

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA
U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

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

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20

GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Opere di Imbocco

SCALA:

-

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

IF0H 12 D 11 CL GA0200 003 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE	M.Piscitelli	Giugno 2017	F.Bavetta	Giugno 2017	F.Cerrone	Giugno 2017	F.A. Quini	

ITALFERR S.p.A.
Direzione Tecnica
Infrastrutture Centro
Dot. Ing. Fabrizio Arduini
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
n. 16902 del 4/4

INDICE

1.	GENERALITA'	5
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	5
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	9
2.1	ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	9
3.	MATERIALI	10
3.1	CLASSI DI ESPOSIZIONE E COPRIFERRI	10
3.2	CALCESTRUZZO PER FONDAZIONE (C 30/37)	12
3.3	CALCESTRUZZO PER PALI/DIAFRAMMI, CORDOLI E RIVESTIMENTO (C 25/30).....	13
3.4	CALCESTRUZZO MAGRO PER GETTI DI LIVELLAMENTO/SOTTOFONDAZIONI (C12/15).....	14
3.5	ACCIAIO IN BARRE D'ARMATURA PER C.A. (B450C)	15
3.6	ACCIAIO PER TREFOLI	15
4.	CARATTERIZZAZIONE E CRITERI DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA	16
4.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOTECNICO GENERALE	16
4.2	MODELLO GEOTECNICO DI PROGETTO	23
4.3	COEFFICIENTE A.....	25
4.4	CARICO LIMITE PER AZIONI ORIZZONTALI DEI PALI DI FONDAZIONE DEL SOLETTONE DI CONTRASTO.....	25
4.4.1	<i>LA TEORIA DI BROMS</i>	25
5.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	30
5.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO.....	31
5.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA.....	31
5.3	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA	32
6.	CRITERI GENERALI DI ANALISI DI PARTIE DI SOSTEGNO.....	33
6.1	METODOLOGIA DI CALCOLO	33
6.2	COEFFICIENTI DI SPINTA	35
6.2.1	<i>Coefficienti ed Incremento di Spinta in Fase Statica</i>	35
6.2.2	<i>Coefficienti ed Incremento di Spinta in Fase Sismica</i>	39
6.2.3	<i>Coefficienti di attrito struttura-terreno</i>	40

6.3	EFFETTI DELL' AZIONE SISMICA SU MASSE E CARICHI.....	40
6.4	EFFETTI DELL' AZIONE SISMICA SULLA FALDA	44
7.	COMBINAZIONI DI CARICO	45
8.	CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI.....	48
8.1	VERIFICHE ALLO SLU	48
	8.1.1 Pressoflessione	48
	8.1.2 Taglio	49
8.2	VERIFICA SLE.....	51
	8.2.1 Verifiche alle tensioni.....	51
	8.2.2 Verifiche a fessurazione	52
9.	VERIFICA DEI TIRANTI.....	53
9.1	BULBO DI ANCORAGGIO.....	54
9.2	ACCIAIO DI ARMATURA.....	58
10.	VERIFICHE GEOTECNICHE DI STABILITA' LOCALE.....	58
11.	CONFIGURAZIONE DELLE OPERE E MODELLI DI CALCOLO.....	60
12.	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO.....	63
13.	SEZIONE IMBOCCO SUD : RISULTATI ANALISI E FASI DI CALCOLO.....	64
13.1	CRITERI DI ANALISI E FASI DI CALCOLO	64
13.2	SOLLECITAZIONI,SFORZI E DEFORMAZIONI	70
13.3	SINTESI RISULTATI.....	72
13.4	VERIFICA STRUTTURALE DIAFRAMMI	73
13.5	VERIFICA DEI TIRANTI	75
13.6	VERIFICA STRUTTURALE E GEOTECNICA PALI STRUTTURA DI CONTRASTO.....	76
	13.6.1 VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE PALI.....	76
	13.6.2 VERIFICA STRUTTURALE PALI.....	79

14.	SEZIONE IMBOCCO NORD : RISULTATI ANALISI E FASI DI CALCOLO	81
14.1	CRITERI DI ANALISI E FASI DI CALCOLO	81
14.2	SOLLECITAZIONI,SFORZI E DEFORMAZIONI.....	87
14.3	SINTESI RISULTATI.....	89
14.4	VERIFICA STRUTTURALE DIAFRAMMI	90
14.5	VERIFICA DEI TIRANTI	92
14.6	VERIFICA STRUTTURALE E GEOTECNICA PALI STRUTTURA DI CONTRASTO.....	93
	14.6.1 VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE PALI.....	93
	14.6.2 VERIFICA STRUTTURALE PALI.....	96

1. GENERALITA'

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo del Raddoppio dell'Itinerario Ferroviario Napoli-Bari nella Tratta Canello-Benevento/ 2° Lotto Funzionale Frasso Telesino – Vitulano.

Le Analisi e Verifiche nel seguito esposte fanno in particolare riferimento alle sezioni di imbocco della Galleria artificiale di Telese, prevista sull'asse principale del tracciato di progetto, tra le pk 22+276,80 e 25+160,20.

1.1 Descrizione dell'opera

Gli imbocchi della galleria sono costituiti da paratie di sostegno tirantate con una o più ordini di tiranti provvisori in corrispondenza del ciglio sinistro dell'asse principale di progetto.

Le paratie sono realizzate mediante setti in c.a. di spessore $s=1,20m$ contrastati da una soletta di contrasto su pali su cui è situata la sede ferroviaria.

I due imbocchi Nord e Sud hanno uno sviluppo longitudinale rispettivamente di 25,00m e di 37,50m.

Nel seguito della presente relazione è affrontato il dimensionamento strutturale e geotecnico delle sezioni di imbocco.

Di seguitosi riportano alcune immagini rappresentative delle sezioni di imbocco. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di riferimento:

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	6 di 123

SEZIONE LONGITUDINALE
Scala 1:100

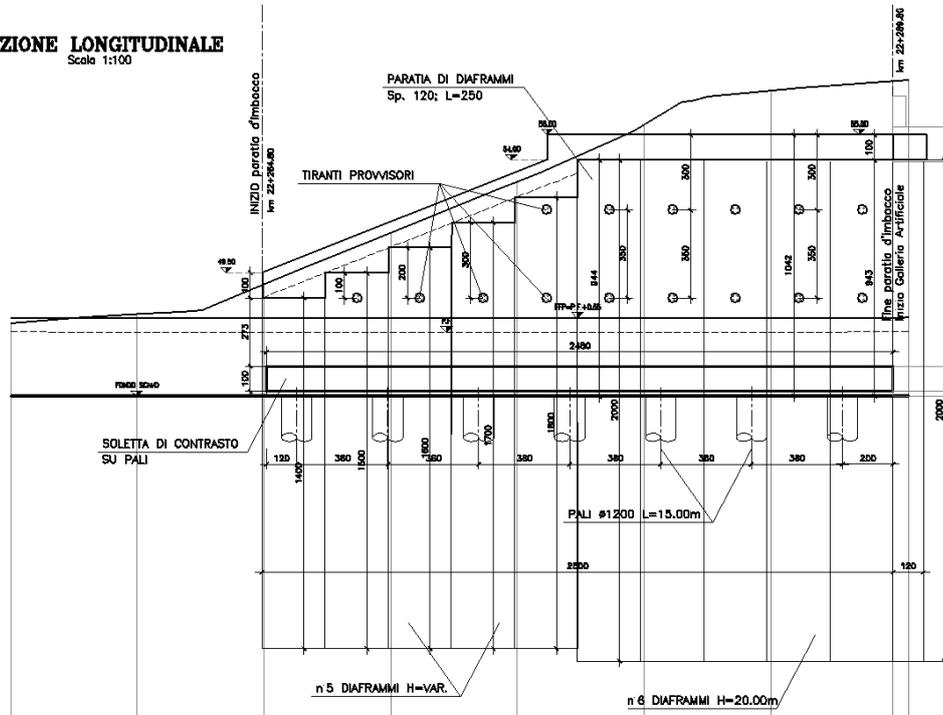


Figura 1 - Sviluppo Longitudinale Imbocco SUD

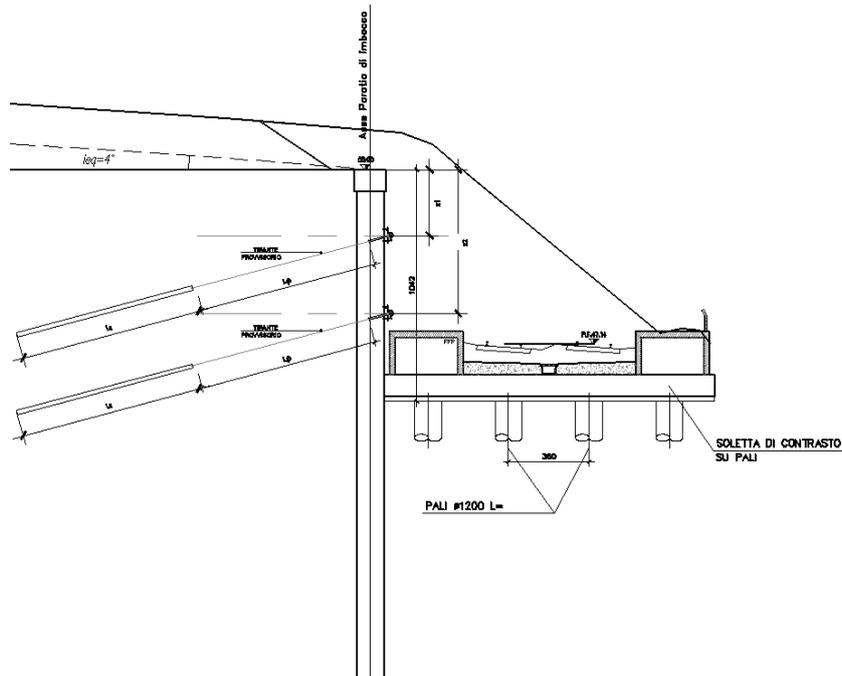


Figura 2 - Sezione trasversale Imbocco SUD

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal
km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA
ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	7 di 123

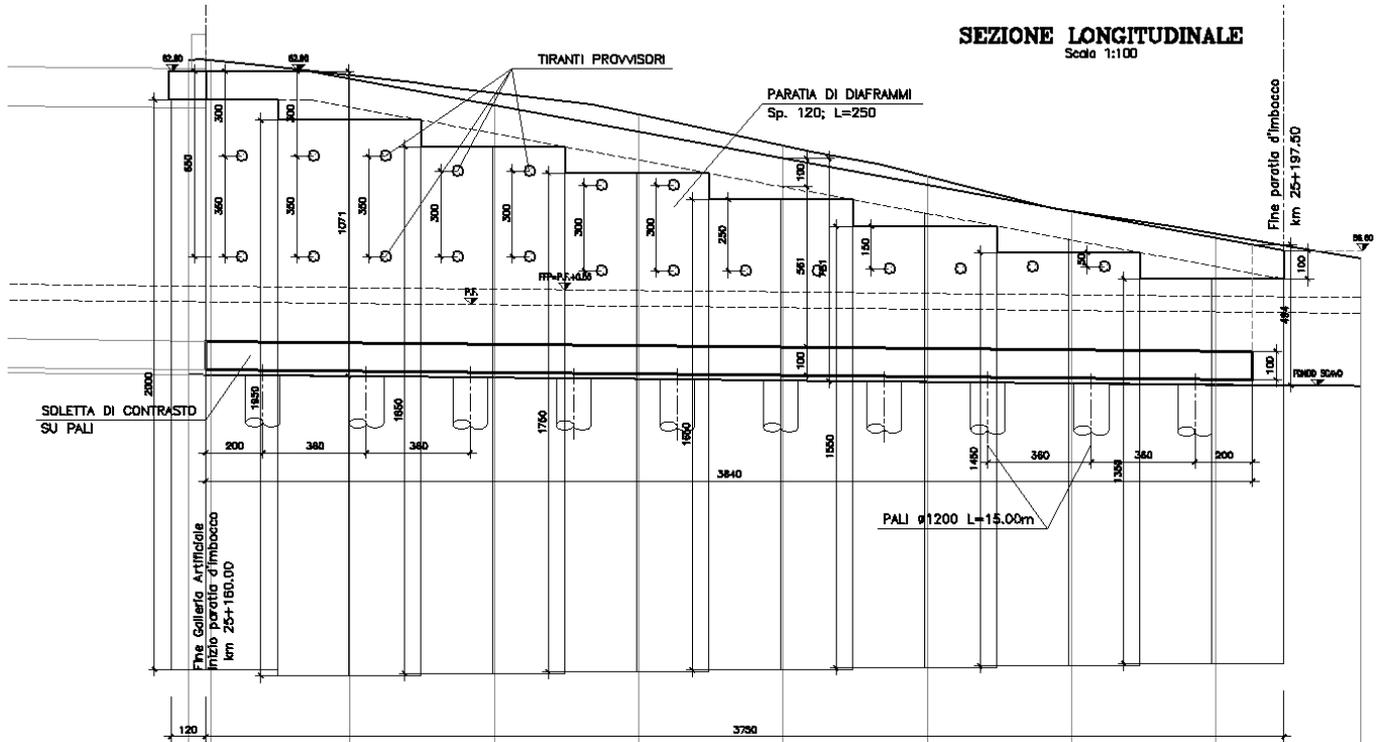


Figura 3 - Sviluppo Longitudinale Imbocco NORD

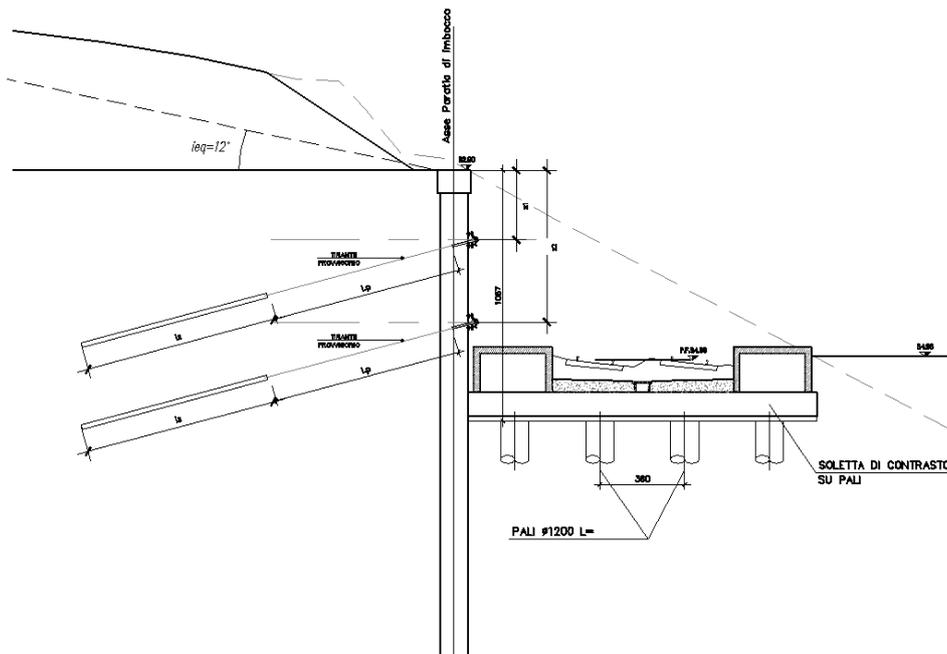


Figura 4 - Sezione trasversale Imbocco NORD

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal
km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA
ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	8 di 123

Nel seguito si adotteranno le seguenti unità di misura:

- per le lunghezze ⇒ m, mm
- per i carichi ⇒ kN, kN/m², kN/m³
- per le azioni di calcolo ⇒ kN, kNm
- per le tensioni ⇒ MPa

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO - TELESE.												
GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi	<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>IF0H</td> <td>02 D 11</td> <td>CL</td> <td>GA020 0003</td> <td>A</td> <td>9 di 123</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	9 di 123
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	9 di 123								

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 6 / Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [10] 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. [11] Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)
- Rif. [12] UNI 11104: Calcestruzzo : Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

2.1 **Elaborati di riferimento**

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

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	10 di 123

3. MATERIALI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali previsti per la realizzazione delle strutture oggetto di calcolo nell'ambito del presente documento:

3.1 CLASSI DI ESPOSIZIONE E COPRIFERRI

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

- Diaframmi, cordoli e rivestimento: XC2;
- Solette Inferiori XA1;

Classe esposizione norma UNI 9698	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 <small>Nota: Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nell'opera 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 tra il calcestruzzo e il suo ambiente.</small>						
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 condensa, 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 in 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 (Fracine). Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti.	0,50	C 32/40	
5 c	XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto.	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 9698	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 alle saline marine 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 alle battigie 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 presenza 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 edificio 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	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori 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. Contenitori 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.

Classi di esposizione secondo norma UNI – EN 206-2006

La determinazione delle classi di resistenza dei conglomerati dei conglomerati, di cui ai successivi paragrafi, sono state inoltre determinate tenendo conto delle classi minime stabilite dalla stessa norma UNI-EN 11104, di cui alla successiva tabella:

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	11 di 123

5.

UNI 11104:2004

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		
		Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti													
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Massimo rapporto <i>a/lc</i>	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	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	32/40	25/30	28/35	28,35	32/40	35/45			
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³)	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	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)}		

¹⁾ 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.

