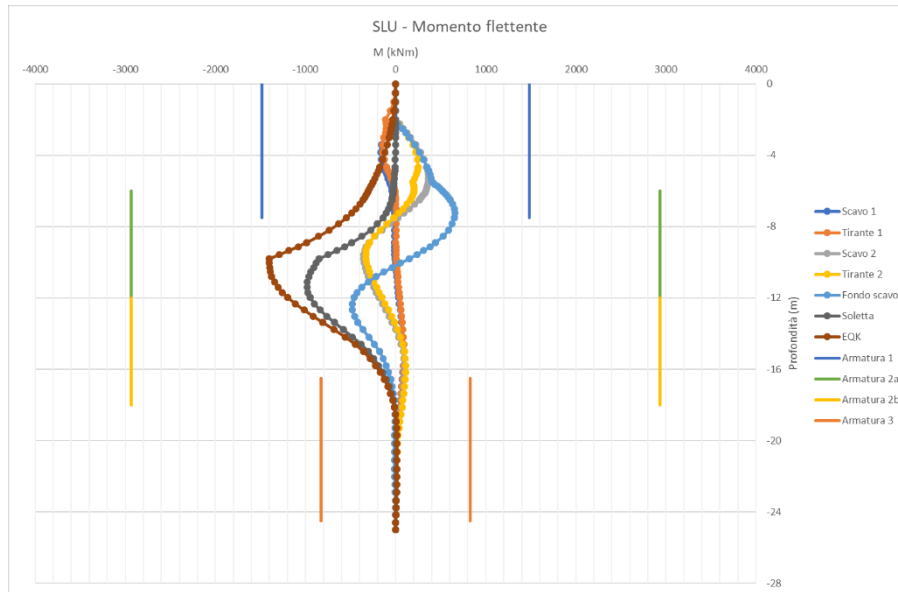


Figura 83: GA02_G (pk 22+284) – Paratia Nord – Sollecitazione di momento flettente (SLU)

Tabella 36: Verifiche agli SLU, verifica al taglio

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	SLU	
				VEd (kN)	VRd (kN)
I	-5.5	STR	Fondo Scavo	244	277
IIa	-9.8	EQK	Sisma sx	-511	-810
IIb	-13.4	EQK	Sisma sx	309	412
III	-16.6	EQK	Sisma sx	105	277

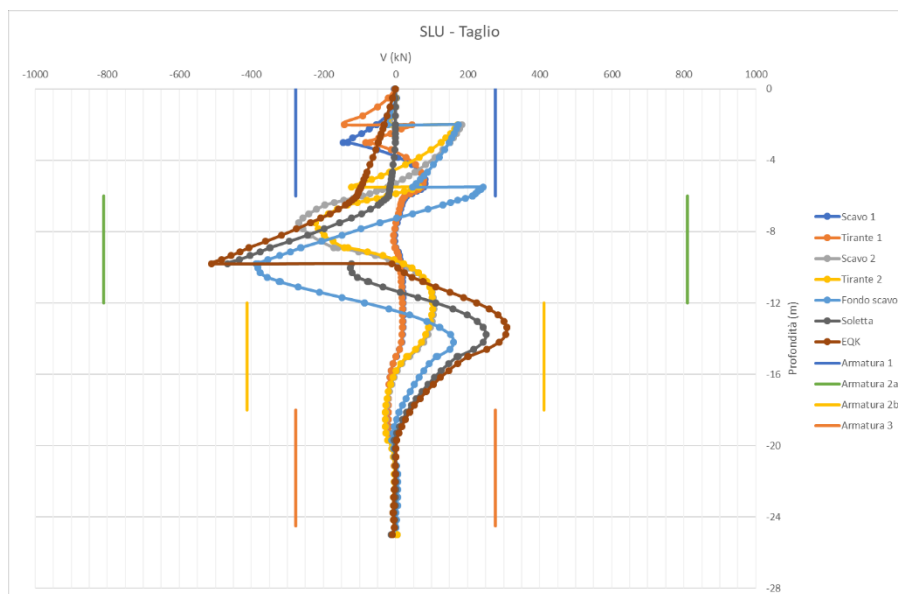


Figura 84: GA02_G (pk 22+284) – Paratia Nord – Sollecitazione di taglio (SLU)

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	125 di 202

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Le verifiche allo SLE sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 37: Verifiche agli SLE, sollecitazioni

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	MEd (kNm)	NEd (kN)
I	-7.3	STR	Fondo scavo	506	205
II	-11.4	STR	Lungo Termine	-757	322
III	-16.6	STR	Lungo Termine	-80	468

Tabella 38: Verifiche agli SLE, verifiche

SLE							
Sezione	$\sigma_{c,d}$ (MPa)	$\sigma_{c,amm}$ (MPa)	$\sigma_{s,d}$ (MPa)	$\sigma_{s,amm}$ (MPa)	x (mm)	wk (mm)	wamm (mm)
I	5.37	13.75	171.7	337.5	356.5	0.19	0.20
II	5.39	13.75	124.6	337.5	437.4	0.13	0.20
III	0.82	13.75	0.22	337.5	113.9	-	0.20

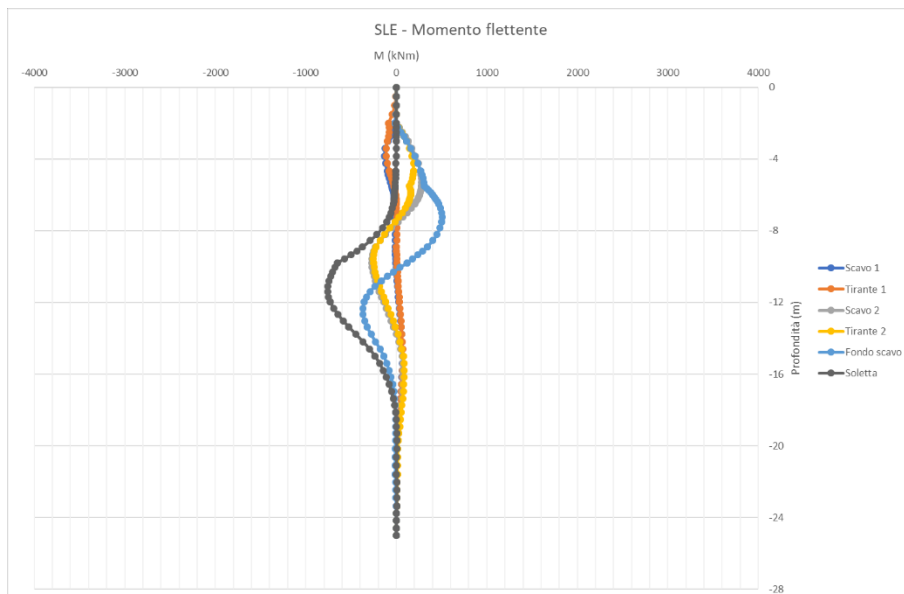


Figura 85: GA02_G (pk 22+284) – Paratia Nord – Sollecitazione di momento flettente (SLE)

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	126 di 202

DEFORMAZIONI

La deformazione orizzontale massima è di:

$$U_{max}=2.95\text{cm}$$

Il valore è minore dell'1% dell'altezza totale della paratia fuori terra ($U_{amm}=9.8\text{ cm}$), ed è per questo ritenuto accettabile

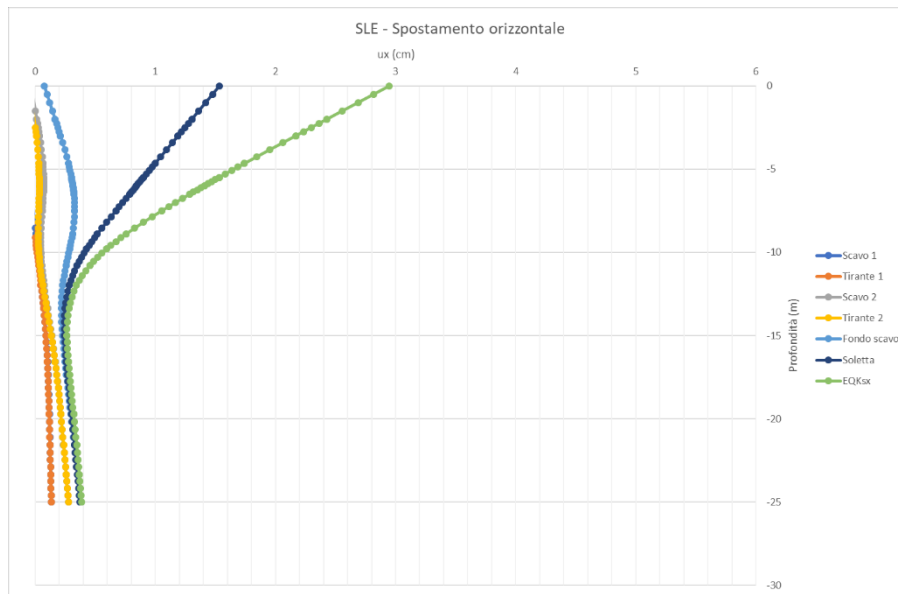


Figura 86: GA02_G (pk 22+284) – Paratia Nord – Spostamento orizzontale (SLE)

12.1.1.2 VERIFICHE GEOTECNICHE – STABILITÀ GLOBALE

La verifica di stabilità globale e di rotazione intorno ad un punto fisso sono state studiate mediante l'applicazione della procedura "phi/c reduction".

Combinazione GEO (A2+M2+R1)

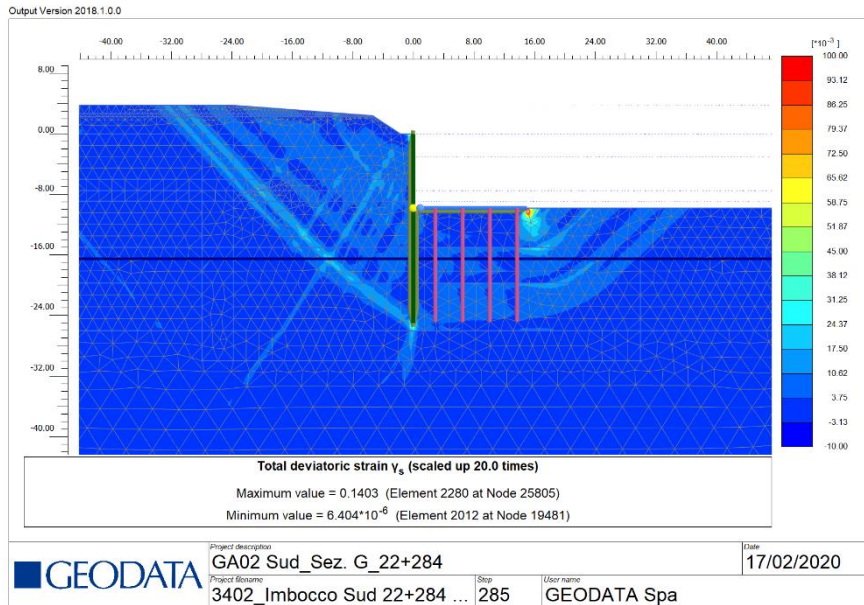


Figura 87: GA02_G (pk 22+284) – Verifica GEO, deformazione totale deviatorica

Il valore di ΣMsf ottenuto è pari a $\Sigma Msf (GEO) = 2.21$.

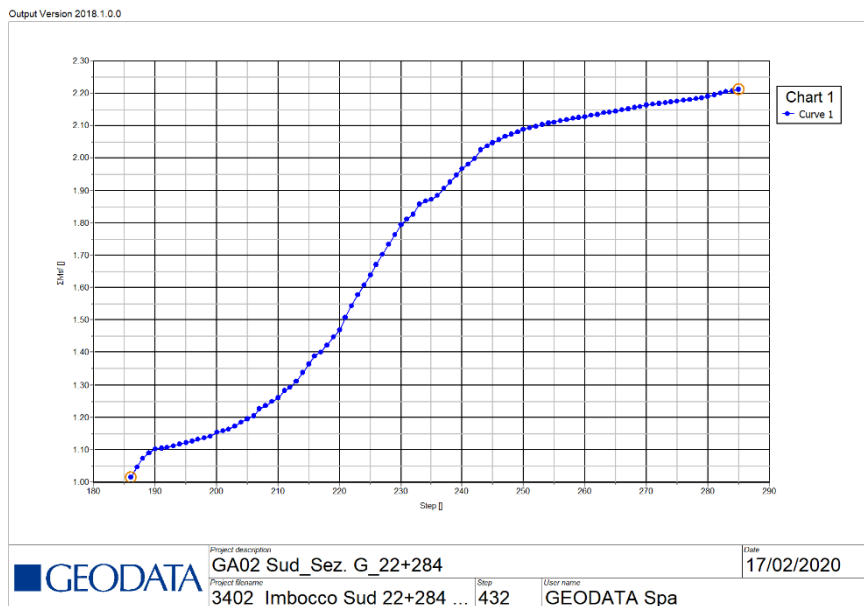


Figura 88: GA02_G (pk 22+284) – Verifica GEO, evoluzione di ΣMsf fino al raggiungimento del valore di progetto

Combinazione EQK (A2+M2+R1)

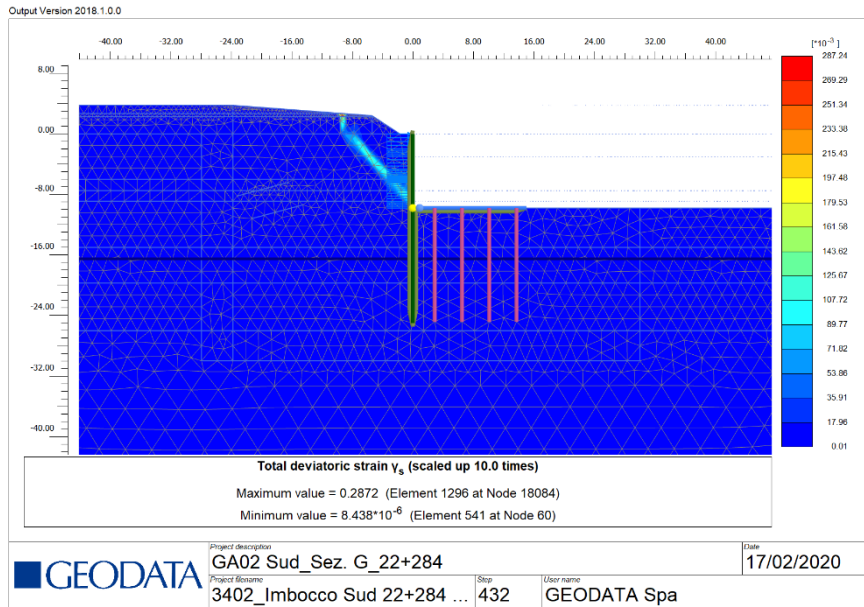


Figura 89: GA02_G (pk 22+284) – Verifica EQK, deformazione totale deviatorica

Il valore di ΣMsf ottenuto è pari a $\Sigma Msf (GEO) = 1.90$.

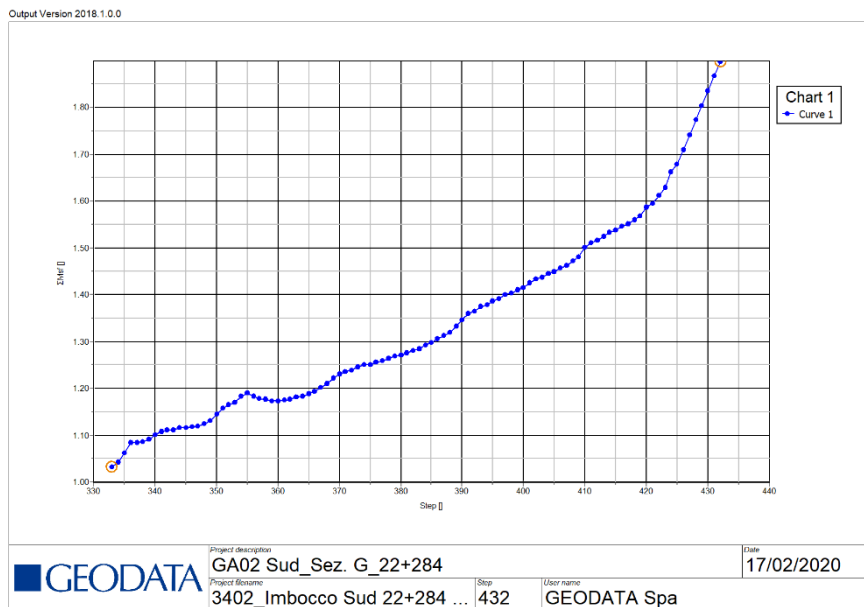


Figura 90: GA02_G (pk 22+284) – Verifica EQK, evoluzione di ΣMsf fino al raggiungimento del valore di progetto

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	129 di 202

12.1.1.3 VERIFICHE GEOTECNICHE – CAPACITÀ PORTANTE

Paratia Nord

I dati utilizzati per il calcolo della capacità portante del palo sono qui riassunti:

LUNGHEZZA PALO: Hp = 25m
 SBALZO A MONTE: Hs = 9.81m
 INFISSIONE: Hi = Hp-Hs = 15.19m
 CARICO: Gk = Gpalo + Gcordolo = 25*(3.14*1.2^2/4)*9.81+25*1.5*1.9*2 = 420 kN
 Gd = 1.35 Gk = 567 kN

Verifica della Portanza Assiale dei Pali

GA02 SEZ_G Teoria di Terzaghi-Berezantzev

D_palo = 1.200 m
 A_palo = 1.131 m²
 S_palo = 2.513 m²/m
 J_palo = 0.102 m⁴
 γ_cis = 25.0 kN/mc
 γ_w = 9.8 kN/mc

z_p = 0.00 m quota testa palo dal p.c.
 z_w = 6.00 m quota falda dal p.c.
 β = 0.667
 τ_max = 100.0 kN/m² max portata laterale per terreno coesivo
 σ_v = 0.0 kN/m² tensione totale a quota zp

z = profondità dal p.c.
 γ_cis = peso di volume calcestruzzo
 γ_w = peso di volume acqua
 φ = angolo di attrito terreno
 c' = coesione efficace
 cu = coesione non drenata

Stratigrafia Terreno

mesh di calcolo = 0.25 m

Strato	z	γ	φ	c'	cu	m	m	m	m*D	qb
	m	kN/mc	°	kN/m ²	kN/m ²	per c=0	per c>0		m	kN/m ²
MDL1	0.00	20.0	38.0	0.0	0.0	15.074	15.074	15.074	18.089	0
MDL2	5.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	1 189
MDL3	10.00	20.0	24.0	10.0	0.0	4.430	4.954	4.954	5.945	795
MDL2	16.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	2 544
	18.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	2 833
	21.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	3 121
	23.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	3 410
	26.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	3 699
	28.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	3 988
	31.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	4 277
	33.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	4 566
	36.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	4 855
	38.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5 143
	41.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5 432
	43.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5 721
	46.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5 923
	48.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5 923
	51.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5 923
	53.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5 923
	45.50	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5 923

Coeff. Berezantzev AGI

Verticali

Tipo di palo

φ	Nq	ξ4	ξ3	δ/φ	cu	α	(α*cu) _{max}
					kN/m ²		kN/m ²
0	0.00	1	1.70	1.70			
18	2.44	2	1.55	1.65	Battuto in acciaio	20/φ	<= 25
22	3.64	3	1.48	1.60			1.00
24	4.46	4	1.42	1.55			0.80
26	5.51	5	1.34	1.50			0.65
30	8.56	7	1.28	1.45			0.50
35	15.48	10	1.21	1.40	Battuto in cls		<= 25
38	22.75				Prefabbricato	0.75	25.50
42	39.70				Gettato in opera	1.00	50.75
							>= 75
					Trivellato	1.00	<= 25
							0.90
							25.50
							50.75
							>= 75
							0.40
							100
							100
							100
							120
							120
							120
							120

N_max = 600 kN
 N_attrib_neg = 0 kN >= 0
 N_min = 0 kN

	L_palo	ξ4	γ_base	γ_later.	ξ+γ_p	ξ+γ_l		
N_max = 600	2.25	1.34	1.35	1.15	1.81	1.54	sf-	
N_min = 0	0.00	1.34		1.30		1.74	sf+	
L_palo =	2.25 m	Profondità da p.c. = 2.3 m						

Coeff. Parz. R3	Infissi	Trivellati	Elica	
Punta	1.15	1.35	1.30	
Laterale	1.15	1.15	1.15	Compressione
Totale	1.15	1.30	1.25	Compressione
Laterale	1.25	1.25	1.25	Trazione

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	131 di 202

12.1.2 TIRANTI

Le tabelle seguenti riassumono le verifiche effettuate per il dimensionamento dei tiranti in termini di lunghezza libera e lunghezza di ancoraggio. La lunghezza del tratto libero è stata aumentata di 0.2 H per garantire l'ancoraggio del bulbo al di fuori del cono di spinta in condizioni sismiche.

Riga	Livello	h_i	α	L'_p	$L_{aggiuntiva}$	$L_{lib,th}$	L_{libera}	L_{bulbo}	L_{tot}	s
n.	m	m	°	m	m	m	m	m	m	m
1	52.38	26.00	15	14.89	2.06	16.95	17	7	24	3.00
2	48.88	22.50	15	12.89	2.06	14.94	15	7	22	3.00

CARATTERISTICHE TIRANTE					RESISTENZA TIRANTE			RESISTENZA MALTA-TERRENO				
Riga	Livello	n_{tr}	$f_{tk} / \text{tirante}$	$A_{trefolo}$	$A_{tirante}$	Res. a trazione R_{tk}	Fattore di sicurezza γ_R	R_{td}	\varnothing_d	α	τ_{lim}	$L_{a,min}$
n.	[m s.l.m.]	n.	[kN]	[mm ²]	[mm ²]	[kN]	[-]	[kN]	[mm]	[-]	[MPa]	[m]
1	52.38	4	229.6	140	560	918.4	1.15	798.61	180	1.45	0.2	4.87
2	48.88	4	229.6	140	560	918.4	1.15	798.61	180	1.7	0.3	2.77

CARICHI PER ANCORAGGIO				TIRANTE			VERIFICA SUPERFICIE MALTA-TERRENO						VERIFICA FINALE		
N_{prestr}	N_{serv}	Fattore di sicurezza γ_E	P_d	R_{td}	$FS_1 > 1$	L_a	$N_{lim,malta-terreno}$	ξ_a	$\gamma_{a,1}$	$R_{a,d}$	$FS_2 > 1$	Pretiro	Tirante	Sfilamento	
[kN]	[kN]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	[m]	[kN]	[-]	[-]	[kN]	[-]	OK	OK	OK	
300	318.00	1.30	413.40	798.61	1.93	7	1147.94	1.8	1.1	579.77	1.40	OK	OK	OK	
300	314.00	1.30	408.20	798.61	1.96	7	2018.79	1.8	1.1	1019.59	2.50	OK	OK	OK	

dove:
 La resistenza di rottura e l'area del singolo tirante derivano dalla norma prEN 10138
 $A_{tirante}$ è l'area totale di trefoli presenti nel tirante
 γ_R secondo NTC 2008 per acciaio di armatura
 R_{tk} è il valore di progetto per la resistenza strutturale del tirante in acciaio
 \varnothing_d è il diametro di perforazione dell'ancoraggio
 α è il fattore di sfilamento che aumenta l'attrito malta-terreno (secondo Bustamante e Doix, 1989)
 τ_{lim} è il valore di resistenza d'attrito (secondo Bustamante e Doix, 1989)
 $L_{a,min}$ è la lunghezza di ancoraggio minima considerando un carico agente sull'ancoraggio pari a R_{td} e senza considerare un fattore di sicurezza sull'attrito
 N_{prestr} è il carico di pretiro
 N_{serv} è il valore caratteristico massimo della forza agente sull'ancoraggio
 γ_E è il coefficiente parziale per le azioni secondo la tabella 6.2.I delle NTC 2008
 P_d è il valore di progetto dell'azione agente sull'ancoraggio
 FS_1 è il fattore di sicurezza sulla resistenza strutturale (R_{td}/P_d); dev'essere maggiore di 1
 $N_{lim,malta-terreno}$ è la resistenza malta-terreno dell'ancoraggio dall'equazione analitica = $\pi \times \varnothing_d \times \alpha \times L_{bulbo} \times \tau_{lim}$
 ξ_a and $\gamma_{a,1}$ sono rispettivamente i fattori di correlazione (Tab. 6.6.II, Tab. 6.6.III) e il coefficiente parziale per la resistenza degli ancoraggi (Tab. 6.6.I) secondo NTC 2008.
 $R_{a,d}$ è il valore di progetto della resistenza a sfilamento del bulbo di ancoraggio
 FS_2 è il fattore di sicurezza allo sfilamento del tirante ($R_{a,d}/P_d$); dev'essere maggiore di 1

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	132 di 202

12.1.3 TRAVE DI RIPARTIZIONE

Lo sforzo trasmesso dai tiranti nel punto di ancoraggio sui pali è ripartito sulla paratia a mezzo di un doppio profilato di tipo HE240A. La verifica di tale elemento strutturale è eseguita facendo riferimento allo schema di trave continua su 4 appoggi soggetta ad un carico uniforme.

Allo scopo di valutare il carico uniforme equivalente cui è soggetta la trave di ripartizione si fa riferimento allo sforzo di collaudo dei tiranti, pari al 120% di quello massimo di esercizio:

$$T_{max} = T_{co} = 1.2 \cdot T_{SLE,max}$$

I tiranti sono inclinati di un angolo α rispetto all'orizzontale, pertanto il carico cui è soggetta la trave di ripartizione, considerando per gli appoggi lo stesso interasse dei tiranti, è dato da:

$$T_{h,max} = T_{max} \cdot \cos\alpha$$

Tuttavia, cautelativamente si considera nel calcolo il carico massimo. Considerando il carico egualmente ripartito tra le due travi formanti l'elemento, si procede con la verifica della singola trave.

Secondo lo schema di calcolo assunto le sollecitazioni massime sono quindi pari a:

$$M_{max} = 0.125 \cdot q \cdot l^2$$

$$V_{max} = 0.6 \cdot q \cdot l$$

dove:

- V_{max} = sollecitazione massima di taglio;
- M_{max} = momento flettente massimo;
- q = carico uniformemente distribuito;
- l = interasse tra gli appoggi.

Le sollecitazioni allo S.L.U., in condizioni statiche, sono quindi pari a:

$$M_{Ed} = 1.3 \times M_{max} \quad V_{Ed} = 1.3 \times T_{max}$$

I carichi considerati e lo stato di sollecitazione sono riassunti nella tabella seguente.

Tabella 39 – Stato di sollecitazione nelle travi di ripartizione dei tiranti (*)

$T_{SLE,max}$	T_{max}	i	q_{max}	$M_{Ed,max}$	$V_{Ed,max}$
[kN]	[kN]	[m]	[kN/m]	[kN]	[kN]
323	387.6	3.0	64.6	94.5	151.2

(*) Valori relativi a ciascuna singola trave di ripartizione.

Le verifiche strutturali della trave di ripartizione sono condotte in accordo a quanto previsto al punto 4.2.4 delle NTC08.

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza della trave di acciaio HE240A di grado S275.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">GA0200 010</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">133 di 202</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	133 di 202
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	133 di 202								

Tabella 40 – Verifiche di resistenza della sezione trasversale

Resistenza a taglio			
Resistenza di calcolo a taglio	$V_{c,Rd}$	380.75	[kN]
Verifica a taglio	$V_{Ed} / V_{c,Rd}$	0.397	[-]
Resistenza a flessione			
Resistenza di calcolo a flessione	$M_{c,Rd}$	195.01	[kNm]
Verifica flessionale	$M_{Ed} / M_{c,Rd}$	0.485	[-]
Resistenza a flessione e taglio (per sezioni di classe 1)			
Resistenza di calcolo a flessione ridotta	$M_{v,Rd}$	195.01	[kNm]
Verifica flessionale	$M_{Ed} / M_{v,Rd}$	0.485	[-]

12.1.4 CORDOLO DI TESTA

Gli sforzi a cui dev'essere sottoposto il cordolo sono molto limitati in rapporto alla sezione necessaria per motivi costruttivi.

Le sollecitazioni a cui è sottoposto il cordolo, essenzialmente generate dalla differenza di spostamento tra pali che formano la paratia e a carichi temporanei di entità ridotta (passaggio mezzi nell'area adiacente, camminamento operai), sono tali che la sezione in c.a. è largamente sufficiente ad assorbire gli sforzi. Si considera quindi l'armatura minima.

PARATIA NORD

L'armatura minima per il cordolo di geometria 1.90x1.00m (C25/30) è:

$$A_{s,min} = 2727 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{sw,min} = 889 \text{ mm}^2/\text{m}$$

L'armatura proposta è qui riassunta.

Tabella 41 – Armatura dei cordoli di testa

Cordolo	Dim (cm)	As=As' (mm ² /m)	Asw (mm ² /m)	Arm Long	Arm Trasv	Arm Taglio
Paratia Nord	190x100	2727	1608	6Φ26	6Φ16	Φ16/250mm

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	134 di 202

12.2 SEZIONE GA02_F1 – PK 22+298.00

12.2.1 PARATIE DI PALI

12.2.1.1 VERIFICHE STRUTTURALI – PARATIA NORD

STATO LIMITE ULTIMO

Le verifiche allo Stato Limite Ultimo sono qui riportate, considerando la seguente armatura disposta in tre gabbie.