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 n617 del 02-02-09; si è in particolare previsto di adottare i seguenti Copriferri minimi espressi in mm

- Solette: 40 mm
- Diaframmi, cordoli e rivestimento: 60 mm

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	12 di 123

3.2 Calcestruzzo per Fondazione (C 30/37)

Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica a 28 gg:

$$R_{ck} = 37 \text{ MPa}$$

Valore caratteristico della resistenza a compressione cilindrica a 28 gg:

$$f_{ck} = 30.7 \text{ MPa} \quad (0,83 \cdot R_{ck})$$

Resistenza a compressione cilindrica media:

$$f_{cm} = 38.7 \text{ MPa} \quad (f_{ck} + 8)$$

Resistenza a trazione assiale:

$$f_{ctm} = 2.94 \text{ MPa} \quad \text{Valore medio}$$

$$f_{ctk,0,05} = 2.06 \text{ MPa} \quad \text{Valore caratteristico frattile 5\%}$$

Resistenza a trazione per flessione:

$$f_{ctm} = 3.5 \text{ MPa} \quad \text{Valore medio}$$

$$f_{ctk,0,05} = 2.5 \text{ MPa} \quad \text{Valore caratteristico frattile 5\%}$$

Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU:

$$\gamma_c = 1.5$$

Per situazioni di carico eccezionali, tale valore va considerato pari ad 1,0

Resistenza di calcolo a compressione allo SLU:

$$f_{cd} = 17.4 \text{ MPa} \quad (0,85 \cdot f_{ck} / \gamma_s)$$

Resistenza di calcolo a trazione diretta allo SLU:

$$f_{ctd} = 1.37 \text{ MPa} \quad (f_{ctk,0,05} / \gamma_s)$$

Resistenza di calcolo a trazione per flessione SLU:

$$f_{ctd} = 1.65 \text{ MPa} \quad 1,2 \cdot f_{ctd}$$

Per spessori minori di 50mm e calcestruzzi ordinari, tale valore va ridotto del 20%

Modulo di elasticità secante:

$$E_{cm} = 33019 \text{ MPa}$$

Modulo di Poisson:

$$\nu = 0,2$$

□

Coefficiente di dilatazione lineare

$$\alpha = 0.00001 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Tensione di aderenza di calcolo acciaio-calcestruzzo

$$\eta = 1.00$$

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	13 di 123

$$f_{bd} = \boxed{3.09} \text{ MPa} \quad (2,25 \cdot f_{ctk} \cdot \eta / \gamma_s)$$

Nel caso di armature molto addensate, o ancoraggi in zona tesa tale valore va diviso per 1,5

Tensioni massime per la verifica agli SLE

$$\sigma_{\text{cmax QP}} = (0,45 f_{ck}) = \boxed{13.82} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{\text{cmax R}} = (0,60 f_{ck}) = \boxed{18.43} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

Per spessori minori di 50mm e calcestruzzi ordinari, tale valori vanno ridotti del 20%

3.3 Calcestruzzo per pali/Diaframmi, cordoli e rivestimento (C 25/30)

Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica a 28 gg:

$$R_{ck} = \boxed{30} \text{ MPa}$$

Valore caratteristico della resistenza a compressione cilindrica a 28 gg:

$$f_{ck} = \boxed{24.9} \text{ MPa} \quad (0,83 \cdot R_{ck})$$

Resistenza a compressione cilindrica media:

$$f_{cm} = 32.9 \text{ MPa} \quad (f_{ck} + 8)$$

Resistenza a trazione assiale:

$$f_{ctm} = \boxed{2.56} \text{ MPa} \quad \text{Valore medio}$$

$$f_{ctk,0,05} = \boxed{1.79} \text{ MPa} \quad \text{Valore caratteristico frattile 5\%}$$

Resistenza a trazione per flessione:

$$f_{ctm} = \boxed{3.1} \text{ MPa} \quad \text{Valore medio}$$

$$f_{ctk,0,05} = \boxed{2.1} \text{ MPa} \quad \text{Valore caratteristico frattile 5\%}$$

Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU:

$$\gamma_c = \mathbf{1.5}$$

Per situazioni di carico eccezionali, tale valore va considerato pari ad 1,0

Resistenza di calcolo a compressione allo SLU:

$$f_{cd} = \boxed{14.1} \text{ MPa} \quad (0,85 \cdot f_{ck} / \gamma_s)$$

Resistenza di calcolo a trazione diretta allo SLU:

$$f_{ctd} = \boxed{1.19} \text{ MPa} \quad (f_{ctk,0,05} / \gamma_s)$$

Resistenza di calcolo a trazione per flessione SLU:

$$f_{ctd f} = \boxed{1.43} \text{ MPa} \quad 1,2 \cdot f_{ctd}$$

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	14 di 123

Per spessori minori di 50mm e calcestruzzi ordinari, tale valore va ridotto del 20%

Modulo di elasticità secante:

$$E_{cm} = \boxed{31447} \text{ MPa}$$

Modulo di Poisson:

$$\nu = \boxed{0,2}$$

Coefficiente di dilatazione lineare

$$\alpha = \boxed{0.00001} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Tensione di aderenza di calcolo acciaio-calcestruzzo

$$\eta = 1.00$$

$$f_{bd} = \boxed{2.69} \text{ MPa} \quad (2,25 \cdot f_{ctk} \cdot \eta / \gamma_s)$$

Nel caso di armature molto addensate, o ancoraggi in zona tesa tale valore va diviso per 1,5

Tensioni massime per la verifica agli SLE

$$\sigma_{\max \text{ QP}} = (0,45 f_{ck}) = \boxed{11.21} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{\max \text{ R}} = (0,60 f_{ck}) = \boxed{14.94} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

Per spessori minori di 50mm e calcestruzzi ordinari, tale valori vanno ridotti del 20%

3.4 Calcestruzzo magro per Getti di livellamento/sottofondazioni (C12/15)

Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica a 28 gg:

$$R_{ck} = \boxed{15} \text{ MPa}$$

Valore caratteristico della resistenza a compressione cilindrica a 28 gg:

$$f_{ck} = \boxed{12.5} \text{ MPa} \quad (0,83 \cdot R_{ck})$$

Resistenza a compressione cilindrica media:

$$f_{cm} = 20.5 \text{ MPa} \quad (f_{ck} + 8)$$

Si omettono resistenze e/o tensioni di calcolo, essendo tale conglomerato previsto per parti d'opera senza funzioni strutturali.

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	15 di 123

3.5 Acciaio in barre d'armatura per c.a. (B450C)

Tensione caratteristica di rottura:

$$f_{tk} = \boxed{540} \text{ MPa (frattile al 5\%)}$$

Tensione caratteristica allo snervamento:

$$f_{yk} = \boxed{450} \text{ MPa (frattile al 5\%)}$$

Fattore di sovrarresistenza (nel caso di impiego di legame costitutivo tipo bilineare con incrudimento)

$$k = f_{tk}/f_{yk} = \boxed{1.20} \text{ MPa}$$

Allungamento a rottura (nel caso di impiego di legame costitutivo tipo bilineare con incrudimento)

$$(A_{gt})_k = \epsilon_{uk} = \boxed{7.5} \%$$

$$\epsilon_{ud} = 0,9 \epsilon_{uk} = \boxed{6.75} \%$$

Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU:

$$\gamma_c = \mathbf{1.15}$$

Per situazioni di carico eccezionali, tale valore va considerato pari ad 1,0

Resistenza di calcolo allo SLU:

$$f_{yd} = \boxed{391.3} \text{ MPa } (f_{yk}/\gamma_s)$$

Modulo di elasticità :

$$E_f = \boxed{210000} \text{ MPa}$$

Tensione massima per la verifica agli SLE (Prescrizioni Manuale RFI Parte 2-Sezione 2)

$$\sigma_{s \max} = (0,75 f_{yk}) = \boxed{360} \text{ MPa} \quad \text{Combinazione di Carico Caratteristica(Rara)}$$

3.6 ACCIAIO PER trefoli

Di seguito si riportano le caratteristiche di progetto dell'acciaio previsto per i trefoli di armatura dei Tiranti di Ancoraggio in accordo a quanto indicato al prg11.3.3.2 del DM 14.01.08:

Tensione caratteristica di rottura : $f_{ptk} = 1860 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica all'1 % di deformazione totale: $f_{p(1)k} = 1670 \text{ N/mm}^2$

Allungamento sotto carico massimo: $A_{gt} = 3.5 \%$

Modulo di Elasticità: $E_f = 210.000 \text{ N/mm}^2$

Coefficienti parziale per le verifiche agli SLU: $\gamma_s = 1.15$

Resistenza di Calcolo : $f_{yd} = f_{p(1)k} / \gamma_s = 1452 \text{ N/mm}^2$

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	16 di 123

4. CARATTERIZZAZIONE E CRITERI DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA

La galleria ricade alle chilometriche 22+276,80 - 25+160,20 del tracciato di progetto dell'Asse Principale, nell'ambito del 1° Lotto Funzionale Frasso-Telese, individuato dalle pk 16+500 – 27+700.

La definizione del modello geotecnico di sottosuolo di riferimento per il dimensionamento delle strutture di fondazione dell'opera, è trattata diffusamente nella specifica sezione dedicata all'opera in esame nell'ambito del seguente documento di progetto:

Relazione generale di linea delle opere all'aperto - Sub lotto 1	I	F	O	H	1	2	D	1	1	R	B	G	E	0	0	0	1	0	0	1	A
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

4.1 Inquadramento geologico geotecnico generale

Nel seguito si riassumono i parametri geotecnici di progetto per le varie unità geotecniche così come riportate nella relazione geotecnica generale delle opere di linea di cui al paragrafo precedente sono riportati gli estremi.

Unità Ra – Terreno di riporto – rilevato ferroviario esistente

$\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E' = 35 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico operativo

Unità b2 – Limo argilloso deb. sabbioso

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 24\div 26^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0\div 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 60\div 170 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$E_o = 70\div 200 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	17 di 123

Unità ba1 – Ghiaia sabbiosa (Alluvioni attuali e recenti)

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 38\div 40^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$N_{spt} = 30\div R$	numero di colpi da prova SPT
$D_r = 60\div 90$	densità relativa
$V_s = 200\div 400 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 75\div 300 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale (a piccole deformazioni)
$E_o = 200\div 750 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

Unità ba2 – Sabbia, sabbia limosa (Alluvioni attuali e recenti)

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 31\div 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$N_{spt} = 8\div 25$	numero di colpi da prova SPT
$D_r = 30\div 70$	densità relativa
$V_s = 130\div 250 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 35\div 120 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale (a piccole deformazioni)
$E_o = 90\div 300 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

Unità ba3 – Argille limose (Alluvioni attuali e recenti)

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 24\div 25^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0\div 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 40\div 75 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$N_{spt} = 5\div 15$	numero di colpi da prova SPT
$E_o = 45\div 90 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	18 di 123

Unità bc1 – Ghiaia sabbiosa (Alluvioni antiche)

$\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 40^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$N_{spt} = 43$	numero di colpi da prova SPT
$D_r = 40$	densità relativa
$V_s = 200 \div 300 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 75 \div 175 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale (a piccole deformazioni)
$E_o = 200 \div 450 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

Unità bc2 – Sabbia, sabbia limosa (Alluvioni antiche)

$\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 30 \div 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$N_{spt} = 5 \div 30$	numero di colpi da prova SPT
$D_r = 20 \div 60$	densità relativa
$V_s = 130 \div 300 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 35 \div 175 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale (a piccole deformazioni)
$E_o = 90 \div 450 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

Unità bc3 – Argille limose (Alluvioni antiche)

$\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 24^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 5 \div 10 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 40 \div 150 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$N_{spt} = 10 \div 20$	numero di colpi da prova SPT
$V_s = 130 \div 180 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal
km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA
ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	19 di 123

$G_o = 30 \div 60$ MPa modulo di deformazione a taglio iniziale (a piccole deformazioni)

$E_o = 85 \div 150$ MPa modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

Unità bc4 – Travertini litoidi (Alluvioni antiche)

$\gamma = 20$ kN/m³ peso di volume naturale

$N_{spt} = 40 \div 45$ numero di colpi da prova SPT

$\phi' = 39 \div 40^\circ$ angolo di resistenza al taglio

$c' = 0 \div 5$ kPa coesione drenata

$E_o = 800$ MPa modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

Unità bn1 – Ghiaia sabbiosa (Alluvioni terrazzate)

$\gamma = 20.0$ kN/m³ peso di volume naturale

$\phi' = 40^\circ$ angolo di resistenza al taglio

$c' = 0$ kPa coesione drenata

$N_{spt} = R$ numero di colpi da prova SPT

$D_r = 70$ densità relativa

$V_s = 290 \div 380$ m/s velocità delle onde di taglio

$G_o = 160 \div 280$ MPa modulo di deformazione a taglio iniziale (a piccole deformazioni)

$E_o = 400 \div 730$ MPa modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

Unità bn2 – Sabbia, sabbia limosa (Alluvioni terrazzate)

$\gamma = 20.0$ kN/m³ peso di volume naturale

$\phi' = 35^\circ$ angolo di resistenza al taglio

$c' = 0$ kPa coesione drenata

$N_{spt} = 13$ numero di colpi da prova SPT

$D_r = 35$ densità relativa

$V_s = 200$ m/s velocità delle onde di taglio

$G_o = 75 \text{ MPa}$ modulo di deformazione a taglio iniziale (a piccole deformazioni)

$E_o = 200 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

Unità TGC1 – Tufo lapideo (Tufo grigio campano) (non ci sono indagini a disposizione su questa unità, quindi per ora si assumono cautelativamente i parametri dell'unità TGC2)

$\gamma = \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale

$\varphi' = \text{ }^\circ$ angolo di resistenza al taglio

$c' = \text{ kPa}$ coesione drenata

Unità TGC2 – Cenere sabbiosa, sabbioso-limosa (Tufo grigio campano)

$\gamma = 18.5 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale

$\varphi' = 30\div 37^\circ$ angolo di resistenza al taglio

$c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata

$N_{spt} = 10\div 60$ numero di colpi da prova SPT

$D_r = 20\div 80$ densità relativa

$V_s = 120\div 300 \text{ m/s}$ velocità delle onde di taglio

$G_o = 40\div 175 \text{ MPa}$ modulo di deformazione a taglio iniziale (a piccole deformazioni)

$E_o = 100\div 450 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

$E_o = 250 \cdot (\sigma'_v / p_a)^{0.50} \text{ MPa}$

Unità TGC3 – Argille limose (Tufo grigio campano)

$\gamma = 18.5 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale

$\varphi' = 29^\circ$ angolo di resistenza al taglio

$c' = 10 \text{ kPa}$ coesione drenata

$c_u = 50\div 150 \text{ kPa}$ resistenza al taglio in condizioni non drenate

$N_{spt} = 15\div 23$ numero di colpi da prova SPT

$G_o = 80 \text{ MPa}$ modulo di deformazione a taglio iniziale (a piccole deformazioni)

$E_o = 190 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	21 di 123

Unità MDL1 – Ghiaia sabbiosa (Unità di Maddaloni)

$\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
 $\varphi' = 38 \div 41^\circ$ angolo di resistenza al taglio
 $c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata
 $N_{spt} = 60 \div R$ numero di colpi da prova SPT
 $D_r = 70 \div 85$ densità relativa
 $V_s = 240 \div 450 \text{ m/s}$ velocità delle onde di taglio
 $G_o = 110 \div 390 \text{ MPa}$ modulo di deformazione a taglio iniziale (a piccole deformazioni)
 $E_o = 290 \div 1000 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)
 $E_o = 450 \cdot (\sigma'_{v/p_a})^{0.28} \text{ MPa}$

Unità MDL2 – Sabbia, sabbia limosa (Unità di Maddaloni)

$\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
 $\varphi' = 30 \div 35^\circ$ angolo di resistenza al taglio
 $c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata
 $N_{spt} = 10 \div 60$ numero di colpi da prova SPT
 $D_r = 30 \div 70$ densità relativa
 $V_s = 180 \div 350 \text{ m/s}$ velocità delle onde di taglio
 $G_o = 65 \div 240 \text{ MPa}$ modulo di deformazione a taglio iniziale (a piccole deformazioni)
 $E_o = 170 \div 650 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)
 $E_o = 230 \cdot (\sigma'_{v/p_a})^{0.55} \text{ MPa}$

Unità MDL3 – Argille limose (Unità di Maddaloni)

$\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
 $\varphi' = 23 \div 27^\circ$ angolo di resistenza al taglio
 $c' = 10 \div 20 \text{ kPa}$ coesione drenata
 $c_u = 75 \div 450 \text{ kPa}$ resistenza al taglio in condizioni non drenate

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal
km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA
ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	22 di 123

$N_{spt} = 10 \div R$ numero di colpi da prova SPT

$V_s = 200 \div 400$ m/s velocità delle onde di taglio

$G_o = 80 \div 390$ MPa modulo di deformazione a taglio iniziale (a piccole deformazioni)

$E_o = 200 \div 1000$ MPa modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

Unità MDL4 – Calcare fratturato (Unità di Maddaloni)

$\gamma = 20.0$ kN/m³ peso di volume naturale

$\phi' = 34 \div 40^\circ$ angolo di resistenza al taglio

$c' = 30 \div 40$ kPa coesione drenata

$E_o = 800$ MPa modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

4.2 modello geotecnico di progetto

Sulla scorta di quanto riportato ai paragrafi precedenti, sono state individuati 2 modelli geotecnici di sottosuolo, validi per ciascuno dei due imbocchi della galleria, considerati nelle analisi:

MODELLO GEOTECNICO IMBOCCO SUD

Quota 0 coincidente con estradosso Cordolo paratia posto a

-1.5 m da P.C.

0	Litotipo	Potenza m	γ KN/m ³	c' KPa	ϕ'	E' MPa
	Unità di Maddaloni - 4 (Calcere fratturato)	MDL4 10	20	30	34	200
-12.5						
<u>FALDA</u> -17	Unità di Maddaloni - 2 (Sabbia, Sabbia limosa)	MDL2	20	0	32	60

Figura 5 – Modello Geotecnico paratie imbocco Sud

MODELLO GEOTECNICO IMBOCCO NORD

Quota 0 coincidente con estradosso Cordolo paratia posto a **-0.5** m da P.C.

	Litotipo	Potenza m	γ KN/m ³	c' KPa	ϕ'	E' MPa	
0							
-1	Unità di Maddaloni - 2 (Sabbia, Sabbia limosa)	MDL2	1	20	0	32	60
-4.5	Unità di Maddaloni - 4 (Calcere fratturato)	MDL4	3.5	20	30	34	200
-6	Unità di Maddaloni - 2 (Sabbia, Sabbia limosa)	MDL2	1.5	20	0	32	60
-9	Unità di Maddaloni - 3 (Argille limose)	MDL3	3	20	10	24	50
<u>FALDA</u> -14	Unità di Maddaloni - 2 (Sabbia, Sabbia limosa)	MDL2	6	20	0	32	60
-15	Unità di Maddaloni - 3 (Argille limose)	MDL3		20	10	24	60

Figura 6 – Modello Geotecnico da pk:22+277 - 23+900

Nota: E' è il modulo di deformabilità operativo adottato per il calcolo delle deformazioni/cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni assunto pari ad 1/4-1/5 di quello iniziale E_0 .

4.3 COEFFICIENTE α

Nella Relazione Geotecnica Generale già citata in precedenza, è riportata la valutazione del parametro alfa (α) per le varie situazioni stratigrafiche caratteristiche del tracciato, tra cui l'area interessata dalla realizzazione dell'opera in esame; in funzione dei risultati ottenuti si è ritenuto di assumere, per i pali D=1200mm di fondazione del solettone di contrasto, un valore del coefficiente α pari a **2.6m**.

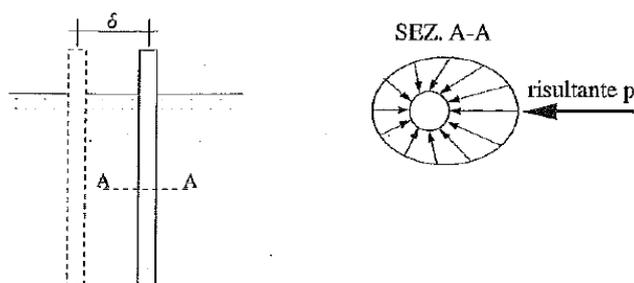
4.4 CARICO LIMITE PER AZIONI ORIZZONTALI DEI PALI DI FONDAZIONE DEL SOLETTONE DI CONTRASTO

L'analisi del comportamento dei pali di fondazione soggetti ad azioni orizzontali in condizioni prossime al collasso, è stato studiato da numerosi autori; tra le teorie che trovano maggiore applicazione nella pratica tecnica vi è quella di Broms (1964) a cui si farà riferimento nella trattazione esposta nel seguito per la valutazione del carico limite orizzontale dei pali (H_{LM}) per le varie situazioni di studio.

Il calcolo delle portate di progetto rispetto a cui confrontare i carichi massimi attesi in condizioni di stato limite ultimo Statico e Sismico, è inoltre effettuata tenendo conto delle prescrizioni della normativa attualmente vigente che definisce il valore dei coefficienti parziali di sicurezza da applicare alla portata limite teorica.

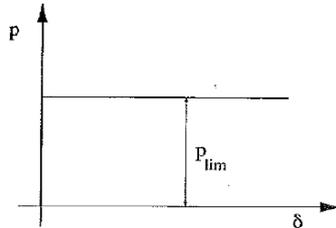
4.4.1 LA TEORIA DI BROMS

La teoria di Broms assume che il comportamento dell'interfaccia Palo-Terreno, sia di tipo rigido-perfettamente plastico, ovvero che la resistenza del terreno si mobiliti interamente per un qualsiasi valore non nullo dello spostamento orizzontale δ , restando costante al crescere dello spostamento, secondo quando rappresentato schematicamente nelle figure seguenti:



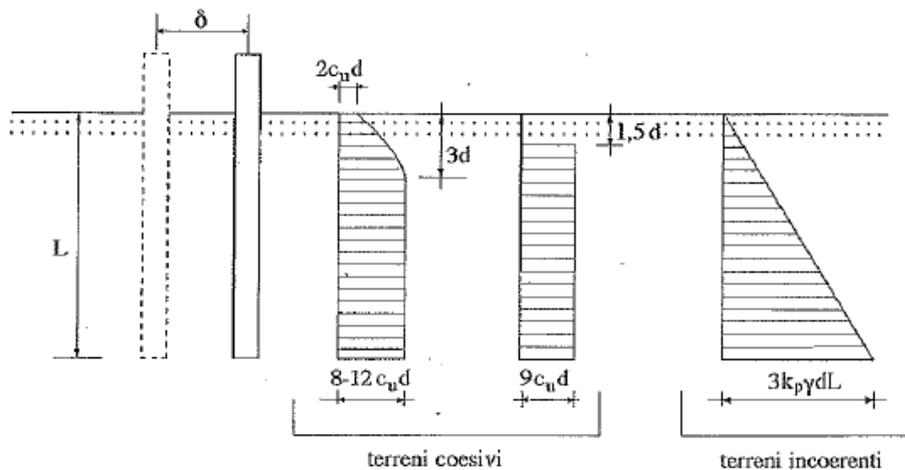
GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	26 di 123



- Comportamento rigido plastico del terreno -

Nello specifico, lo schema di reazioni del terreno in condizioni di stato ultimo ipotizzate da Broms è quello rappresentato nella figura seguente, ove viene mostrato il caso di terreni incoerenti e coerenti, per i quali nella fattispecie si definisce un doppio diagramma, quello teorico e quello equivalente corrispondente caratterizzata da un'intensità costante pari a $9 c_u d$.