Tabella 42: Disposizione delle gabbie di armatura

Sezione	L (m)	As (mm ²)	As' (mm ²)	Asw (mm ²)
I	10	24Φ24	-	Φ14/150mm
II	10	24Φ20	-	Φ14/150mm (5m) Φ14/300mm (5m)
III	9	24Φ16	-	Φ14/300mm

Le verifiche allo SLU sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 43: Verifiche agli SLU, verifica di pressoflessione

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	SLU		
				MEd (kNm)	NEd (kN)	MRd (kNm)
I	0	STR	Ricoprimento	-779	563	-2125
II	-11.7	STR	Ricoprimento	-848	893	-1717
III	-16.6	STR	Ricoprimento	-119	1031	-828

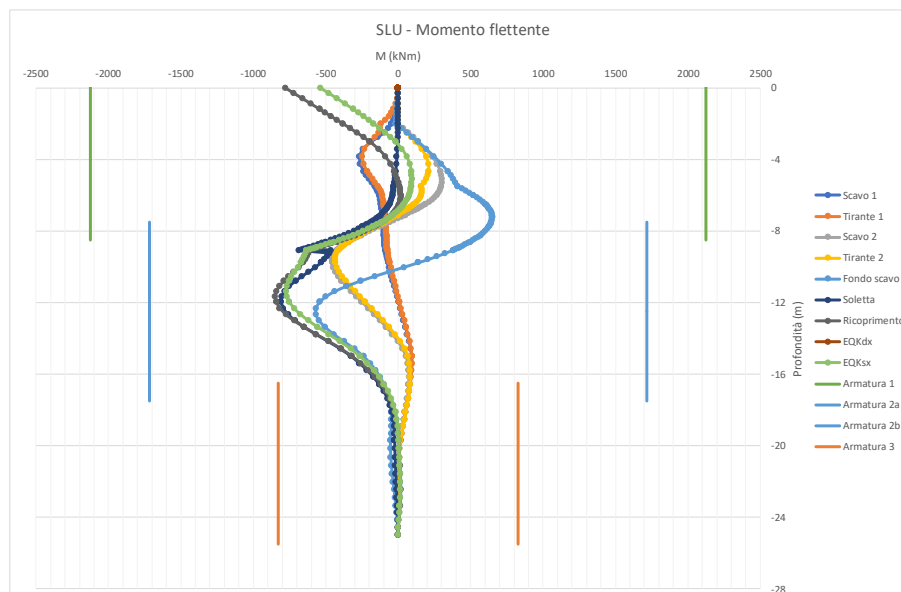


Figura 91: GA02_F1 (pk 22+298) – Paratia Nord – Sollecitazione di momento flettente (SLU)

Tabella 44: Verifiche agli SLU, verifica al taglio

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	SLU	
				VEd (kN)	VRd (kN)
I	-5.6	STR	Fondo Scavo	223	546
Ila	-9.1	STR	Ricoprimento	-457	-546
Ilb	-13.8	STR	Ricoprimento	216	277
III	-12.8	STR	Ricoprimento	25	277

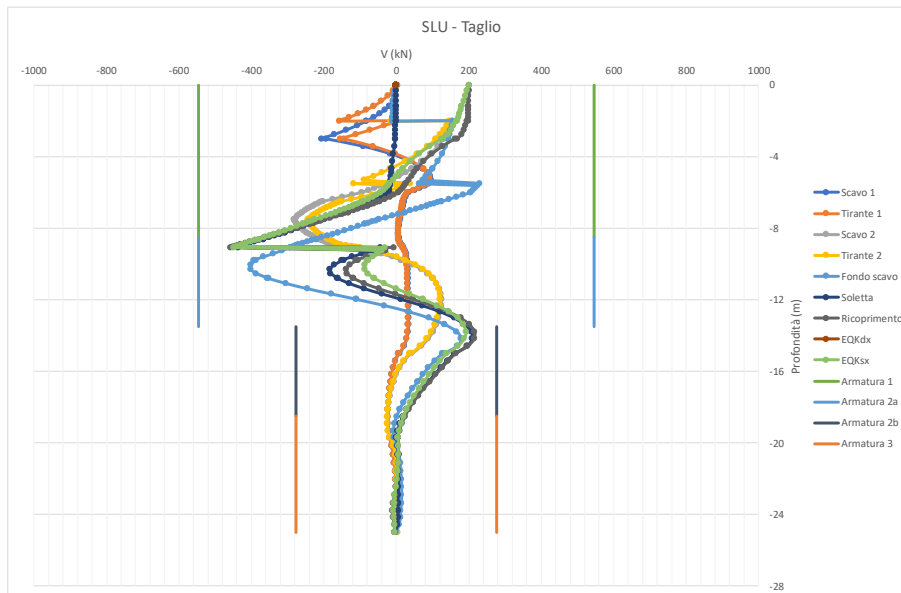


Figura 92: GA02_F1 (pk 22+298) – Paratia Nord – Sollecitazione di taglio (SLU)

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Le verifiche allo SLE sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 45: Verifiche agli SLE, sollecitazioni

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	MEd (kNm)	NEd (kN)
I	0	STR	Ricoprimento	-599	563
II	-11.7	STR	Ricoprimento	-652	893
III	-16.6	STR	Ricoprimento	-91	1031

Tabella 46: Verifiche agli SLE, verifiche

SLE							
Sezione	$\sigma_{c,d}$ (MPa)	$\sigma_{c,amm}$ (MPa)	$\sigma_{s,d}$ (MPa)	$\sigma_{s,amm}$ (MPa)	x (mm)	wk (mm)	wamm (mm)
I	5.26	13.75	116.1	337.5	450.7	0.12	0.20
II	6.49	13.75	133.9	337.5	468.6	0.14	0.20
III	1.35	13.75	-	337.5	-	0	0.20

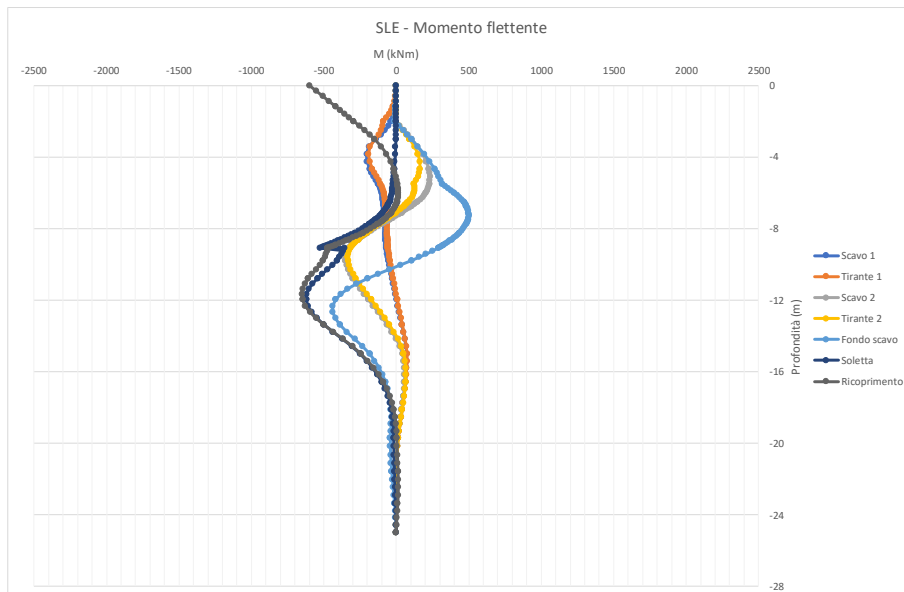


Figura 93: GA02_F1 (pk 22+298) – Paratia Nord – Sollecitazione di momento flettente (SLE)

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	137 di 202

DEFORMAZIONI

La deformazione orizzontale massima è di:

$$U_{max}=2.02\text{cm}$$

Il valore è minore dell'1% dell'altezza totale della paratia fuori terra (9.8 cm), ed è per questo ritenuto accettabile

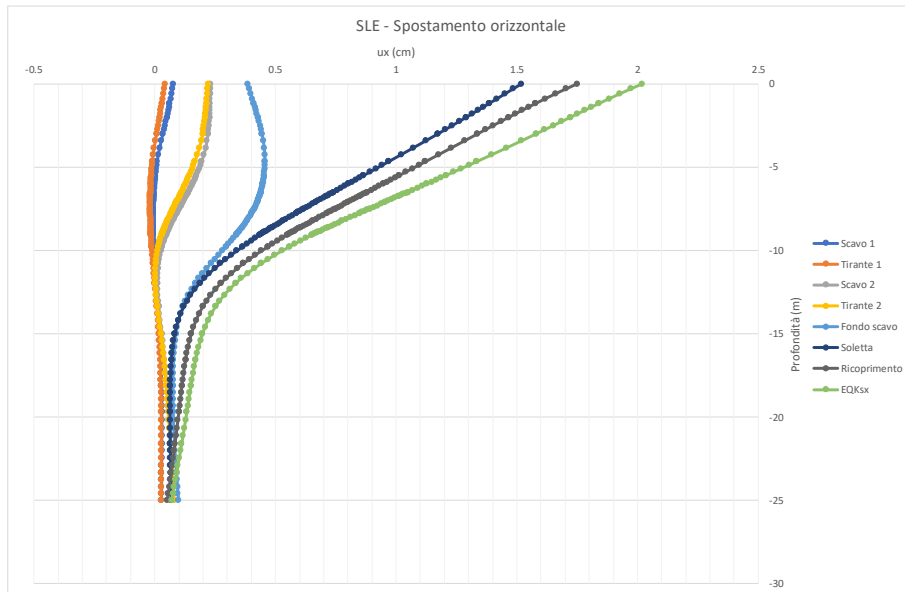


Figura 94: GA02_F1 (pk 22+298) – Paratia Nord – Spostamento orizzontale (SLE)

12.2.1.2 VERIFICHE STRUTTURALI – PARATIA SUD

STATO LIMITE ULTIMO

Le verifiche allo Stato Limite Ultimo sono qui riportate, considerando la seguente armatura disposta in due gabbie.

Tabella 47: Disposizione delle gabbie di armatura

Sezione	L (m)	As (mm ²)	As' (mm ²)	Asw (mm ²)
I	10	24Φ16	-	Φ14/200mm (4m) Φ14/300mm (6m)
II	10	24Φ16	-	Φ14/300mm

Le verifiche allo SLU sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 48: Verifiche agli SLU, verifica di pressoflessione

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	SLU		
				MEd (kNm)	NEd (kN)	MRd (kNm)
I - II	0	EQK	Sisma a sx	291	715	828

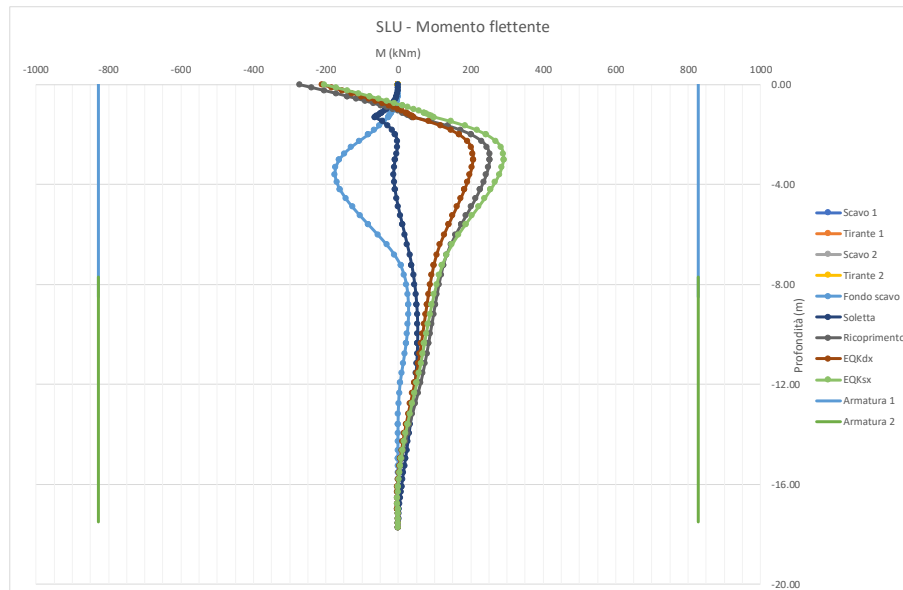


Figura 95: GA02_F1 (pk 22+298) – Paratia Sud – Sollecitazione di momento flettente (SLU)

Tabella 49: Verifiche agli SLU, verifica al taglio

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	SLU	
				VEd (kN)	VRd (kN)
I	-5.6	STR	Fondo Scavo	-321	-413
II	-9.1	STR	Ricoprimento	11	277

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	139 di 202

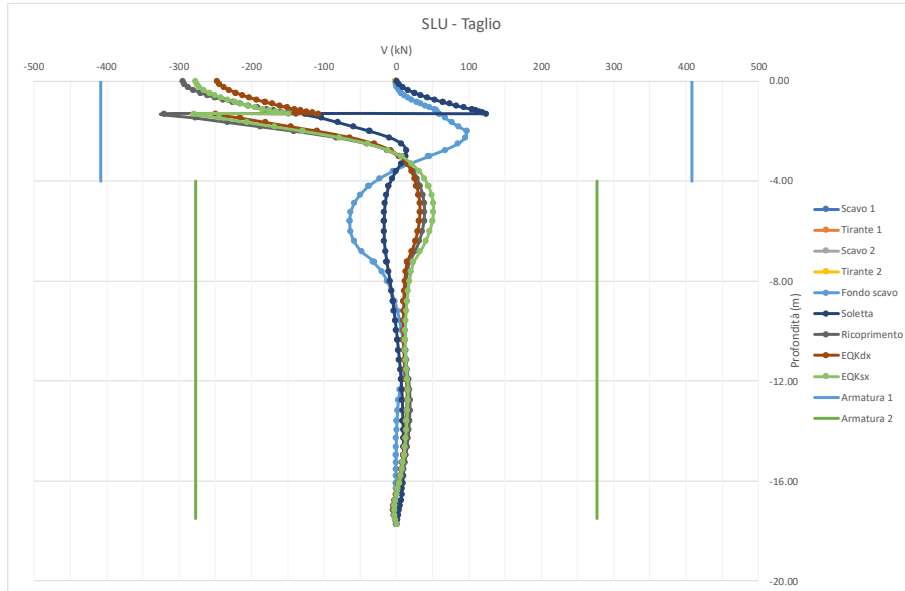


Figura 96: GA02_F1 (pk 22+298) – Paratia Sud – Sollecitazione di taglio (SLU)

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Le verifiche allo SLE sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 50: Verifiche agli SLE, sollecitazioni

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	MEd (kNm)	NEd (kN)
I-II	0	STR	Ricoprimento	-210	560

Tabella 51: Verifiche agli SLE, verifiche

Sezione	SLE						
	$\sigma_{c,d}$ (MPa)	$\sigma_{c,amm}$ (MPa)	$\sigma_{s,d}$ (MPa)	$\sigma_{s,amm}$ (MPa)	x (mm)	wk (mm)	wamm (mm)
I-II	1.5	13.75	8.7	337.5	802.9	0.01	0.20

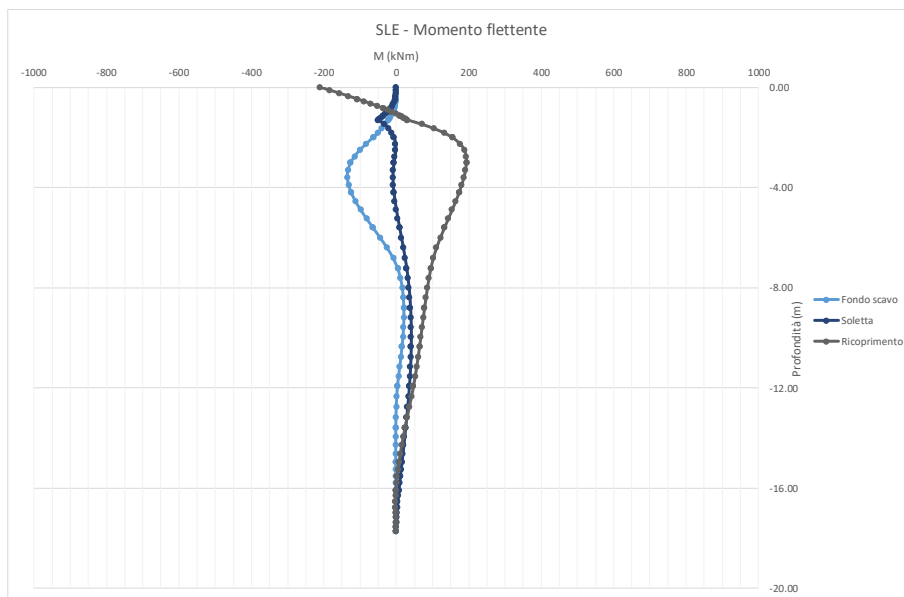


Figura 97: GA02_F1 (pk 22+298) – Paratia Sud – Sollecitazione di momento flettente (SLE)

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	141 di 202

DEFORMAZIONI

La deformazione orizzontale massima è di:

$$U_{max}=0.32\text{cm}$$

Il valore è minore dell'1% dell'altezza totale della paratia fuori terra ($U_{amm}=2\text{ cm}$), ed è per questo ritenuto accettabile

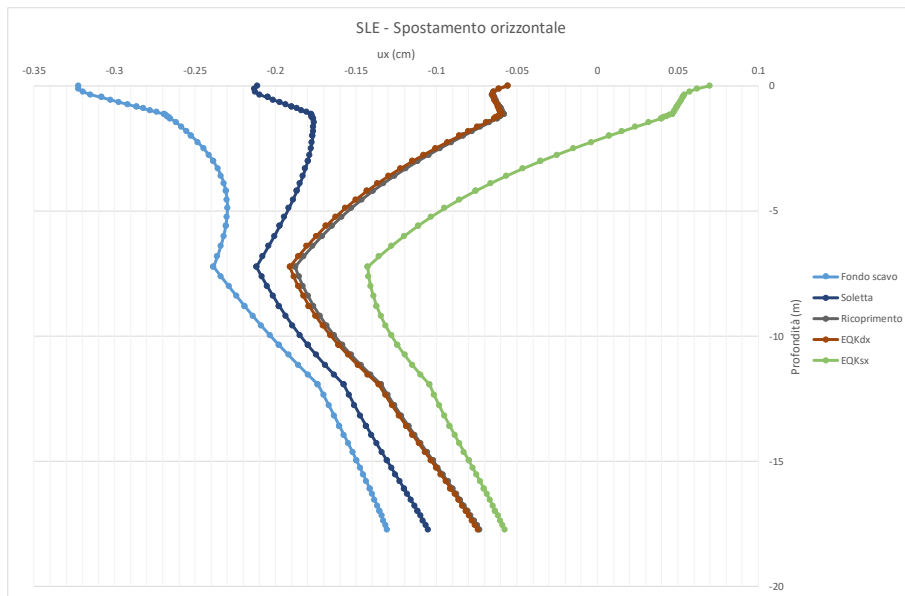


Figura 98: GA02_F1 (pk 22+298) – Paratia Sud – Spostamento orizzontale (SLE)

12.2.1.3 VERIFICHE GEOTECNICHE – STABILITÀ GLOBALE

La verifica di stabilità globale e di rotazione intorno ad un punto fisso sono state studiate mediante l'applicazione della procedura "phi/c reduction".

Combinazione GEO (A2+M2+R1)

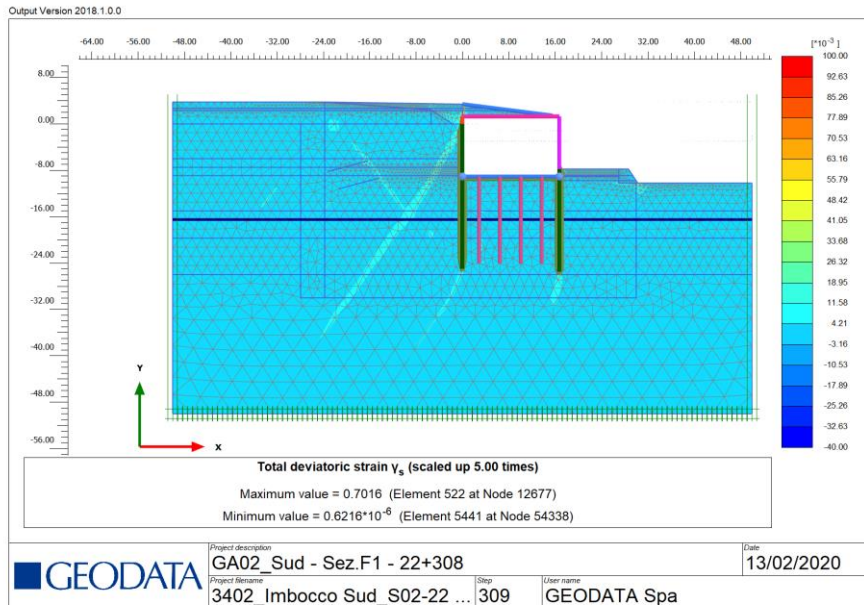


Figura 99: GA02_F1 (pk 22+298) – Verifica GEO, deformazione totale deviatorica

Il valore di ΣMS_f ottenuto è pari a ΣMS_f (GEO) = 1.92.

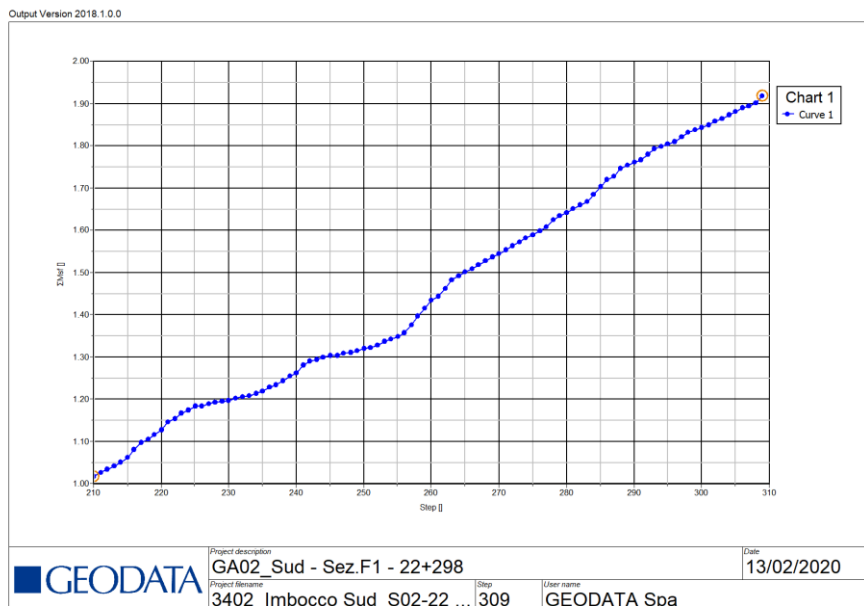


Figura 100: GA02_F1 (pk 22+298) – Verifica GEO, evoluzione di ΣMS_f fino al raggiungimento del valore di progetto

Combinazione EQK (A2+M2+R1)

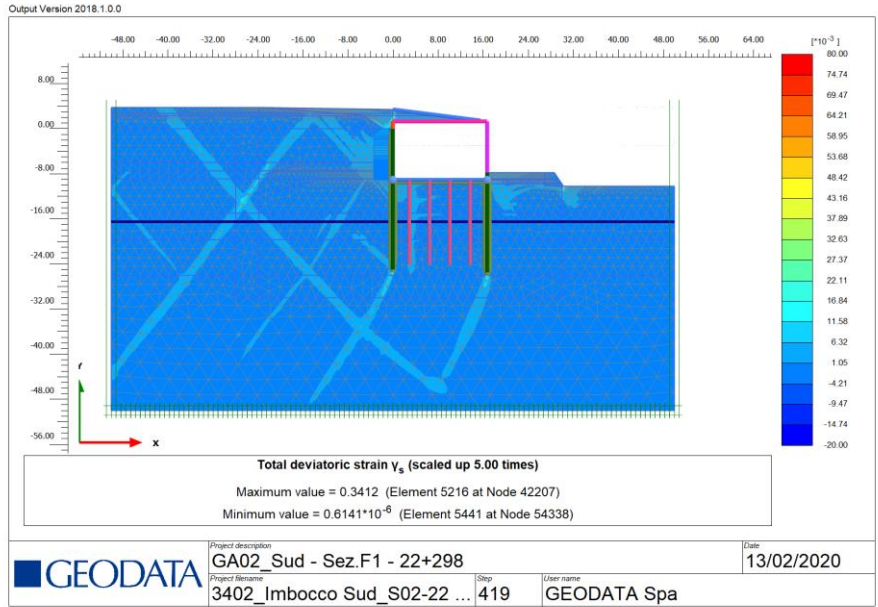


Figura 101: GA02_F1 (pk 22+298) – Verifica EQK, deformazione totale deviatorica

Il valore di ΣMS_f ottenuto è pari a $\Sigma MS_f (GEO) = 1.90$.

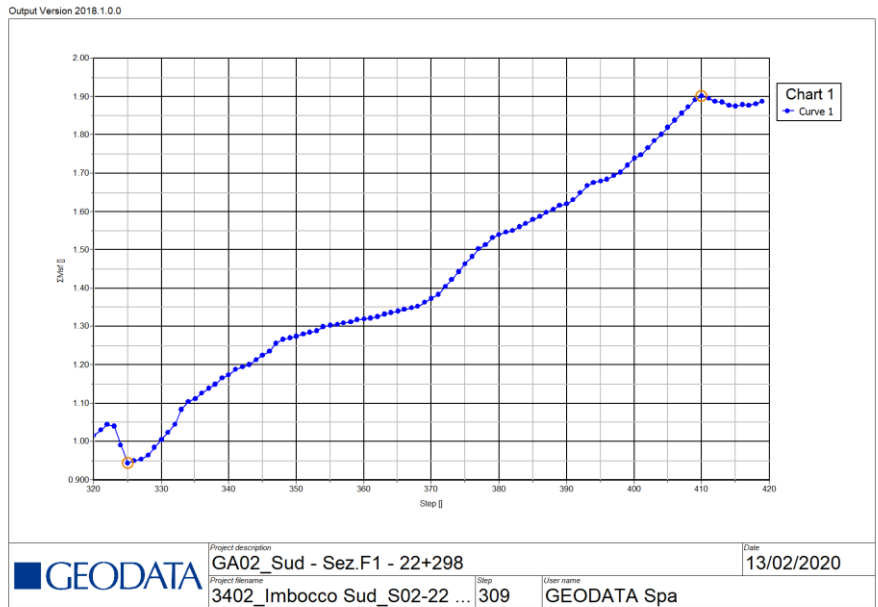


Figura 102: GA02_F1 (pk 22+298) – Verifica EQK, evoluzione di ΣMS_f fino al raggiungimento del valore di progetto

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	144 di 202

12.2.1.4 VERIFICHE GEOTECNICHE – CAPACITÀ PORTANTE

Paratia Nord

I dati utilizzati per il calcolo della capacità portante del palo sono qui riassunti:

LUNGHEZZA PALO: Hp = 25m
 SBALZO A MONTE: Hs = 9.81m
 INFISSIONE: Hi = Hp-Hs = 15.19m
 CARICO: Gk = Gpalo + Gcordolo + GSoletta/2 + Gterreno/2 =
 =25*(3.14*1.2^2/4)*9.81+1.5*(25*1.9*2 + 25*1.4*14.55 /2+ 20*0.5*17.95/2)= 937 kN
 Gd = 1.35 Gk = 1265 kN

Verifica della Portanza Assiale dei Pali

GA02 SEZ_F1 monte Teoria di Terzaghi-Berezantzev

D_palo = 1.200 m
 A_palo = 1.131 m²
 S_palo = 2.513 m³/m
 J_palo = 0.102 m⁴
 γ_cis = 25.0 kN/mc
 γ_w = 9.8 kN/mc

β = 0.667

z_p = 0.00 m quota testa palo dal p.c.
 z_w = 6.00 m quota falda dal p.c.

z = profondità dal p.c.
 γ_cis = peso di volume calcestruzzo
 γ_w = peso di volume acqua
 φ = angolo di attrito terreno
 c' = coesione efficace
 cu = coesione non drenata

Stratigrafia Terreno

mesh di calcolo = 0.25 m

Strato	z	γ	φ	c'	cu	m	m	m	m*D	qb
	m	kN/mc	°	kN/m²	kN/m² per c=0	per c<>0			m	kN/m²
MDL1	0.00	20.0	38.0	0.0	0.0	15.074	15.074	15.074	18.089	910
MDL2	5.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	1643
MDL3	10.00	20.0	24.0	10.0	0.0	4.430	4.954	4.954	5.945	973
MDL2	16.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	2997
	18.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	3286
	21.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	3575
	23.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	3863
	26.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	4152
	28.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	4441
	31.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	4730
	33.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5019
	36.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5308
	38.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5597
	41.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5885
	43.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6174
	46.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6377
	48.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6377
	51.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6377
	53.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6377
	45.50	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6377

Coeff. Berezantzev AGI

Verticali

Tipo di palo

φ	Nq	ξ4	ξ3	δ/φ	cu	α	(α*cu)max
					kN/m²		kN/m²
0	0.00	1	1.70	1.70			
18	2.44	2	1.55	1.65	Battuto in acciaio	20/φ	<= 25
22	3.64	3	1.48	1.60			1.00
24	4.46	4	1.42	1.55			0.80
26	5.51	5	1.34	1.50			0.65
30	8.56	7	1.28	1.45			0.50
35	15.48	10	1.21	1.40	Battuto in cls		1.00
38	22.75				Prefabbricato	0.75	0.85
42	39.70				Gettato in opera	1.00	0.65
							0.50
					Trivellato	1.00	0.90
							0.80
							0.60
							0.40

N_max = 1300 kN
 N_attrito_neg = 0 kN >= 0
 N_min = 0 kN

	L_palo	ξ4	γ_base	γ_later.	ξ+γ_p	ξ+γ_l	
N_max = 1300	2.50	1.34	1.35	1.15	1.81	1.54	sf- sf+
N_min = 0	0.00	1.34		1.30		1.74	
L_palo = 2.50 m	Profondità da p.c. = 2.50 m						

Coeff. Parz. R2	Infissi	Trivellati	Elica	
Punta	1.15	1.35	1.30	
Laterale	1.15	1.15	1.15	compressione
Totale	1.15	1.30	1.25	compressione
Laterale	1.25	1.25	1.25	trazione

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	146 di 202

Paratia Sud

LUNGHEZZA PALO: Hp = 18m
 SBALZO A MONTE: Hs = 1.94m
 INFISSIONE: Hi = Hp-Hs = 16.06m
 CARICO: Gk = Gpalo + Gpiedritto + GSoletta/2 + Gterreno/2 =
 = 25*(3.14*1.2^2/4)*2+1.5*(25*1.9*(1.5+6.38+2) + 25*1.4*14.55 /2+
 +20*0.5*(16.75+1.2)/2) = 1273 kN
 Gd = 1.35 Gk = 1700 kN
 SOVRACCARICO q= γ Hvalle = 20 * 2 = 40 kPa

Il sovraccarico minore tra quello della fondazione e quello del terreno a valle della paratia è stato considerato nel calcolo poiché la paratia è totalmente immersata a valle e protetta dai due pali perpendicolari che servono da risvolto del tratto di gabbionata di nuova realizzazione (chiusura della gabbionata esistente, elemento puramente estetico).

Verifica della Portanza Assiale dei Pali

GA02 SEZ_F1 valle Teoria di Terzaghi-Berezantzev

D_palo = 1.200 m
 A_palo = 1.131 m²
 S_palo = 2.513 m³/m
 J_palo = 0.102 m⁴
 γ_cls = 25.0 kN/mc
 γ_w = 9.8 kN/mc

β = 0.667

z_p = 0.00 m quota testa palo dal p.c.
 z_w = 6.00 m quota falda dal p.c.

τ_max = 100.0 kN/m² max portata laterale per terreno coesivo
 σ_v = 40.0 kN/m² tensione totale a quota zp

z = profondità dal p.c.
 γ_cls = peso di volume calcestruzzo
 γ_w = peso di volume acqua
 φ = angolo di attrito terreno
 c' = coesione efficace
 cu = coesione non drenata

Stratigrafia Terreno

mesh di calcolo = 0.25 m

Strato	z	γ	φ	c'	cu	m	m	m	m*D	qb
	m	kN/mc	°	kN/m²	kN/m² per c=0	per c>0			m	kN/m²
MDL1	0.00	20.0	38.0	0.0	0.0	15.074	15.074	15.074	18.089	910
MDL2	5.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	1643
MDL3	10.00	20.0	24.0	10.0	0.0	4.430	4.954	4.954	5.945	973
MDL2	16.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	2997
	18.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	3286
	21.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	3575
	23.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	3863
	26.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	4152
	28.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	4441
	31.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	4730
	33.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5019
	36.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5308
	38.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5597
	41.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5885
	43.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6174
	46.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6377
	48.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6377
	51.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6377
	53.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6377
	45.50	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6377

Coeff. Berezantzev AGI

Verticali

Tipo di palo

φ	Nq	ξ4	ξ3	δ/φ	cu	α	(α'cu)max
					kN/m²		kN/m²
0	0.00	1	1.70	1.70			
18	2.44	2	1.55	1.65	Battuto in acciaio	<= 25	1.00
22	3.64	3	1.48	1.60		25.50	0.80
24	4.46	4	1.42	1.55		50.75	0.65
26	5.51	5	1.34	1.50		>= 75	0.50
30	8.56	7	1.28	1.45			
35	15.48	10	1.21	1.40	Battuto in cls	<= 25	1.00
38	22.75				Prefabbricato	25.50	0.85
42	39.70				Gettato in opera	50.75	0.65
						>= 75	0.50
	N_max = 1750 kN				Trivellato	<= 25	0.90
	N_attrib_neg = 0 kN >= 0					25.50	0.80
						50.75	0.60
	N_min = 0 kN					>= 75	0.40

	L_palo	ξ4	γ_base	γ_later.	ξ+γ_p	ξ+γ_l		
N_max = 1750	3.75	1.34	1.35	1.15	1.81	1.54	sf-	
N_min = 0	0.00	1.34		1.30		1.74	sf+	
L_palo =	3.75 m	Profondità da p.c. = 3.8 m						

Coeff. Parz. R2	Infissi	Trivellati	Elica	
Punta	1.15	1.35	1.30	
Laterale	1.15	1.15	1.15	compressione
Totale	1.15	1.30	1.25	compressione
Laterale	1.25	1.25	1.25	Trazione

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Cannello e Sezione Tipo F

Table with 6 columns: COMMESSA (IF26), LOTTO (12 E ZZ), CODIFICA (CL), DOCUMENTO (GA0200 010), REV. (A), FOGLIO (147 di 202)

Main data table with 23 columns: sf+, sf, z, y, phi, c', cu, c'', alpha, Ks, delta/phi, alpha, Nc, tau, beta-s/alpha, Nq, P_palo, Q_tot, Q_lat, Q_punta, Q'_tot. The table lists technical parameters for various sections across 100 rows.

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	148 di 202

12.2.2 TIRANTI

Le tabelle seguenti riassumono le verifiche effettuate per il dimensionamento dei tiranti in termini di lunghezza libera e lunghezza di ancoraggio. La lunghezza del tratto libero è stata aumentata di 0.2 H per garantire l'ancoraggio del bulbo al di fuori del cono di spinta in condizioni sismiche.

GEOMETRIA DELL'ANCORAGGIO										
Riga	Livello	h _i	α	L' _p	L _{aggiuntiva}	L _{lib,th}	L _{libera}	L _{bulbo}	L _{tot}	s
n.	m	m	°	m	m	m	m	m	m	m
1	52.38	26.00	15	14.89	2.06	16.95	17	7	24	3.00
2	48.88	22.50	15	12.89	2.06	14.94	15	7	22	3.00

CARATTERISTICHE TIRANTE					RESISTENZA TIRANTE			RESISTENZA MALTA-TERRENO				
Riga	Livello	n _{tr}	f _{yk} / tirante	A _{trefolo}	A _{tirante}	Res. a trazione R _{tk}	Fattore di sicurezza γ _R	R _{td}	Ø _d	α	τ _{lim}	L _{a,min}
n.	[m s.l.m.]	n.	[kN]	[mm ²]	[mm ²]	[kN]	[-]	[kN]	[mm]	[-]	[MPa]	[m]
1	52.38	4	229.6	140	560	918.4	1.15	798.61	180	1.45	0.2	4.87
2	48.88	4	229.6	140	560	918.4	1.15	798.61	180	1.7	0.3	2.77

CARICHI PER ANCORAGGIO				TIRANTE			VERIFICA SUPERFICIE MALTA-TERRENO						VERIFICA FINALE		
N _{prestr}	N _{serv}	Fattore di sicurezza γ _E	P _d	R _{td}	FS _S >1	L _a	N _{lim,malta-terreno}	ξ _a	γ _{a,1}	R _{3,d}	FS _S >1	Pretiro	Tirante	Sfilamento	
[kN]	[kN]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	[m]	[kN]	[-]	[-]	[kN]	[-]				
300	325.00	1.30	422.50	798.61	1.89	7	1147.94	1.8	1.1	579.77	1.37	OK	OK	OK	
300	317.00	1.30	412.10	798.61	1.94	7	2018.79	1.8	1.1	1019.59	2.47	OK	OK	OK	

dove:
 La resistenza di rottura e l'area del singolo tirante derivano dalla norma prEN 10138
 A_{tirante} è l'area totale di trefoli presenti nel tirante
 γ_R secondo NTC 2008 per acciaio di armatura
 R_{td} è il valore di progetto per la resistenza strutturale del tirante in acciaio
 Ø_d è il diametro di perforazione dell'ancoraggio
 α è il fattore di sbulbamento che aumenta l'attrito malta-terreno (secondo Bustamante e Doix, 1989)
 τ_{lim} è il valore di resistenza d'attrito (secondo Bustamante e Doix, 1989)
 L_{a,min} è la lunghezza di ancoraggio minima considerando un carico agente sull'ancoraggio pari a R_{td} e senza considerare un fattore di sicurezza sull'attrito
 N_{prestr} è il carico di pretiro
 N_{serv} è il valore caratteristico massimo della forza agente sull'ancoraggio
 γ_E è il coefficiente parziale per le azioni secondo la tabella 6.2.I delle NTC 2008
 P_d è il valore di progetto dell'azione agente sull'ancoraggio
 FS_S è il fattore di sicurezza sulla resistenza strutturale (R_{td}/P_d); dev'essere maggiore di 1
 N_{lim,malta-terreno} è la resistenza malta-terreno dell'ancoraggio dall'equazione analitica = π x Ø_d x α x L_{lib,th} x τ_{lim}
 ξ_a and γ_{a,1} sono rispettivamente i fattori di correlazione (Tab. 6.6.II, Tab. 6.6.III) e il coefficiente parziale per la resistenza degli ancoraggi (Tab. 6.6.I) secondo NTC 2008.
 R_{3,d} è il valore di progetto della resistenza a sfilamento del bulbo di ancoraggio
 FS_S è il fattore di sicurezza allo sfilamento del tirante (R_{3,d}/P_d); dev'essere maggiore di 1

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	149 di 202

12.2.3 TRAVE DI RIPARTIZIONE

Lo sforzo trasmesso dai tiranti nel punto di ancoraggio sui pali è ripartito sulla paratia a mezzo di un doppio profilato di tipo HE240A. La verifica di tale elemento strutturale è eseguita facendo riferimento allo schema di trave continua su 4 appoggi soggetta ad un carico uniforme.

Allo scopo di valutare il carico uniforme equivalente cui è soggetta la trave di ripartizione si fa riferimento allo sforzo di collaudo dei tiranti, pari al 120% di quello massimo di esercizio:

$$T_{max} = T_{co} = 1.2 \cdot T_{SLE,max}$$

I tiranti sono inclinati di un angolo α rispetto all'orizzontale, pertanto il carico cui è soggetta la trave di ripartizione, considerando per gli appoggi lo stesso interasse dei tiranti, è dato da:

$$T_{h,max} = T_{max} \cdot \cos\alpha$$

Tuttavia, cautelativamente si considera nel calcolo il carico massimo. Considerando il carico egualmente ripartito tra le due travi formanti l'elemento, si procede con la verifica della singola trave.

Secondo lo schema di calcolo assunto le sollecitazioni massime sono quindi pari a:

$$M_{max} = 0.125 \cdot q \cdot l^2$$

$$V_{max} = 0.6 \cdot q \cdot l$$

dove:

- V_{max} = sollecitazione massima di taglio;
- M_{max} = momento flettente massimo;
- q = carico uniformemente distribuito;
- l = interasse tra gli appoggi.

Le sollecitazioni allo S.L.U., in condizioni statiche, sono quindi pari a:

$$M_{Ed} = 1.3 \times M_{max} \quad V_{Ed} = 1.3 \times T_{max}$$

I carichi considerati e lo stato di sollecitazione sono riassunti nella tabella seguente.

Tabella 52 – Stato di sollecitazione nelle travi di ripartizione dei tiranti (*)

$T_{SLE,max}$	T_{max}	i	q_{max}	$M_{Ed,max}$	$V_{Ed,max}$
[kN]	[kN]	[m]	[kN/m]	[kN]	[kN]
323	387.6	3.0	64.6	94.5	151.2

(*) Valori relativi a ciascuna singola trave di ripartizione.

Le verifiche strutturali della trave di ripartizione sono condotte in accordo a quanto previsto al punto 4.2.4 delle NTC08.

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza della trave di acciaio HE240A di grado S275.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
	GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0200 010	REV. A

Tabella 53 – Verifiche di resistenza della sezione trasversale

Resistenza a taglio			
Resistenza di calcolo a taglio	$V_{c,Rd}$	380.75	[kN]
Verifica a taglio	$V_{Ed} / V_{c,Rd}$	0.397	[-]
Resistenza a flessione			
Resistenza di calcolo a flessione	$M_{c,Rd}$	195.01	[kNm]
Verifica flessionale	$M_{Ed} / M_{c,Rd}$	0.485	[-]
Resistenza a flessione e taglio (per sezioni di classe 1)			
Resistenza di calcolo a flessione ridotta	$M_{v,Rd}$	195.01	[kNm]
Verifica flessionale	$M_{Ed} / M_{v,Rd}$	0.485	[-]

12.2.4 CORDOLO DI TESTA

Gli sforzi a cui dev'essere sottoposto il cordolo sono molto limitati in rapporto alla sezione necessaria per motivi costruttivi.

Le sollecitazioni a cui è sottoposto il cordolo, essenzialmente generate dalla differenza di spostamento tra pali che formano la paratia e a carichi temporanei di entità ridotta (passaggio mezzi nell'area adiacente, camminamento operai), sono tali che la sezione in c.a. è largamente sufficiente ad assorbire gli sforzi. Si considera quindi l'armatura minima.

PARATIA NORD

Non è previsto un cordolo in c.a. ma il collegamento tra i pali è garantito dalle travi di ripartizione in corrispondenza dei due ordini di tiranti in fase temporanea e dalla soletta di copertura in fase definitiva.

PARATIA SUD

L'armatura minima per il cordolo di geometria 1.90x1.50m (C25/30) è:

$$A_{s,min} = 4090 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{sw,min} = 1333 \text{ mm}^2/\text{m}$$

L'armatura proposta è qui riassunta.

Tabella 54 – Armatura dei cordoli di testa

Cordolo	Dim (cm)	As=As' (mm2/m)	Asw (mm2/m)	Arm Long	Arm Trasv	Arm Taglio
Paratia Sud	190x150	4247	1608	8Φ26	6Φ16	Φ16/250mm

12.2.5 PIEDRITTO

STATO LIMITE ULTIMO

Le verifiche allo Stato Limite Ultimo sono qui riportate, considerando la seguente armatura disposta in una gabbia, con connessione fornita dallo spezzone angolare all'estradosso che collega armatura di piedritto con armatura di solettone superiore. Le staffe sono richieste per motivi costruttivi.

Tabella 55: Disposizione delle gabbie di armatura

Sezione	L (m)	As (mm ²) Intradosso	As' (mm ²) Estradosso	Asw (mm ²)
I	8	4Φ24	8+8Φ24 (0-2m) 8Φ24 (2-8m)	Φ16/500mm

Le verifiche allo SLU sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 56: Verifiche agli SLU, verifica di pressoflessione

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	SLU		
				MEd (kNm)	NEd (kN)	MRd (kNm)
la	0	STR	Ricoprimento	1940	609	3589
lb	-2.1	STR	Ricoprimento	1518	744	3000



Figura 103: GA02_F1 (pk 22+298) – Piedritto – Sollecitazione di momento flettente (SLU)

Tabella 57: Verifiche agli SLU, verifica al taglio

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	SLU	
				VEd (kN)	VRcd (kN)
la	0	STR	Ricoprimento	193.2	558

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	152 di 202

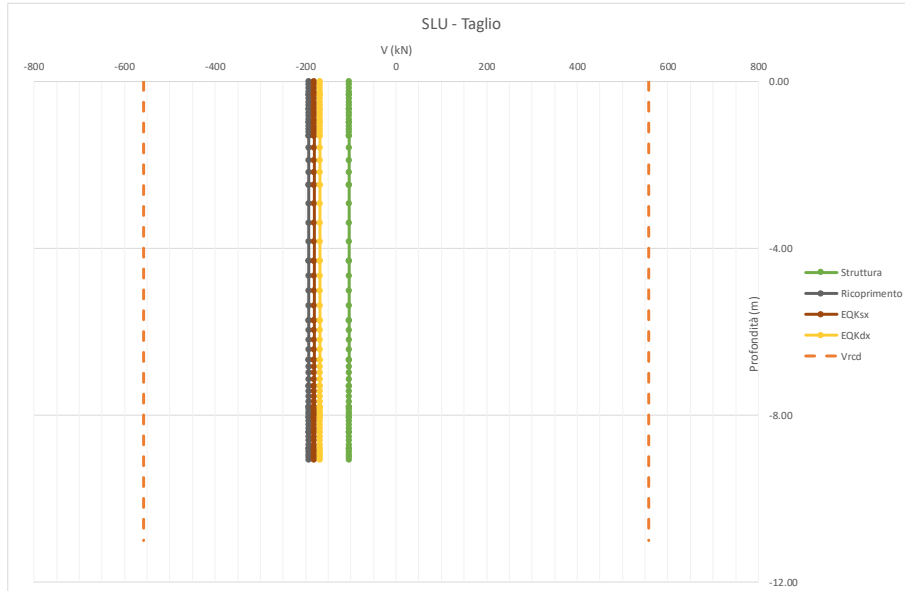


Figura 104: GA02_F1 (pk 22+298) – Piedritto – Sollecitazione di taglio (SLU)

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Le verifiche allo SLE sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 58: Verifiche agli SLE, sollecitazioni

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	MEd (kNm)	NEd (kN)
la	0	STR	Ricoprimento	1514	469
lb	-2.1	STR	Ricoprimento	1183	574

Tabella 59: Verifiche agli SLE, verifiche

Sezione	SLE						
	$\sigma_{c,d}$ (MPa)	$\sigma_{c,amm}$ (MPa)	$\sigma_{s,d}$ (MPa)	$\sigma_{s,amm}$ (MPa)	x (mm)	wk (mm)	wamm (mm)
la	3.59	17.6	103.1	337.5	621.8	0.07	0.20
lb	3.47	17.6	121.1	337.5	544.8	0.11	0.20

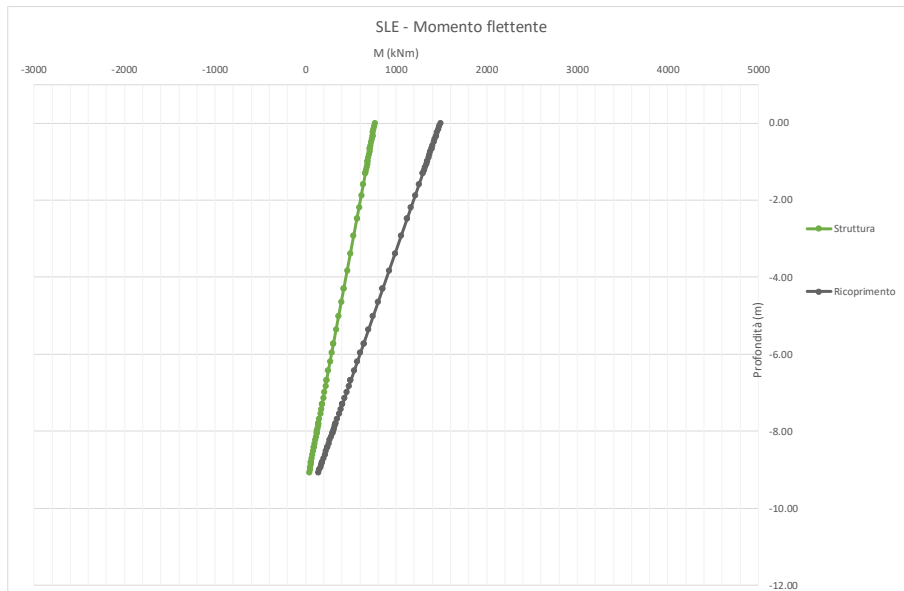


Figura 105: GA02_F1 (pk 22+298) – Piedritto – Sollecitazione di momento flettente (SLE)

12.2.6 SOLETTA SUPERIORE

STATO LIMITE ULTIMO

Le verifiche allo Stato Limite Ultimo sono qui riportate, considerando la seguente armatura disposta in due gabbie. Nella parte centrale, le staffe sono richieste per motivi costruttivi.

Tabella 60: Disposizione delle gabbie di armatura

Sezione	L (m)	As (mm ²) Inferiore	As' (mm ²) Superiore	Asw (mm ²)
I	10	8Φ26	8Φ24	Φ16/250mm per 4m (1.2-5.2m) Φ16/500mm (5.2m-10m)
II	10	8Φ26	8+8Φ24	Φ16/500mm (0-3m) Φ16/250mm per 6m (3-9m)

Le verifiche allo SLU sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 61: Verifiche agli SLU, verifica di pressoflessione

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	SLU		
				MEd (kNm)	NEd (kN)	MRd (kNm)
Ia	0	STR	Ricoprimento	-746	162	-1957
Ib	7	STR	Ricoprimento	1341	184	2258
II	16.75	STR	Ricoprimento	-1856	193	-3577

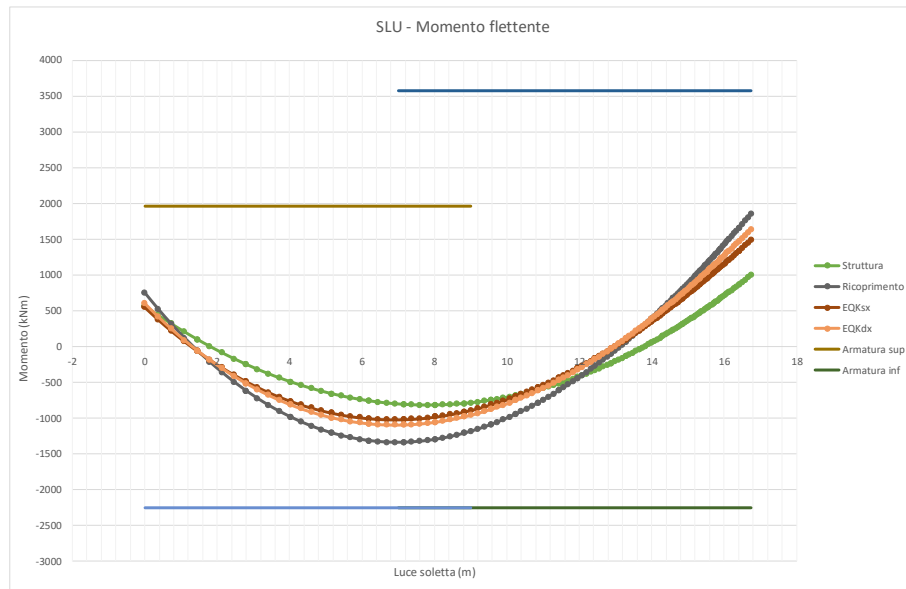


Figura 106: GA02_F1 (pk 22+298) – Soletta superiore – Sollecitazione di momento flettente (SLU)

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	155 di 202

Tabella 62: Verifiche agli SLU, verifica al taglio

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	SLU	
				VEd (kN)	VRd (kN)
I	0.7	STR	Ricoprimento	-425	-752
II	16.1	STR	Ricoprimento	553	752

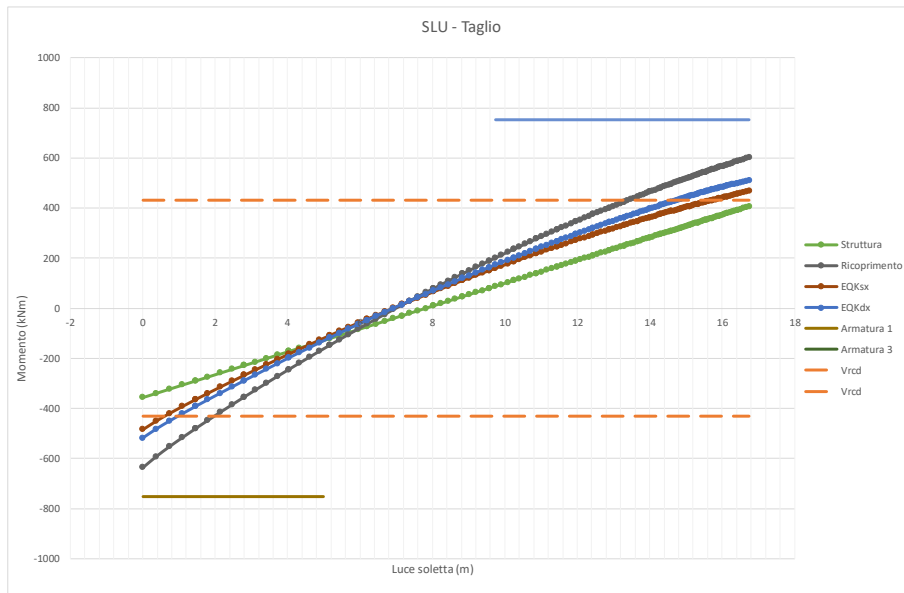


Figura 107: GA02_F1 (pk 22+298) – Soletta superiore – Sollecitazione di taglio (SLU)

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Le verifiche allo SLE sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 63: Verifiche agli SLE, sollecitazioni

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	MEd (kNm)	NEd (kN)
I_extr	0	STR	Ricoprimento	-574	124
I_intr	6.9	STR	Ricoprimento	1032	141
II_extr	16.7	STR	Ricoprimento	-1427	148

Tabella 64: Verifiche agli SLE, verifiche

SLE							
Sezione	$\sigma_{c,d}$ (MPa)	$\sigma_{c,amm}$ (MPa)	$\sigma_{s,d}$ (MPa)	$\sigma_{s,amm}$ (MPa)	x (mm)	wk (mm)	wamm (mm)
I_extr	2.54	17.6	114.3	337.5	328.9	0.11	0.20
I_intr	4.38	17.6	185.5	337.5	343.2	0.18	0.20
II_extr	5.05	17.6	163.4	337.5	415.5	0.15	0.20

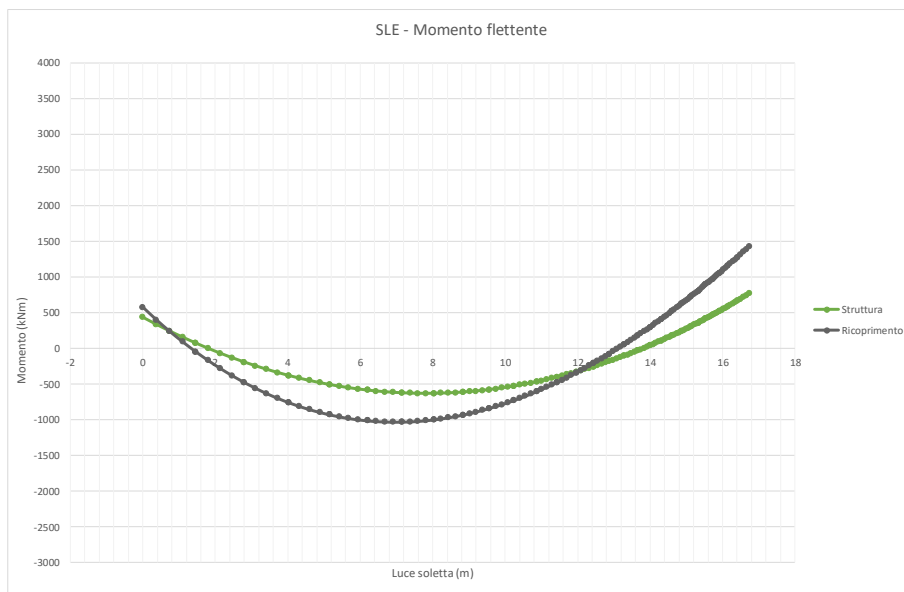


Figura 108: GA02_F1 (pk 22+298) – Soletta superiore – Sollecitazione di momento flettente (SLE)

				ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F				COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0200 010	REV. A	FOGLIO 157 di 202

12.3 SEZIONE GA02_F2 – PK 22+308.00

12.3.1 PARATIE DI PALI

12.3.1.1 VERIFICHE STRUTTURALI – PARATIA NORD

STATO LIMITE ULTIMO

Le verifiche allo Stato Limite Ultimo sono qui riportate, considerando la seguente armatura disposta in tre gabbie, corrispondenti alle armature utilizzate per il calcolo della sezione GA02_F1.