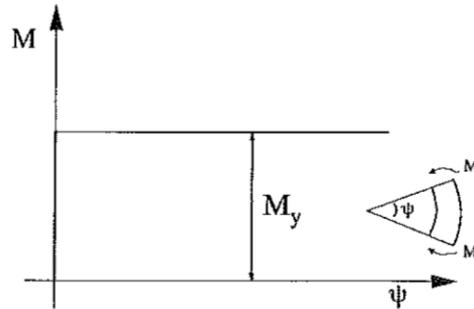
- Schema diagrammi di resistenza limite del terreno -

La studio dell'interazione palo-terreno per effetto di azioni orizzontali, è tuttavia condizionata dalla capacità resistente del palo stesso, che può essere chiamata in causa determinando comportamenti differenti e quindi azioni limite funzione del meccanismo di rottura che si va ad instaurare.

La teoria di Broms presuppone inoltre che anche il palo abbia un comportamento flessionale di tipo rigido-perfettamente plastico, ovvero che le rotazioni elastiche Ψ siano trascurabili sino a che il momento flettente non attinge il valore di plasticizzazione M_y , che determina la formazione di una cerniera plastica; il tutto è riassunto nel grafico $M-\Psi$ di cui nel seguito:

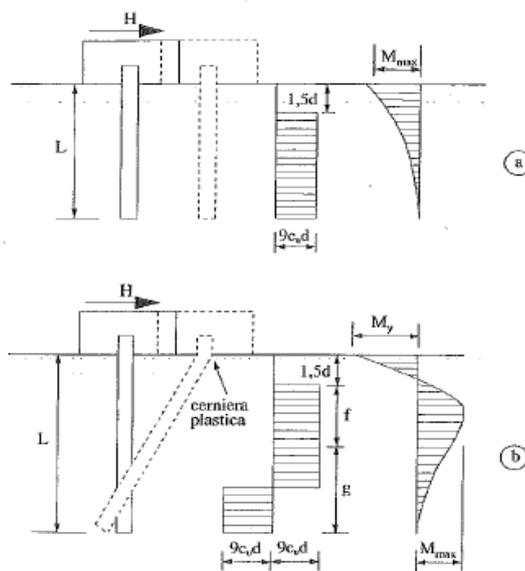
GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	27 di 123



Altro aspetto condizionante l'interazione mutua palo terreno, è in aggiunta a quella già elencate ovvero tipo di terreno e caratteristiche flessionali del palo, è la presenza di eventuali condizioni di vincolo in corrispondenza della sezione di testa.

Con riferimento al caso specifico in studio, ove i terreni possono considerarsi a comportamento "coesivo" e la testa palo., per la presenza del soprastante plinto di fondazioni in cui gli stessi vanno ad innestarsi, può considerarsi a "rotazione impedita", possono configurarsi i seguenti meccanismi di collasso:



GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	28 di 123

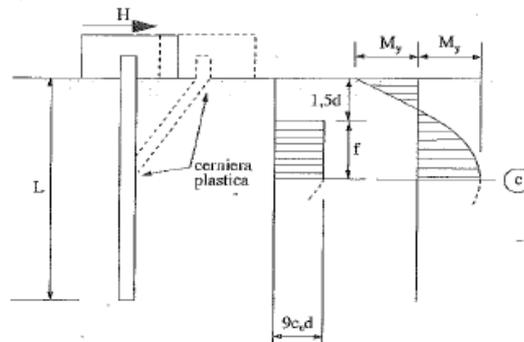


Fig. 13.27. Pali impediti di ruotare in testa, terreni coesivi:
a) palo "corto"; b) palo "intermedio"; c) palo "lungo"

La figura precedente mostra tre differenti meccanismi possibili, che nell'ordine vengono definiti come di "PALO CORTO" (a), "PALO INTERMEDIO" (b) e "PALO LUNGO" (c) la cui attivazione è regolata fondamentalmente dagli aspetti citati.

Il caso di comportamento di "PALO CORTO", prevede l'istaurarsi di un momento flettente massimo a testa palo M_{max} , inferiore al momento di plasticizzazione M_y della sezione del palo a tale quota, risultando in tal caso quindi:

$$H = 9c_u d(L - 1,5d)$$

$$M_{max} = H(0,5L + 0,75d)$$

Nel caso in cui il valore di $M_{max} > M_y$, si configura il meccanismo b cosiddetto di "PALO INTERMEDIO"; in tale condizione risulta:

$$H = 9c_u d f$$

La determinazione del valore di f , è conseguentemente del parametro g , può essere effettuata imponendo l'equilibrio alla rotazione intorno al punto di formazione della cerniera plastica (testa palo) ovvero:

$$M_y + 9c_u d \frac{g^2}{4} - 9c_u d f \left(\frac{f}{2} + 1,5d \right) = 0$$

Ovviamente, occorre controllare la condizione : $M_{max} = H (1,5d+f) - M_y - 9c_u d f^2/2 < M_y$

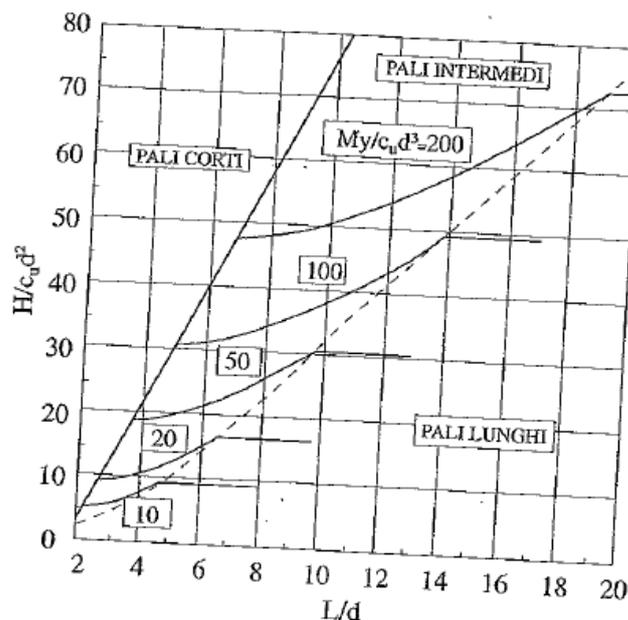
che nel caso in cui non fosse rispettata, ovvero risultasse $M_{max} > M_y$, il meccanismo resistente che si instaura è quello di “PALO LUNGO”, che prevede la formazione di due cerniere plastiche di cui la prima a testa palo e la seconda a distanza $1.5d + f$ da quest’ultima

La determinazione del valore di f è ancora una volta possibile attraverso le equazioni di equilibrio alla traslazione e rotazione del tratto di palo compreso tra le due cerniere plastiche, ovvero :

$$H = 9 c_u d f$$

$$H(1,5d + 0,5f) = 2M_y$$

In definitiva, è possibile costruire un abaco in cui in funzione della lunghezza adimensionale del Palo (L/d) e della relativa resistenza flessionale adimensionale ($M_y/c_u d^2$) con cui valutare il tipo di meccanismo di rottura atteso ed il corrispondente valore del carico limite adimensionale $H/c_u d^2$, rappresentato nella figura seguente:



- Abaco Carico limite H per terreni coesivi e pali a rotazione in testa impedita

Per maggiori dettagli ed approfondimenti sul tema è possibile tuttavia riferirsi alla Bibliografia tecnica (Fondazioni – “C.Viggiani” – cfr 13.2)

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

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

L'opera in questione rientra in particolare nell'ambito del Progetto di Raddoppio della tratta Ferroviaria Frasso Telesino – Vitulano, che 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).

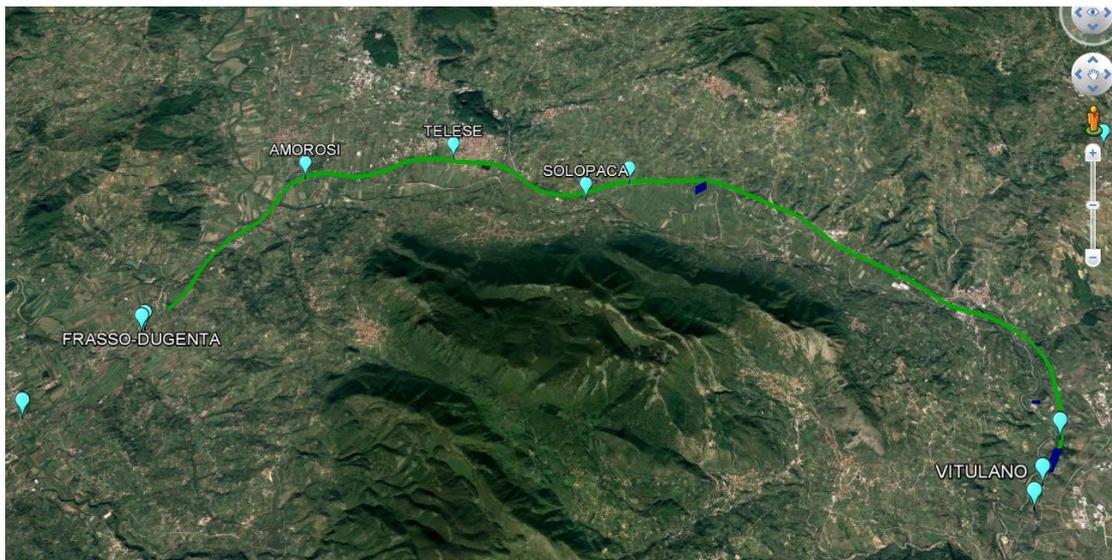


Figura 7 – Configurazione planimetrica tracciato

Nella fattispecie, l'opera di sviluppo circa 3Km, interessa il territorio dei Comuni di Telese e Solopaca; nei riguardi della valutazione delle azioni sismiche di progetto, si è fatto riferimento ai parametri di pericolosità sismica del Comune di Solopaca (BN) come esposto nei paragrafi seguenti.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO - TELESE.												
GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi	<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>IF0H</td> <td>02 D 11</td> <td>CL</td> <td>GA020 0003</td> <td>A</td> <td>31 di 123</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	31 di 123
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	31 di 123								

5.1 Vita nominale e classe d'uso

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale (VN), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso (CU)

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale: $VN = 75$ anni (categoria 2: "Altre opere nuove a velocità $V < 250$ Km/h"). Riguardo invece la Classe d'Uso, all'opera in oggetto corrisponde una Classe III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II): $C_u = 1.5$.

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_n per il coefficiente d'uso C_u , ovvero:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$ anni

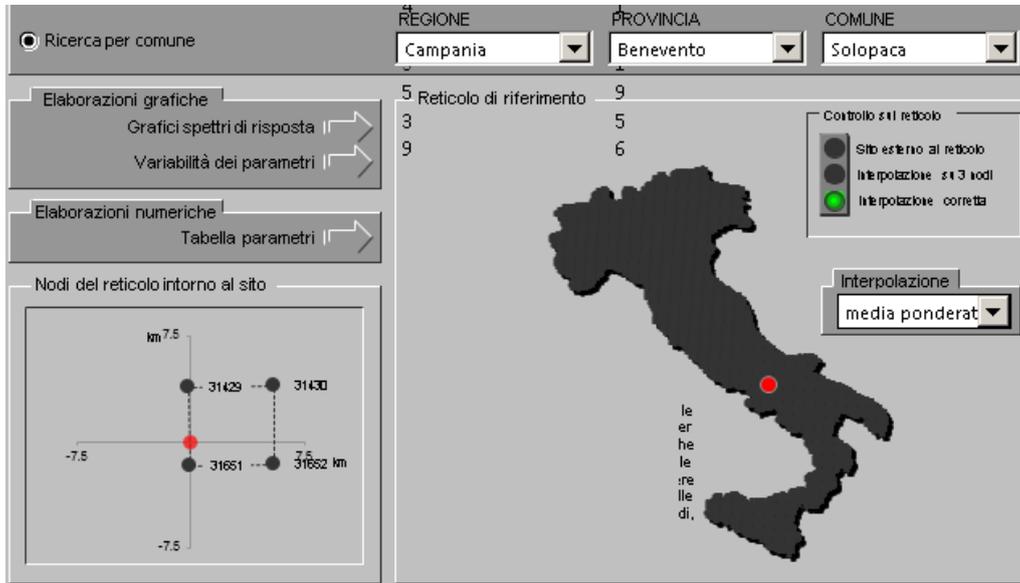
5.2 Parametri di pericolosità sismica

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi del D.M. 14-01-2008, costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (Periodo di riferimento per valutazione azione sismica / V_R) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 14.01.08, si ottiene per il sito in esame:

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	32 di 123



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

Tabella di riepilogo Parametri di pericolosità sismica Solopaca

5.3 Categoria di sottosuolo e categoria topografica

Le Categoria di Sottosuolo e le Condizioni Topografiche sono valutate come descritte al punto 3.2.2 del DM 14.01.08. Per il caso in esame, come riportato all'interno della relazione geotecnica e di calcolo del lotto in esame (lotto1) (cod. elaborato IF0H02D 11CLGE0001004A), risulta una categoria di sottosuolo di tipo C e una classe Topografica T1.

6. CRITERI GENERALI DI ANALISI DI PARATIE DI SOSTEGNO

6.1 Metodologia di calcolo

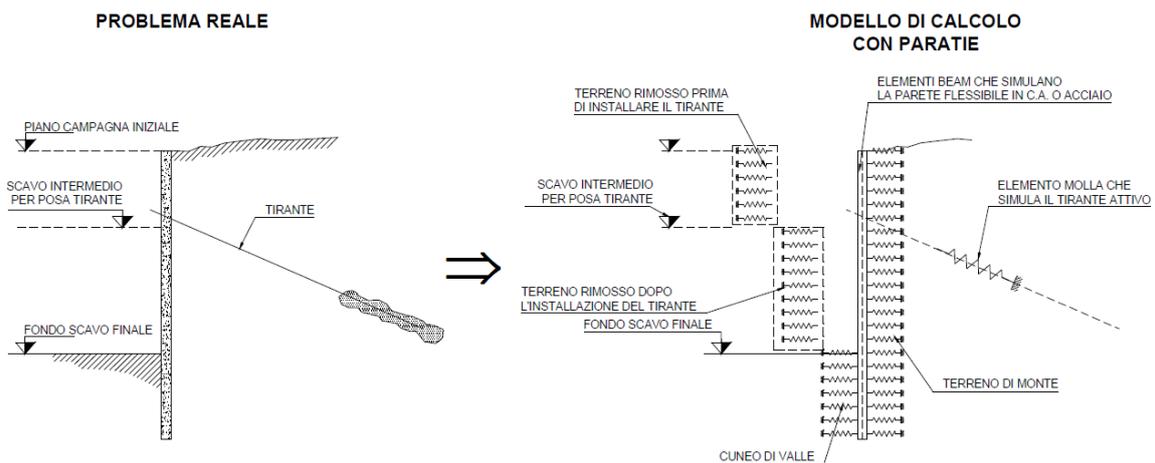
Le analisi finalizzate al dimensionamento delle strutture sono state condotte con il programma di calcolo "Paratie Plus" della HarpaCeas s.r.l. di Milano.

Lo studio del comportamento di un elemento di paratia inserito nel terreno viene effettuato tenendo conto della deformabilità dell'elemento stesso, considerato in regime elastico, e soggetto alle azioni derivanti dalla spinta dei terreni, dalle eventuali differenze di pressione idrostatiche, dalle spinte dovute ai sovraccarichi esterni e dalla presenza degli elementi di contrasto.

La paratia viene discretizzata con elementi finiti monodimensionali a due gradi di libertà per nodo (spostamento orizzontale e rotazione).

Il terreno viene schematizzato con delle molle secondo un modello elasto-plastico; esso reagisce elasticamente sino a valori limite dello spostamento, raggiunti i quali la reazione corrisponde, a seconda del segno dello stesso spostamento, ai valori limite della pressione attiva o passiva.

Gli spostamenti vengono computati a partire dalla situazione di spinta "a riposo".



Al fine di ottenere informazioni attendibili sull'entità delle sollecitazioni e delle deformazioni nelle paratie è necessario poterne seguire il comportamento durante le principali fasi esecutive.

A tal riguardo, l'interazione fra la paratia e il terreno, è simulata modellando la prima con elementi finiti caratterizzati da una rigidità flessionale ed il secondo con molle elasto-plastiche connesse ai nodi

della paratia di rigidezza proporzionale al modulo di rigidezza del terreno. Inoltre, è possibile modellare eventuali elementi di sostegno della paratia (tiranti, puntoni) con molle dotate di opportuna rigidezza.

In particolare, la paratia è schematizzata attraverso un diaframma di spessore equivalente ricavato attraverso la seguente espressione:

$$s_{eq} = \sqrt[3]{\frac{12E_m J_p}{i}}$$

dove:

E_m modulo elastico del calcestruzzo costituente i pali

J_p inerzia della sezione del palo

i interasse dei pali

Il terreno si comporta come un mezzo elastico sino a che il rapporto tra la tensione orizzontale efficace ($\sigma'h$) e la tensione verticale efficace ($\sigma'v$) risulta compreso tra il coefficiente di spinta attivo (k_a) e passivo (k_p), mentre quando il rapporto è pari a k_a o a k_p il terreno si comporta come un mezzo elasto-plastico.

Questo modello, nella sua semplicità concettuale, derivato direttamente dal modello di Winkler, consente una simulazione del comportamento del terreno adeguata agli scopi progettuali. In particolare, vengono superate le limitazioni dei più tradizionali metodi dell'equilibrio limite, non idonei a seguire il comportamento della struttura al variare delle fasi esecutive.

I parametri di deformabilità del terreno compaiono nella definizione della rigidezza delle molle. Per un letto di molle distribuite la rigidezza di ciascuna di esse, k , è data da:

$$k = E / L$$

ove E è un modulo di rigidezza del terreno mentre L è una grandezza geometrica caratteristica. Poiché nel programma PARATIE le molle sono posizionate a distanze finite Δ , la rigidezza di ogni molla è:

$$K = \frac{E\Delta}{L}$$

Il valore di Δ è fornito dalla schematizzazione ad elementi finiti. Il valore di L è fissato automaticamente dal programma. Esso rappresenta una grandezza caratteristica che è diversa a valle e a monte della

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO - TELESE.</p>					
<p>GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi</p>	<p>COMMESSA IF0H</p>	<p>LOTTO 02 D 11</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO GA020 0003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 35 di 123</p>

paratia perché diversa è la zona di terreno coinvolta dal movimento in zona attiva e passiva. Si è scelto, in zona attiva (uphill):

$$L_A = \frac{2}{3} \ell_A \tan(45^\circ - \phi'/2)$$

e in zona passiva (downhill):

$$L_p = \frac{2}{3} \ell_p \tan(45^\circ + \phi'/2)$$

dove la ed ℓ_p e sono rispettivamente:

$$\ell_A = \min\{l, 2H\};$$

$$\ell_p = \min\{l - H, H\}$$

e dove l = altezza totale della paratia e H = altezza corrente dello scavo. La logica di questa scelta è illustrata nella pubblicazione di Becci e Nova (1987). Si assume in ogni caso un valore di H non minore di 1/10 dell'altezza totale della parete.