Tabella 65: Disposizione delle gabbie di armatura

Sezione	L (m)	As (mm ²)	As' (mm ²)	Asw (mm ²)
I	10	24Φ24	-	Φ14/150mm
II	10	24Φ20	-	Φ14/150mm (5m) Φ14/300mm (5m)
III	9	24Φ16	-	Φ14/300mm

Le verifiche allo SLU sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 66: Verifiche agli SLU, verifica di pressoflessione

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	SLU		
				MEd (kNm)	NEd (kN)	MRd (kNm)
I	0	STR	Ricoprimento	-923	563	-2125
II	-11.7	STR	Inst. Soletta +disattivazione tiranti	-790	893	-1717
III	-16.6	STR	Inst. Soletta +disattivazione tiranti	-128	1031	-828

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	158 di 202

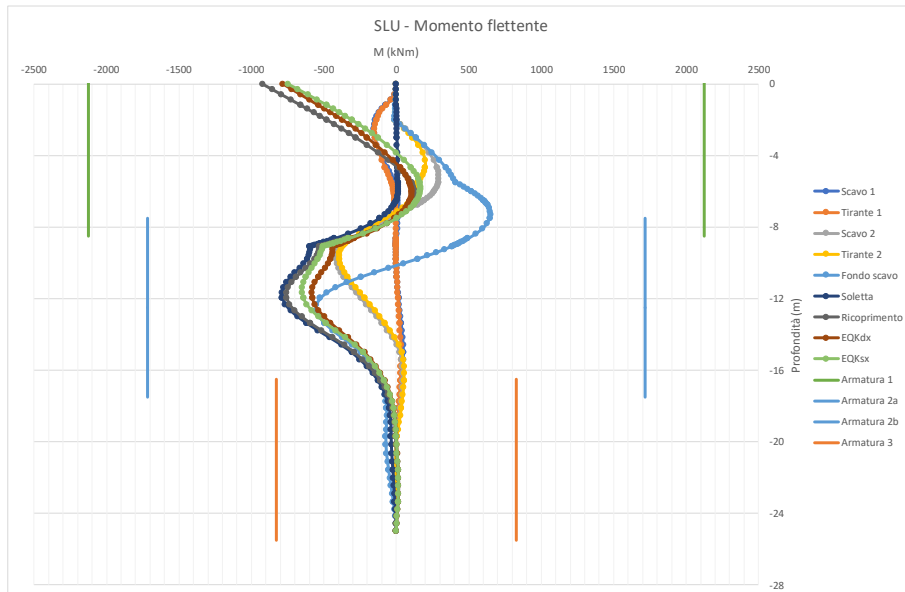


Figura 109: GA02_F2 (pk 22+308) – Paratia Nord – Sollecitazione di momento flettente (SLU)

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	159 di 202

Tabella 67: Verifiche agli SLU, verifica al taglio

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	SLU	
				VEd (kN)	VRd (kN)
I	-5.5	STR	Fondo Scavo	-230	-546
Ila	-9.1	STR	Ricoprimento	-478	546
Ilb	-13.8	STR	Ricoprimento	196	277
III	-18.5	STR	Inst. T2	-20	-277

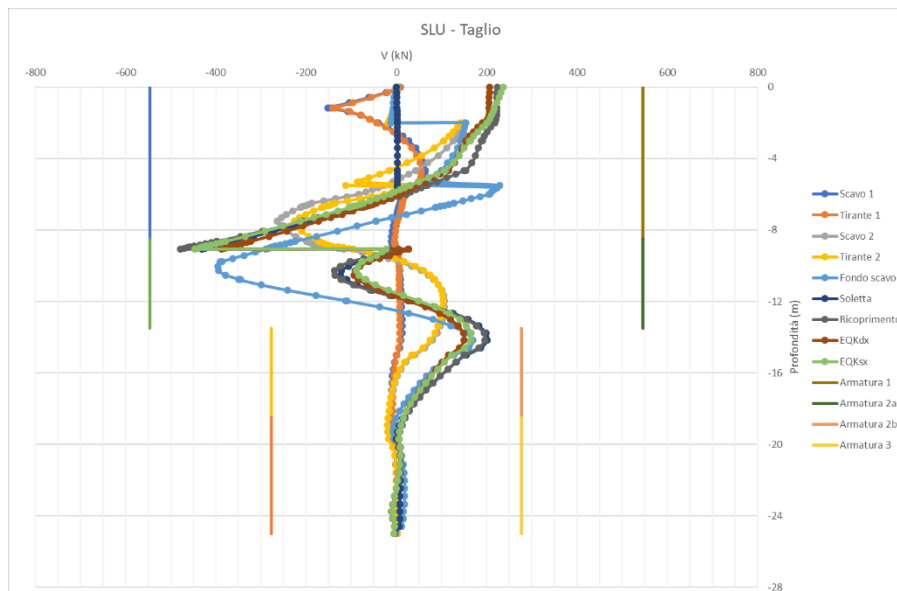


Figura 110: GA02_F2 (pk 22+308) – Paratia Nord – Sollecitazione di taglio (SLU)

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Le verifiche allo SLE sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 68: Verifiche agli SLE, sollecitazioni

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	MEd (kNm)	NEd (kN)
I	0	STR	Ricoprimento	-710	563
II	-11.7	STR	Inst. Soletta +disattivazione tiranti	607	835
III	-16.6	STR	Inst. Soletta +disattivazione tiranti	-98	973

Tabella 69: Verifiche agli SLE, verifiche

Sezione	SLE						
	$\sigma_{c,d}$ (MPa)	$\sigma_{c,amm}$ (MPa)	$\sigma_{s,d}$ (MPa)	$\sigma_{s,amm}$ (MPa)	x (mm)	wk (mm)	wamm (mm)
I	6.26	13.75	147.3	337.5	433.6	0.16	0.20
II	6.01	13.75	124.2	337.5	469.4	0.12	0.20
III	1.34	13.75	-	337.5	-	-	0.20

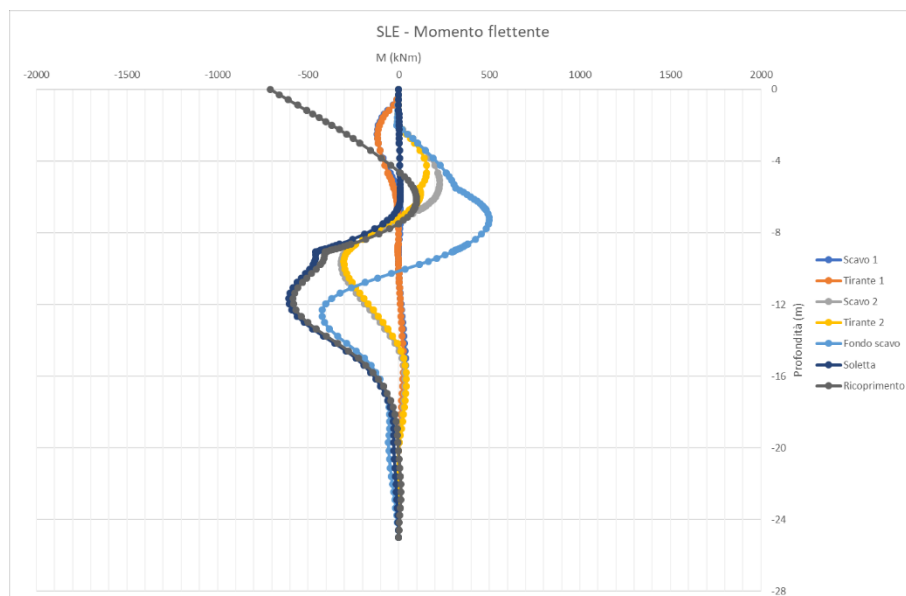


Figura 111: GA02_F2 (pk 22+308) – Paratia Nord – Sollecitazione di momento flettente (SLE)

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	161 di 202

DEFORMAZIONI

La deformazione orizzontale massima è di:

$$U_{max}=1.60\text{cm}$$

Il valore è minore dell'1% dell'altezza totale della paratia fuori terra (9.8 cm), ed è per questo ritenuto accettabile

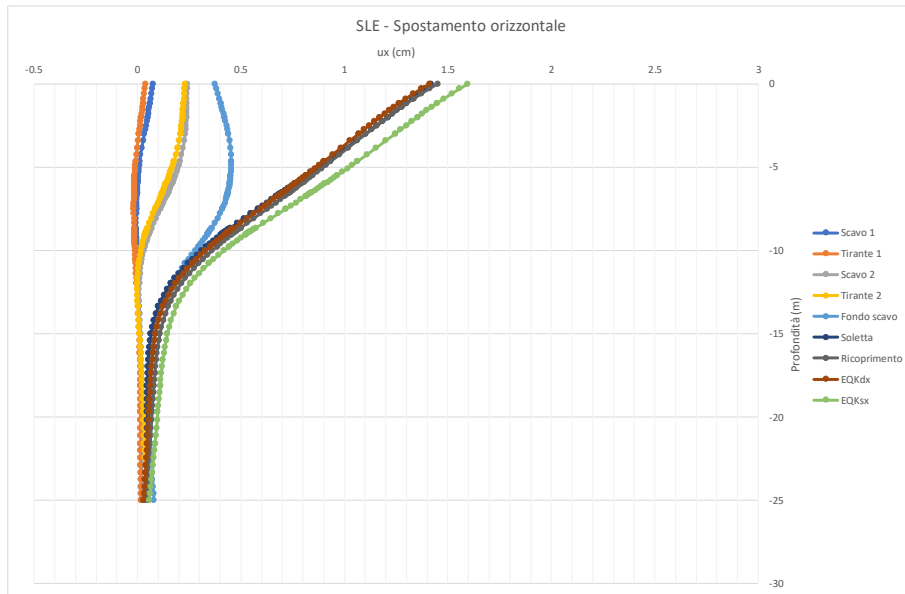


Figura 112: GA02_F2 (pk 22+308) – Paratia Nord – Spostamento orizzontale (SLE)

12.3.1.2 VERIFICHE STRUTTURALI – PARATIA SUD

STATO LIMITE ULTIMO

Le verifiche allo Stato Limite Ultimo sono qui riportate, considerando la seguente armatura disposta in tre gabbie.

Tabella 70: Disposizione delle gabbie di armatura per pali di lunghezza 24m

Sezione	L (m)	As (mm ²)	As' (mm ²)	Asw (mm ²)
I	10	24Φ30	-	Φ14/200mm
II	10	24Φ20	-	Φ14/200mm
III	7.5	24Φ16		Φ14/300mm

Le verifiche allo SLU sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 71: Verifiche agli SLU, verifica di pressoflessione

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	SLU		
				MEd (kNm)	NEd (kN)	MRd (kNm)
I	0	STR	Ricoprimento	-1251	630	-3027
II	-10.2	STR	Inst. Soletta +disattivazione tiranti	-580	288	-1507
III	-18.9	STR	Fondo Scavo	-50	535	-828

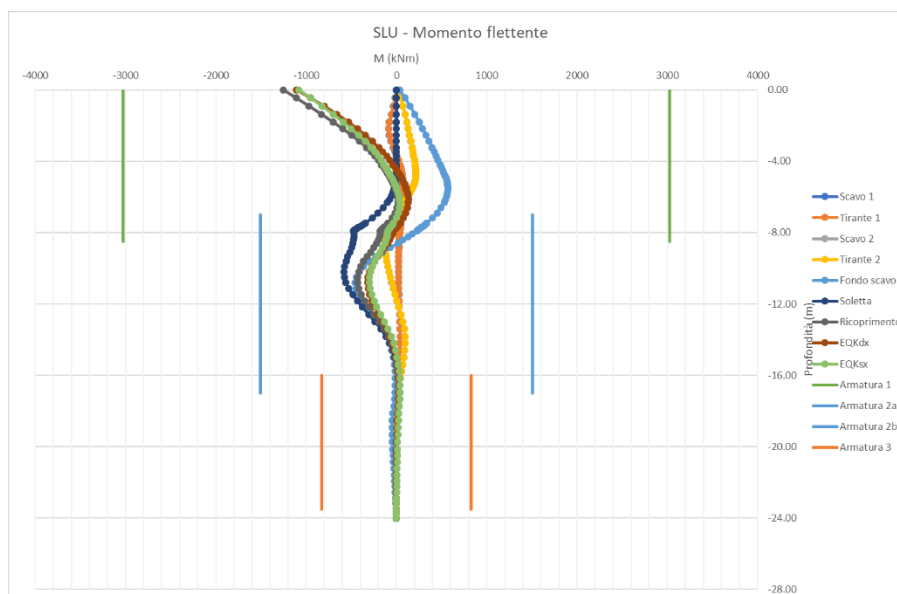


Figura 113: GA02_F2 (pk 22+308) – Paratia Sud – Sollecitazione di momento flettente (SLU)

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	163 di 202

Tabella 72: Verifiche agli SLU, verifica al taglio

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	SLU	
				VEd (kN)	VRd (kN)
I	0	EQK	Sisma da destra	356	-408
II	-8.6	STR	Inst. Soletta +disattivazione tiranti	335	408
III	-16.2	STR	Ricoprimento	-15	-277

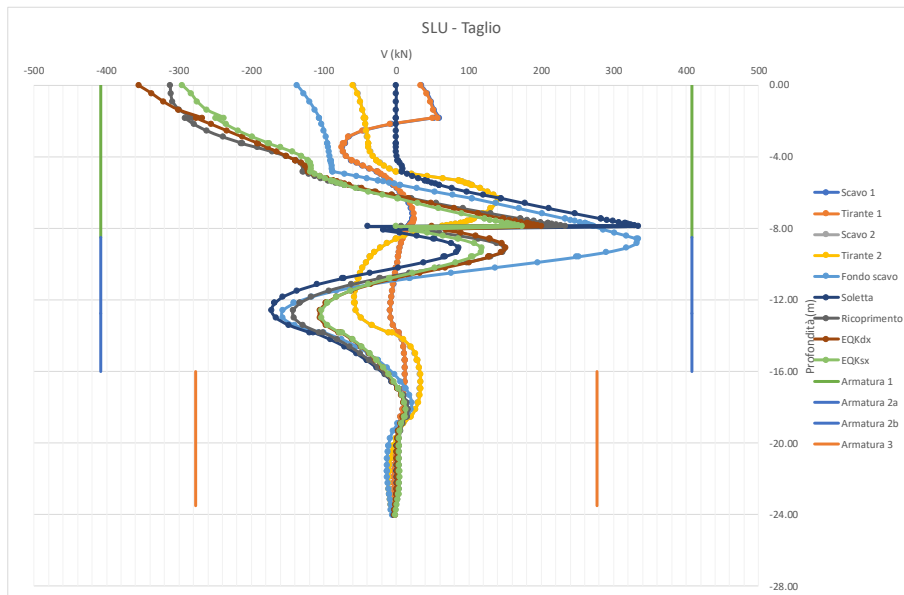


Figura 114: GA02_F2 (pk 22+308) – Paratia Sud – Sollecitazione di taglio (SLU)

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	164 di 202

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Le verifiche allo SLE sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 73: Verifiche agli SLE, sollecitazioni

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	MEd (kNm)	NEd (kN)
I	0	STR	Ricoprimento	-962	630
II	-10.2	STR	Inst. Soletta +disattivazione tiranti	-446	288
III	-18.9	STR	Fondo Scavo	-38	535

Tabella 74: Verifiche agli SLE, verifiche

Sezione	SLE						
	$\sigma_{c,d}$ (MPa)	$\sigma_{c,amm}$ (MPa)	$\sigma_{s,d}$ (MPa)	$\sigma_{s,amm}$ (MPa)	x (mm)	wk (mm)	wamm (mm)
I	6.88	13.75	144.6	337.5	462.8	0.15	0.20
II	4.68	13.75	135.5	337.5	380.7	0.14	0.20
III	0.65	13.75	-	337.5	-	-	0.20

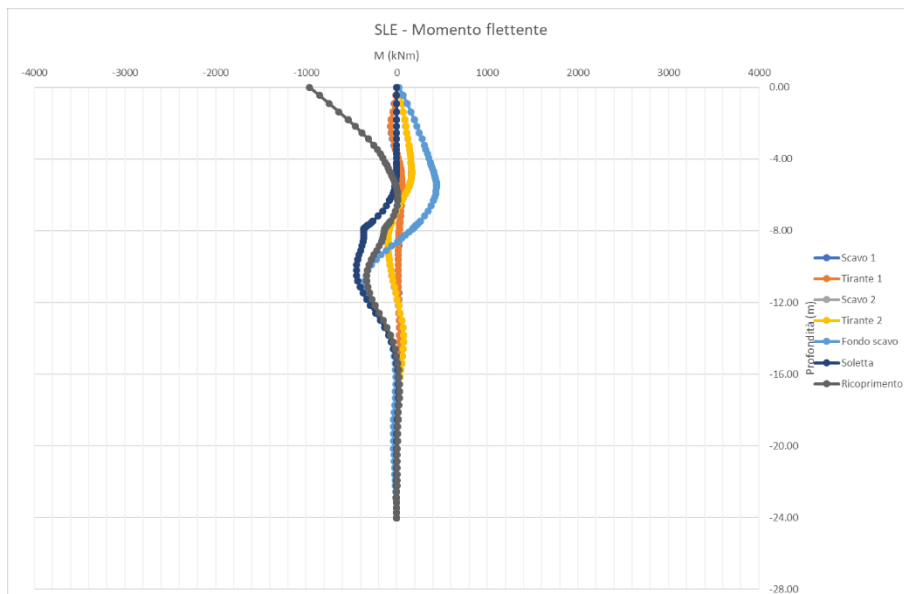


Figura 115: GA02_F2 (pk 22+308) – Paratia Sud – Sollecitazione di momento flettente (SLE)

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	165 di 202

DEFORMAZIONI

La deformazione orizzontale massima, ottenuta prima della realizzazione del portale, è di:

$$U_{max}=1.14\text{cm}$$

Il valore è minore dell'1% dell'altezza totale della paratia fuori terra ($U_{amm}=8.6\text{ cm}$), ed è per questo ritenuto accettabile

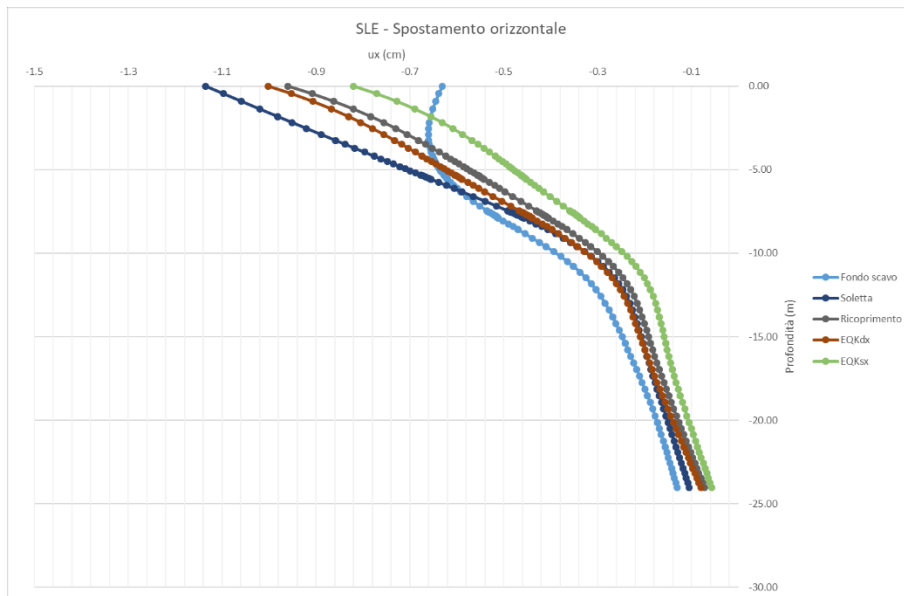


Figura 116: GA02_F2 (pk 22+308) – Paratia Sud – Spostamento orizzontale (SLE)

12.3.1.3 VERIFICHE GEOTECNICHE – STABILITÀ GLOBALE

La verifica di stabilità globale e di rotazione intorno ad un punto fisso sono state studiate mediante l'applicazione della procedura "phi/c reduction".

Combinazione GEO (A2+M2+R1)

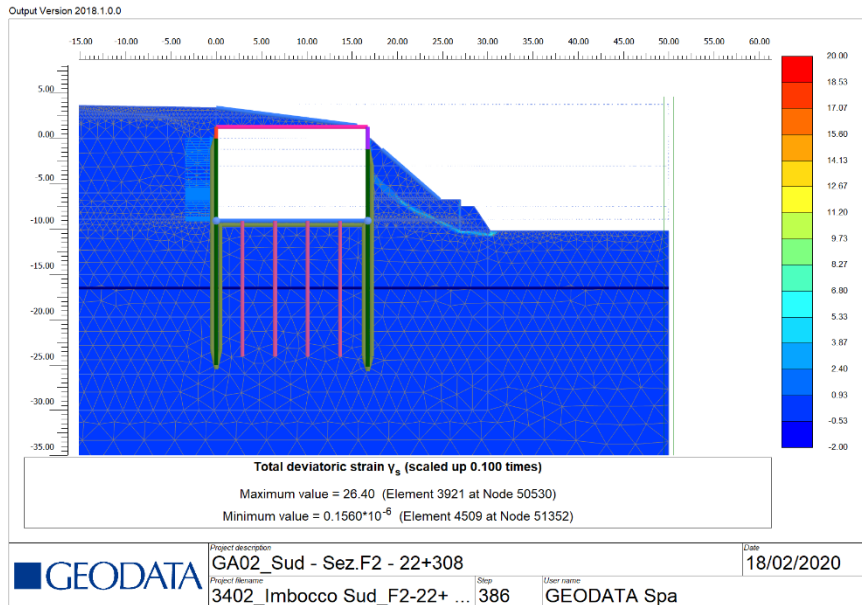


Figura 117: GA02_F2 – Verifica GEO, deformazione totale deviatorica

Il valore di ΣMSf ottenuto è pari a $\Sigma MSf (GEO) = 1.28$.

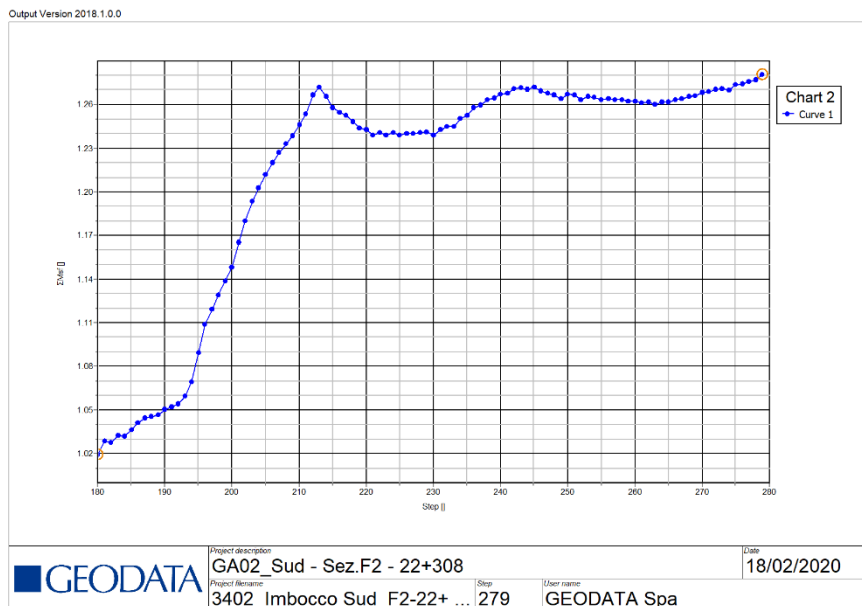


Figura 118: GA02_F2 – Verifica GEO, evoluzione di ΣMSf fino al raggiungimento del valore di progetto

Combinazione EQK (A2+M2+R1) – SISMA DA SINISTRA

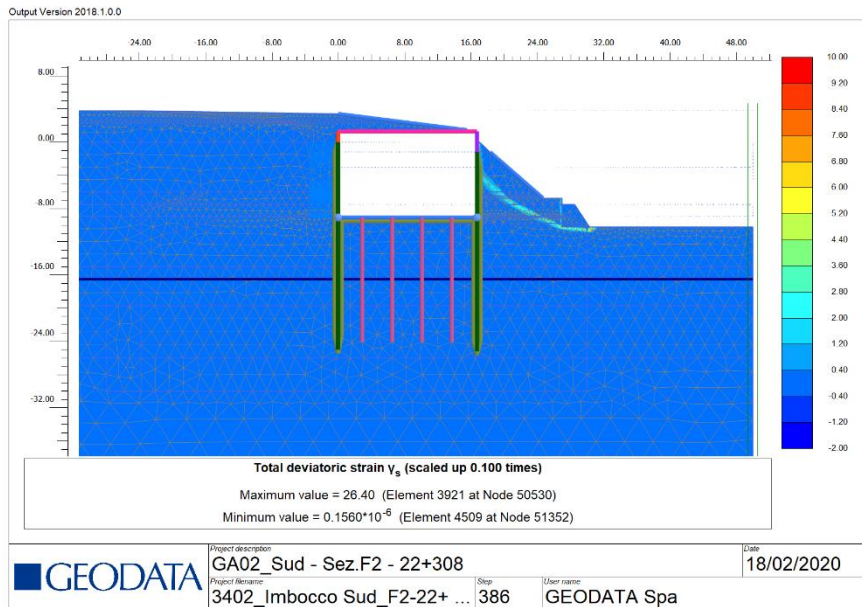


Figura 119: GA02_F2 (pk 22+308) – Verifica EQKsx, deformazione totale deviatorica

Il valore di ΣMs_f ottenuto è pari a $\Sigma Ms_f (GEO) = 1.27$.

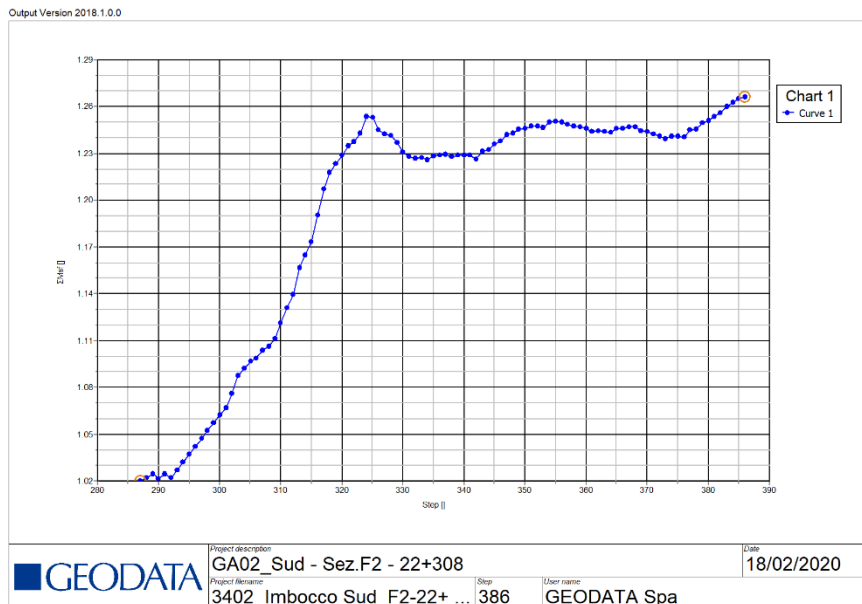


Figura 120: GA02_F2 (pk 22+308) – Verifica EQKsx, evoluzione di ΣMs_f fino al raggiungimento del valore di progetto

Combinazione EQK (A2+M2+R1) – SISMA DA DESTRA

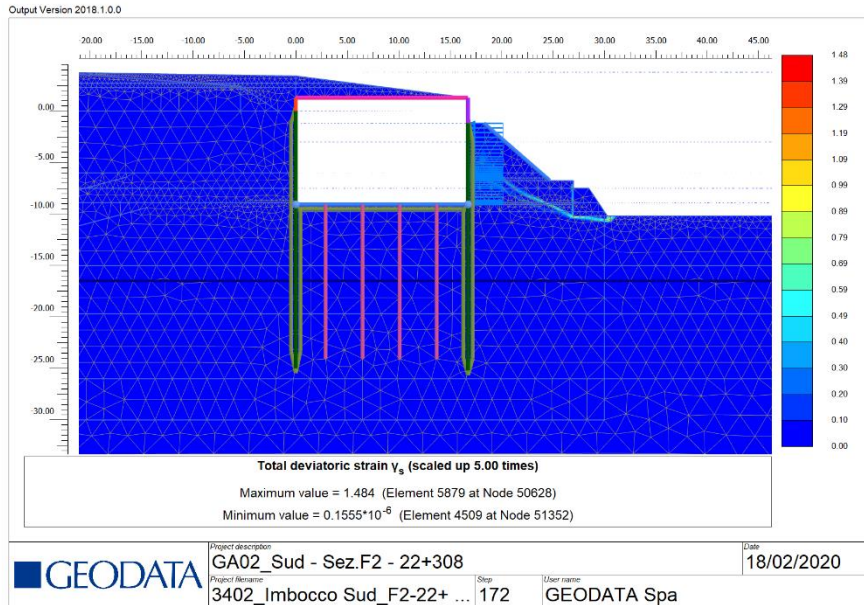


Figura 121: GA02_F2 (pk 22+308) – Verifica EQKdx, deformazione totale deviatorica

Il valore di ΣMS_f ottenuto è pari a $\Sigma MS_f (GEO) = 1.25$.

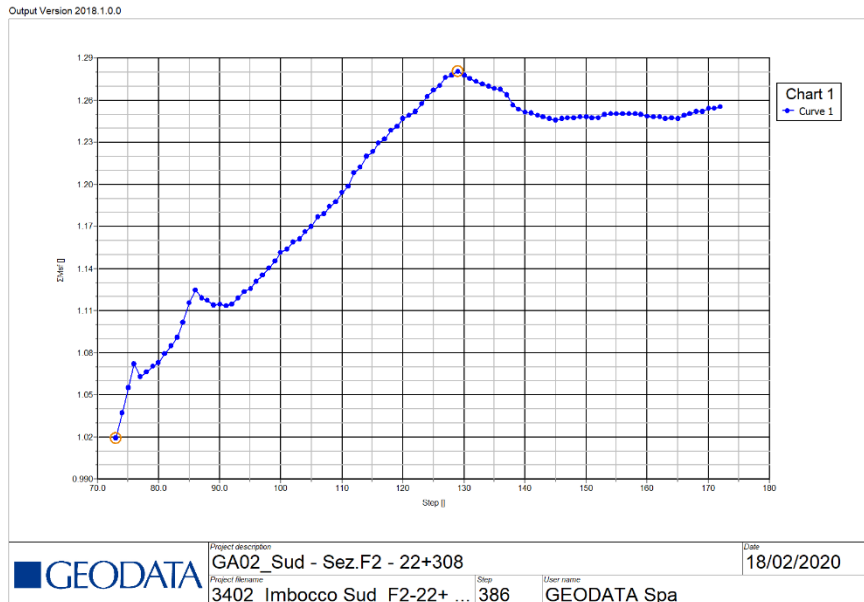


Figura 122: GA02_F2 (pk 22+308) – Verifica EQKdx, evoluzione di ΣMS_f fino al raggiungimento del valore di progetto

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	169 di 202

12.3.1.4 VERIFICHE GEOTECNICHE – CAPACITÀ PORTANTE

Paratia Nord

I dati utilizzati per il calcolo della capacità portante del palo sono qui riassunti:

LUNGHEZZA PALO: Hp = 25m
 SBALZO A MONTE: Hs = 9.81m
 INFISSIONE: Hi = Hp-Hs = 15.19m
 CARICO: Gk = Gpalo + Gcordolo + GSoletta/2 + Gterreno/2 =
 =25*(3.14*1.2^2/4)*9.81+1.5*(25*1.9*2 + 25*1.4*14.55 /2+ 20*0.5*17.95/2)= 937 kN
 Gd = 1.35 Gk = 1265 kN

Verifica della Portanza Assiale dei Pali

GA02 SEZ_F1 monte Teoria di Terzaghi-Berezantzev

D_palo = 1.200 m
 A_palo = 1.131 m²
 S_palo = 2.513 m³/m
 J_palo = 0.102 m⁴
 γ_cis = 25.0 kN/mc
 γ_w = 9.8 kN/mc

β = 0.667

z_p = 0.00 m quota testa palo dal p.c.
 z_w = 6.00 m quota falda dal p.c.

z = profondità dal p.c.
 γ_cis = peso di volume calcestruzzo
 γ_w = peso di volume acqua
 φ = angolo di attrito terreno
 c' = coesione efficace
 cu = coesione non drenata

τ_max = 100.0 kN/m² max portata laterale per terreno coesivo
 α_v = 40.0 kN/m² tensione totale a quota zp

Stratigrafia Terreno

mesh di calcolo = 0.25 m

Strato	z	γ	φ	c'	cu	m	m	m	m*D	qb
	m	kN/mc	°	kN/m²	kN/m² per c=0	per c<>0			m	kN/m²
MDL1	0.00	20.0	38.0	0.0	0.0	15.074	15.074	15.074	18.089	910
MDL2	5.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	1643
MDL3	10.00	20.0	24.0	10.0	0.0	4.430	4.954	4.954	5.945	973
MDL2	16.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	2997
	18.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	3286
	21.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	3575
	23.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	3863
	26.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	4152
	28.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	4441
	31.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	4730
	33.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5019
	36.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5308
	38.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5597
	41.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5885
	43.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6174
	46.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6377
	48.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6377
	51.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6377
	53.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6377
	45.50	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6377

Coeff. Berezantzev AGI

Verticali

Tipo di palo

φ	Nq	ξ4	ξ3	δ/φ	cu	α	(α*cu)max
					kN/m²		kN/m²
0	0.00	1	1.70	1.70			
18	2.44	2	1.55	1.65	Battuto in acciaio	20/φ	<= 25 1.00 100
22	3.64	3	1.48	1.60			25.50 0.80 100
24	4.46	4	1.42	1.55			50.75 0.65 100
26	5.51	5	1.34	1.50			>= 75 0.50 100
30	8.56	7	1.28	1.45			
35	15.48	10	1.21	1.40	Battuto in cls		<= 25 1.00 120
38	22.75				Prefabbricato	0.75	25.50 0.85 120
42	39.70				Gettato in opera	1.00	50.75 0.65 120
							>= 75 0.50 120
					Trivellato	1.00	<= 25 0.90 100
							25.50 0.80 100
							50.75 0.60 100
							>= 75 0.40 100

N_max = 1300 kN
 N_attrito_neg = 0 kN >= 0
 N_min = 0 kN

	L_palo	ξ4	γ_base	γ_later.	ξ+γ_p	ξ+γ_l		
N_max =	1300	2.50	1.34	1.35	1.15	1.81	1.54	
N_min =	0	0.00	1.34		1.30		1.74	
L_palo =	2.50 m	Profondità da p.c. =					2.50 m	sf-sf+

Coeff. Parz. R2	Infissi	Trivellati	Elica	
Punta	1.15	1.35	1.30	
Laterale	1.15	1.15	1.15	compressione
Totale	1.15	1.30	1.25	compressione
Laterale	1.25	1.25	1.25	Trazione

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Cannello
 e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	170 di 202

sf+	sf	z m	γ kN/mc	φ °	c' kN/m²	c_u kN/m²	σ' kN/m²	σ kN/m²	Ks	δ/φ	α	Nc	τ kN/m²	β = τ/σ'	Nq	P_palo kN	Q_tot kN	Q_lat kN	Q_punta kN	Q'_tot kN
1.00	0.44	0.00	20.0	38.0	0.0	0.0	40.0	40.0	0.384	1.00	0.00	27.84	12.0	0.300	22.750	0.0	1 029	0	1 029	569
1.00	0.49	0.25	20.0	38.0	0.0	0.0	45.0	45.0	0.384	1.00	0.00	27.84	13.5	0.300	22.750	1.4	1 158	0	1 158	640
1.00	0.55	0.50	20.0	38.0	0.0	0.0	50.0	50.0	0.384	1.00	0.00	27.84	15.0	0.300	22.750	2.8	1 295	0	1 295	717
1.00	0.61	0.75	20.0	38.0	0.0	0.0	55.0	55.0	0.384	1.00	0.00	27.84	16.5	0.300	22.750	4.2	1 434	19	1 415	795
1.00	0.67	1.00	20.0	38.0	0.0	0.0	60.0	60.0	0.384	1.00	0.00	27.84	18.0	0.300	22.750	5.7	1 573	30	1 544	873
1.00	0.73	1.25	20.0	38.0	0.0	0.0	65.0	65.0	0.384	1.00	0.00	27.84	19.5	0.300	22.750	7.1	1 714	42	1 672	951
1.00	0.79	1.50	20.0	38.0	0.0	0.0	70.0	70.0	0.384	1.00	0.00	27.84	21.0	0.300	22.750	8.5	1 855	54	1 801	1 031
1.00	0.85	1.75	20.0	38.0	0.0	0.0	75.0	75.0	0.384	1.00	0.00	27.84	22.5	0.300	22.750	9.9	1 998	68	1 930	1 111
1.00	0.91	2.00	20.0	38.0	0.0	0.0	80.0	80.0	0.384	1.00	0.00	27.84	24.0	0.300	22.750	11.3	2 141	83	2 058	1 191
1.00	0.97	2.25	20.0	38.0	0.0	0.0	85.0	85.0	0.384	1.00	0.00	27.84	25.5	0.300	22.750	12.7	2 285	98	2 187	1 273
1.00	1.03	2.50	20.0	38.0	0.0	0.0	90.0	90.0	0.384	1.00	0.00	27.84	27.0	0.300	22.750	14.1	2 430	115	2 316	1 354
1.00	1.09	2.75	20.0	38.0	0.0	0.0	95.0	95.0	0.384	1.00	0.00	27.84	28.5	0.300	22.750	15.6	2 576	132	2 444	1 437
1.00	1.15	3.00	20.0	38.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.384	1.00	0.00	27.84	30.0	0.300	22.750	17.0	2 723	150	2 573	1 520
1.00	1.22	3.25	20.0	38.0	0.0	0.0	105.0	105.0	0.384	1.00	0.00	27.84	31.5	0.300	22.750	18.4	2 871	170	2 702	1 604
1.00	1.28	3.50	20.0	38.0	0.0	0.0	110.0	110.0	0.384	1.00	0.00	27.84	33.0	0.300	22.750	19.8	3 020	190	2 830	1 688
1.00	1.34	3.75	20.0	38.0	0.0	0.0	115.0	115.0	0.384	1.00	0.00	27.84	34.5	0.300	22.750	21.2	3 170	211	2 959	1 773
1.00	1.41	4.00	20.0	38.0	0.0	0.0	120.0	120.0	0.384	1.00	0.00	27.84	36.0	0.300	22.750	22.6	3 321	233	3 088	1 858
1.00	1.47	4.25	20.0	38.0	0.0	0.0	125.0	125.0	0.384	1.00	0.00	27.84	37.5	0.300	22.750	24.0	3 473	257	3 216	1 944
1.00	1.53	4.50	20.0	38.0	0.0	0.0	130.0	130.0	0.384	1.00	0.00	27.84	39.0	0.300	22.750	25.4	3 626	281	3 345	2 031
1.00	1.60	4.75	20.0	38.0	0.0	0.0	135.0	135.0	0.384	1.00	0.00	27.84	40.5	0.300	22.750	26.9	3 779	306	3 474	2 118
1.00	1.66	5.00	20.0	38.0	0.0	0.0	140.0	140.0	0.384	1.00	0.00	27.84	42.0	0.300	22.750	28.3	3 934	332	3 602	2 206
1.00	1.95	5.25	20.0	32.0	0.0	0.0	145.0	145.0	0.470	1.00	0.00	16.53	42.6	0.294	11.328	29.7	2 216	358	1 858	1 259
1.00	0.99	5.50	20.0	32.0	0.0	0.0	150.0	150.0	0.470	1.00	0.00	16.53	44.1	0.294	11.328	31.1	2 307	385	1 922	1 312
1.00	1.03	5.75	20.0	32.0	0.0	0.0	155.0	155.0	0.470	1.00	0.00	16.53	45.5	0.294	11.328	32.5	2 399	414	1 986	1 366
1.00	1.06	6.00	20.0	32.0	0.0	0.0	160.0	160.0	0.470	1.00	0.00	16.53	47.0	0.294	11.328	33.9	2 492	444	2 050	1 420
1.00	1.09	6.25	20.0	32.0	0.0	0.0	162.6	165.0	0.470	1.00	0.00	16.53	47.7	0.294	11.328	35.3	2 555	472	2 083	1 458
1.00	1.12	6.50	20.0	32.0	0.0	0.0	165.1	170.0	0.470	1.00	0.00	16.53	48.5	0.294	11.328	36.8	2 618	503	2 115	1 495
1.00	1.15	6.75	20.0	32.0	0.0	0.0	167.7	175.0	0.470	1.00	0.00	16.53	49.2	0.294	11.328	38.2	2 681	533	2 148	1 533
1.00	1.17	7.00	20.0	32.0	0.0	0.0	170.2	180.0	0.470	1.00	0.00	16.53	50.0	0.294	11.328	39.6	2 745	564	2 181	1 572
1.00	1.20	7.25	20.0	32.0	0.0	0.0	172.8	185.0	0.470	1.00	0.00	16.53	50.7	0.294	11.328	41.0	2 809	596	2 213	1 610
1.00	1.23	7.50	20.0	32.0	0.0	0.0	175.3	190.0	0.470	1.00	0.00	16.53	51.5	0.294	11.328	42.4	2 874	628	2 246	1 649
1.00	1.26	7.75	20.0	32.0	0.0	0.0	177.9	195.0	0.470	1.00	0.00	16.53	52.2	0.294	11.328	43.8	2 939	661	2 279	1 688
1.00	1.28	8.00	20.0	32.0	0.0	0.0	180.4	200.0	0.470	1.00	0.00	16.53	53.0	0.294	11.328	45.2	3 005	694	2 311	1 728
1.00	1.31	8.25	20.0	32.0	0.0	0.0	183.0	205.0	0.470	1.00	0.00	16.53	53.7	0.294	11.328	46.7	3 071	727	2 344	1 768
1.00	1.34	8.50	20.0	32.0	0.0	0.0	185.5	210.0	0.470	1.00	0.00	16.53	54.5	0.294	11.328	48.1	3 138	761	2 377	1 808
1.00	1.37	8.75	20.0	32.0	0.0	0.0	188.1	215.0	0.470	1.00	0.00	16.53	55.2	0.294	11.328	49.5	3 205	796	2 409	1 848
1.00	1.40	9.00	20.0	32.0	0.0	0.0	190.6	220.0	0.470	1.00	0.00	16.53	56.0	0.294	11.328	50.9	3 273	831	2 442	1 889
1.00	1.43	9.25	20.0	32.0	0.0	0.0	193.2	225.0	0.470	1.00	0.00	16.53	56.7	0.294	11.328	52.3	3 341	866	2 475	1 930
1.00	1.46	9.50	20.0	32.0	0.0	0.0	195.7	230.0	0.470	1.00	0.00	16.53	57.5	0.294	11.328	53.7	3 409	902	2 507	1 971
1.00	1.49	9.75	20.0	32.0	0.0	0.0	198.3	235.0	0.470	1.00	0.00	16.53	58.2	0.294	11.328	55.1	3 478	939	2 540	2 013
1.00	0.91	10.00	20.0	24.0	10.0	0.0	200.8	240.0	0.593	1.00	0.00	7.77	53.0	0.264	4.460	56.5	2 074	973	1 101	1 240
1.00	0.93	10.25	20.0	24.0	10.0	0.0	203.4	245.0	0.593	1.00	0.00	7.77	53.7	0.264	4.460	58.0	2 121	1 007	1 114	1 269
1.00	0.96	10.50	20.0	24.0	10.0	0.0	205.9	250.0	0.593	1.00	0.00	7.77	54.4	0.264	4.460	59.4	2 167	1 041	1 126	1 298
1.00	0.98	10.75	20.0	24.0	10.0	0.0	208.5	255.0	0.593	1.00	0.00	7.77	55.1	0.264	4.460	60.8	2 215	1 075	1 139	1 328
1.00	1.00	11.00	20.0	24.0	10.0	0.0	211.0	260.0	0.593	1.00	0.00	7.77	55.7	0.264	4.460	62.2	2 262	1 110	1 152	1 357
1.00	1.02	11.25	20.0	24.0	10.0	0.0	213.6	265.0	0.593	1.00	0.00	7.77	56.4	0.264	4.460	63.6	2 310	1 145	1 165	1 387
1.00	1.04	11.50	20.0	24.0	10.0	0.0	216.1	270.0	0.593	1.00	0.00	7.77	57.1	0.264	4.460	65.0	2 359	1 181	1 178	1 418
1.00	1.06	11.75	20.0	24.0	10.0	0.0	218.7	275.0	0.593	1.00	0.00	7.77	57.8	0.264	4.460	66.4	2 408	1 217	1 191	1 448
1.00	1.08	12.00	20.0	24.0	10.0	0.0	221.2	280.0	0.593	1.00	0.00	7.77	58.4	0.264	4.460	67.9	2 457	1 254	1 204	1 479
1.00	1.10	12.25	20.0	24.0	10.0	0.0	223.8	285.0	0.593	1.00	0.00	7.77	59.1	0.264	4.460	69.3	2 507	1 291	1 217	1 510
1.00	1.12	12.50	20.0	24.0	10.0	0.0	226.3	290.0	0.593	1.00	0.00	7.77	59.8	0.264	4.460	70.7	2 557	1 328	1 229	1 541
1.00	1.15	12.75	20.0	24.0	10.0	0.0	228.9	295.0	0.593	1.00	0.00	7.77	60.4	0.264	4.460	72.1	2 608	1 366	1 242	1 573
1.00	1.17	13.00	20.0	24.0	10.0	0.0	231.4	300.0	0.593	1.00	0.00	7.77	61.1	0.264	4.460	73.5	2 659	1 404	1 255	1 605
1.00	1.19	13.25	20.0	24.0	10.0	0.0	234.0	305.0	0.593	1.00	0.00	7.77	61.8	0.264	4.460	74.9	2 710	1 442	1 268	1 637
1.00	1.21	13.50	20.0	24.0	10.0	0.0	236.5	310.0	0.593	1.00	0.00	7.77	62.5	0.264	4.460	76.3	2 762	1 481	1 281	1 669
1.00	1.24	13.75	20.0	24.0	10.0	0.0	239.1	315.0	0.593	1.00	0.00	7.77	63.1	0.264	4.460	77.8	2 815	1 521	1 294	1 702
1.00	1.26	14.00	20.0	24.0	10.0	0.0	241.6	320.0	0.593	1.00	0.00	7.77	63.8	0.264	4.460	79.2	2 867	1 561	1 307	1 735
1.00	1.28	14.25	20.0	24.0	10.0	0.0	244.2	325.0	0.593	1.00	0.00	7.77	64.5	0.264	4.460	80.6	2 921	1 601	1 319	1 768
1.00	1.30	14.50	20.0	24.0	10.0	0.0	24													

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	171 di 202

Paratia Sud

LUNGHEZZA PALO: Hp = 24m
 SBALZO A MONTE: Hs = 6.84m
 INFISSIONE: Hi = Hp-Hs = 17.16m
 CARICO: Gk = Gpalo + Gpiedritto + GSoletta/2 + Gterreno/2 =
 =25*(3.14*1.2^2/4)*6.84+1.5*(25*1.9*(1.18+2)+25*1.4*14.55/2+20*0.5*17.95/2)=937 kN
 Gd = 1.35 Gk = 1265 kN

Verifica della Portanza Assiale dei Pali

GA02 SEZ_F2 Teoria di Terzaghi-Berezantzev

D_palo = 1.200 m
 A_palo = 1.131 m²
 S_palo = 2.513 m³/m
 J_palo = 0.102 m⁴
 γ_cls = 25.0 kN/mc
 γ_w = 9.8 kN/mc

β = 0.667

z_p = 0.00 m quota testa palo dal p.c.
 z_w = 6.00 m quota falda dal p.c.
 t_max = 100.0 kN/m² max portata laterale per terreno coesivo
 σ_v = 40.0 kN/m² tensione totale a quota zp

z = profondità dal p.c.
 γ_cls = peso di volume calcestruzzo
 γ_w = peso di volume acqua
 φ = angolo di attrito terreno
 c' = coesione efficace
 cu = coesione non drenata

Stratigrafia Terreno

mesh di calcolo = 0.25 m

Strato	z	γ	φ	c'	cu	m	m	m	m*D	qb
	m	kN/mc	°	kN/m²	kN/m² per c=0	per c<>0			m	kN/m²
MDL1	0.00	20.0	38.0	0.0	0.0	15.074	15.074	15.074	18.089	910
MDL2	5.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	1 643
MDL3	10.00	20.0	24.0	10.0	0.0	4.430	4.954	4.954	5.945	973
MDL2	16.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	2 997
	18.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	3 286
	21.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	3 575
	23.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	3 863
	26.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	4 152
	28.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	4 441
	31.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	4 730
	33.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5 019
	36.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5 308
	38.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5 597
	41.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5 885
	43.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6 174
	46.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6 377
	48.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6 377
	51.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6 377
	53.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6 377
	45.50	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	6 377

Coeff. Berezantzev AGI

Verticali

Tipo di palo

φ	Nq	ξ4	ξ3	δ/φ	cu	α	(α*cu)max
					kN/m²		kN/m²
0	0.00	1	1.70	1.70			
18	2.44	2	1.55	1.65	Battuto in acciaio	20/φ	<= 25 1.00 100
22	3.64	3	1.48	1.60			25.50 0.80 100
24	4.46	4	1.42	1.55			50.75 0.65 100
26	5.51	5	1.34	1.50			>= 75 0.50 100
30	8.56	7	1.28	1.45			
35	15.48	10	1.21	1.40	Battuto in cls		<= 25 1.00 120
38	22.75				Prefabbricato	0.75	25.50 0.85 120
42	39.70				Gettato in opera	1.00	50.75 0.65 120
							>= 75 0.50 120
					Trivellato	1.00	<= 25 0.90 100
							25.50 0.80 100
							50.75 0.60 100
							>= 75 0.40 100

N_max = 1 300 kN

N_attrito_neg = 0 kN >= 0

N_min = 0 kN

	L_palo	ξ4	γ_base	γ_later.	ξ+γ_p	ξ+γ_l		
N_max =	2.50	1.34	1.35	1.15	1.81	1.54	sf-	
N_min =	0.00	1.34		1.30		1.74	sf+	
L_palo =	2.50 m	Profondità da p.c. = 2.5 m						

Coeff. Parz. R2	Infissi	Trivellati	Elica	
Punta	1.15	1.35	1.30	
Laterale	1.15	1.15	1.15	compressione
Totale	1.15	1.30	1.25	compressione
Laterale	1.25	1.25	1.25	Trazione

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Cannello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	172 di 202

sf+	sf	z m	γ kN/mc	φ °	c' kN/m ²	c _u kN/m ²	c'' kN/m ²	σ kN/m ²	Ks	δ/φ	α	Nc	τ kN/m ²	β = τ/σ	Nq	P_palo kN	Q_tot kN	Q_lat kN	Q_punta kN	Q'_tot kN
1.00	0.44	0.00	20.0	38.0	0.0	0.0	40.0	40.0	0.384	1.00	0.00	27.84	12.0	0.300	22.750	0.0	1 029	0	1 029	569
1.00	0.49	0.25	20.0	38.0	0.0	0.0	45.0	45.0	0.384	1.00	0.00	27.84	13.5	0.300	22.750	1.4	1 158	0	1 158	640
1.00	0.55	0.50	20.0	38.0	0.0	0.0	50.0	50.0	0.384	1.00	0.00	27.84	15.0	0.300	22.750	2.8	1 295	0	1 295	717
1.00	0.61	0.75	20.0	38.0	0.0	0.0	55.0	55.0	0.384	1.00	0.00	27.84	16.5	0.300	22.750	4.2	1 434	19	1 415	795
1.00	0.67	1.00	20.0	38.0	0.0	0.0	60.0	60.0	0.384	1.00	0.00	27.84	18.0	0.300	22.750	5.7	1 573	30	1 544	873
1.00	0.73	1.25	20.0	38.0	0.0	0.0	65.0	65.0	0.384	1.00	0.00	27.84	19.5	0.300	22.750	7.1	1 714	42	1 672	951
1.00	0.79	1.50	20.0	38.0	0.0	0.0	70.0	70.0	0.384	1.00	0.00	27.84	21.0	0.300	22.750	8.5	1 855	54	1 801	1 031
1.00	0.85	1.75	20.0	38.0	0.0	0.0	75.0	75.0	0.384	1.00	0.00	27.84	22.5	0.300	22.750	9.9	1 998	68	1 930	1 111
1.00	0.91	2.00	20.0	38.0	0.0	0.0	80.0	80.0	0.384	1.00	0.00	27.84	24.0	0.300	22.750	11.3	2 141	83	2 058	1 191
1.00	0.97	2.25	20.0	38.0	0.0	0.0	85.0	85.0	0.384	1.00	0.00	27.84	25.5	0.300	22.750	12.7	2 285	98	2 187	1 273
1.00	1.03	2.50	20.0	38.0	0.0	0.0	90.0	90.0	0.384	1.00	0.00	27.84	27.0	0.300	22.750	14.1	2 430	115	2 316	1 354
1.00	1.09	2.75	20.0	38.0	0.0	0.0	95.0	95.0	0.384	1.00	0.00	27.84	28.5	0.300	22.750	15.6	2 576	132	2 444	1 437
1.00	1.15	3.00	20.0	38.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.384	1.00	0.00	27.84	30.0	0.300	22.750	17.0	2 723	150	2 573	1 520
1.00	1.22	3.25	20.0	38.0	0.0	0.0	105.0	105.0	0.384	1.00	0.00	27.84	31.5	0.300	22.750	18.4	2 871	170	2 702	1 604
1.00	1.28	3.50	20.0	38.0	0.0	0.0	110.0	110.0	0.384	1.00	0.00	27.84	33.0	0.300	22.750	19.8	3 020	190	2 830	1 688
1.00	1.34	3.75	20.0	38.0	0.0	0.0	115.0	115.0	0.384	1.00	0.00	27.84	34.5	0.300	22.750	21.2	3 170	211	2 959	1 773
1.00	1.41	4.00	20.0	38.0	0.0	0.0	120.0	120.0	0.384	1.00	0.00	27.84	36.0	0.300	22.750	22.6	3 321	233	3 088	1 858
1.00	1.47	4.25	20.0	38.0	0.0	0.0	125.0	125.0	0.384	1.00	0.00	27.84	37.5	0.300	22.750	24.0	3 473	257	3 216	1 944
1.00	1.53	4.50	20.0	38.0	0.0	0.0	130.0	130.0	0.384	1.00	0.00	27.84	39.0	0.300	22.750	25.4	3 626	281	3 345	2 031
1.00	1.60	4.75	20.0	38.0	0.0	0.0	135.0	135.0	0.384	1.00	0.00	27.84	40.5	0.300	22.750	26.9	3 779	306	3 474	2 118
1.00	1.66	5.00	20.0	38.0	0.0	0.0	140.0	140.0	0.384	1.00	0.00	27.84	42.0	0.300	22.750	28.3	3 934	332	3 602	2 206
1.00	1.95	5.25	20.0	32.0	0.0	0.0	145.0	145.0	0.470	1.00	0.00	16.53	42.6	0.294	11.328	29.7	2 216	358	1 858	1 259
1.00	0.99	5.50	20.0	32.0	0.0	0.0	150.0	150.0	0.470	1.00	0.00	16.53	44.1	0.294	11.328	31.1	2 307	385	1 922	1 312
1.00	1.03	5.75	20.0	32.0	0.0	0.0	155.0	155.0	0.470	1.00	0.00	16.53	45.5	0.294	11.328	32.5	2 399	414	1 986	1 366
1.00	1.06	6.00	20.0	32.0	0.0	0.0	160.0	160.0	0.470	1.00	0.00	16.53	47.0	0.294	11.328	33.9	2 492	444	2 050	1 420
1.00	1.09	6.25	20.0	32.0	0.0	0.0	162.6	165.0	0.470	1.00	0.00	16.53	47.7	0.294	11.328	35.3	2 555	472	2 083	1 458
1.00	1.12	6.50	20.0	32.0	0.0	0.0	165.1	170.0	0.470	1.00	0.00	16.53	48.5	0.294	11.328	36.8	2 618	503	2 115	1 495
1.00	1.15	6.75	20.0	32.0	0.0	0.0	167.7	175.0	0.470	1.00	0.00	16.53	49.2	0.294	11.328	38.2	2 681	533	2 148	1 533
1.00	1.17	7.00	20.0	32.0	0.0	0.0	170.2	180.0	0.470	1.00	0.00	16.53	50.0	0.294	11.328	39.6	2 745	564	2 181	1 572
1.00	1.20	7.25	20.0	32.0	0.0	0.0	172.8	185.0	0.470	1.00	0.00	16.53	50.7	0.294	11.328	41.0	2 809	596	2 213	1 610
1.00	1.23	7.50	20.0	32.0	0.0	0.0	175.3	190.0	0.470	1.00	0.00	16.53	51.5	0.294	11.328	42.4	2 874	628	2 246	1 649
1.00	1.26	7.75	20.0	32.0	0.0	0.0	177.9	195.0	0.470	1.00	0.00	16.53	52.2	0.294	11.328	43.8	2 939	661	2 279	1 688
1.00	1.28	8.00	20.0	32.0	0.0	0.0	180.4	200.0	0.470	1.00	0.00	16.53	53.0	0.294	11.328	45.2	3 005	694	2 311	1 728
1.00	1.31	8.25	20.0	32.0	0.0	0.0	183.0	205.0	0.470	1.00	0.00	16.53	53.7	0.294	11.328	46.7	3 071	727	2 344	1 768
1.00	1.34	8.50	20.0	32.0	0.0	0.0	185.5	210.0	0.470	1.00	0.00	16.53	54.5	0.294	11.328	48.1	3 138	761	2 377	1 808
1.00	1.37	8.75	20.0	32.0	0.0	0.0	188.1	215.0	0.470	1.00	0.00	16.53	55.2	0.294	11.328	49.5	3 205	796	2 409	1 848
1.00	1.40	9.00	20.0	32.0	0.0	0.0	190.6	220.0	0.470	1.00	0.00	16.53	56.0	0.294	11.328	50.9	3 273	831	2 442	1 889
1.00	1.43	9.25	20.0	32.0	0.0	0.0	193.2	225.0	0.470	1.00	0.00	16.53	56.7	0.294	11.328	52.3	3 341	866	2 475	1 930
1.00	1.46	9.50	20.0	32.0	0.0	0.0	195.7	230.0	0.470	1.00	0.00	16.53	57.5	0.294	11.328	53.7	3 409	902	2 507	1 971
1.00	1.49	9.75	20.0	32.0	0.0	0.0	198.3	235.0	0.470	1.00	0.00	16.53	58.2	0.294	11.328	55.1	3 478	939	2 540	2 013
1.00	0.91	10.00	20.0	24.0	10.0	0.0	200.8	240.0	0.593	1.00	0.00	7.77	53.0	0.264	4.460	56.5	2 074	973	1 101	1 240
1.00	0.93	10.25	20.0	24.0	10.0	0.0	203.4	245.0	0.593	1.00	0.00	7.77	53.7	0.264	4.460	58.0	2 121	1 007	1 114	1 269
1.00	0.96	10.50	20.0	24.0	10.0	0.0	205.9	250.0	0.593	1.00	0.00	7.77	54.4	0.264	4.460	59.4	2 167	1 041	1 126	1 298
1.00	0.98	10.75	20.0	24.0	10.0	0.0	208.5	255.0	0.593	1.00	0.00	7.77	55.1	0.264	4.460	60.8	2 215	1 075	1 139	1 328
1.00	1.00	11.00	20.0	24.0	10.0	0.0	211.0	260.0	0.593	1.00	0.00	7.77	55.7	0.264	4.460	62.2	2 262	1 110	1 152	1 357
1.00	1.02	11.25	20.0	24.0	10.0	0.0	213.6	265.0	0.593	1.00	0.00	7.77	56.4	0.264	4.460	63.6	2 310	1 145	1 165	1 387
1.00	1.04	11.50	20.0	24.0	10.0	0.0	216.1	270.0	0.593	1.00	0.00	7.77	57.1	0.264	4.460	65.0	2 359	1 181	1 178	1 418
1.00	1.06	11.75	20.0	24.0	10.0	0.0	218.7	275.0	0.593	1.00	0.00	7.77	57.8	0.264	4.460	66.4	2 408	1 217	1 191	1 448
1.00	1.08	12.00	20.0	24.0	10.0	0.0	221.2	280.0	0.593	1.00	0.00	7.77	58.4	0.264	4.460	67.9	2 457	1 254	1 204	1 479
1.00	1.10	12.25	20.0	24.0	10.0	0.0	223.8	285.0	0.593	1.00	0.00	7.77	59.1	0.264	4.460	69.3	2 507	1 291	1 217	1 510
1.00	1.12	12.50	20.0	24.0	10.0	0.0	226.3	290.0	0.593	1.00	0.00	7.77	59.8	0.264	4.460	70.7	2 557	1 328	1 229	1 541
1.00	1.15	12.75	20.0	24.0	10.0	0.0	228.9	295.0	0.593	1.00	0.00	7.77	60.4	0.264	4.460	72.1	2 608	1 366	1 242	1 573
1.00	1.17	13.00	20.0	24.0	10.0	0.0	231.4	300.0	0.593	1.00	0.00	7.77	61.1	0.264	4.460	73.5	2 659	1 404	1 255	1 605
1.00	1.19	13.25	20.0	24.0	10.0	0.0	234.0	305.0	0.593	1.00	0.00	7.77	61.8	0.264	4.460	74.9	2 710	1 442	1 268	1 637
1.00	1.21	13.50	20.0	24.0	10.0	0.0	236.5	310.0	0.593	1.00	0.00	7.77	62.5	0.264	4.460	76.3	2 762	1 481	1 281	1 669
1.00	1.24	13.75	20.0	24.0	10.0	0.0	239.1	315.0	0.593	1.00	0.00	7.77	63.1	0.264	4.460	77.8	2 815	1 521	1 294	1 702
1.00	1.26	14.00	20.0	24.0	10.0	0.0	241.6	320.0	0.593	1.00	0.00	7.77	63.8	0.264	4.460	79.2	2 867	1 561	1 307	1 735
1.00	1.28	14.																		

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	173 di 202

12.3.2 TIRANTI

Le tabelle seguenti riassumono le verifiche effettuate per il dimensionamento dei tiranti in termini di lunghezza libera e lunghezza di ancoraggio. La lunghezza del tratto libero è stata aumentata di 0.2 H per garantire l'ancoraggio del bulbo al di fuori del cono di spinta in condizioni sismiche.