6.2 Coefficienti di Spinta

6.2.1 Coefficienti ed Incremento di Spinta in Fase Statica

Il metodo di calcolo richiede ovviamente la definizione di parametri, valutati in funzione delle caratteristiche geotecniche e fisiche dei terreni, delle caratteristiche geometriche e strutturali dell'opera.

In particolare la pressione fondamentale dell'analisi è la $\sigma'h$ che lo scheletro solido del terreno esercita sulla struttura di sostegno che dipende dagli spostamenti che essa subisce per effetto di $\sigma'h$ stessa ovvero dipende dall'interazione fra la struttura ed il terreno a tergo dell'opera.

Nel caso in cui la struttura subisca uno spostamento verso valle, la $\sigma'h$ sul paramento di monte può essere calcolata come:

$$\sigma'h = K_a \cdot \sigma'v - 2 \cdot c' \cdot (K_a)^{0.5} \text{ pressione attiva}$$

dove:

K_a = coefficiente di spinta attiva;

σ'_v = tensione verticale efficace alla generica profondità

c' = coesione efficace.

In condizioni statiche, K_a è funzione dell'angolo di attrito efficace dello scheletro solido φ' , dell'angolo di attrito fra struttura e terreno δ dell'inclinazione β del paramento di monte della struttura di sostegno e dell'inclinazione i del terrapieno a tergo dell'opera .

Nel caso in cui la struttura subisca uno spostamento verso monte, la σ'_h sul paramento di monte può essere calcolata come:

$$\sigma'_h = K_p \cdot \sigma'_v + 2 \cdot c' \cdot (K_p)^{0.5} \text{ pressione passiva}$$

dove:

K_p = coefficiente di spinta passiva;

σ'_v = tensione verticale efficace alla generica profondità;

c' = coesione efficace.

Fra le varie formulazioni proposte per il calcolo di K_a e k_p , di seguito, si farà riferimento a quelle di [Coulomb, 1773] assumendo cautelativamente $\delta=0$.

$$k_a = \frac{\cos^2(\varphi' - \beta)}{\cos^2(\beta) \cos(\delta + \beta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi') \sin(\varphi' - i)}{\cos(\delta + \beta) \cos(i - \beta)}} \right]^2}$$

$$k_p = \frac{\cos^2(\varphi' + \beta)}{\cos^2(\beta) \cos(\delta - \beta) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi') \sin(\varphi' + i)}{\cos(\delta - \beta) \cos(i - \beta)}} \right]^2}$$

dove:

- β è l'inclinazione del paramento del muro rispetto alla verticale;
- δ è l'angolo di attrito tra muro e terreno;
- i è l'inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale;
- φ' è l'angolo d'attrito del terreno.

Pertanto, nel caso di strutture di sostegno flessibili, eventualmente contrastate da elementi strutturali attivi o passivi messi in opera in fasi successive, sul paramento di monte agirà la pressione attiva e su quello di valle la pressione passiva.

Nel caso di strutture molto rigide, incapaci di subire spostamenti sufficienti a mobilitare la pressione attiva o quella passiva, la pressione $\sigma'h$ esercitata dallo scheletro solido sull'opera di sostegno sarà prossima alla pressione geostatica iniziale:

$$\sigma'h = K_0 \cdot \sigma'_v \quad \text{pressione a riposo}$$

dove:

K_0 = coefficiente di spinta a riposo;

σ'_v = tensione verticale efficace.

Secondo la relazione di [Kulhawy et al., 1989] k_0 dipende dalla resistenza del terreno e dal rapporto di sovraconsolidazione del terreno O.C.R.:

$$k_0 = k_0^{nc} (OCR)^m$$

dove:

k_0^{nc} è il coefficiente di spinta a riposo per terreni normal-consolidati che secondo [Jaky, 1936] può essere posto pari a $(1 - \sin \varphi')$;

m è un parametro empirico, di solito compreso tra 0.4 e 0.7.

Il software di calcolo utilizzato è in grado, in funzione del campo di spostamento risultante nei vari step di analisi, di risalire automaticamente all'entità della spinta in ogni fase a partire dal valore iniziale di spinta a riposo.

La rigidità delle molle schematizzanti il terreno sono proporzionali al modulo elastico del terreno. Il modulo di scarico-ricarico (Eur) può essere 1.5÷3 volte quello di primo carico (Evc).

Per strutture di sostegno alla pressione esercitata dallo scheletro solido deve essere sommata la pressione esercitata dall'acqua assumendo schemi di filtrazione idonei in funzione delle condizioni stratigrafiche ed al contorno.

In presenza di Falda, va ovviamente aggiunta la pressione idrostatica che alla generica profondità, può essere valutata come di seguito:

$$u = \gamma_w z$$

In definitiva, l'espressione generale per il calcolo della pressione verticale efficace alla generica profondità z, in caso di eventuale presenza di sovraccarichi sul piano limite e falda è la seguente:

$$\sigma'_v = \gamma (z-hw) + \gamma' hw + q$$

essendo:

γ : peso di volume naturale del terreno

γ' : peso di volume del terreno immerso

hw : altezza di falda rispetto al piano orizzontale posto a quota z

q : intensità del sovraccarico presente su piano limite

6.2.2 Coefficienti ed Incremento di Spinta in Fase Sismica

Nell'analisi per la valutazione della spinta attiva si è utilizzato il Metodo di Mononobe – Okabe (M – O) assumendo $\delta=0$; Il metodo è un'estensione della teoria statica di Coulomb.

Le sovrappressioni sismiche alla M-O sono date dagli sforzi verticali moltiplicati per il seguente coefficiente di spinta:

$$k_{ae} = \frac{\cos^2(\varphi' - \beta - \theta)}{\cos(\theta) \cos^2(\beta) \cos(\delta + \beta + \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi') \sin(\varphi' - i - \theta)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)}} \right]^2}$$

dove:

- β è l'inclinazione del paramento del muro rispetto alla verticale;
- δ è l'angolo di attrito tra muro e terreno;
- i è l'inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale;
- φ' è l'angolo d'attrito del terreno.
- θ tiene conto della presenza del sisma. Può assumere i valori ottenuti dalle Eqz. 28, 29 e 30 rispettivamente per terreno secco, impermeabile e permeabile.

$$\arctan\left(\frac{a_x}{1 - a_y}\right) \quad (28)$$

$$\arctan\left(\frac{\gamma_{dry}}{\gamma_{tot} - \gamma_w} \frac{a_x}{1 - a_y}\right) \quad (29)$$

$$\arctan\left(\frac{\gamma_{dry}}{\gamma_{dry} - \gamma_w} \frac{a_x}{1 - a_y}\right) \quad (30)$$

dove:

$\alpha_x = Kh$ (coefficiente sismico orizzontale)

$\alpha_y = Kv$ (coefficiente sismico verticale)

In definitiva, alla paratia si applica in fase sismica una sovrappinta data complessivamente dalla seguente espressione:

$$F_{eq} = \int (1 - a_v) \cos(\delta) \sigma'_v k_{ae} dH - \int \sigma'_v k_{a,Coulomb} dH$$

Per il coefficiente di spinta passiva in fase sismica "Kpe", la formulazione di M-O può sovrastimare la spinta passiva qualora venga considerato un angolo di scabrezza terreno-paratia $\delta > 0$.

Nel caso in esame, anche se $\delta=0$, per la valutazione di Kpe si farà riferimento alla formulazione di Lancellotta (2007) in grado di tener conto della non planarità della superficie di scorrimento ricavata applicando il teorema del limite inferiore dell'analisi limite:

$$K_{phe} = \cos \delta \cdot \frac{\left(\cos \delta + \sqrt{\sin^2 \varphi - \sin^2 \delta} \right)}{\cos(\varepsilon - \theta) - \sqrt{\sin^2 \varphi - \sin^2(\varepsilon - \theta)}} \cdot e^{2\psi \cdot \tan \varphi}$$

$$2 \cdot \psi = \arcsin\left(\frac{\sin \delta}{\sin \varphi}\right) + \arcsin\left[\frac{\sin(\varepsilon - \theta)}{\sin \varphi}\right] + \delta + (\varepsilon - \theta) + 2 \cdot \theta$$

$$\sigma'_{pe} = K_{phe} \cdot \cos \varepsilon \cdot \gamma \cdot \frac{(1 \pm k_v)}{\cos \theta} \cdot z = \lambda_{phe} \cdot \frac{(1 \pm k_v)}{\cos \theta} \cdot \gamma \cdot z$$

6.2.3 Coefficienti di attrito struttura-terreno

Il software di calcolo utilizzato non consente di differenziare il valore del coefficiente di attrito nelle varie fasi di calcolo. Pertanto è stato utilizzato, per la valutazione dei coefficienti di spinta, cautelativamente $\delta=0$ sia in fase statica che in fase sismica.

6.3 Effetti dell'Azione sismica su masse e carichi

Per la simulazione degli effetti dell'azione sismica 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

$$F_h = k_h \times W \quad (\text{azione sismica orizzontale})$$

$$F_v = k_v \times W \quad (\text{azione sismica verticale})$$

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	41 di 123

con:

W : Peso della massa coinvolta / intensità del carico permanente o variabile

kh : coefficiente sismico orizzontale

kv : coefficiente sismico verticale

Per le opere di sostegno, i coefficienti sismici Kh e Kh sono in particolare definiti al punto 7.11.6.3.1 del Dm 14.01.08, risultando in particolare:

$$k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{\max}$$

$$k_v = \pm 0,5 \times k_h$$

dove:

- g è l'accelerazione di gravità;
- $a_{\max} = S_s S_T a_g$ è l'accelerazione di picco attesa nel volume di terreno significativo per l'opera;
- a_g è l'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido;
- S_s e S_T coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, ricavabili dalle specifiche tabelle di normativa che si seguito si riportano per chiarezza espositiva:

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	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

$S_T = 1.0$

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	42 di 123

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 $i > 30^\circ$

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

– β è un coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti (u_s) 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.

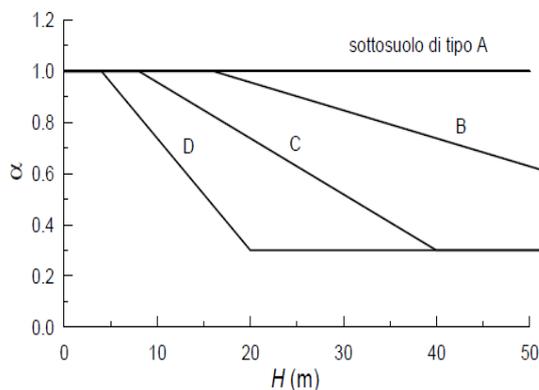


Figura 7.11.2 – *Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α*

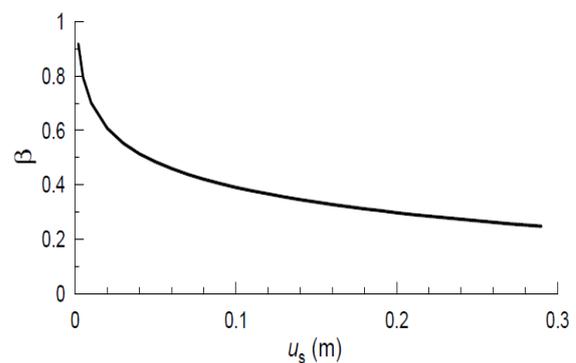


Figura 7.11.3 – *Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β*

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	43 di 123

Per il caso di calcolo in esame si è assunto:

PARAMETRI DI PERICOLOSITA' SISMICA (IMBOCCHI)

Stato Limite di Riferimento : **SLV**

Pvr	0.10	Cat Suolo	C
VN	75.0	S _S =	1.247
cu	1.50	Cat Topogr.	T1
VR	112.5	S _T =	1.00
TR	1067.8		
a _g [m/s ²]	3.159	Accelerazione di Progetto SLV	
a _g / g	0.322		
Fo =	2.350		
Tc =	0.390	a _{max} [m/s ²] =	3.939

β 0.60 HP: Us=0.03 (m)

SEZIONE	Imbocchi
Hparatia [m]	20.0
α	0.55

abaco fig.7.11.2

Cautelativamente si assume:

SEZIONE	A
α (Calcolo)	0.60

In definitiva si ha:

SEZIONE	A
Kh [--]	0.145
Kv [--]	0.072

Kh : Coefficiente sismico orizzontale

Kv : Coefficiente sismico verticale

6.4 Effetti dell’Azione sismica sulla falda

Normalmente gli effetti idrodinamici considerati per il calcolo delle paratie sono calcolati con il metodo di Westergaard (Westergaard, 1931) e sono applicate sempre come pressioni esterne. La pressione idrodinamica viene calcolata come in particolare come segue:

$$p_w = \frac{7}{8} a_x \gamma_w \sqrt{z_w H}$$

H è l'altezza del livello di falda rispetto a fondo scavo

z_w è la profondità del punto considerato dalla superficie libera della falda

Se l'acqua si trova al di sopra della superficie del terreno, le pressioni esterne idrodinamiche sono contenute all'interno dell'equazione sopra riportata. Nel caso si abbia una quota di falda al di sopra della quota di scavo le pressioni idrodinamiche sono incluse nel lato scavo, nella direzione dell'accelerazione orizzontale.

Dipendendo dalla permeabilità del terreno, l'acqua contenuta nel terreno stesso può muoversi indipendentemente o insieme allo scheletro solido; nello specifico si fa l'ipotesi di terreno impervio, condizione che corrisponde alla impossibilità dell'acqua di muoversi in maniera indipendente, per cui gli effetti idrodinamici sono trascurabili ed il cuneo di spinta viene valutato con un peso dato dal γ_{saturo} .

7. COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini della determinazione delle sollecitazioni di verifica, le azioni elementari descritte al precedente paragrafo, vanno combinate nei vari stati limite di verifica previsti (Esercizio, Stati limite Ultimo statico e Sismico) in accordo a quanto previsto al punto 2.5.3 delle NTC08, tenendo conto dell'approccio di Verifica Scelto; a tal fine, si riportano per maggiore chiarezza le espressioni generali dei criteri di combinazione delle azioni definiti al 2.5.3 delle DM 14.01.08 :

- 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):

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

Ai fini della scelta dei coefficienti parziali da applicare alle azioni (γ), la norma definisce inoltre, per il caso specifiche delle paratie di sostegno (Prg 6.5.3.1.2), due possibili approcci progettuali ovvero:

Approccio 1:

Fase Statica: A1+M1+R1 (STR – Combinazione per le verifiche strutturali)

A2+M2+R1 (GEO – Combinazione per le verifiche geotecniche)

Fase Sismica: 1+M1+R1 (EQK-STR – Combinazione per le verifiche strutturali in fase sismica)

1+M2+R1 (EQK-GEO – Combinazione per le verifiche geotecniche in fase sismica)

Approccio 2:

Fase Statica: A1+M1+R3 (STR / GEO – Combinazione per le verifiche strutturali e geotecniche)

Fase Sismica: 1+M1+R3 (EQK- STR/GEO – Combinazione per le verifiche strutturali e geotecniche in fase sismica)

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	46 di 123

essendo:

A1/A2 : coefficienti amplificativi delle azioni

M1/M2 : coefficienti parziali sulle resistenze dei materiali e del terreno

R1/R2/R3 : Coefficienti di sicurezza minimo nei riguardi del generico Stato limite di Verifica.

Per il caso specifico delle **Paratie**, tali coefficienti sono definite nelle apposite tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.II che nel seguito si riportano per completezza espositiva:

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_E (o γ_{FE})	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_{Qk}	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.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

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

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

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

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	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.4$

Nell'ambito delle Analisi di seguito esposte, si è fatto riferimento nella fattispecie all'**APPROCCIO 1**, andando ad esaminare tutti gli stati limite ritenuti significativi per il caso delle opere in progetto, secondo quanto specificato al già citato prg "6.5.3.1.2 Paratie" del DM 14.01.08, ovvero:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di tipo idraulico (UPL e HYD)

- Stabilità Locale : collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera;

- sfilamento di uno o più ancoraggi, con i criteri di cui al successivo paragrafo 8.2.

- SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;

- raggiungimento della resistenza strutturale della paratia,

Nell'ambito degli stati limite Ultimi di tipo geotecnico, si è inoltre proceduto ad una verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera; secondo i criteri di cui al successivo paragrafo 15.

Si è infine proceduto con una verifica nei riguardi degli Stati Limite di Esercizio (SLE), andando a controllare il tasso d lavoro dei materiali/fessurazione per le strutture in calcestruzzo, nonché ad una stima delle deformazioni dell'opera e dei cedimenti del piano limite a tergo.

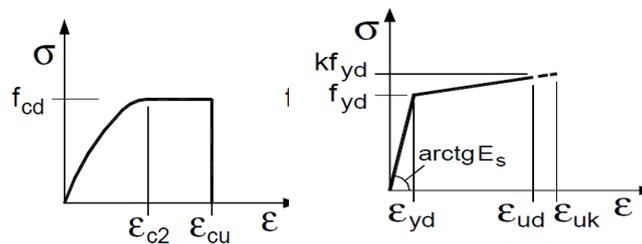
8. CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI

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.

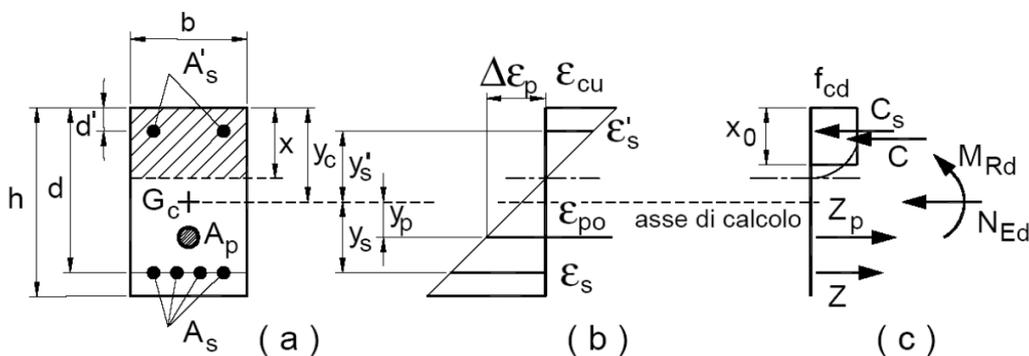
8.1 VERIFICHE ALLO SLU

8.1.1 Pressoflessione

La determinazione della capacità resistente a flessione/pressoflessione della generica sezione, viene effettuata con i criteri di cui al punto 4.1.2.1.2.4 delle NTC08, secondo quanto riportato schematicamente nelle figure seguito, tenendo conto dei valori delle resistenze e deformazioni di calcolo riportate al paragrafo dedicato alle caratteristiche dei materiali:



Legami costitutivi Calcestruzzo ed Acciaio -



Schema di riferimento per la valutazione della capacità resistente a pressoflessione generica sezione -

La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove

M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed} ;

N_{Ed} è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;

M_{Ed} è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

8.1.2 Taglio

La resistenza a taglio V_{Rd} della membratura priva di armatura specifica risulta pari a:

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot \frac{(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b_w d$$

Dove:

- $v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$;
- $k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$;
- $\rho_1 = A_{sw}/(b_w \cdot d)$
- d = altezza utile per piedritti soletta superiore ed inferiore;
- $b_w = 1000$ mm larghezza utile della sezione ai fini del taglio.