GEOMETRIA DELL'ANCORAGGIO										
Riga	Livello	h_i	α	L'_p	$L_{aggiuntiva}$	$L_{lib,th}$	L_{libera}	L_{bulbo}	L_{tot}	s
n.	m	m	°	m	m	m	m	m	m	m
1	52.38	26.00	15	14.89	2.06	16.95	17	7	24	3.00
2	48.88	22.50	15	12.89	2.06	14.94	15	7	22	3.00

CARATTERISTICHE TIRANTE						RESISTENZA TIRANTE			RESISTENZA MALTA-TERRENO			
Riga	Livello	n_{tr}	$f_{tk}/tirante$	$A_{trefolo}$	$A_{tirante}$	Res. a trazione R_{tk}	Fattore di sicurezza γ_R	R_{td}	\varnothing_d	α	τ_{lim}	$L_{a,min}$
n.	[m s.l.m.]	n.	[kN]	[mm ²]	[mm ²]	[kN]	[-]	[kN]	[mm]	[-]	[MPa]	[m]
1	52.38	4	260.4	140	560	1041.6	1.15	905.74	180	1.45	0.2	5.52
2	48.88	4	260.4	140	560	1041.6	1.15	905.74	180	1.7	0.3	3.14

CARICHI PER ANCORAGGIO				TIRANTE			VERIFICA SUPERFICIE MALTA-TERRENO						VERIFICA FINALE		
N_{prestr}	N_{serv}	Fattore di sicurezza γ_E	P_d	R_{td}	$FS_s > 1$	L_a	$N_{lim,malta-terreno}$	ξ_a	$\gamma_{a,1}$	$R_{a,d}$	$FS_s > 1$	Pretiro	Tirante	Sfilamento	
[kN]	[kN]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	[m]	[kN]	[-]	[-]	[kN]	[-]	OK	OK	OK	
300	322.00	1.30	418.60	905.74	2.16	7	1147.94	1.8	1.1	579.77	1.39	OK	OK	OK	
300	317.00	1.30	412.10	905.74	2.20	7	2018.79	1.8	1.1	1019.59	2.47	OK	OK	OK	

dove:

La resistenza di rottura e l'area del singolo tirante derivano dalla norma prEN 10138

$A_{trefolo}$ è l'area totale di trefoli presenti nel tirante

γ_R secondo NTC 2008 per acciaio di armatura

R_{td} è il valore di progetto per la resistenza strutturale del tirante in acciaio

\varnothing_d è il diametro di perforazione dell'ancoraggio

α è il fattore di sfilamento che aumenta l'attrito malta-terreno (secondo Bustamante e Doix, 1989)

τ_{lim} è il valore di resistenza d'attrito (secondo Bustamante e Doix, 1989)

$L_{a,min}$ è la lunghezza di ancoraggio minima considerando un carico agente sull'ancoraggio pari a R_{td} e senza considerare un fattore di sicurezza sull'attrito

N_{prestr} è il carico di pretiro

N_{serv} è il valore caratteristico massimo della forza agente sull'ancoraggio

γ_E è il coefficiente parziale per le azioni secondo la tabella 6.2.I delle NTC 2008

P_d è il valore di progetto dell'azione agente sull'ancoraggio

FS_s è il fattore di sicurezza sulla resistenza strutturale (R_{td}/P_d ; dev'essere maggiore di 1)

$N_{lim,malta-terreno}$ è la resistenza malta-terreno dell'ancoraggio dall'equazione analitica $= \pi \times \varnothing_d \times \alpha \times L_{bulbo} \times \tau_{lim}$

ξ_a and $\gamma_{a,1}$ sono rispettivamente i fattori di correlazione (Tab. 6.6.II, Tab. 6.6.III) e il coefficiente parziale per la resistenza degli ancoraggi (Tab. 6.6.I) secondo NTC 2008.

$R_{a,d}$ è il valore di progetto della resistenza a sfilamento del bulbo di ancoraggio

FS_s è il fattore di sicurezza allo sfilamento del tirante ($R_{a,d}/P_d$; dev'essere maggiore di 1)

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	174 di 202

12.3.3 TRAVE DI RIPARTIZIONE

Lo sforzo trasmesso dai tiranti nel punto di ancoraggio sui pali è ripartito sulla paratia a mezzo di un doppio profilato di tipo HE240A. La verifica di tale elemento strutturale è eseguita facendo riferimento allo schema di trave continua su 4 appoggi soggetta ad un carico uniforme.

Allo scopo di valutare il carico uniforme equivalente cui è soggetta la trave di ripartizione si fa riferimento allo sforzo di collaudo dei tiranti, pari al 120% di quello massimo di esercizio:

$$T_{max} = T_{co} = 1.2 \cdot T_{SLE,max}$$

I tiranti sono inclinati di un angolo α rispetto all'orizzontale, pertanto il carico cui è soggetta la trave di ripartizione, considerando per gli appoggi lo stesso interasse dei tiranti, è dato da:

$$T_{h,max} = T_{max} \cdot \cos\alpha$$

Tuttavia, cautelativamente si considera nel calcolo il carico massimo. Considerando il carico egualmente ripartito tra le due travi formanti l'elemento, si procede con la verifica della singola trave.

Secondo lo schema di calcolo assunto le sollecitazioni massime sono quindi pari a:

$$M_{max} = 0.125 \cdot q \cdot l^2$$

$$V_{max} = 0.6 \cdot q \cdot l$$

dove:

- V_{max} = sollecitazione massima di taglio;
- M_{max} = momento flettente massimo;
- q = carico uniformemente distribuito;
- l = interasse tra gli appoggi.

Le sollecitazioni allo S.L.U., in condizioni statiche, sono quindi pari a:

$$M_{Ed} = 1.3 \times M_{max} \quad V_{Ed} = 1.3 \times T_{max}$$

I carichi considerati e lo stato di sollecitazione sono riassunti nella tabella seguente.

Tabella 75 – Stato di sollecitazione nelle travi di ripartizione dei tiranti (*)

$T_{SLE,max}$	T_{max}	i	q_{max}	$M_{Ed,max}$	$V_{Ed,max}$
[kN]	[kN]	[m]	[kN/m]	[kN]	[kN]
323	387.6	3.0	64.6	94.5	151.2

(*) Valori relativi a ciascuna singola trave di ripartizione.

Le verifiche strutturali della trave di ripartizione sono condotte in accordo a quanto previsto al punto 4.2.4 delle NTC08.

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza della trave di acciaio HE240A di grado S275.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	175 di 202

Tabella 76 – Verifiche di resistenza della sezione trasversale

Resistenza a taglio			
Resistenza di calcolo a taglio	$V_{c,Rd}$	380.75	[kN]
Verifica a taglio	$V_{Ed} / V_{c,Rd}$	0.397	[-]
Resistenza a flessione			
Resistenza di calcolo a flessione	$M_{c,Rd}$	195.01	[kNm]
Verifica flessionale	$M_{Ed} / M_{c,Rd}$	0.485	[-]
Resistenza a flessione e taglio (per sezioni di classe 1)			
Resistenza di calcolo a flessione ridotta	$M_{v,Rd}$	195.01	[kNm]
Verifica flessionale	$M_{Ed} / M_{v,Rd}$	0.485	[-]

12.3.4 CORDOLO DI TESTA

Gli sforzi a cui dev'essere sottoposto il cordolo sono molto limitati in rapporto alla sezione necessaria per motivi costruttivi.

Le sollecitazioni a cui è sottoposto il cordolo, essenzialmente generate dalla differenza di spostamento tra pali che formano la paratia e a carichi temporanei di entità ridotta (passaggio mezzi nell'area adiacente, camminamento operai), sono tali che la sezione in c.a. è largamente sufficiente ad assorbire gli sforzi. Si considera quindi l'armatura minima.

PARATIA NORD

Non è previsto un cordolo in c.a. ma il collegamento tra i pali è garantito dalle travi di ripartizione in corrispondenza dei due ordini di tiranti in fase temporanea e dalla soletta di copertura in fase definitiva.

PARATIA SUD

L'armatura minima per il cordolo di geometria 1.90x1.50m (C25/30) è:

$$A_{s,min} = 4090 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{sw,min} = 1333 \text{ mm}^2/\text{m}$$

L'armatura proposta è qui riassunta.

Tabella 77 – Armatura dei cordoli di testa

Cordolo	Dim (cm)	As=As' (mm2/m)	Asw (mm2/m)	Arm Long	Arm Trasv	Arm Taglio
Paratia Sud	190x150	4247	1608	8Φ26	6Φ16	Φ16/250mm

12.3.5 PIEDRITTO

STATO LIMITE ULTIMO

Le verifiche allo Stato Limite Ultimo sono qui riportate, considerando la seguente armatura disposta in una gabbia, con connessione fornita dallo spezzone angolare all'estradosso che collega armatura di piedritto con armatura di solettone superiore. Le staffe sono richieste per motivi costruttivi.

Tabella 78: Disposizione delle gabbie di armatura

Sezione	L (m)	As (mm ²) Intradosso	As' (mm ²) Estradosso	Asw (mm ²)
I	4	4Φ24	8Φ24	Φ16/500mm

Le verifiche allo SLU sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 79: Verifiche agli SLU, verifica di pressoflessione

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	SLU		
				MEd (kNm)	NEd (kN)	MRd (kNm)
Ia	0	STR	Ricoprimento	1602	579	3000

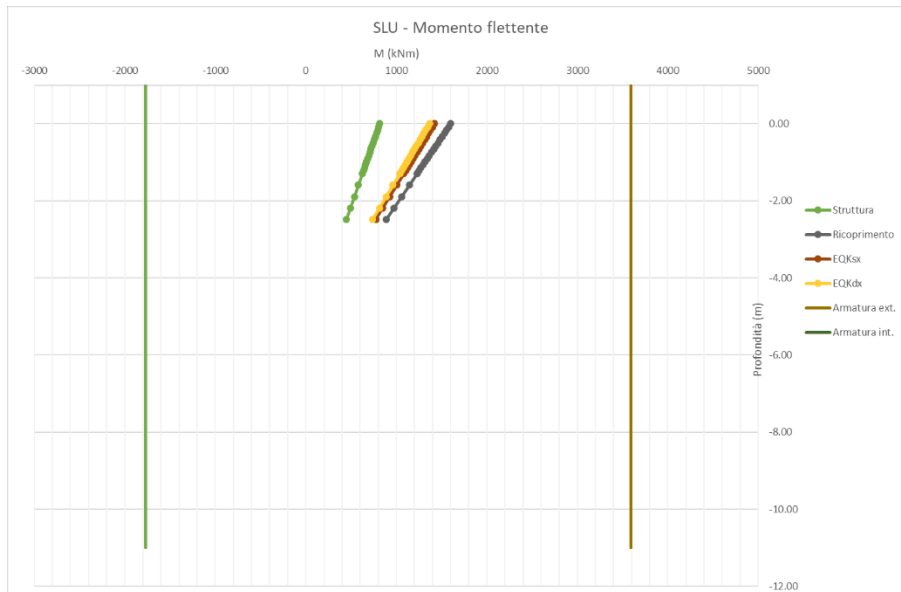


Figura 123: GA02_F2 (pk 22+308) – Piedritto – Sollecitazione di momento flettente (SLU)

Tabella 80: Verifiche agli SLU, verifica al taglio

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	SLU	
				VEd (kN)	VRcd (kN)
Ia	0	STR	Ricoprimento	-288	-558

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	177 di 202

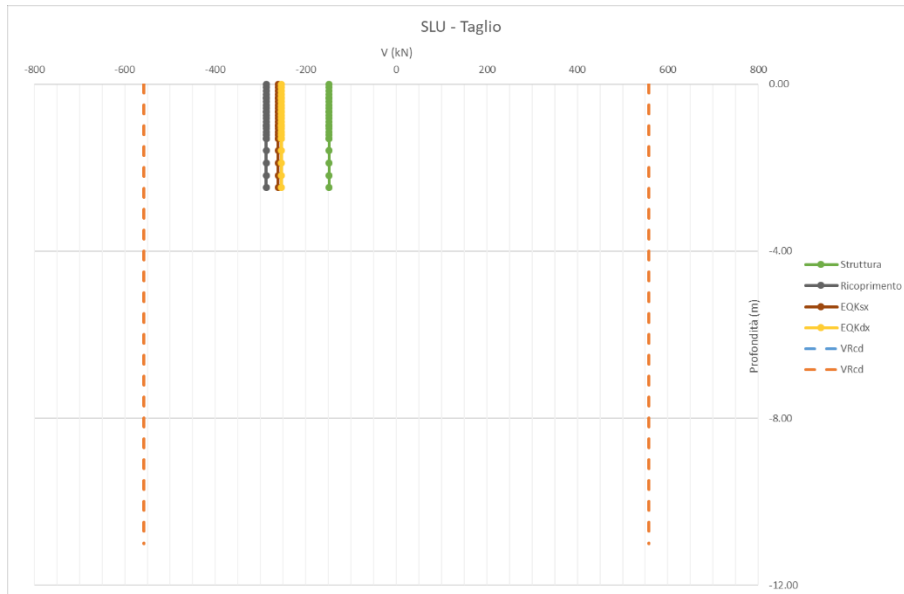


Figura 124: GA02_F2 (pk 22+308) – Piedritto – Sollecitazione di taglio (SLU)

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	178 di 202

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Le verifiche allo SLE sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 81: Verifiche agli SLE, sollecitazioni

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	MEd (kNm)	NEd (kN)
I	0	STR	Ricoprimento	1233	446

Tabella 82: Verifiche agli SLE, verifiche

Sezione	SLE						
	$\sigma_{c,d}$ (MPa)	$\sigma_{c,amm}$ (MPa)	$\sigma_{s,d}$ (MPa)	$\sigma_{s,amm}$ (MPa)	x (mm)	wk (mm)	wamm (mm)
I	3.64	17.6	146.8	337.5	491.8	0.14	0.20

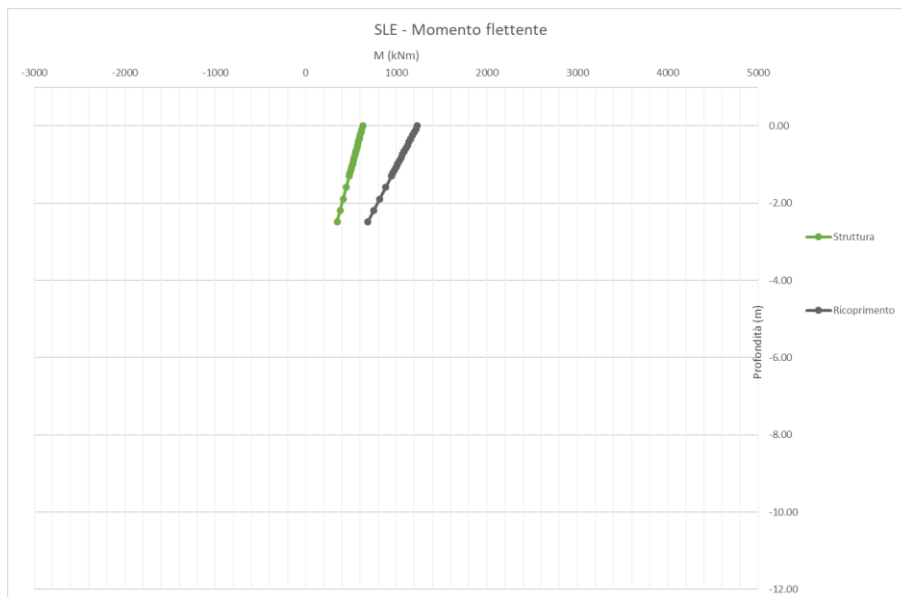


Figura 125: GA02_F2 (pk 22+308) – Piedritto – Sollecitazione di momento flettente (SLE)

12.3.6 SOLETTA SUPERIORE

STATO LIMITE ULTIMO

Le verifiche allo Stato Limite Ultimo sono qui riportate, considerando la seguente armatura disposta in due gabbie. Nella parte centrale, le staffe sono richieste per motivi costruttivi.

Tabella 83: Disposizione delle gabbie di armatura

Sezione	L (m)	As (mm ²) Inferiore	As' (mm ²) Superiore	Asw (mm ²)
I	10	8Φ26	8Φ24	Φ16/250mm per 4m (1.2-5.2m) Φ16/500mm (5.2m-10m)
II	10	8Φ26	8+8Φ24	Φ16/500mm (0-3m) Φ16/250mm per 6m (3-9m)

Le verifiche allo SLU sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 84: Verifiche agli SLU, verifica di pressoflessione

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	SLU		
				MEd (kNm)	NEd (kN)	MRd (kNm)
Ia	0	STR	Ricoprimento	-874	256	-1957
Ib	7.4	STR	Ricoprimento	1376	279	2258
II	16.75	STR	Ricoprimento	-1603	579	-3577

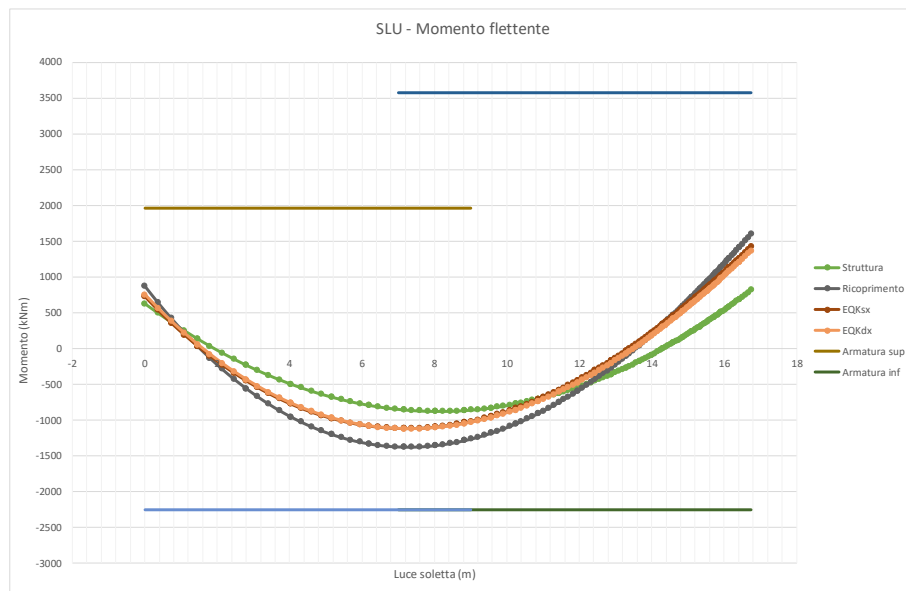


Figura 126: GA02_F2 (pk 22+308) – Soletta superiore – Sollecitazione di momento flettente (SLU)

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	180 di 202

Tabella 85: Verifiche agli SLU, verifica al taglio

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	SLU	
				VEd (kN)	VRd (kN)
I	0.7	STR	Ricoprimento	-575	-752
II	16.1	STR	Ricoprimento	551	752

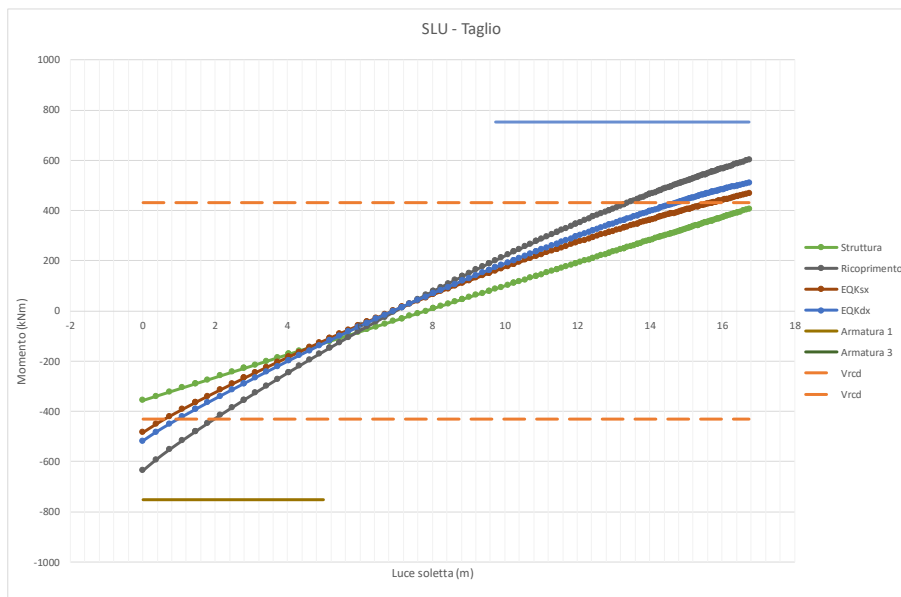


Figura 127: GA02_F2 (pk 22+308) – Soletta superiore – Sollecitazione di taglio (SLU)

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Le verifiche allo SLE sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 86: Verifiche agli SLE, sollecitazioni

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	MEd (kNm)	NEd (kN)
I_extr	0	STR	Ricoprimento	-506	124
I_intr	7.4	STR	Ricoprimento	1058	214
II_extr	16.7	STR	Ricoprimento	-1233	221

Tabella 87: Verifiche agli SLE, verifiche

Sezione	SLE						
	$\sigma_{c,d}$ (MPa)	$\sigma_{c,amm}$ (MPa)	$\sigma_{s,d}$ (MPa)	$\sigma_{s,amm}$ (MPa)	x (mm)	wk (mm)	wamm (mm)
I_extr	2.25	17.6	98.9	337.5	334.2	0.09	0.20
I_intr	4.53	17.6	182.8	337.5	355.5	0.19	0.20
II_extr	4.40	17.6	134.6	337.5	432.2	0.11	0.20

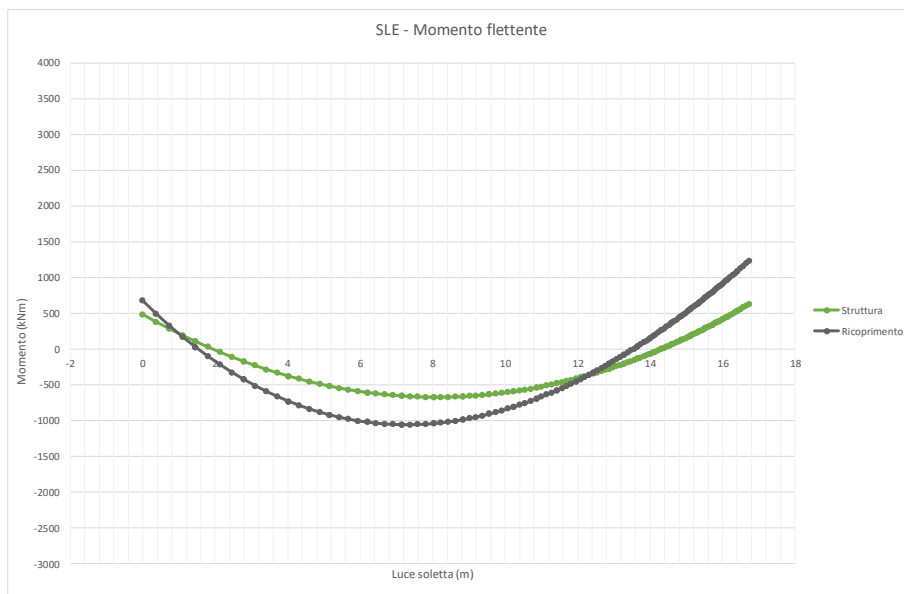


Figura 128: GA02_F2 (pk 22+308) – Soletta superiore – Sollecitazione di momento flettente (SLE)

12.4 VERIFICA DELLA FONDAZIONE

La soletta di fondazione su pali viene studiata attraverso un modello di trave su 4 appoggi fissi, che simulano la presenza dei pali di fondazione, analizzata in campo elastico lineare mediante il software di calcolo SAP2000 V.21.

Il modello implementato per la determinazione delle sollecitazioni e delle deformazioni schematizza la linea d'asse della struttura, la cui discretizzazione è costituita da 9 elementi "frame" e 10 "nodi" che vanno ad individuare alcune sezioni caratteristiche utili ai fini dell'applicazione dei carichi che all'interpretazione dei risultati come mostrato nella seguente figura.

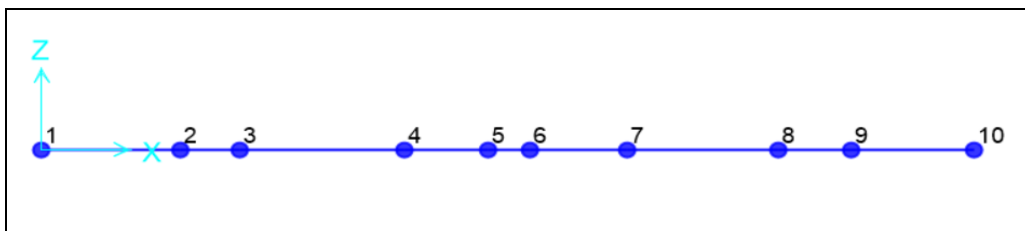


Figura 129 – Numerazione dei nodi della soletta di fondazione su pali

La figura e la tabella che seguono mostrano la corrispondenza tra la lettura degli assi locali degli elementi "frame" e il sistema di coordinate globali scelto.

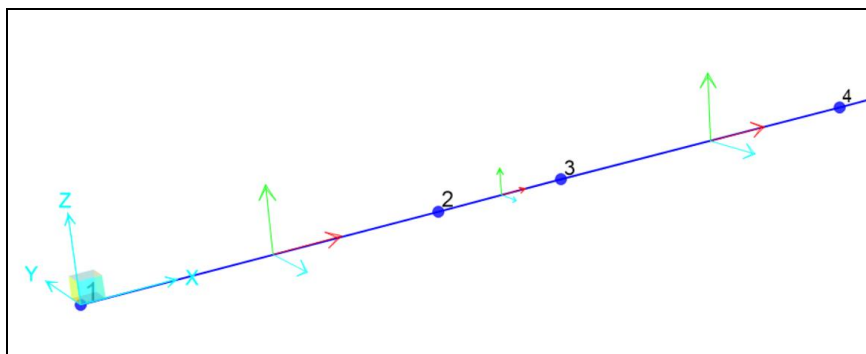


Figura 130 – Sistemi di riferimento Globale e Locale

Tabella 88 – Corrispondenza degli elementi tra sistema Globale e Locale

Asse locale	Colore	Asse globale
1	Rosso	X
2	Verde	Z
3	Ciano	-Y

La struttura è stata idealmente sezionata in una fascia di larghezza unitaria nella direzione Y e le caratteristiche geometriche delle sezioni associate ai differenti elementi strutturali, sono riportate nella seguente tabella.

Tabella 89 – Caratteristiche geometriche delle sezioni

Nome Sezione	Base [m]	Spessore [m]	Area [m ²]
Soletta	1.00	1.00	1.00

La soletta è stata vincolata con 4 appoggi fissi in corrispondenza dei “nodi” 2,4,7,9 per simulare la presenza dei pali di fondazione.

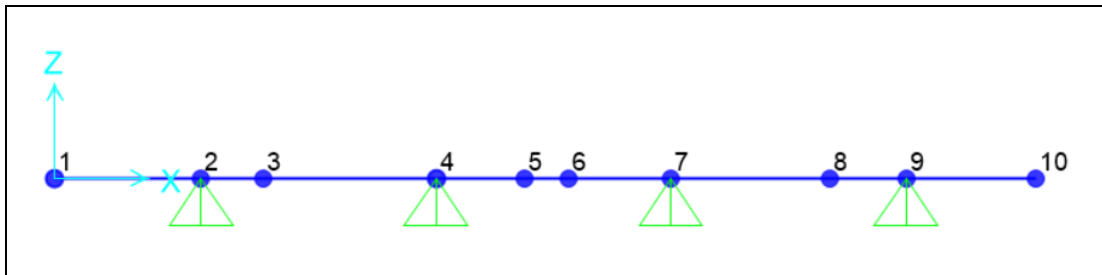


Figura 131 – Disposizione degli appoggi fissi per simulare la presenza dei pali

Gli schemi di carico elementari adottati nell'analisi strutturale sono mostrati nelle seguenti figure dove i diagrammi rappresentano le sollecitazioni di flessione ottenute per carichi unitari nelle sezioni di verifica riportate in figura e denominate allo stesso modo dei nodi in cui l'elemento unisce.