In presenza di armatura, invece, la resistenza a taglio V_{Rd} è il minimo tra la resistenza a taglio trazione V_{Rsd} e la resistenza a taglio compressione V_{Rcd}

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

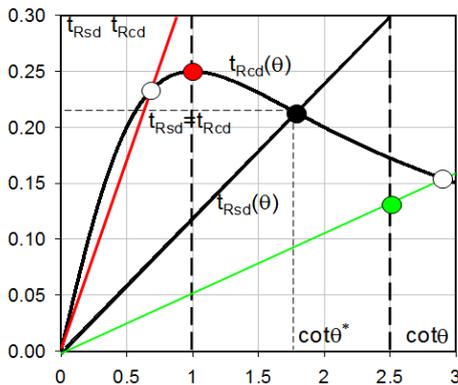
$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{(\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta)}{(1 + \text{ctg}^2 \theta)}$$

Essendo:

$$1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2,5$$

Per quanto riguarda in particolare le verifiche a taglio per elementi armati a taglio, si è fatto riferimento al metodo del traliccio ad inclinazione variabile, in accordo a quanto prescritto al punto 4.1.2.1.3 delle NTC08, considerando ai fini delle verifiche, un angolo θ di inclinazione delle bielle compresse del traliccio resistente tale da rispettare la condizione.

$$1 \leq \cot \theta \leq 2,5 \quad 45^\circ \geq \theta \geq 21,8^\circ$$



- Se la $\cot \theta^*$ è compresa nell'intervallo (1,0-2,5) è possibile valutare il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rcd}=V_{Rsd})$
- Se la $\cot \theta^*$ è maggiore di 2,5 la crisi è da attribuirsi all'armatura trasversale e il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rsd})$ coincide con il massimo taglio supportato dalle armature trasversali valutabile per una $\cot \theta = 2,5$.
- Se la $\cot \theta^*$ è minore di 1,0 la crisi è da attribuirsi alle bielle compresse e il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rcd})$ coincide con il massimo taglio supportato dalle bielle di calcestruzzo valutabile per una $\cot \theta = 1,0$.

L'angolo effettivo di inclinazione delle bielle (θ) assunto nelle verifiche è stato in particolare valutato, nell'ambito di un problema di verifica, tenendo conto di quanto di seguito indicato :

$$\cot \theta^* = \sqrt{\frac{v \cdot \alpha_c}{\omega_{sw}} - 1}$$

(θ^* angolo di inclinazione delle bielle cui corrisponde la crisi contemporanea di bielle compresse ed armature)

dove

$$v = f'_{cd} / f_{cd} = 0.5$$

f'_{cd} = resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima

f_{cd} = resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo d'anima

α_c	coefficiente maggiorativo pari a	1	per membrature non compresse
		$1 + \sigma_{cp} / f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
		1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
		$2,5(1 - \sigma_{cp} / f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

ω_{sw} : Percentuale meccanica di armatura trasversale.

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	51 di 123

$$\omega_{sw} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{b s f_{cd}}$$

8.2 VERIFICA SLE

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure attese, secondo quanto di seguito specificato

8.2.1 Verifiche alle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento " Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario RFI DTC INC PO SP IFS 001 A del 30-12-16 ", ovvero:

Strutture in c.a.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

Devono essere rispettati i seguenti limiti per le tensioni di compressione nel calcestruzzo:

- per combinazione di carico caratteristica (rara): $0,55 f_{ck}$;
- per combinazioni di carico quasi permanente: $0,40 f_{ck}$;
- per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare $0,75 f_{yk}$.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO - TELESE.</p>												
<p>GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi</p>	<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>IF0H</td> <td>02 D 11</td> <td>CL</td> <td>GA020 0003</td> <td>A</td> <td>52 di 123</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	52 di 123
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	52 di 123								

8.2.2 Verifiche a fessurazione

La verifica a fessurazione consiste nel controllo dell'ampiezza massima delle fessure per le combinazioni di carico di esercizio i cui valori limite sono stabiliti, nell'ambito del progetto di opere ferroviarie, 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

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 **w1=0,20 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.

9. VERIFICA DEI TIRANTI

Il dimensionamento geotecnico dei tiranti, con specifico riferimento ad uno stato limite di sfilamento della fondazione dell'ancoraggio, viene effettuato, in accordo a quanto specificato al prg 6.6.2 del DM 14.01.08 con riferimento alla combinazione A1+M1+R3, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I, 6.2.II già esposte in precedenza nonché di dei coefficienti di sicurezza (R3), riportati nella tabella 6.6.I definita nel già citato DM, ovvero :

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

La verifica a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio si esegue confrontando la massima azione di progetto Pd, con la resistenza di progetto **R_{ad}**, determinata applicando alla resistenza caratteristica **R_{ak}** i fattori parziali di cui alla precedente tabella 6.6.I.

La resistenza caratteristica, può essere ottenuta a sua volta applicando ai valori medio e minimo delle delle resistenze Ra,c stimati con metodi di calcolo analitici, dai valori caratteristici dei parametri geotecnici del terreno, dedotti dai risultati di prove in sito e/o di laboratorio, attraverso le seguenti espressioni :

$$R_{ak} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{a,c})_{\text{medio}}}{\xi_{a3}}, \frac{(R_{a,c})_{\text{min}}}{\xi_{a4}} \right\}. \quad (6.2.13)$$

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

In definitiva risulta dunque, in generale:

$$R_{ad} = R_{a,c} / (\xi \times \gamma_R) > Pd$$

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO - TELESE.</p>					
<p>GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi</p>	<p>COMMESSA IF0H</p>	<p>LOTTO 02 D 11</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO GA020 0003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 54 di 123</p>

Riguardo infine Il dimensionamento strutturale dei tiranti, con riferimento alle sollecitazioni massime ottenute nelle combinazioni STR, dovrà risultare analogamente:

$$\mathbf{Rad}^{\text{STR}} = R_k / \gamma_s > P_d$$

Dove:

R_k : è la resistenza caratteristica della sezione di acciaio costituente il tirante.

γ_s : coefficiente parziale sulla resistenza dell'acciaio costituente i tiranti.

9.1 BULBO DI ANCORAGGIO

Di seguito si riportano maggiori indicazioni riguardanti la valutazione della resistenza di progetto della fondazione dei tiranti (tratto attivo) e del coefficiente di sicurezza minimo a sfilamento, in relazione a quanto già specificato al precedente paragrafo.

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.

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:

$$FS = \frac{R_{ac}}{\gamma_R \xi} = \frac{\pi D_p \alpha \tau_{limd} L_a}{\gamma_R \xi P_d} \geq 1.00$$

dove:

L_a è la lunghezza attiva

D_p è il diametro di perforazione

P_d è lo sforzo di progetto allo stato limite ultimo

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	55 di 123

$\gamma_R = 1.1/1.2$ a seconda se si tratta di tiranti provvisori o definitivi

ξ = coefficiente di correlazione resistenza geotecnica dei terreni, posto nel caso in esame pari ad 1.6

τ_{lim} è la tensione caratteristica di adesione laterale limite fondazione-terreno.

Per la valutazione della tensione tangenziale limite si è fatto riferimento agli abachi di Bustamante & Doix nel caso di iniezioni ripetute e selettive (IRS).

In particolare:

- Per le paratie di imbocco Nord le fondazioni dei tiranti sono interessate dalle unità geotecniche denominate MDL2 (Sabbia limosa) e MDL3 (Argille limose). Si fa quindi riferimento rispettivamente alle curve SG1 ed AL1 (fig.6.6 e 6.7):

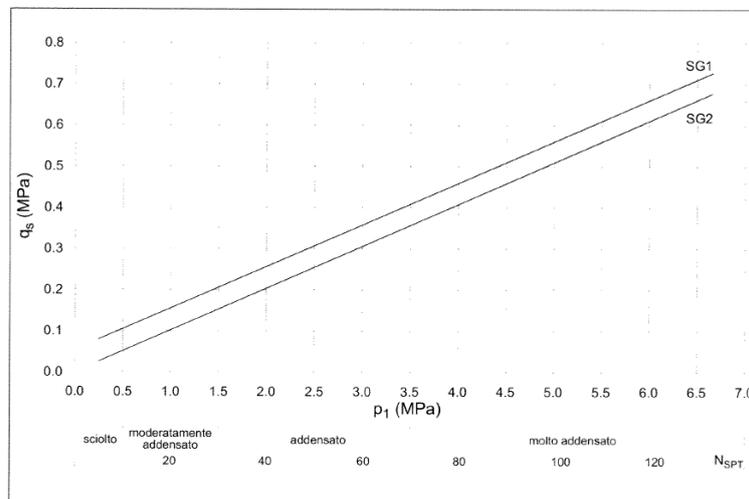


Fig. 6.6 - Resistenza unitaria limite per terreni incoerenti

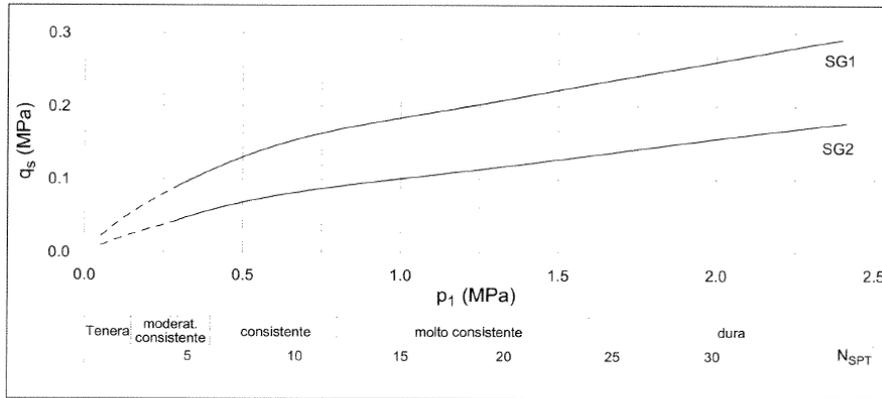


Fig. 6.7 - Resistenza unitaria limite per terreni a grana fine

In funzione del numero di colpi N_{spt} per le due formazioni si ha dunque:

-MDL2 ($N_{spt}=40$): $q_s=250$ kPa (curva SG1)

-MDL3 ($N_{spt}=30$): $q_s=150$ kPa (curva AL1)

- Per le paratie di imbocco Sud le fondazioni dei tiranti sono ubicate nella unità geotecnica denominate MDL4 (Calcere fratturate). Si fa quindi riferimento alla curva R.1 (fig.6.9):

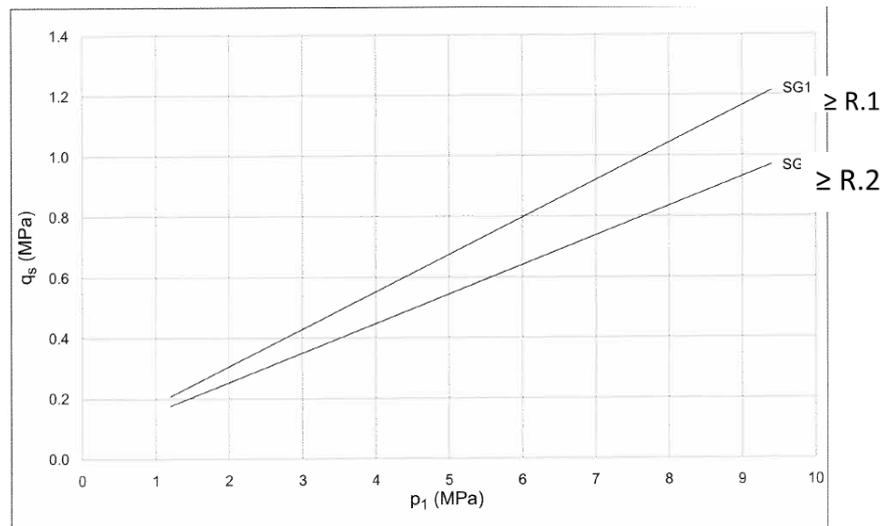


Fig. 6.9 - Resistenza unitaria limite per rocce tenere e fratturate

Si assume per MD4, cautelativamente, $q_s=200$ kPa

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

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

Terreno	Valori del coefficiente α_d		Quantità minima di miscela consigliata V_s	Rapporto A/C
	IRS ($p_i \geq p_i$)	IGU ($p_i < p_i$)		
Ghiaia	1,8	1,3 ÷ 1,4	1,5 V_s	1,7 ÷ 2,4
Ghiaia sabbiosa	1,6 ÷ 1,8	1,2 ÷ 1,4	1,5 V_s	
Sabbia ghiaiosa	1,5 ÷ 1,6	1,2 ÷ 1,3	1,5 V_s	
Sabbia grossa	1,4 ÷ 1,5	1,1 ÷ 1,2	1,5 V_s	
Sabbia media	1,4 ÷ 1,5	1,1 ÷ 1,2	1,5 V_s	
Sabbia fine	1,4 ÷ 1,5	1,1 ÷ 1,2	1,5 V_s	
Sabbia limosa	1,4 ÷ 1,5	1,5 ÷ 2,0	IRS: (1,5 ÷ 2) V_s ; IGU: 1,5 V_s	
Limo	1,4 ÷ 1,6	1,1 ÷ 1,2	IRS: 2 V_s ; IGU: 1,5 V_s	1,7 ÷ 2,4
Argilla	1,8 ÷ 2,0	1,2	IRS: (2,5 ÷ 3) V_s ; IGU: (1,5 ÷ 2) V_s	
Marna	1,8	1,1 ÷ 1,2	(1,5 ÷ 2) V_s per strati compatti	1,7 ÷ 2,4
Calcari marnosi	1,8	1,1 ÷ 1,2	(2 ÷ 6) V_s 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) V_s o più per strati poco fratturati 2 V_s 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	
<i>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)</i>				

Nel caso in esame si ha:

-Imbocco Nord: $\alpha=1.45$ per i tiranti in MDL2; $\alpha=1.7$ per i tiranti in MDL3

-Imbocco Sud: $\alpha=1.8$ per i tiranti in MDL4;

In definitiva il valore tensione tangenziale limite $\alpha \cdot q_s$ risulta pari a:

-Imbocco Nord: $\alpha \cdot q_s=362.5$ kPa per i tiranti in MDL2; $\alpha \cdot q_s=255$ kPa per i tiranti in MDL3.

Cautelativamente si assume per tutti i tiranti $\alpha \cdot q_s=250$ kPa.

-Imbocco Sud: $\alpha \cdot q_s=360$ per i tiranti in MDL4. Cautelativamente si assume $\alpha \cdot q_s=350$ kPa.

9.2 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 :

$$F_S = \frac{f_{p(1)k} A n_{tr}}{1.15 \cdot P_d} \geq 1.00$$

dove:

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

A è l'area di ciascun trefolo

n_{tr} è il numero di trefoli per tirante

10. VERIFICHE GEOTECNICHE DI STABILITA' LOCALE

Con riferimento alle verifiche geotecniche di Stabilità locale delle opere di sostegno in progetto, il coefficiente di sicurezza nei riguardi di un'eventuale moto rigido dell'opera viene espresso nelle analisi effettuate, in termini di "lunghezza di infissione" della paratia, secondo quanto di seguito esposto:

FS Infissione (Equilibrio Limite): Coefficiente di Sicurezza desunto dall'analisi all'equilibrio limite

$$FS = \frac{\text{Lunghezza di infissione della paratia}}{\text{Max. lunghezza di infissione richiesta}} \quad (11)$$

dove per massima infissione richiesta si intende la lunghezza maggiore calcolata imponendo $FS = 1$ nelle 2 equazioni seguenti:

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO - TELESE.					
GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi	COMMESSA IF0H	LOTTO 02 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA020 0003	REV. A	FOGLIO 59 di 123

1) FS alla traslazione:

$$FS = \frac{\text{Risultante delle forze resistenti}}{\text{Risultante delle forze instabilizzanti}}$$

2) FS alla rotazione:

$$FS = \frac{\text{Momento della risultante delle forze resistenti}}{\text{Momento della risultante delle forze instabilizzanti}}$$

Ulteriori indicatori di riferimento per le verifiche SLU GEO, rappresentativi dell'impegno delle resistenza del terreno nei riguardi della stabilità locale, sono i seguenti:

Passiva/Vera: Rapporto tra la spinta passiva disponibile e quella effettivamente mobilitata a valle.

Vera/Attiva: Rapporto tra la Spinta di monte e la Spinta Attiva; un valore unitario di tale coefficiente, è rappresentativo del fatto che la paratia ha subito deformazioni tali che la spinta di monte si è ridotta fino al valore di spinta attiva, mentre valori superiori all'unità indicano una condizione di spinta a monte intermedia tra le condizioni a riposo e quelle di stato limite attivo

I risultati ottenuti sono riportati in dettaglio nei paragrafi specifici dedicati ai vari casi di calcolo esaminanti, oltre che nei tabulati relativi di calcolo.

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	60 di 123

11. CONFIGURAZIONE DELLE OPERE E MODELLI DI CALCOLO

Nel seguito del presente paragrafo, si riporta una descrizione dei modelli di calcolo analizzati al fine di tener conto delle diverse situazioni geometriche e geotecniche previste lungo l'intero sviluppo della galleria.

In particolare, sono state analizzate due sezioni di paratia, una per ciascuno dei due imbocchi, considerando per ognuno di esse la sezione di altezza di scavo massimo:

DATI DI PROGETTO PARATIA IMBOCCO SUD											
Hscavo max= 10.4 m (da testa cordolo)											
1) Cordolo di testa						2) Diaframma					
B(m)	H(m)	CLS				L(m)	s(m)				
1.4	1	C25/30				20	1.2				
s: spessore setto											
3) Tiranti											
Caratteristiche tiranti								Trefoli			
Ordine	Q(m)	α°	i_t (m)	D_p (m)	Tecnologia	L_p	La	ntr	Atr(mm ²)	Acciaio	No(KN)
1	-3.00	15	2.8	0.18	IRS	12	7	4	139	fp(1)k=1670MPa	300
2	-6.50	15	2.8	0.18	IRS	10	7	4	139	fp(1)k=1670MPa	350
α : Inclinazione tiranti rispetto all'orizzontale Q: quota infissione tiranti da testa cordolo i_t : interasse tiranti D_p : Diametro di perforazione N_0 : Sforzo di pretensione tiranti								4) Travi di contrasto			
Ordine	n°	Profilo	Acciaio								
1	2	HEA180	s355								
2	2	HEA180	s355								

Figura 8 – Riepilogo Dati di progetto paratia Imbocco SUD

IMBOCCO SUD

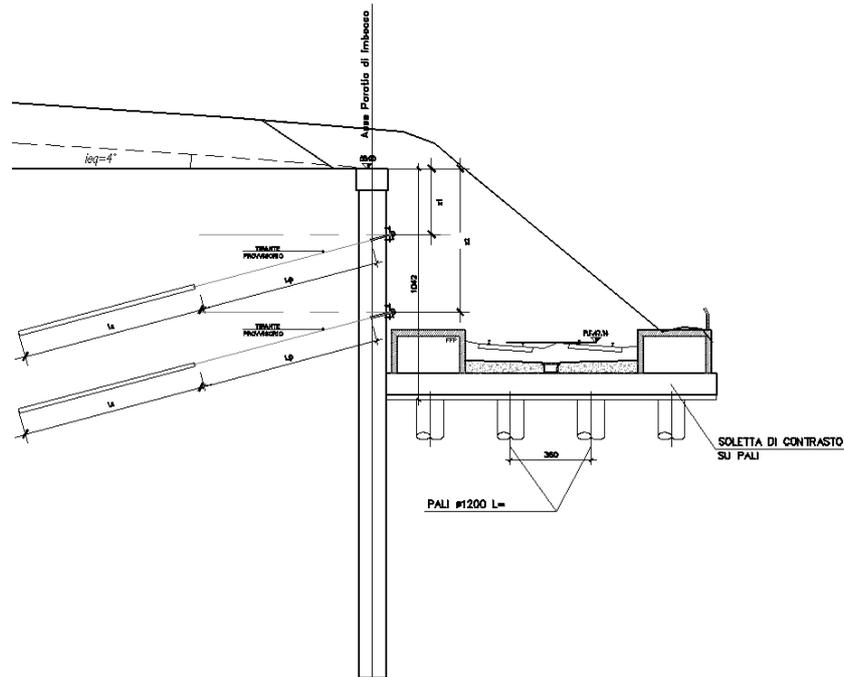


Figura 9 – Sezione di calcolo Imbocco Nord

DATI DI PROGETTO PARATIA IMBOCCO NORD

Hscavo max= 10.65 m (da testa cordolo)

1) Cordolo di testa

B(m)	H(m)	CLS
1.4	1	C25/30

2) Diaframma

L(m)	s(m)
20	1.2

s: spessore setto

3) Tiranti

Ordine	Q(m)	α °	Caratteristiche tiranti				Trefoli			No(KN)	
			i (m)	Dp(m)	Tecnologia	Lp	La	ntr	Atr(mm ²)		Acciaio
1	-3.00	15	2.8	0.18	IRS	12	9	4	139	fp(1)k=1670MPa	300
2	-6.50	15	2.8	0.18	IRS	10	9	4	139	fp(1)k=1670MPa	350

α : Inclinazione tiranti rispetto all'orizzontale

Q: quota infissione tiranti da testa cordolo

i: interasse tiranti

D_p: Diametro di perforazione

N₀: Sforzo di pretensione tiranti

4) Travi di contrasto

Ordine	n°	Profilo	Acciaio
1	2	HEA180	s355
2	2	HEA180	s355

Figura 10 – Riepilogo Dati di progetto paratia Imbocco NORD

IMBOCCO NORD

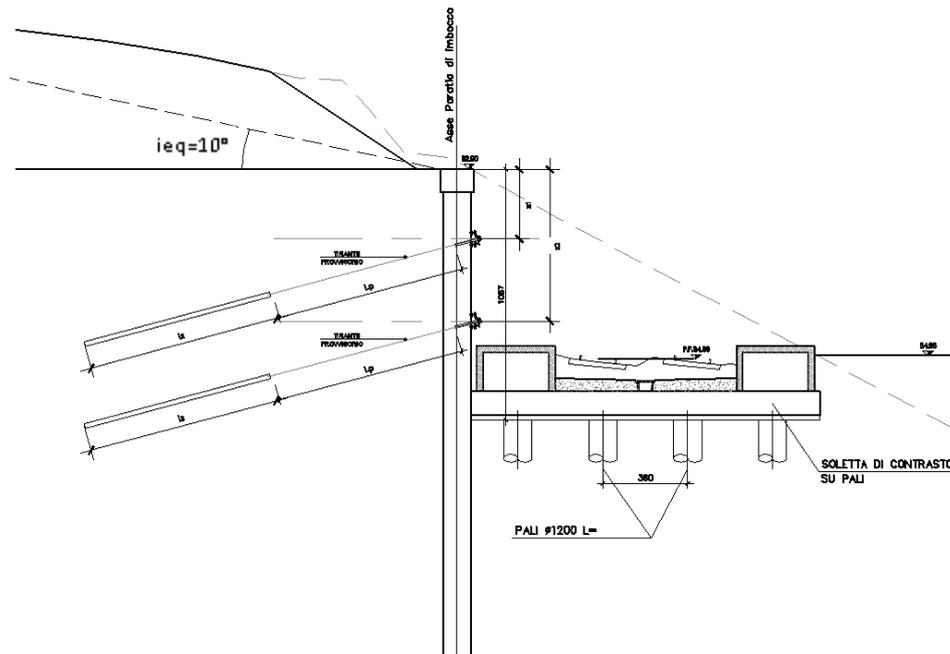


Figura 11 – Sezione di calcolo Imbocco NORD

Dove con “ i_{eq} ” si è indicata l’inclinazione equivalente del pendio in base alla quale sono stati valutati i coefficienti di spinta. Il terreno al di sopra di tale retta è stato modellato come un carico equivalente valutato a partire da un peso specifico $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$.

Nei paragrafi successivi si riportano tutti i dettagli delle Analisi e Verifiche effettuate, per ciascuno dei casi di calcolo di cui in precedenza, mediante ausilio di software di calcolo specifici di cui al successivo paragrafo sono riportati gli estremi.

12. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

Nella redazione del presente documento sono stati utilizzati i seguenti programmi di calcolo:

- “PARATIE Plus ” (analisi sollecitazioni e deformazioni di paratie in condizioni piane metodo elasto-plastico) – prodotta della HarpaCeas s.r.l. di Milano, n° Licenza 1402 intestata a PROGIN SPA - CENTRO DIREZIONALE DI NAPOLI ISOLA F4 - 80143 NAPOLI.)

- “PresFle+ ver 5.15” (Verifiche di sezioni in cemento armato, prodotto e distribuito dalla Concrete srl, identificato nello specifico licenza n° 4552054 intestata a PROGIN SPA - CENTRO DIREZIONALE DI NAPOLI ISOLA F4 - 80143 NAPOLI.)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO - TELESE.												
GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi	<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>IF0H</td> <td>02 D 11</td> <td>CL</td> <td>GA020 0003</td> <td>A</td> <td>64 di 123</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	64 di 123
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	64 di 123								

13. SEZIONE IMBOCCO SUD : RISULTATI ANALISI E FASI DI CALCOLO

Nel seguito del presente paragrafo, si espone una sintesi dei risultati delle Analisi con riferimento alle sezioni di calcolo definite ai paragrafi precedenti.

13.1 Criteri di Analisi e Fasi di Calcolo

Le analisi eseguite sono di tipo sequenziale, riproducendo in successione tutte le principali fasi operative previste per la realizzazione dell'opera. Quindi, il termine di ciascuna analisi rappresenta la condizione iniziale per la fase successiva.

Di seguito si riportano le fasi di calcolo che sono state analizzate in successione, nell'ambito delle analisi effettuate:

La quota di zero è posta a estradosso cordolo paratia (circa 1.5 m al di sotto del P.C. locale).

- Step 0.** Esecuzione diaframma $s=1200$ mm, applicazione carico equivalente terreno di spessore 1,5m amplificato di 20kPa, ed inizializzazione geostatica.
- Step 1.** Esecuzione scavo fino a quota 4m
- Step 2.** Realizzazione 1°ordine di tiranti a quota 3m.
- Step 3.** Esecuzione scavo fino a quota 7.5m.
- Step 4.** Realizzazione 2°ordine di tiranti a quota 6.5m.
- Step 5.** Scavo finale fino a quota 10.65m
- Step 6.** Realizzazione solettone di contrasto.
- Step 7.** Disattivazione tiranti provvisori.
- Step 8.** Attivazione sisma ($k_h=0.145$; $k_v=0.072$).

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	65 di 123

La soletta di contrasto a valle della paratia è stata modellata come un vincolo fisso applicato alla quota della mezzeria della soletta.

Nota la reazione agente sul vincolo, in seconda fase è stata condotta una verifica a carico limite laterale, in accordo alla teoria di Broms, della palificata di fondazione della soletta di contrasto.

Per ciò che concerne tutti i dati di input, risultati in termini di stabilità e sollecitazioni di calcolo, si rimanda a quanto riportato in dettaglio nelle specifiche sezioni dell'allegato A del presente documento.

Di seguito si riportano le immagini relative alle fasi di calcolo:

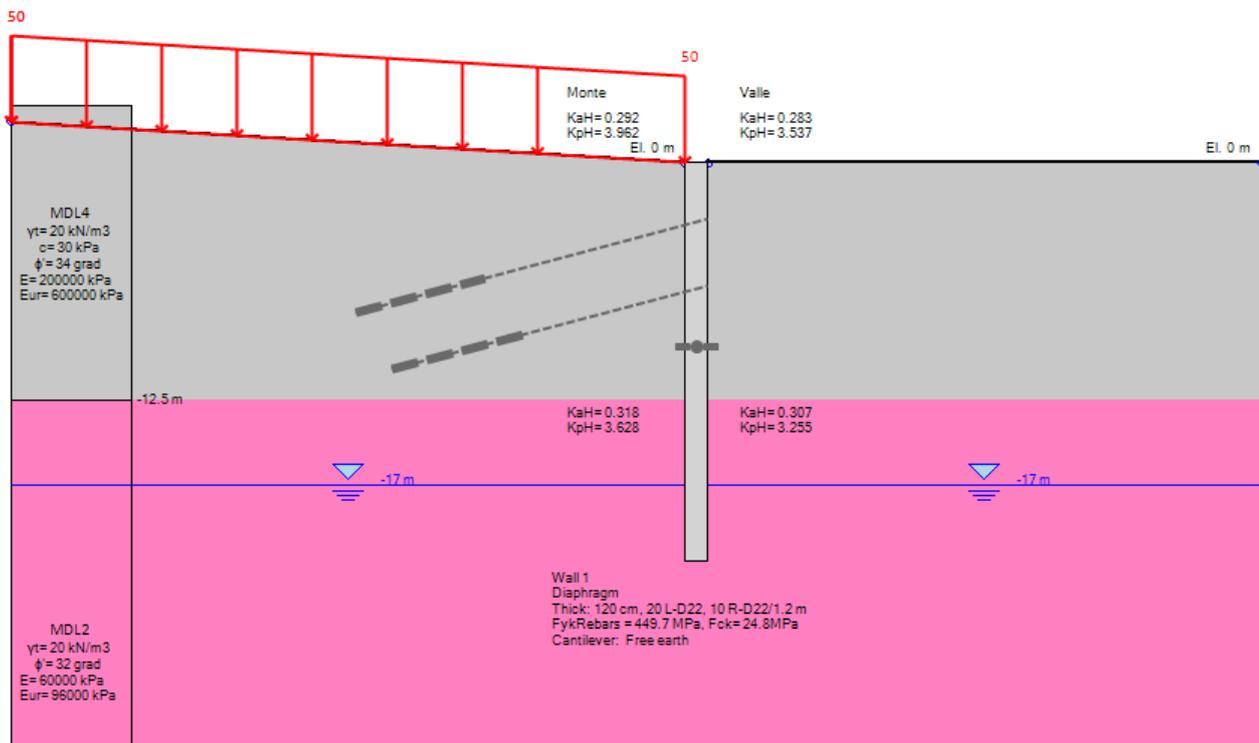


Figura 12 – Esecuzione diaframma $s=1200 \text{ mm}$ ed inizializzazione geostatica (step 0)

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	66 di 123

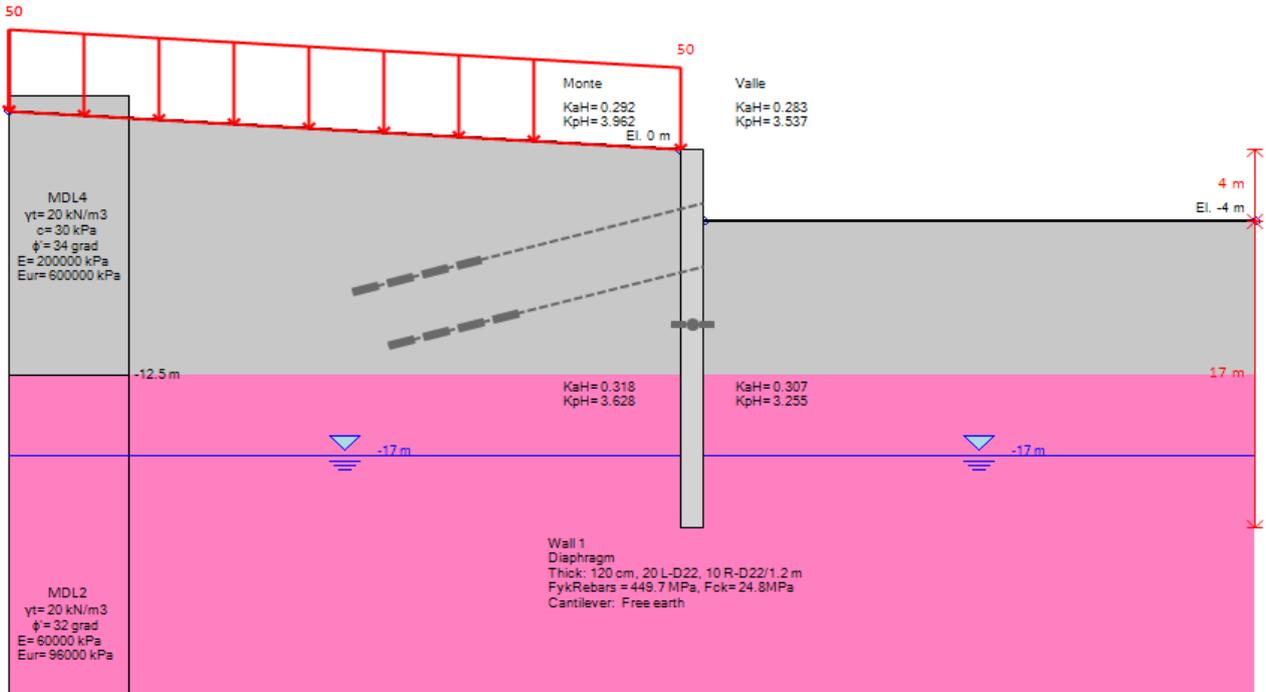


Figura 13 – Esecuzione scavo 1 (step 1)

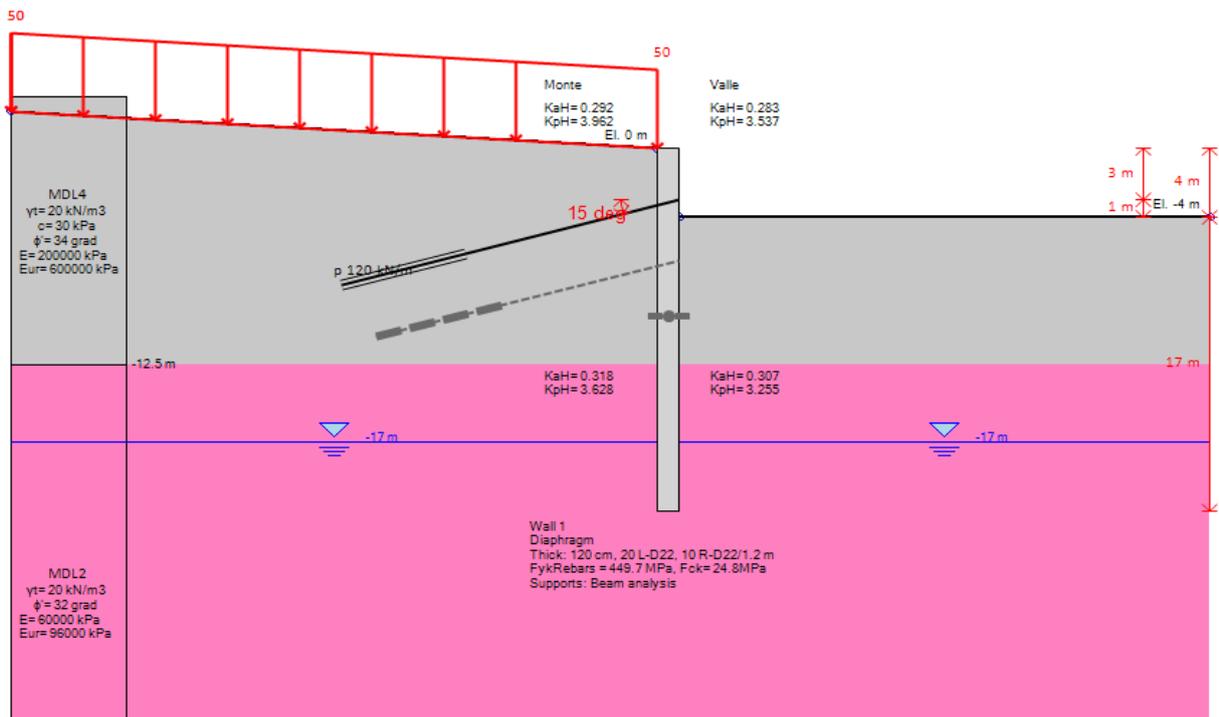


Figura 14 – Esecuzione 1°ordine di tiranti (step 2)

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	68 di 123

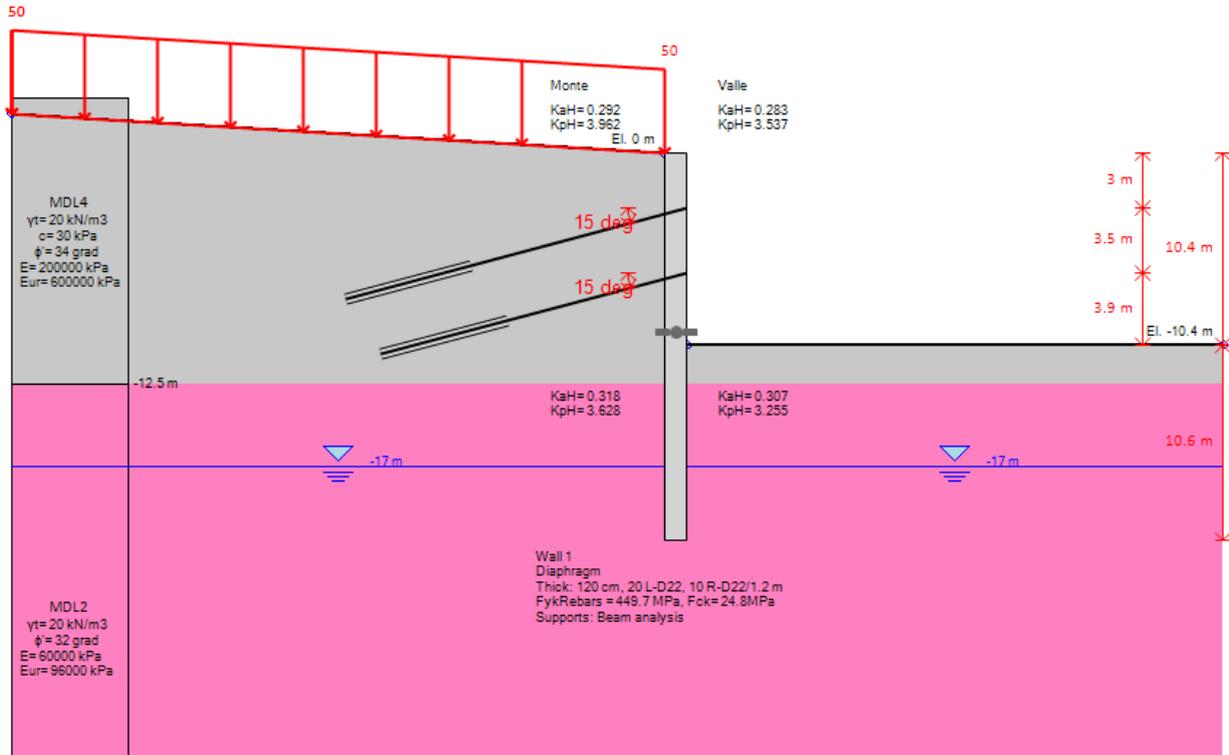


Figura 17 – Esecuzione scavo massimo (step 5)

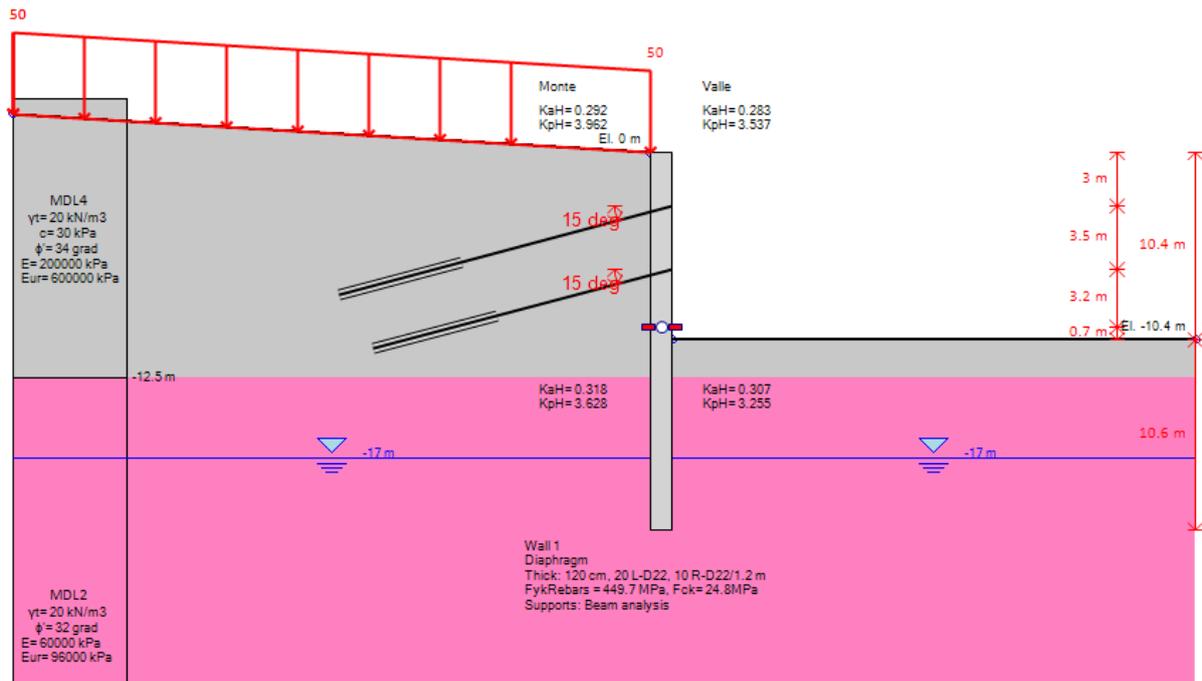


Figura 18 – Realizzazione solettone di contrasto (step 6)