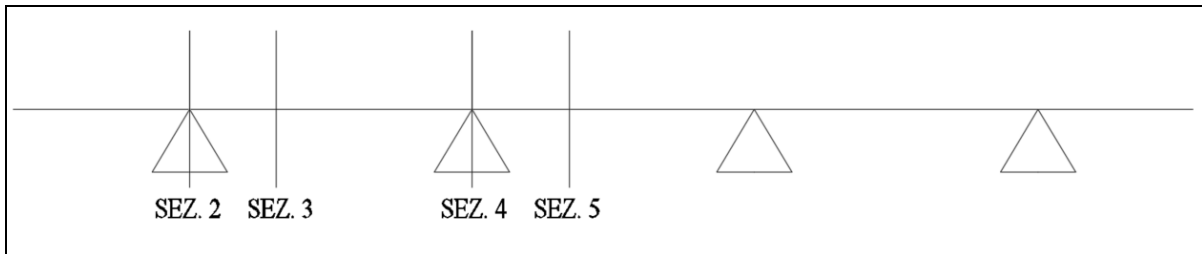


Figura 132 – Sezioni di verifica per la soletta di fondazione

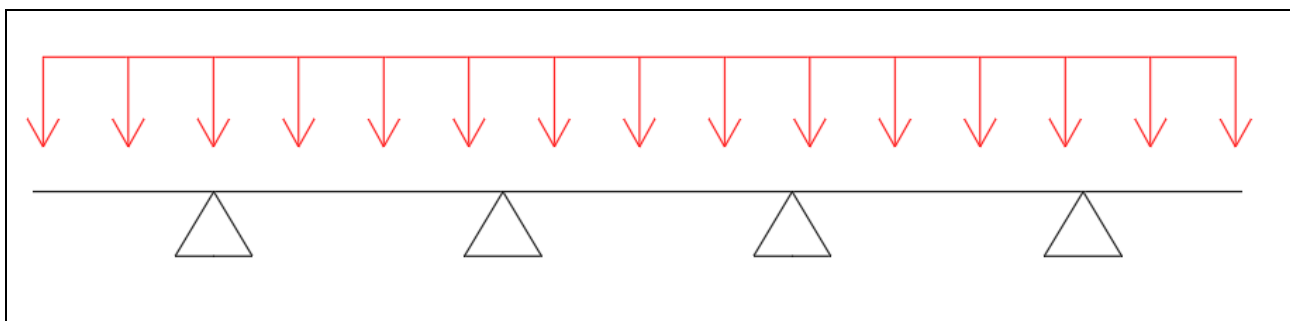


Figura 133 – Schema di carico A1

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	184 di 202

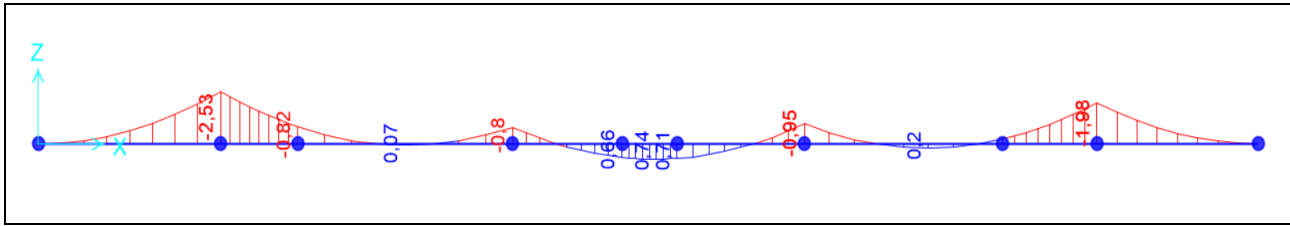


Figura 134 – Schema A1: momento flettente M3 [kNm] per $p = 1\text{ kN/m}$

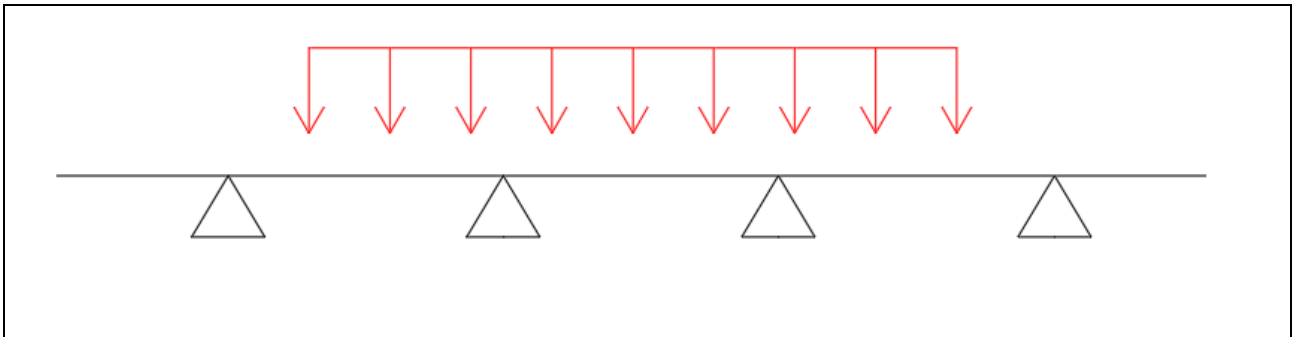


Figura 135 – Schema di carico A2

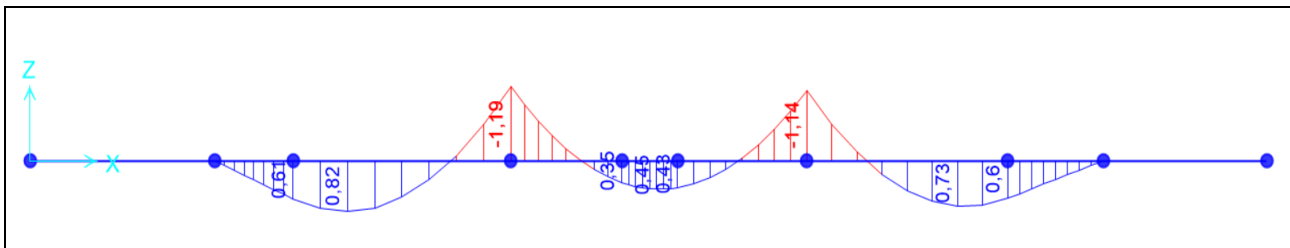


Figura 136 – Schema A2: momento flettente M3 [kNm] per $p = 1\text{ kN/m}$

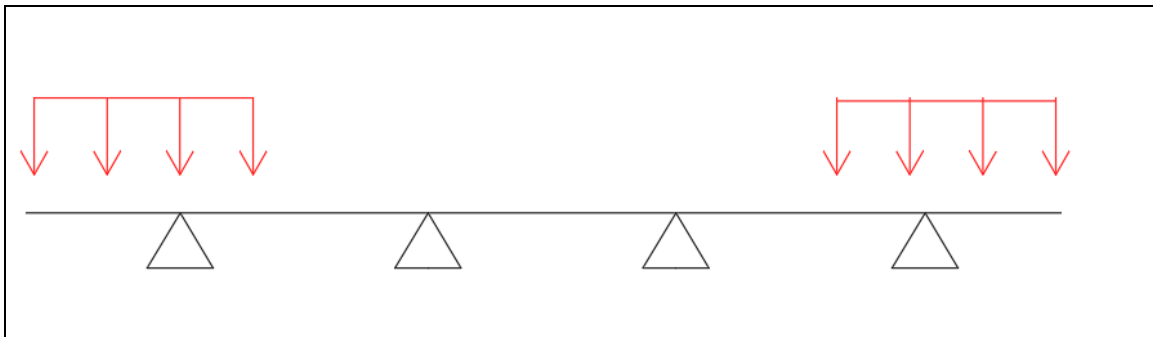


Figura 137 – Schema di carico A3

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	185 di 202

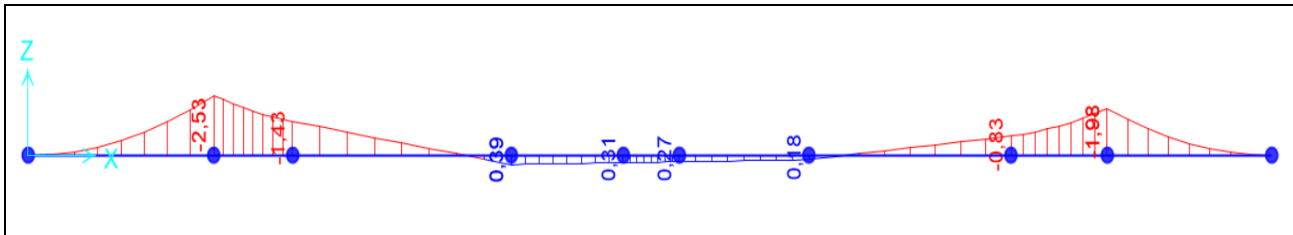


Figura 138 – Schema A3: momento flettente M3 [kNm] per $p = 1 \text{ kN/m}$

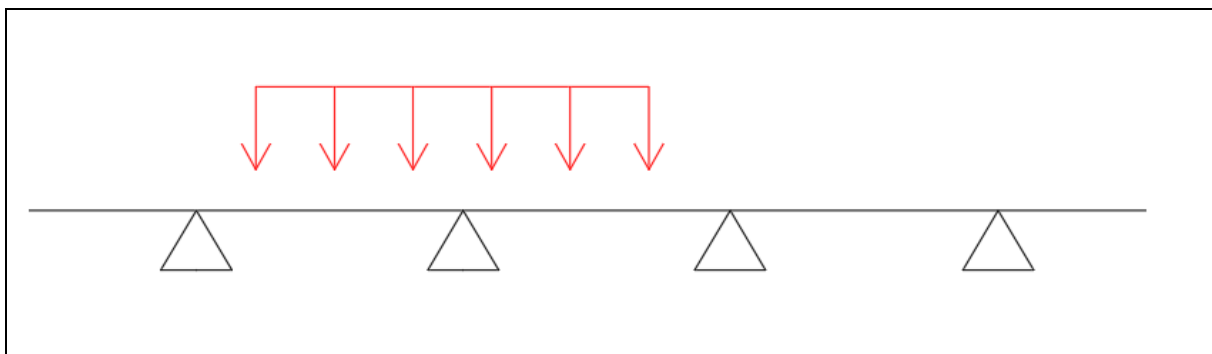


Figura 139 – Schema di carico A4

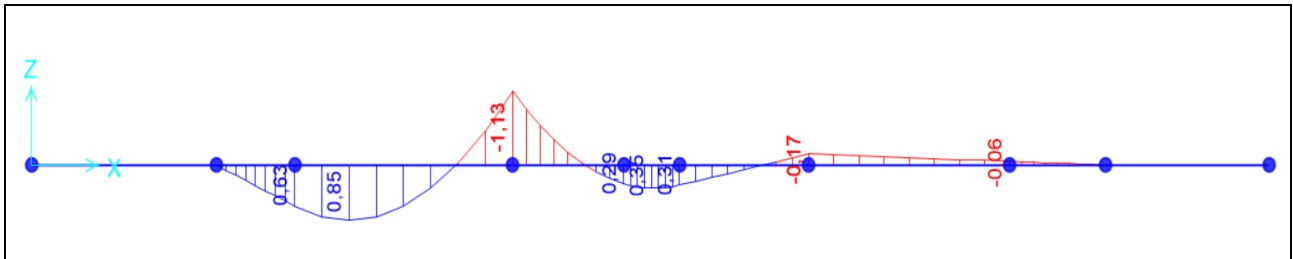


Figura 140 – Schema A4: momento flettente M3 [kNm] per $p = 1 \text{ kN/m}$

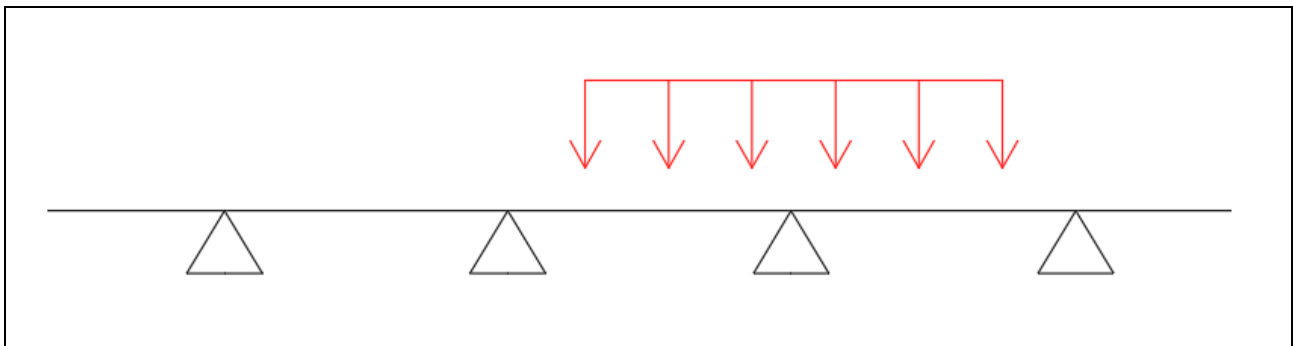


Figura 141 – Schema di carico A5

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	186 di 202

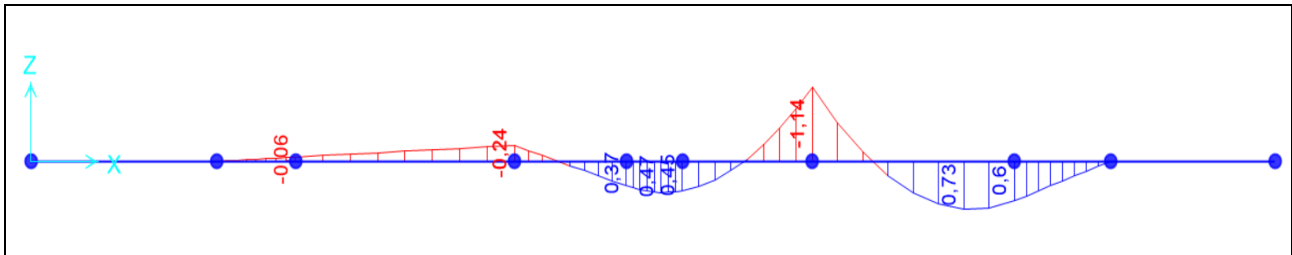


Figura 142 – Schema A5: momento flettente M3 [kNm] per p= 1kN/m

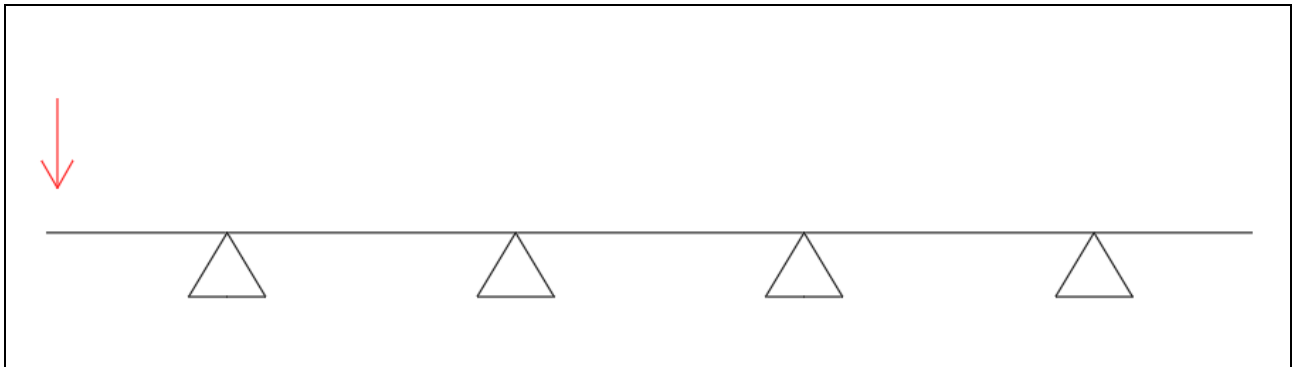


Figura 143 – Schema di carico A6

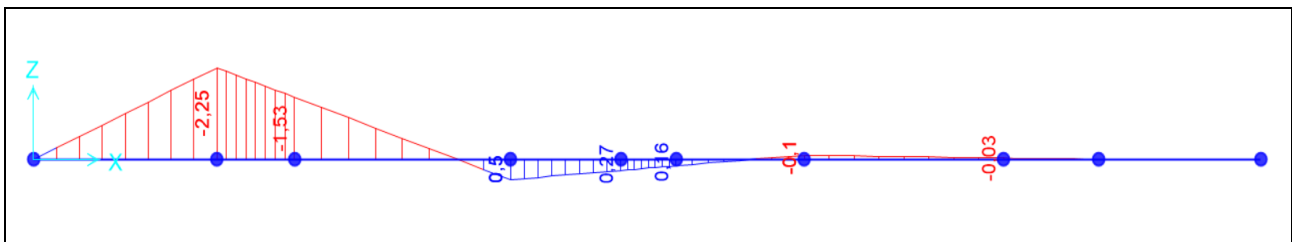


Figura 144 – Schema A6: momento flettente M3 [kNm] per p= 1kN/m

MATRICE COMBINAZIONI DEI CARICHI ALLO SLU

Matrice	MCC_SLU	SLU_01	SLU_02	SLU_03	SLU_04	SLU_05	SLU_06	ψ
		γ	γ	γ	γ	γ	γ	
G1		1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00
G2		1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00
Treno LM71 SX		1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,00
Treno LM71 DX		0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	1,00
Treni LM71 SX+DX		0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	1,00

12.4.1 SOLETTA DI FONDAZIONE

La seguente figura mostra le sezioni di verifica:

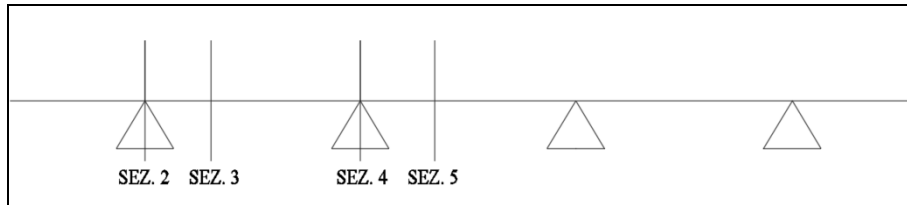


Figura 145 – Sezioni di verifica per il solettone di fondazione

La seguente tabella riassume l'armatura della platea di fondazione.

Tabella 90: Disposizione delle gabbie di armatura

Sezione	L (m)	As (mm ²) Inferiore	As' (mm ²) Superiore	Asw (mm ²)
I	10	4Φ24	6Φ24	Φ12/500/500mm
II	8	4Φ24	6Φ24	Φ12/500/500mm

Le verifiche eseguite vengono sintetizzate nei paragrafi seguenti, considerando le sollecitazioni indotte dai carichi indicati in precedenza.

SEZIONE 2

Tabella 91 – Verifiche allo SLU per la sezione 2 della soletta di fondazione

Comb.	NEd kN	MEd kNm	SF>=1.00	VEd kN	Vrd,min kN	cotg (q)	Vrcd kN	Vrsd SF>=1.00 kN	
SLU_01	0,0	-449,3	2,22	-273,7	456,2	1,000	0,0	0,0	1.67
SLU_02	0,0	-449,3	2,22	-234,9	456,2	1,000	0,0	0,0	1.94
SLU_06	0,0	-449,3	2,22	-270,1	456,2	1,000	0,0	0,0	1.69
SLU_07	0,0	-449,3	2,22	-273,7	456,2	1,000	0,0	0,0	1.67
SLU_08	0,0	-449,3	2,22	-234,9	456,2	1,000	0,0	0,0	1.94
SLU_12	0,0	-449,3	2,22	-270,1	456,2	1,000	0,0	0,0	1.69

Tabella 92 – Verifiche allo SLE per la sezione 2 della soletta di fondazione

Comb.	NEd kN	MEd kNm	sig_b N/mm ²	sig_s N/mm ²	M_fess kNm	w mm
RR_01	0,0	-332,8	-2,9	139,8	402,3	0,145
RR_03	0,0	-332,8	-2,9	139,8	402,3	0,145
FR_02	0,0	-332,8	-2,9	139,8	402,3	0,145
FR_06	0,0	-332,8	-2,9	139,8	402,3	0,145

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	189 di 202

QP_01	0,0	-332,8	-2,9	139,8	402,3	0,145
QP_03	0,0	-332,8	-2,9	139,8	402,3	0,145

SEZIONE 3

Tabella 93 – Verifiche allo SLU per la sezione 3 della soletta di fondazione

Comb.	NEd	MEd	SF>=1.00	VEd	Vrd,min	cotg (q)	Vrcd	Vrsd	SF>=1.00
	kN	kNm		kN	kN		kN	kN	
SLU_01	0,0	-212,2	4,50	-225,5	456,2	1,000	0,0	0,0	2.02
SLU_02	0,0	-249,0	3,84	-186,7	456,2	1,000	0,0	0,0	2.44
SLU_06	0,0	-215,6	4,43	-221,9	456,2	1,000	0,0	0,0	2.06
SLU_07	0,0	-212,2	4,50	-225,5	456,2	1,000	0,0	0,0	2.02
SLU_08	0,0	-249,0	3,84	-186,7	456,2	1,000	0,0	0,0	2.44
SLU_12	0,0	-215,6	4,43	-221,9	456,2	1,000	0,0	0,0	2.06

Tabella 94 – Verifiche allo SLE per la sezione 3 della soletta di fondazione

Comb.	NEd	MEd	sig_b	sig_s	M_fess	w
	kN	kNm	N/mm2	N/mm2	kNm	mm
RR_01	0,0	-163,5	-1,4	68,7	402,3	0,068
RR_03	0,0	-165,4	-1,4	69,5	402,3	0,069
FR_02	0,0	-183,8	-1,6	77,2	402,3	0,077
FR_06	0,0	-165,4	-1,4	69,5	402,3	0,069
QP_01	0,0	-181,9	-1,6	76,4	402,3	0,076
QP_03	0,0	-181,9	-1,6	76,4	402,3	0,076

SEZIONE 4

Tabella 95 – Verifiche allo SLU per la sezione 4 della soletta di fondazione

Comb.	NEd	MEd	SF>=1.00	VEd	Vrd,min	cotg (q)	Vrcd	Vrsd	SF>=1.00
	kN	kNm		kN	kN		kN	kN	
SLU_01	0,0	-56,1	17,02	-196,6	456,2	1,000	0,0	0,0	2.32
SLU_02	0,0	-8,8	108,04	-129,1	456,2	1,000	0,0	0,0	3.53
SLU_06	0,0	-69,1	13,83	-220,9	456,2	1,000	0,0	0,0	2.07
SLU_07	0,0	-56,1	17,02	-196,6	456,2	1,000	0,0	0,0	2.32
SLU_08	0,0	-8,8	108,04	-129,1	456,2	1,000	0,0	0,0	3.53
SLU_12	0,0	-69,1	13,83	-220,9	456,2	1,000	0,0	0,0	2.07

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	190 di 202

Tabella 96 – Verifiche allo SLE per la sezione 4 della soletta di fondazione

Comb.	NEd kN	MEd kNm	sig_b N/mm2	sig_s N/mm2	M_fess kNm	w mm
RR_01	0,0	-30,2	-0,3	12,7	402,3	0,013
RR_03	0,0	-37,3	-0,3	15,7	402,3	0,016
FR_02	0,0	-4,1	0,0	1,7	402,3	0,002
FR_06	0,0	-37,3	-0,3	15,7	402,3	0,016
QP_01	0,0	3,0	0,0	1,3	402,3	0,001
QP_03	0,0	3,0	0,0	1,3	402,3	0,001

SEZIONE 5

Tabella 97 – Verifiche allo SLU per la sezione 5 della soletta di fondazione

Comb.	NEd kN	MEd kNm	SF>=1.00	VEd kN	Vrd,min kN	cotg (q)	Vrcd kN	Vrsd kN	SF>=1.00
SLU_01	0,0	94,8	6,84	-26,9	456,2	1,000	0,0	0,0	16.96
SLU_02	0,0	99,4	6,53	-31,2	456,2	1,000	0,0	0,0	14.62
SLU_06	0,0	114,6	5,66	-51,1	456,2	1,000	0,0	0,0	8.93
SLU_07	0,0	94,8	6,84	-26,9	456,2	1,000	0,0	0,0	16.96
SLU_08	0,0	99,4	6,53	-31,2	456,2	1,000	0,0	0,0	14.62
SLU_12	0,0	114,6	5,66	-51,1	456,2	1,000	0,0	0,0	8.93

Tabella 98 – Verifiche allo SLE per la sezione 5 della soletta di fondazione

Comb.	NEd kN	MEd kNm	sig_b N/mm2	sig_s N/mm2	M_fess kNm	w mm
RR_01	0,0	67,4	-0,6	41,8	402,3	0,054
RR_03	0,0	78,3	-0,7	48,6	402,3	0,063
FR_02	0,0	69,9	-0,7	43,4	402,3	0,056
FR_06	0,0	78,3	-0,7	48,6	402,3	0,063
QP_01	0,0	59,0	-0,6	36,6	402,3	0,047
QP_03	0,0	59,0	-0,6	36,6	402,3	0,047

Tutte le verifiche risultano soddisfatte considerando le armature a flessione e taglio indicate precedentemente.

12.4.2 PALI DI FONDAZIONE

La sezione di calcolo in cui i pali sono maggiormente sollecitati è la **sezione GA02_F1 (pk 22+298)**.

12.4.2.1 VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche allo Stato Limite Ultimo per i pali DN 1200 con lunghezza 15m e spaziatura 3.6 m in direzione longitudinale e trasversale sono qui riportate, considerando la seguente armatura disposta in due gabbie.

Tabella 99: Disposizione delle gabbie di armatura

Sezione	L (m)	As (mm ²)	As' (mm ²)	Asw (mm ²)
I	6	24Φ24	-	Φ14/100mm
II	10	24Φ16	-	Φ14/200mm

Le verifiche allo SLU sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 100: Verifiche agli SLU, verifica di pressoflessione

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	SLU		
				MEd (kNm)	NEd (kN)	MRd (kNm)
I	0	STR	Ricoprimento	698	0	-1928
II	-4.5	STR	Ricoprimento	42	133	-992

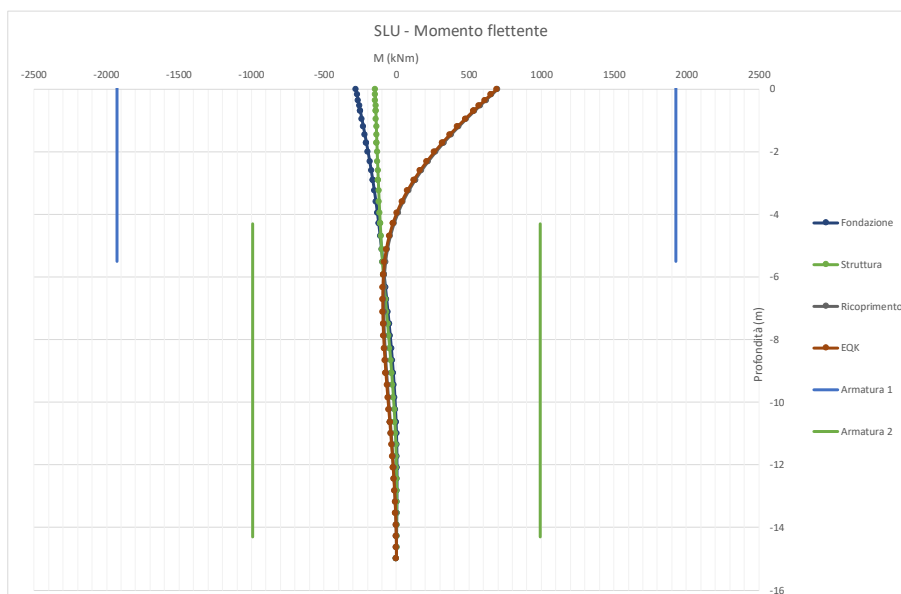


Figura 146: GA02_F1 (pk 22+298) – Pali di Fondazione – Sollecitazione di momento flettente (SLU)

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	192 di 202

Tabella 101: Verifiche agli SLU, verifica al taglio

Sezione	Posizione (m)	Combinazione	Fase	SLU	
				VEd (kN)	VRd (kN)
I	0	STR	Ricoprimento	-232	820
II	6	STR	Ricoprimento	-25	-410

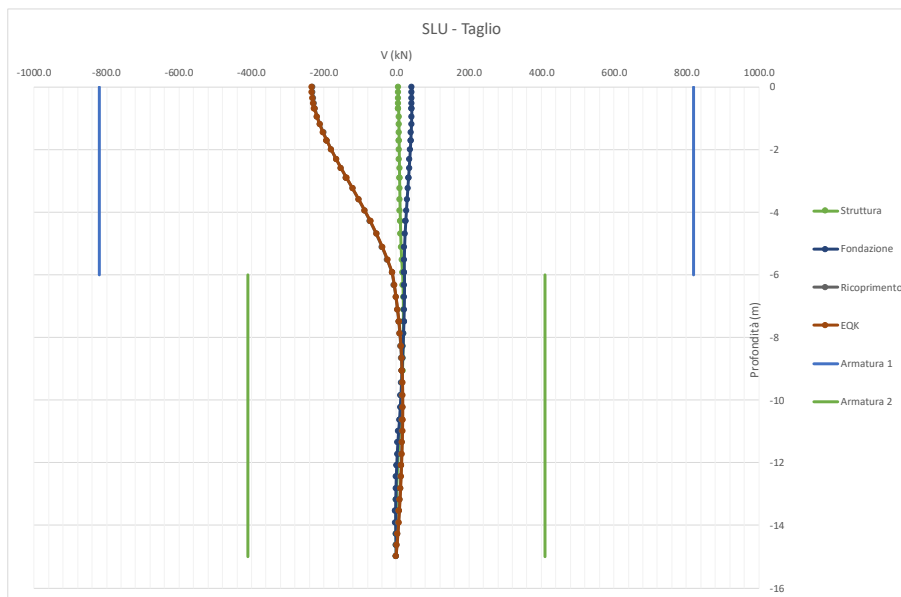


Figura 147: GA02_F1 (pk 22+298) – Pali di Fondazione – Sollecitazione di taglio (SLU)

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	193 di 202

12.4.2.2 VERIFICHE GEOTECNICHE

I dati utilizzati per il calcolo della capacità portante del palo sono qui riassunti:

INFISSIONE: Hi = 15m
 CARICO: Gk = Rpalo-fondazione= 530 kN
 Gd = 1.35 Gk = 720 kN

Verifica della Portanza Assiale dei Pali

GA02 Fondazione Teoria di Terzaghi-Berezantzev

D_palo = 1.200 m
 A_palo = 1.131 m²
 S_palo = 2.513 m²/m
 J_palo = 0.102 m⁴
 γ_cis = 25.0 kN/mc
 γ_w = 9.8 kN/mc

β = 0.667

z_p = 0.00 m quota testa palo dal p.c.
 z_w = 6.00 m quota falda dal p.c.