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	69 di 123

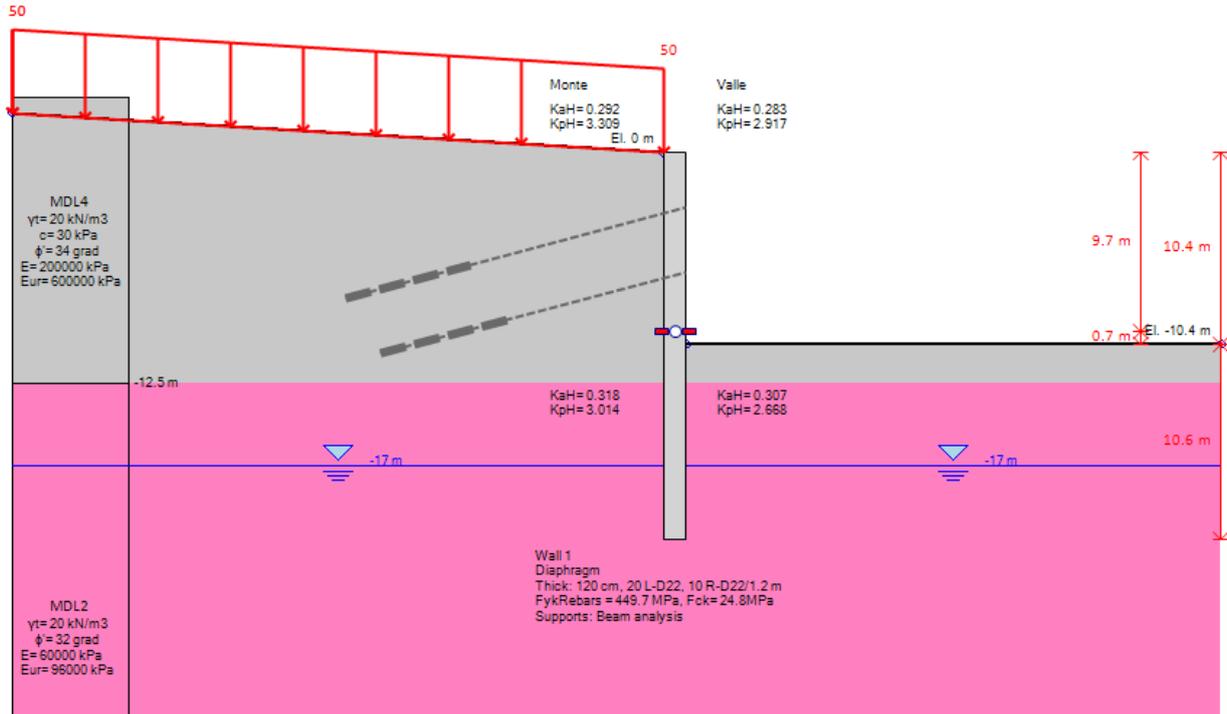


Figura 19 Disattivazione tiranti provvisori (step 7)

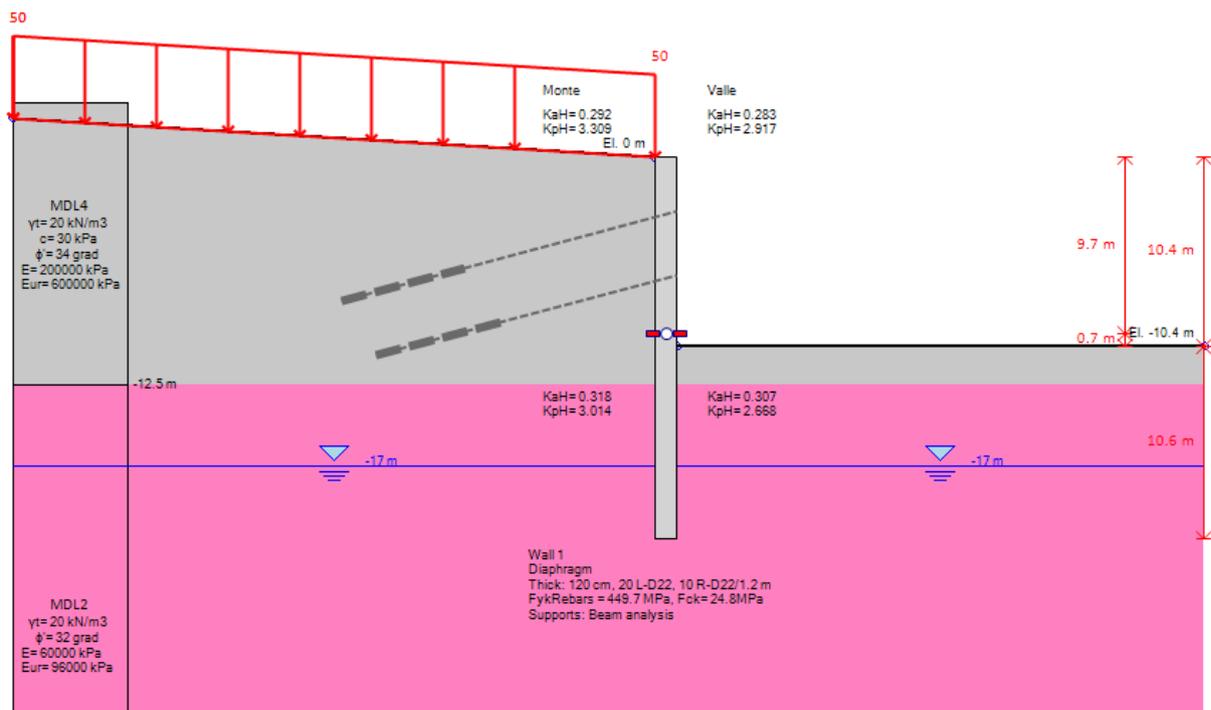


Figura 20 – Attivazione sisma (step 8)

13.2 sollecitazioni, sforzi e deformazioni

Nel seguito del presente paragrafo sono riportati, in forma grafica, i risultati delle Sollecitazioni e degli Sforzi di riferimento per la Verifica dei Pali, e cordoli delle paratie, con riferimento alle Combinazioni di Carico che, secondo le prescrizioni normative, vanno considerate per i vari casi; nello specifico, i grafici fanno riferimento alle seguenti combinazioni:

A1-M1-R1(statica e sismica): Verifica strutturale dei Pali, Tiranti e travi di Contrasto in Fase Statica

SLE: Deformazioni massime della paratia, cedimenti piano limite, Carico di esercizio nei Tiranti, Verifiche tensionali e di fessurazione

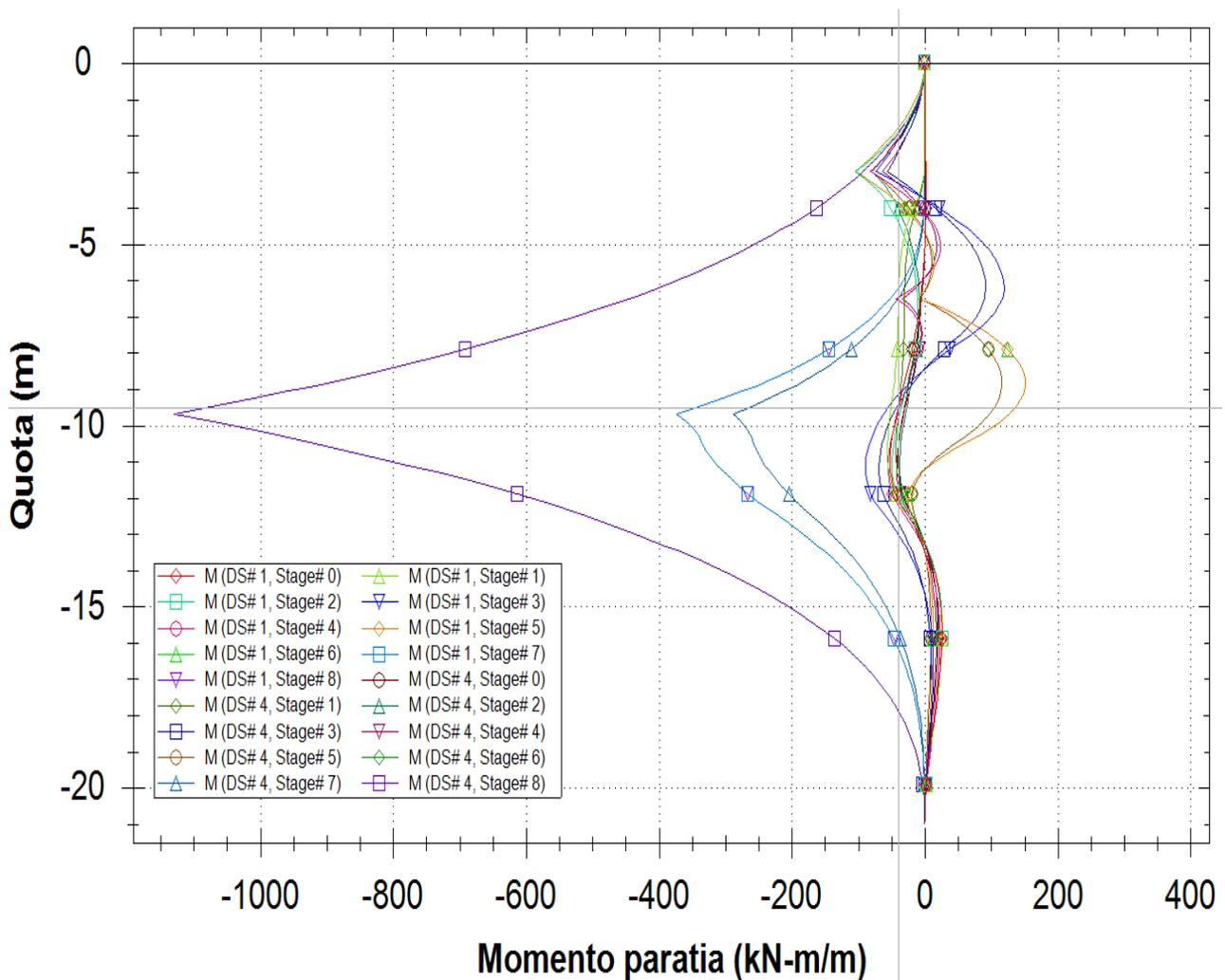


Figura 21 – A1-M1-R1(Statica "DS#1" e Sismica "DS#4") – Momento Flettente

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal
km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA
ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	71 di 123

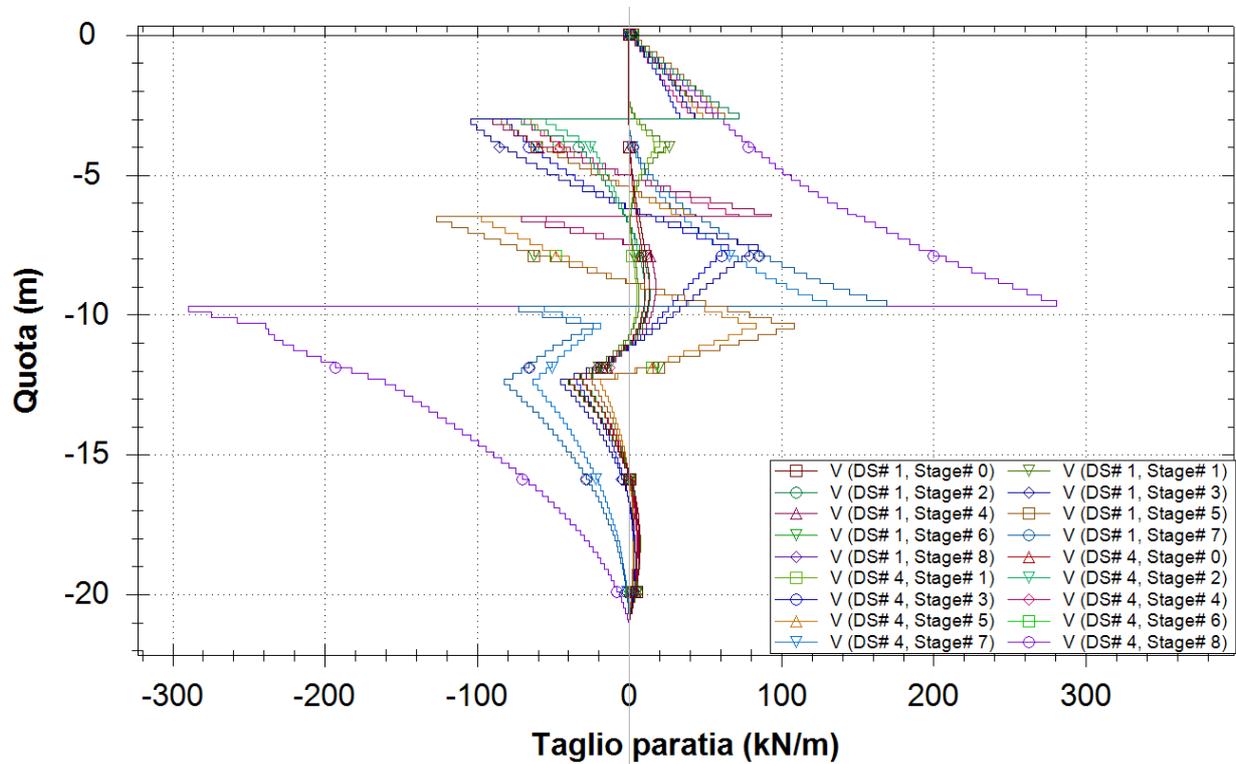


Figura 22 – A1-M1-R1(Statica "DS#1" e Sismica "DS#4") – Taglio

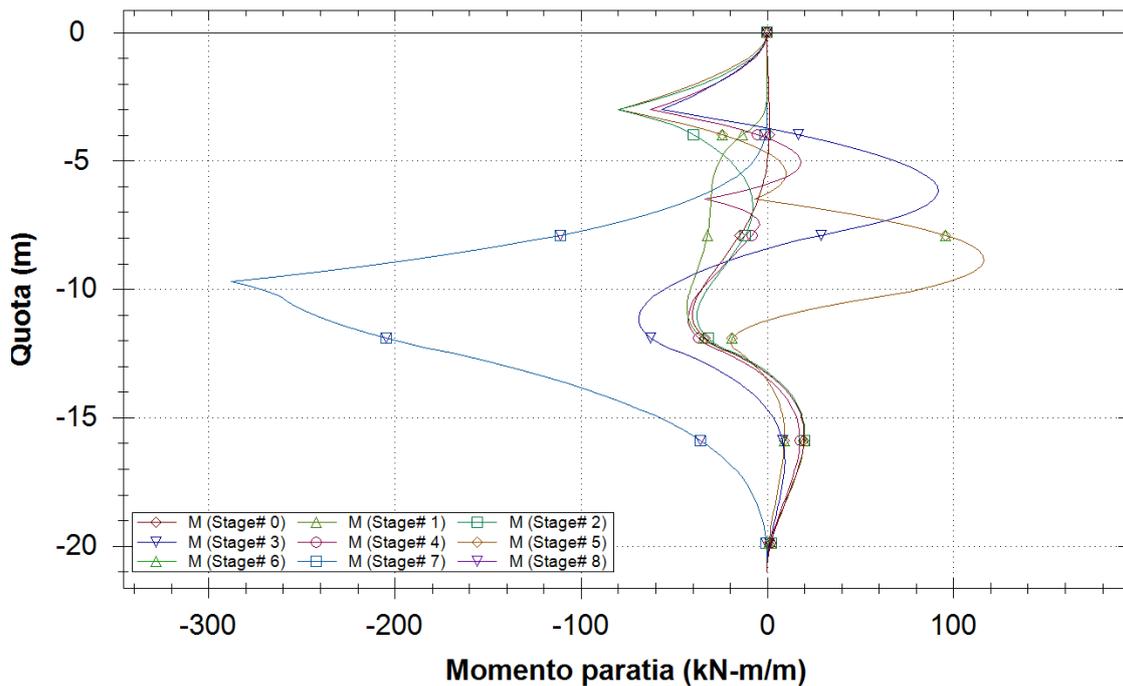


Figura 23 – SLE – Momento Flettente

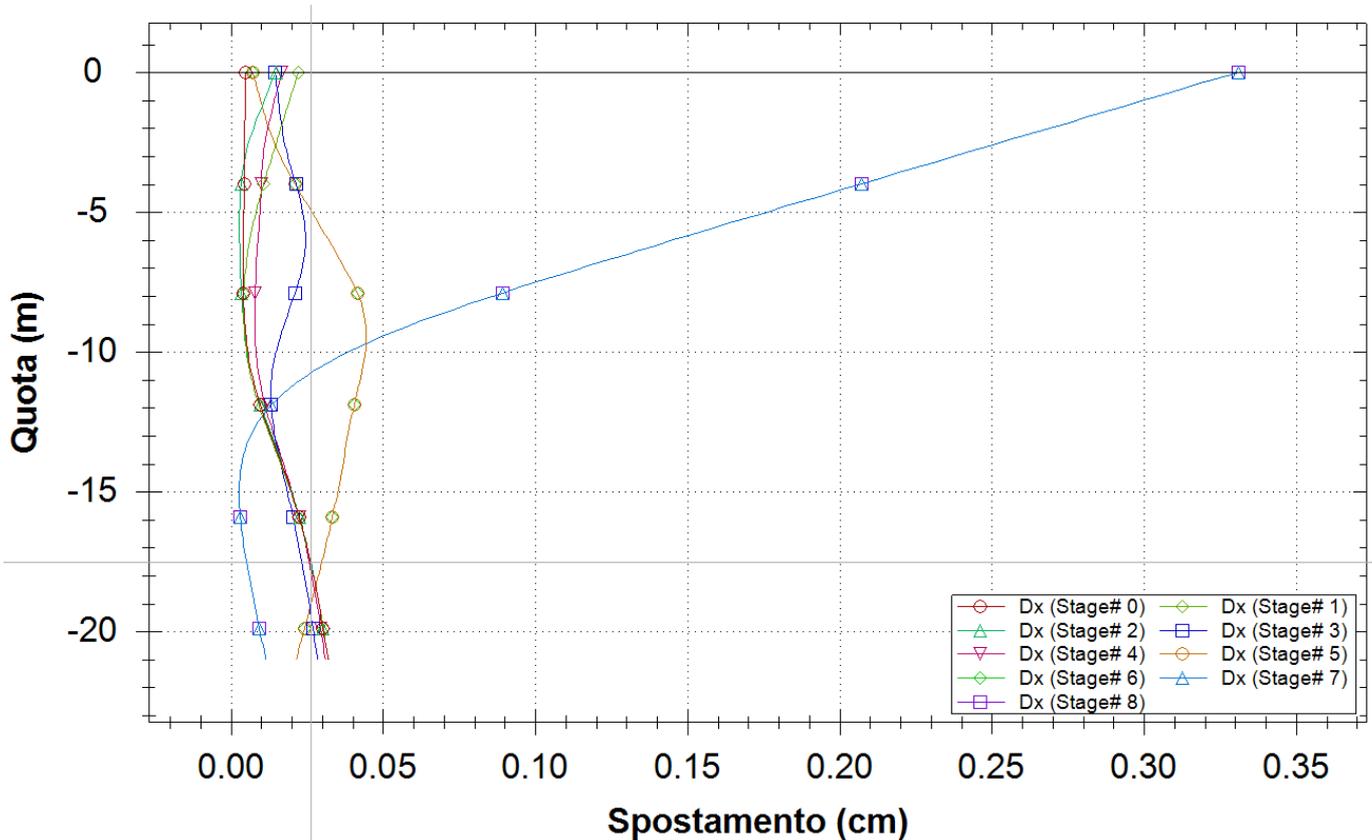


Figura 24 – SLE - Deformazioni Fase per Fase

13.3 SINTESI RISULTATI

Nella tabella seguente si riportano i risultati maggiormente significativi per la sezione analizzata:

GA_TEL - Paratia Imbocco SUD	Spostamento X paratia (cm)	Cedimenti Z terreno (cm)	Momento paratia (kN-m)	Taglio paratia (kN)	FS passiva (eq. limite)	FS rotazione (eq. limite)	FS infissione (eq. limite)	Passiva/Vera (analisi NL)	Vera/Attiva (analisi NL)
Base model	1.21	0.63	1129.5	289.43	3.196	3.314	13.25	2.046	1.364
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	0.33	0.22	373.83	169.07	2.459	2.549	10.6	2.289	1.364
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	0.78	0.46	693.46	246.02	2.013	2.093	5.889	1.806	1.079
0: DM08_ITA: EQK - GEO	1.76	0.94	1620.1	427.28	2.013	2.093	5.889	1.691	1.079
0: DM08_ITA: EQK - STR	1.21	0.63	1129.5	289.43	3.196	3.314	13.25	2.046	1.364
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	0.33	0.22	287.56	130.05	3.196	3.314	13.25	2.289	1.364

13.4 VERIFICA STRUTTURALE DIAFRAMMI

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali dei diaframmi $s=1200\text{mm}$ con riferimento alle massime sollecitazioni ricavate dalle analisi effettuate i cui risultati sono esposti nelle specifiche sezioni dell'Allegato A, cui si rimanda per i dettagli.