τ_max = 100.0 kN/m² max portata laterale per terreno coesivo
 α_v = 0.0 kN/m² tensione totale a quota zp

z = profondità dal p.c.
 γ_cis = peso di volume calcestruzzo
 γ_w = peso di volume acqua
 φ = angolo di attrito terreno
 c' = coesione efficace
 cu = coesione non drenata

Stratigrafia Terreno

mesh di calcolo = 0.25 m

Strato	z	γ	φ	c'	cu	m	m	m	m ² D	qb
	m	kN/mc	°	kN/m ²	kN/m ²	per c=0	per c>0		m	kN/m ²
MDL1	0.00	20.0	38.0	0.0	0.0	15.074	15.074	15.074	18.089	0
MDL2	5.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	1 189
MDL3	10.00	20.0	24.0	10.0	0.0	4.430	4.954	4.954	5.945	795
MDL2	16.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	2 544
	18.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	2 833
	21.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	3 121
	23.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	3 410
	26.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	3 699
	28.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	3 988
	31.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	4 277
	33.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	4 566
	36.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	4 855
	38.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5 143
	41.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5 432
	43.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5 721
	46.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5 923
	48.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5 923
	51.25	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5 923
	53.75	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5 923
	45.50	20.0	32.0	0.0	0.0	8.822	8.822	8.822	10.586	5 923

Coeff. Berezantzev AGI

Verticali

Tipo di palo

φ	Nq	ξ4	ξ3	δ/φ	cu	α	(α'cu) _{max}
					kN/m ²		kN/m ²
0	0.00	1	1.70	1.70			
18	2.44	2	1.55	1.65	Battuto in acciaio	20/φ	<= 25 1.00 100
22	3.64	3	1.48	1.60			25.50 0.80 100
24	4.46	4	1.42	1.55			50.75 0.65 100
26	5.51	5	1.34	1.50			>= 75 0.50 100
30	8.56	7	1.28	1.45			
35	15.48	10	1.21	1.40	Battuto in cls		<= 25 1.00 120
38	22.75				Prefabbricato	0.75	25.50 0.85 120
42	39.70				Gettato in opera	1.00	50.75 0.65 120
							>= 75 0.50 120
					Trivellato	1.00	<= 25 0.90 100
							25.50 0.80 100
							50.75 0.60 100
							>= 75 0.40 100

N_max = 750 kN

N_attrib_neg = 0 kN >= 0

N_min = 0 kN

	L_palo	ξ4	γ_base	γ_later.	ξ*γ_p	ξ*γ_l		
N_max = 750	2.75	1.34	1.35	1.15	1.81	1.54	sf-	
N_min = 0	0.00	1.34		1.30		1.74	sf+	
L_palo =	2.75 m	Profondità da p.c. = 2.8 m						

Coeff. Parz. R2	Infissi	Trivellati	Elica	
Punta	1.15	1.35	1.30	
Laterale	1.15	1.15	1.15	compressione
Totale	1.15	1.30	1.25	compressione
Laterale	1.25	1.25	1.25	Trazione

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Cannello e Sezione Tipo F

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IF26 12 E ZZ CL GA0200 010 A 194 di 202

sf+	sf	z m	γ kN/mc	ϕ °	c' kN/m ²	c_u kN/m ²	σ' kN/m ²	σ kN/m ²	K_s	δ/ϕ	α	N_c	τ kN/m ²	$\beta = \tau/\sigma$	N_q	P_{palo} kN	Q_{tot} kN	Q_{lat} kN	Q_{punta} kN	Q'_{tot} kN
1.00	0.00	0.00	20.0	38.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.384	1.00	0.00	27.84	0.0	0.000	22.750	0.0	0	0	0	0
1.00	0.09	0.25	20.0	38.0	0.0	0.0	5.0	5.0	0.384	1.00	0.00	27.84	1.5	0.300	22.750	1.4	129	0	129	71
1.00	0.19	0.50	20.0	38.0	0.0	0.0	10.0	10.0	0.384	1.00	0.00	27.84	3.0	0.300	22.750	2.8	259	1	257	143
1.00	0.29	0.75	20.0	38.0	0.0	0.0	15.0	15.0	0.384	1.00	0.00	27.84	4.5	0.300	22.750	4.2	390	4	386	216
1.00	0.38	1.00	20.0	38.0	0.0	0.0	20.0	20.0	0.384	1.00	0.00	27.84	6.0	0.300	22.750	5.7	522	7	515	289
1.00	0.48	1.25	20.0	38.0	0.0	0.0	25.0	25.0	0.384	1.00	0.00	27.84	7.5	0.300	22.750	7.1	655	11	643	363
1.00	0.58	1.50	20.0	38.0	0.0	0.0	30.0	30.0	0.384	1.00	0.00	27.84	9.0	0.300	22.750	8.5	788	17	772	437
1.00	0.67	1.75	20.0	38.0	0.0	0.0	35.0	35.0	0.384	1.00	0.00	27.84	10.5	0.300	22.750	9.9	923	23	901	513
1.00	0.77	2.00	20.0	38.0	0.0	0.0	40.0	40.0	0.384	1.00	0.00	27.84	12.0	0.300	22.750	11.3	1059	30	1029	588
1.00	0.87	2.25	20.0	38.0	0.0	0.0	45.0	45.0	0.384	1.00	0.00	27.84	13.5	0.300	22.750	12.7	1196	38	1158	665
1.00	0.97	2.50	20.0	38.0	0.0	0.0	50.0	50.0	0.384	1.00	0.00	27.84	15.0	0.300	22.750	14.1	1333	47	1286	741
1.00	1.07	2.75	20.0	38.0	0.0	0.0	55.0	55.0	0.384	1.00	0.00	27.84	16.5	0.300	22.750	15.6	1472	57	1415	819
1.00	1.17	3.00	20.0	38.0	0.0	0.0	60.0	60.0	0.384	1.00	0.00	27.84	18.0	0.300	22.750	17.0	1611	67	1544	897
1.00	1.27	3.25	20.0	38.0	0.0	0.0	65.0	65.0	0.384	1.00	0.00	27.84	19.5	0.300	22.750	18.4	1752	79	1672	976
1.00	1.37	3.50	20.0	38.0	0.0	0.0	70.0	70.0	0.384	1.00	0.00	27.84	21.0	0.300	22.750	19.8	1893	92	1801	1055
1.00	1.47	3.75	20.0	38.0	0.0	0.0	75.0	75.0	0.384	1.00	0.00	27.84	22.5	0.300	22.750	21.2	2035	106	1930	1135
1.00	1.57	4.00	20.0	38.0	0.0	0.0	80.0	80.0	0.384	1.00	0.00	27.84	24.0	0.300	22.750	22.6	2179	120	2058	1216
1.00	1.68	4.25	20.0	38.0	0.0	0.0	85.0	85.0	0.384	1.00	0.00	27.84	25.5	0.300	22.750	24.0	2323	136	2187	1297
1.00	1.78	4.50	20.0	38.0	0.0	0.0	90.0	90.0	0.384	1.00	0.00	27.84	27.0	0.300	22.750	25.4	2468	152	2316	1379
1.00	1.88	4.75	20.0	38.0	0.0	0.0	95.0	95.0	0.384	1.00	0.00	27.84	28.5	0.300	22.750	26.9	2614	170	2444	1461
1.00	1.98	5.00	20.0	38.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.384	1.00	0.00	27.84	30.0	0.300	22.750	28.3	2761	188	2573	1544
1.00	1.13	5.25	20.0	32.0	0.0	0.0	105.0	105.0	0.470	1.00	0.00	16.53	30.8	0.294	11.328	29.7	1553	207	1345	878
1.00	1.19	5.50	20.0	32.0	0.0	0.0	110.0	110.0	0.470	1.00	0.00	16.53	32.3	0.294	11.328	31.1	1636	227	1409	926
1.00	1.25	5.75	20.0	32.0	0.0	0.0	115.0	115.0	0.470	1.00	0.00	16.53	33.8	0.294	11.328	32.5	1721	248	1473	975
1.00	1.31	6.00	20.0	32.0	0.0	0.0	120.0	120.0	0.470	1.00	0.00	16.53	35.2	0.294	11.328	33.9	1807	270	1537	1025
1.00	1.35	6.25	20.0	32.0	0.0	0.0	122.6	125.0	0.470	1.00	0.00	16.53	36.0	0.294	11.328	35.3	1862	292	1570	1057
1.00	1.39	6.50	20.0	32.0	0.0	0.0	125.1	130.0	0.470	1.00	0.00	16.53	36.7	0.294	11.328	36.8	1918	315	1603	1090
1.00	1.43	6.75	20.0	32.0	0.0	0.0	127.7	135.0	0.470	1.00	0.00	16.53	37.5	0.294	11.328	38.2	1974	338	1635	1123
1.00	1.47	7.00	20.0	32.0	0.0	0.0	130.2	140.0	0.470	1.00	0.00	16.53	38.2	0.294	11.328	39.6	2030	362	1668	1157
1.00	1.51	7.25	20.0	32.0	0.0	0.0	132.8	145.0	0.470	1.00	0.00	16.53	39.0	0.294	11.328	41.0	2087	386	1701	1191
1.00	1.55	7.50	20.0	32.0	0.0	0.0	135.3	150.0	0.470	1.00	0.00	16.53	39.7	0.294	11.328	42.4	2144	411	1733	1225
1.00	1.59	7.75	20.0	32.0	0.0	0.0	137.9	155.0	0.470	1.00	0.00	16.53	40.5	0.294	11.328	43.8	2202	436	1766	1259
1.00	1.63	8.00	20.0	32.0	0.0	0.0	140.4	160.0	0.470	1.00	0.00	16.53	41.2	0.294	11.328	45.2	2261	462	1799	1294
1.00	1.67	8.25	20.0	32.0	0.0	0.0	143.0	165.0	0.470	1.00	0.00	16.53	42.0	0.294	11.328	46.7	2319	488	1831	1329
1.00	1.71	8.50	20.0	32.0	0.0	0.0	145.5	170.0	0.470	1.00	0.00	16.53	42.7	0.294	11.328	48.1	2379	515	1864	1364
1.00	1.75	8.75	20.0	32.0	0.0	0.0	148.1	175.0	0.470	1.00	0.00	16.53	43.5	0.294	11.328	49.5	2438	542	1897	1400
1.00	1.79	9.00	20.0	32.0	0.0	0.0	150.6	180.0	0.470	1.00	0.00	16.53	44.2	0.294	11.328	50.9	2499	569	1929	1436
1.00	1.84	9.25	20.0	32.0	0.0	0.0	153.2	185.0	0.470	1.00	0.00	16.53	45.0	0.294	11.328	52.3	2559	597	1962	1472
1.00	1.88	9.50	20.0	32.0	0.0	0.0	155.7	190.0	0.470	1.00	0.00	16.53	45.7	0.294	11.328	53.7	2621	626	1995	1509
1.00	1.92	9.75	20.0	32.0	0.0	0.0	158.3	195.0	0.470	1.00	0.00	16.53	46.5	0.294	11.328	55.1	2682	655	2027	1546
1.00	1.17	10.00	20.0	24.0	10.0	0.0	160.8	200.0	0.593	1.00	0.00	7.77	42.5	0.264	4.460	56.5	1582	683	899	940
1.00	1.19	10.25	20.0	24.0	10.0	0.0	163.4	205.0	0.593	1.00	0.00	7.77	43.1	0.264	4.460	58.0	1621	710	912	965
1.00	1.22	10.50	20.0	24.0	10.0	0.0	165.9	210.0	0.593	1.00	0.00	7.77	43.8	0.264	4.460	59.4	1662	737	925	989
1.00	1.25	10.75	20.0	24.0	10.0	0.0	168.5	215.0	0.593	1.00	0.00	7.77	44.5	0.264	4.460	60.8	1702	765	938	1015
1.00	1.28	11.00	20.0	24.0	10.0	0.0	171.0	220.0	0.593	1.00	0.00	7.77	45.2	0.264	4.460	62.2	1743	793	950	1040
1.00	1.31	11.25	20.0	24.0	10.0	0.0	173.6	225.0	0.593	1.00	0.00	7.77	45.8	0.264	4.460	63.6	1785	821	963	1066
1.00	1.34	11.50	20.0	24.0	10.0	0.0	176.1	230.0	0.593	1.00	0.00	7.77	46.5	0.264	4.460	65.0	1827	850	976	1091
1.00	1.37	11.75	20.0	24.0	10.0	0.0	178.7	235.0	0.593	1.00	0.00	7.77	47.2	0.264	4.460	66.4	1869	880	989	1118
1.00	1.40	12.00	20.0	24.0	10.0	0.0	181.2	240.0	0.593	1.00	0.00	7.77	47.9	0.264	4.460	67.9	1912	910	1002	1144
1.00	1.43	12.25	20.0	24.0	10.0	0.0	183.8	245.0	0.593	1.00	0.00	7.77	48.5	0.264	4.460	69.3	1955	940	1015	1171
1.00	1.46	12.50	20.0	24.0	10.0	0.0	186.3	250.0	0.593	1.00	0.00	7.77	49.2	0.264	4.460	70.7	1998	971	1028	1198
1.00	1.49	12.75	20.0	24.0	10.0	0.0	188.9	255.0	0.593	1.00	0.00	7.77	49.9	0.264	4.460	72.1	2042	1002	1040	1225
1.00	1.52	13.00	20.0	24.0	10.0	0.0	191.4	260.0	0.593	1.00	0.00	7.77	50.6	0.264	4.460	73.5	2087	1033	1053	1253
1.00	1.55	13.25	20.0	24.0	10.0	0.0	194.0	265.0	0.593	1.00	0.00	7.77	51.2	0.264	4.460	74.9	2132	1065	1066	1281
1.00	1.58	13.50	20.0	24.0	10.0	0.0	196.5	270.0	0.593	1.00	0.00	7.77	51.9	0.264	4.460	76.3	2177	1098	1079	1309
1.00	1.62	13.75	20.0	24.0	10.0	0.0	199.1	275.0	0.593	1.00	0.00	7.77	52.6	0.264	4.460	77.8	2223	1131	1092	1337
1.00	1.65	14.00	20.0	24.0	10.0	0.0	201.6	280.0	0.593	1.00	0.00	7.77	53.3	0.264	4.460	79.2	2269	1164	1105	1366
1.00	1.68	14.25	20.0	24.0	10.0	0.0	204.2	285.0	0.593	1.00	0.00	7.77	53.9	0.264	4.460	80.6	2315	1198	1118	1395
1.00	1.71	14.50	20.0	24.0	10.0	0.0	206.7	290.0	0.593	1.00	0.00	7.77	54.6	0.264	4.460	82.0	2362	1232	1131	1424
1.00	1.74	14.75																		

		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F		COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0200 010	REV. A	FOGLIO 195 di 202

13 MONITORAGGIO DELLA PARATIA

La metodologia adottata segue il principio di progettazione secondo la “filosofia di progetto flessibile”, correntemente applicata nel campo dell’ingegneria geotecnica e per le opere in sotterraneo.

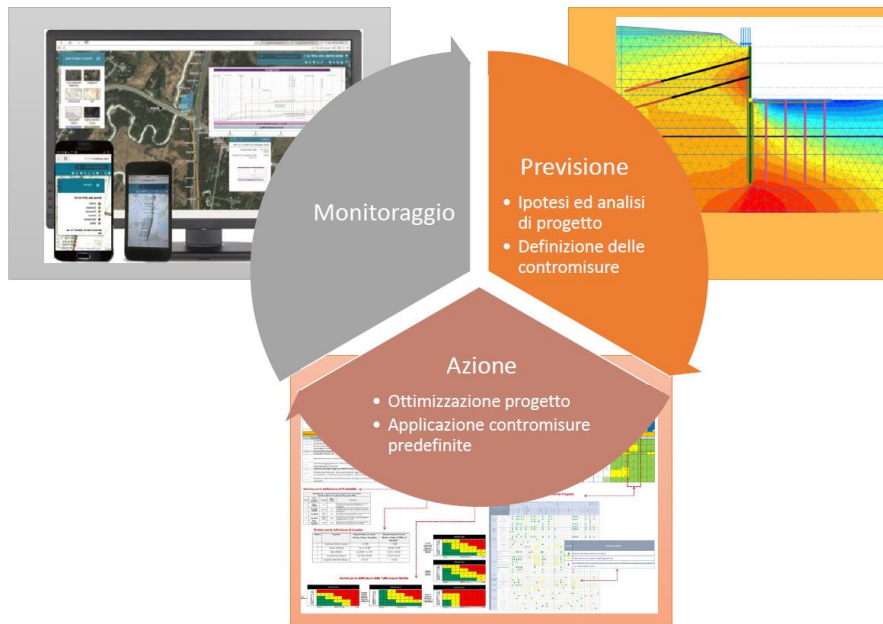


Figura 148: Diagramma di flusso relativo alla metodologia di progettazione flessibile

Tale filosofia prevede il controllo sistematico dei lavori attraverso un piano di monitoraggio dei parametri che influenzano il comportamento dell’opera e del terreno circostante, al fine di confrontare le ipotesi di progetto e, dove necessario, adattarlo alla situazione locale per garantire le condizioni di sicurezza previste, il rispetto dei tempi di esecuzione e la gestione delle aleatorietà.

13.1 CARATTERISTICHE DEL PIANO DI MONITORAGGIO

Il progetto specifico del sistema di monitoraggio comprende i seguenti elementi:

- definizione dei parametri chiave del monitoraggio;
- definizione delle sezioni tipo di monitoraggio e della tipologia di strumentazione da mettere in opera, sia per le strutture che per i manufatti preesistenti;
- definizione della frequenza delle letture;
- definizione dei valori (soglie) di attenzione e allarme per le grandezze monitorate;
- definizione delle contromisure da attuare in caso di superamento dei valori di allarme definiti.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0200 010	REV. A	FOGLIO 196 di 202

13.2 PARAMETRI CHIAVE DEL MONITORAGGIO

Il sistema di controllo e misura è finalizzato allo studio del comportamento tenso-deformativo di dettaglio dell'insieme terreno-struttura durante le diverse fasi costruttive, attraverso il controllo delle seguenti grandezze:

- deformazioni e spostamenti: il controllo dei fenomeni deformativi fornisce importanti indicazioni per l'interpretazione del comportamento del sistema terreno-elementi strutturali e per la verifica delle ipotesi di calcolo. Per le opere d'imbocco si dovrà verificare l'andamento degli spostamenti piano-altimetrici in corrispondenza di punti significativi sia sulla paratia sia a tergo della stessa.

Nel paragrafo che segue si riporta una descrizione sintetica delle principali tipologie di misurazione previste dal Progetto Esecutivo.

13.3 GRANDEZZE MONITORATE

13.3.1 MISURE DI SPOSTAMENTO E CONVERGENZA CON MIRE OTTICHE

Consistono nel determinare la variazione in valore assoluto della distanza di uno o più punti di misura posizionati lungo lo sviluppo della paratia. I punti di misura sono costituiti da prismi ottici o da mire ottiche reticolate, traggiate mediante un teodolite o distanziometro. La misura si effettua come una normale triangolazione di precisione.

13.3.2 MISURE INCLINOMETRICHE

Consistono nel determinare il decorso, nel tempo, degli spostamenti del terreno nell'intorno delle opere di sostegno d'imbocco della galleria (paratie) in seguito alle successive fasi di scavo. Le misure sono effettuate mediante una sonda inclinometrica fatta scorrere in un tubo scanalato reso solidale con il terreno all'interno di un foro di sondaggio.

13.4 STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO

In corrispondenza della paratia di imbocco lato Canello e della sezione tipo F dovrà essere predisposta un'adeguata strumentazione finalizzata al controllo delle condizioni di stabilità dell'opera ed alla corrispondenza dei risultati attesi in sede di progetto in termini di tensioni e deformazioni.

Il piano di monitoraggio prevede, in particolare, la seguente strumentazione per l'imbocco lato Canello:

- **N.22** punti di controllo topografico di precisione di superficie, chiodi e mire topografiche (**CT**) posizionati rispettivamente in prossimità del cordolo della paratia e lungo l'altezza libera di scavo della stessa (16 sulla paratia di monte e 6 sul cordolo della paratia di valle);
- **N.3** tubi inclinometrici (**IN**) a tergo della paratia, di lunghezza pari a 27m, 27m e 26m rispettivamente, posti sulle paratie di valle e di monte, in corrispondenza delle parti più alte delle stesse;

Per quanto concerne il posizionamento della strumentazione su indicata, sono stati adottati i seguenti criteri:

- le mire ottiche e i chiodi sono posti:
 - in corrispondenza del cordolo di testa delle paratie ad interasse orizzontale approssimativamente pari a 8-10m e comunque in corrispondenza di ogni vertice piano-altimetrico del cordolo stesso;
 - lungo l'altezza libera di scavo, a quinconce, allo scopo di ricostruire l'andamento della deformata;
 - su ogni ordine di tiranti in corrispondenza della sezione di calcolo.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	197 di 202

- gli inclinometri sono posti almeno in corrispondenza delle sezioni di calcolo, al fine di controllare con precisione l'evoluzione della deformata e confrontarla, nelle varie fasi di scavo, con i risultati provenienti dalle analisi di progetto.

13.5 FREQUENZE DI LETTURA

Per tutte le strumentazioni messe in opera, la “lettura di zero” dovrà essere effettuata al momento dell’installazione (dopo il tempo minimo di presa della malta, calcestruzzo, ecc, laddove necessario).

La data di installazione della strumentazione dovrà consentire, in funzione delle tempistiche operative rilevate in cantiere, la realizzazione di una serie di letture di riferimento (misure di controllo) atte a riconoscere l’oscillazione naturale delle grandezze misurate ed il grado di errore (strumentale, di lettura, ambientale, ecc.) degli strumenti.

La frequenza delle letture in corso d’opera ed in fase di esercizio sono orientativamente indicate in tabella, ferma restando la facoltà di operare qualsiasi tipo di modifica a seguito di eventuali anomalie di comportamento deformativo delle opere o del raggiungimento dei limiti di attenzione.

Tabella 102: Frequenza di lettura sezioni strumentate

Stazione	Arco temporale dalla lettura di zero	Frequenza di lettura	Durata
Paratia d’imbocco	Durante le fasi di scavo	quotidiane	Fino al ritombamento della sezione con portale
	Raggiunto il fondo scavo	settimanali fino a stabilizzazione	
	Oltre	mensili	

13.6 DEFINIZIONE DEI LIMITI DI ATTENZIONE E DELLE CONTROMISURE

Come detto, il monitoraggio ha lo scopo di valutare la rispondenza dei valori di riferimento misurati in corso d’opera (spostamenti, sforzi negli elementi di contrasto, livelli di falda) con le ipotesi adottate nel calcolo, secondo il principio dell’analisi di rischio.

Si definiscono, a tal fine, i seguenti valori di riferimento:

- limite di attenzione: è definito come una quota parte delle risultanze dei calcoli in progetto. Il superamento di questo limite implica l’incremento della frequenza delle misure, allo scopo di stabilire e monitorare la velocità con la quale il fenomeno si evolve in modo da valutare il potenziale instaurarsi di fenomeni ad evoluzione rapida che potrebbero, in particolari situazioni, divenire potenzialmente incontrollabili;
- limite di allarme: è definito in funzione del livello deformativo, tensionale, ecc. più gravoso per una determinata situazione di scavo. Il suo superamento implica il coinvolgimento della D.L. e del progettista per la valutazione dell’opportunità di attuare adeguate contromisure.

Nell’ambito delle opere in sotterraneo, le letture di convergenza rappresentano comunemente il parametro più significativo per la valutazione della stabilità dello scavo, mentre la restante strumentazione installata è uno strumento addizionale di cui Progettista e Direzione Lavori dispongono per una migliore interpretazione della complessa interazione struttura-terreno.

Con riferimento ai valori per le opere di imbocco, i limiti di attenzione e di allarme sono stabiliti con riferimento ai seguenti criteri:

- spostamenti: per ogni fase di scavo:

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	198 di 202

- il limite di attenzione è stabilito in ragione del 100% del corrispondente valore di spostamento dedotto dall'analisi numerica;
- il limite di allarme è stabilito in ragione del 120% del corrispondente valore di spostamento dedotto dall'analisi numerica.

Tabella 103: Tabella riassuntiva delle soglie – mire topografiche

Mire ottiche - Monte				
Sezione tipo	Strumentazione	Fase	Limite di attenzione	Limite di allarme
-	-	-	(mm)	(mm)
Sezione Tipo F - Paratia di Monte	CT - Cordolo	Scavo -2m QP	5	10
		Scavo -5.5m QP	5	10
		Fondo Scavo	5	10
		Rimozione Tiranti	15	20
	CT - 1a fila di tiranti	Scavo -2m QP	5	10
		Scavo -5.5m QP	5	10
		Fondo Scavo	5	10
		Rimozione Tiranti	12	15
	CT - 2a fila di tiranti	Scavo -2m QP	5	10
		Scavo -5.5m QP	5	10
		Fondo Scavo	5	10
		Rimozione Tiranti	10	15
Sezione Tipo F - Paratia di Valle	CT - Cordolo	Fondo scavo	7	10
Sezione Tipo G	CT - Cordolo	Scavo -2m QP	5	10
		Scavo -5.5m QP	5	10
		Fondo Scavo	5	10
		Rimozione Tiranti	15	20
	CT - 1a fila di tiranti	Scavo -2m QP	5	10
		Scavo -5.5m QP	5	10
		Fondo Scavo	5	10
		Rimozione Tiranti	12	15
	CT - 2a fila di tiranti	Scavo -2m QP	5	10
		Scavo -5.5m QP	5	10
		Fondo Scavo	5	10
		Rimozione Tiranti	10	15

		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F		COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0200 010	REV. A	FOGLIO 199 di 202

Tabella 104: Tabella riassuntiva delle soglie – mire topografiche

Inclinometri				
Sezione tipo	Strumentazione	Fase	Limite di attenzione (mm)	Limite di allarme (mm)
-	-	-	(mm)	(mm)
Sezione Tipo F - Paratia di Monte	INC	Scavo -2m QP	5	10
		Scavo -5.5m QP	5	10
		Fondo Scavo	5	10
		Rimozione Tiranti	7	10
Sezione Tipo F - Paratia di Valle	INC	Scavo -2m QP	5	10
		Scavo -5.5m QP	5	10
		Fondo Scavo	7	10
		Rimozione Tiranti	10	15
Sezione Tipo G	INC	Scavo -2m QP	5	10
		Scavo -5.5m QP	5	10
		Fondo Scavo	7	10
		Rimozione Tiranti	10	15

La definizione esatta della condizione che richiede automaticamente l'applicazione di una certa contromisura è un problema tutt'altro che banale: alcune situazioni possono essere facilmente interpretate, e quindi si può agevolmente definire quale contromisura adottare; altre situazioni sono invece maggiormente complicate, e richiedono l'intervento del Progettista. Inoltre, le letture effettuate nel corso delle varie campagne di misura andranno interpretate congiuntamente ed in modo critico, in considerazione del comportamento globale della struttura.

La tabella seguente fornisce un piano di azione indicativo per i due diversi livelli di guardia sopra definiti, redatto sulla base della risposta fornita dalla totalità della strumentazione installata per monitorare le prestazioni delle opere civili.

Tabella 105: Contromisure da applicare

Limite raggiunto	Azione immediata	Azione successiva
ATTENZIONE	<ul style="list-style-type: none"> • Informare il Progettista e la D.L. • Aumentare la frequenza di lettura della strumentazione installata • Verificare la necessità di installare strumenti di misura integrativi • Verificare la sequenza costruttiva eseguita. 	<ul style="list-style-type: none"> • Osservare l'andamento nel tempo delle grandezze monitorate, e verificare la tendenza o meno alla stabilizzazione del fenomeno. Ogni eventuale azione successiva sarà decisa in accordo con tale andamento.

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

GA02 - Relazione di calcolo Imbocco lato Canello e Sezione Tipo F

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 010	A	200 di 202

Limite raggiunto	Azione immediata	Azione successiva
ALLARME	<ul style="list-style-type: none"> Fermare i lavori e mettere in sicurezza le opere, prevedendo l'installazione di adeguati interventi aggiuntivi di contromisura (in accordo con il Progettista e previa approvazione della D.L.) quali ad esempio: stabilizzazione del piede della paratia mediante ritombamento a valle, messa in opera di ordini aggiuntivi di tiranti. 	<ul style="list-style-type: none"> Installare strumenti di misura integrativi – se necessario – per monitorare l'efficacia delle contromisure adottate. Le operazioni di scavo potranno riprendere solo dopo aver verificato l'efficacia delle contromisure adottate.

14 CONCLUSIONI

La presente relazione ha lo scopo di verificare dal punto di vista strutturale e geotecnico le strutture della GA02 riguardanti l'imbocco lato Cannello e la sezione tipo F, in particolare:

- Paratia Nord
- Paratia Sud
- Piedritto e soletta sezione tipo F
- Platea di fondazione
- Pali di fondazione

Le seguenti tabelle riassumono le armature calcolate per ogni elemento.

Tabella 106: Armatura dei pali della Paratia Nord – Sezione G

Gabbia	Armatura principale	Spirali
I	24 Φ 20	Φ 14/300mm
II	24 Φ 30	Φ 14/100mm Φ 14/200mm
III	24 Φ 16	Φ 14/300mm

Tabella 107: Armatura dei pali della Paratia Nord – Sezione F

Gabbia	Armatura principale	Spirali
I	24 Φ 24	Φ 14/150mm
II	24 Φ 20	Φ 14/150mm Φ 14/300mm
III	24 Φ 16	Φ 14/300mm

Tabella 108: Armatura dei pali della Paratia Sud – Sezione F

Gabbia	Armatura principale	Spirali
I	24 Φ 30	Φ 14/200mm
II	24 Φ 20	Φ 14/200mm
III	24 Φ 16	Φ 14/300mm

Tabella 109: Armatura del piedritto – Sezione F

Gabbia	Armatura Intradosso	Armatura Estradosso	Staffe
I	4 Φ 24	8+8 Φ 24 8 Φ 24	Φ 16/500mm

Tabella 110: : Armatura della soletta di copertura – Sezione F

Gabbia	Armatura Inferiore	Armatura Superiore	Staffe
I	8 Φ 26	8 Φ 24	Φ 16/250mm per 4m Φ 16/500mm
II	8 Φ 26	8+8 Φ 24	Φ 16/500mm Φ 16/250mm per 6m

Tabella 111: Armatura della soletta di fondazione

Gabbia	Armatura Inferiore	Armatura Superiore	Spilli
I	4 Φ 24	6 Φ 24	Φ 12/500/500mm
II	4 Φ 24	6 Φ 24	Φ 12/500/500mm

Tabella 112: Armatura dei pali di fondazione

Gabbia	Armatura Principale	Spirali
I	24 Φ 24	Φ 14/100mm
II	24 Φ 16	Φ 14/200mm

Le verifiche sono soddisfatte e i fattori di sicurezza sono appropriati per assicurare una garanzia di sicurezza strutturale e geotecnica delle strutture in esame.