Le verifiche fanno riferimento in particolare alle sezioni maggiormente sollecitate, in corrispondenza delle quali è stata definita l'armatura massima dell'elemento, prevedendo, ove ritenuto opportuno, una riduzione della stessa lungo l'altezza del diaframma in ragione dell'andamento delle sollecitazioni desumibile.

Geometria sezione paratia

tipo:	Diaframma	
H=	1.2 m	(altezza sezione paratia)
B=	1 m	(Base sezione paratia)

Armatura

Interna	10 ϕ 22
Esterna	10 ϕ 22
Spirale	1 ϕ 10/10

VERIFICHE SLU

N	Mmax	Vmax	C.S. (TRd/ TEd)	C.S. (MRd, NRd)
[kN]	[kN]	[kN]	[-]	[-]
-168	1129.5	1088.35	1.44	1.56

VERIFICHE SLE

N	Mmax	$\sigma_{,min}$	$\sigma_{,max}$	wk
[kN]	[kN]	MPa	MPa	mm
-168	287.56	-1.61	52.3	0.000

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal
km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA
ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	74 di 123

Dove:

N= Sforzo normale agente in corrispondenza della sezione di momento massimo.

Ai fini delle verifiche agli stati limite di esercizio si è provveduto a verificare che le tensioni massime nel calcestruzzo e nell'acciaio siano inferiori ai valori massimi pari rispettivamente a 14,9 Mpa (per calcestruzzo di classe C25/30 combinazioni rare) e di 360 Mpa (per acciaio B 450 C), nonché di verificare che l'apertura delle fessure sia inferiore al valore limite di $w_3=0,2\text{mm}$ (Classe di esposizione XC2 ed armature poco sensibili)

13.5 VERIFICA DEI TIRANTI

Di seguito si riportano in forma tabellare, i risultati delle verifiche strutturali e geotecniche dei tiranti di ancoraggio:

	Caratteristiche Tiranti																CARICHI PROGETTO		VERIFICA BULBI		VERIFICA TREFOLI		SLE					
	Ordine	Q(m)	i(m)	α°	Lp(m)	La(m)	Ltot(m)	dp(m)	Nt (KN)	Nt teor (KN)	$\alpha\tau_{lim}$ (Kpa)	A _{tref} (mm ²)	n _{tref}	f _{p(1)k} snenamento / limite elastico	γ_R	ξ	γ_s	$\gamma_R \times \xi$	N _{MAX} (KN/m)	N _q SLU (KN)	N _{rb} (KN)	FS	N _{yd} STR (KN)	FS	N _{MAX} (KN/m)	N _q SLE (KN)	N _q SLE / N _{yd}	N _c (KN)
IMBOCCO SUD	1	-3.00	2.8	15	12	7	19	0.18	300	404	350	139	4	1670	1.1	1.75	1.15	1.925	156.5	438	720	1.64	807	1.84	120.39	337	0.42	404.5
	2	-6.50	2.8	15	10	7	17	0.18	350	404	350	139	4	1670	1.1	1.75	1.15	1.925	183.1	513	720	1.41	807	1.57	140.84	394	0.49	473.2

Lp = Lunghezza passiva (tratto non iniettato)

La= Lunghezza attiva (bulbo iniettato)

dp=diametro perforazione

i(m)=interasse tiranti

α° = inclinazione tirante rispetto all'orizzontale

$\alpha\tau_{lim}$ = tensione di aderenza limite caratteristica

n_{tref} = n°trefoli per tirante

d_t = diametro trefoli

A_{tref} = area trefoli

N_{MAX} = Carico totale di progetto/m

N_t = Precarico totale alla messa in opera.

(0,6 N_{yd})

N_q = Carico totale di progetto sul singolo tirante

N_{rb} = Carico limite bulbo

N_{yd}^{STR} = Carico rottura strutturale tirante

N_c = Carico totale di collaudo (1,2 N_q^{SLE})

$\gamma_R \times \xi$ coefficiente parziale risultante per Verifica a sfilamento tiranti

γ_s coefficiente parziale sicurezza per verifica acciaio tiranti

FS = N_{rb}/N_q

FS = N_{yd}/N_q

13.6 VERIFICA STRUTTURALE E GEOTECNICA PALI STRUTTURA DI CONTRASTO

La struttura di contrasto è costituita da una solettone in c.a. di spessore pari ad 1.00m fondato su pali $d=1200\text{mm}$ aventi lunghezza pari a 15m e posti ad interasse trasversale e longitudinale di 3,60m.

13.6.1 VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE PALI

Il calcolo del carico limite di progetto dei pali nei riguardi delle azioni orizzontali è regolato nell'ambito del DM 14.01.08 dagli stessi criteri prescritti per il caso delle Azioni verticali già esposti al precedente paragrafo 6.1.

Come già detto in precedenza, per il caso in esame si è previsto di utilizzare l'approccio di progetto 2, ove il carico limite orizzontale del sistema palo terreno è valutato, sia in condizione statica che in condizione sismica, considerando la combinazione di coefficienti M1+R3, ove M1=1 ed R3 è fornito dalla alla tabella 6.4.VI del DM 14.01.08 che nel seguito di riporta per completezza:

Tabella 6.4.VI - Coefficienti parziali γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi

COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
$\gamma_T = 1,0$	$\gamma_T = 1,6$	$\gamma_T = 1,3$

In definitiva noto H_{lim} , valutato con i criteri di cui al precedente paragrafo, è possibile calcolare i corrispondenti valori di progetto H_d secondo quanto nel seguito indicato:

$$H_d = H_{lim} / (R3 \times \xi_3)$$

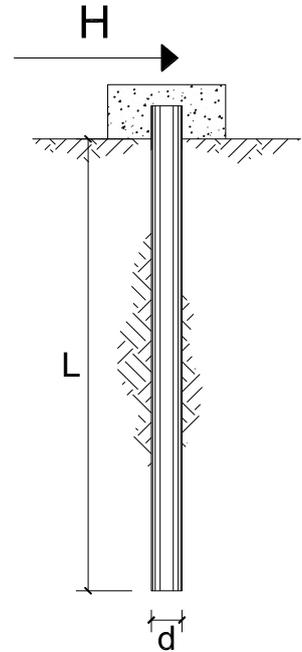
Sulla scorta della stratigrafia di progetto riportata in precedenza e tenendo conto delle ipotesi riportate al paragrafo 4.5, si procede nel seguito, con il calcolo del valore del carico limite di progetto dei pali dell'opera in esame:

**CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI
PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA**

OPERA: IMBOCCO SUD

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)



coefficienti parziali		A		M	R	
		permanenti	variabili	γ_{ϕ}	γ_T	
Metodo di calcolo		γ_G	γ_Q			
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.25	1.00

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.45
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

Palo corto:
$$H = 1.5k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2$$

Palo intermedio:
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo:
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \right)^2}$$

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	78 di 123

DATI DI INPUT:

Reazione vincolo (soletta di contrasto)		583.40	kN/m		
Interasse longitudinale pali		3.60	m		
numero pali		4			
coefficiente α (par. 4.4 in relazione)		2.60			
Momento sollecitante (Msd)		1365.156			
Lunghezza del palo	L =	18.00	(m)		
Diametro del palo	d =	1.20	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	My =	1551.45	(kN m)		
Angolo di attrito del terreno	φ'_{med} =	33.00	(°)	φ'_{min} =	32.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\varphi'_{med,d}$ =	33.00	(°)	$\varphi'_{min,d}$ =	32.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ($k_p = (1+\sin\varphi)/(1-\sin\varphi)$)	$k_{p,med}$ =	3.39	(-)	$k_{p,min}$ =	3.25 (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$)	γ =	10.00	(kN/m ³)		
Azione Tagliante (V):	V =	525.06	(kN)		
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0	(kN)		

Palo corto:

$$H1_{med} = 19782.84 \text{ (kN)} \quad H1_{min} = 18980.76 \text{ (kN)}$$

Palo intermedio:

$$H2_{med} = 6680.47 \text{ (kN)} \quad H2_{min} = 6413.11 \text{ (kN)}$$

Palo lungo:

$$H3_{med} = 1098.06 \text{ (kN)} \quad H3_{min} = 1083.01 \text{ (kN)}$$

$$H_{med} = 1098.06 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo} \quad H_{min} = 1083.01 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 686.29 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k/\gamma_T = 527.91 \text{ (kN)}$$

$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 525.06 \text{ (kN)}$$

$$FS = H_d / F_d = 1.01$$

13.6.2 VERIFICA STRUTTURALE PALI

Calcolo del momento di plasticizzazione di una sezione circolare

Diametro = 1200 (mm)

Raggio = 600 (mm)

Sforzo Normale = 0 (kN)

Caratteristiche dei Materiali

calcestruzzo

Rck = 30 (Mpa)

fck = 25 (Mpa)

γ_c = 1.5

α_{cc} = 0.85

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 14.17$ (Mpa)

Acciaio

tipo di acciaio

f_{yk} = 450 (Mpa)

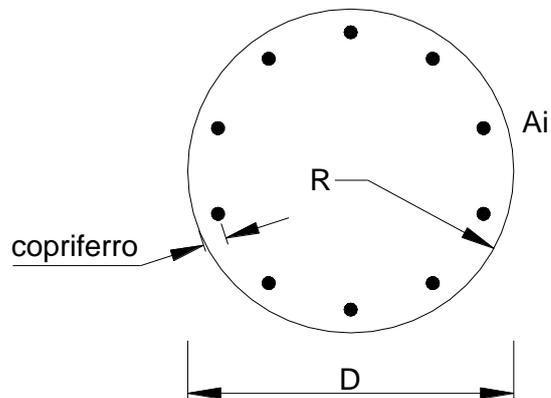
γ_s = 1.15

f_{yd} = f_{yk} / γ_s = 391.3 (Mpa)

E_s = 206000 (Mpa)

ϵ_{ys} = 0.190%

ϵ_{uk} = 10.000%



GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	80 di 123

Armature

numero		diametro (mm)		area (mm ²)	copriferro (mm)
22	▲ ▼	φ 22	▲ ▼	8363	71
0	▲ ▼	φ 0	▲ ▼	0	0
0	▲ ▼	φ 0	▲ ▼	0	0

Calcolo

Momento di Plasticizzazione

My = 1551.4 (kN m)

My ≥ Msd = 1365.156 OK

Inserisci

14. SEZIONE IMBOCCO NORD : RISULTATI ANALISI E FASI DI CALCOLO

Nel seguito del presente paragrafo, si espone una sintesi dei risultati delle Analisi con riferimento alle sezioni di calcolo definite ai paragrafi precedenti.

14.1 Criteri di Analisi e Fasi di Calcolo

Le analisi eseguite sono di tipo sequenziale, riproducendo in successione tutte le principali fasi operative previste per la realizzazione dell'opera. Quindi, il termine di ciascuna analisi rappresenta la condizione iniziale per la fase successiva.

Di seguito si riportano le fasi di calcolo che sono state analizzate in successione, nell'ambito delle analisi effettuate:

La quota di zero è posta a estradosso cordolo paratia (circa 0.5m al di sotto del P.C. locale).

- Step 0.** Esecuzione diaframma $s=1200$ mm, applicazione carico equivalente terreno di spessore 1.0m amplificato di 20kPa, ed inizializzazione geostatica.
- Step 1.** Esecuzione scavo fino a quota 4m
- Step 2.** Realizzazione 1°ordine di tiranti a quota 3m.
- Step 3.** Esecuzione scavo fino a quota 7.5m.
- Step 4.** Realizzazione 2°ordine di tiranti a quota 6.5m.
- Step 5.** Scavo finale fino a quota 10.65m
- Step 6.** Realizzazione solettone di contrasto.
- Step 7.** Disattivazione tiranti provvisori.
- Step 8.** Attivazione sisma ($k_h=0.145$; $k_v=0.072$).

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	82 di 123

La soletta di contrasto a valle della paratia è stata modellata come un vincolo fisso applicato alla quota della mezzeria della soletta.

Nota la reazione agente sul vincolo, in seconda fase è stata condotta una verifica a carico limite laterale, in accordo alla teoria di Broms, della palificata di fondazione della soletta di contrasto.

Per ciò che concerne tutti i dati di input, risultati in termini di stabilità e sollecitazioni di calcolo, si rimanda a quanto riportato in dettaglio nelle specifiche sezioni dell'allegato A del presente documento.

Di seguito si riportano le immagini relative alle fasi di calcolo:

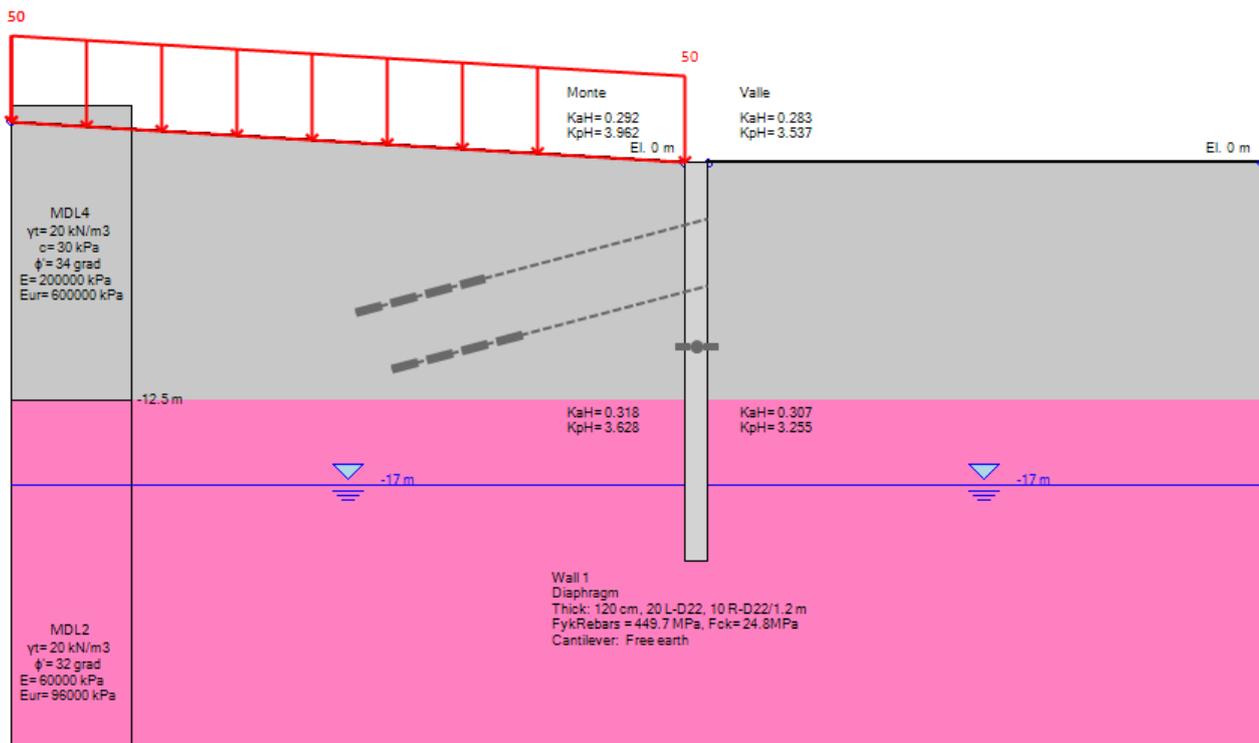


Figura 25 – Esecuzione diaframma $s=1200 \text{ mm}$ ed inizializzazione geostatica (step 0)

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	83 di 123

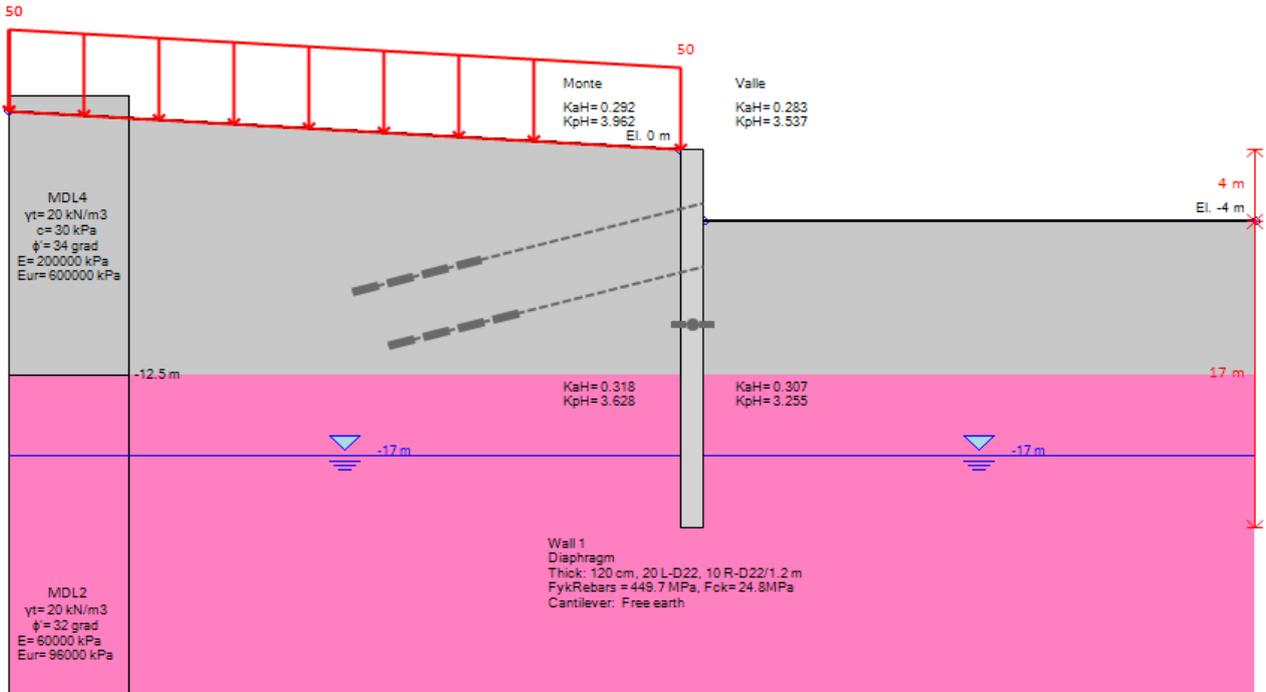


Figura 26 – Esecuzione scavo 1 (step 1)

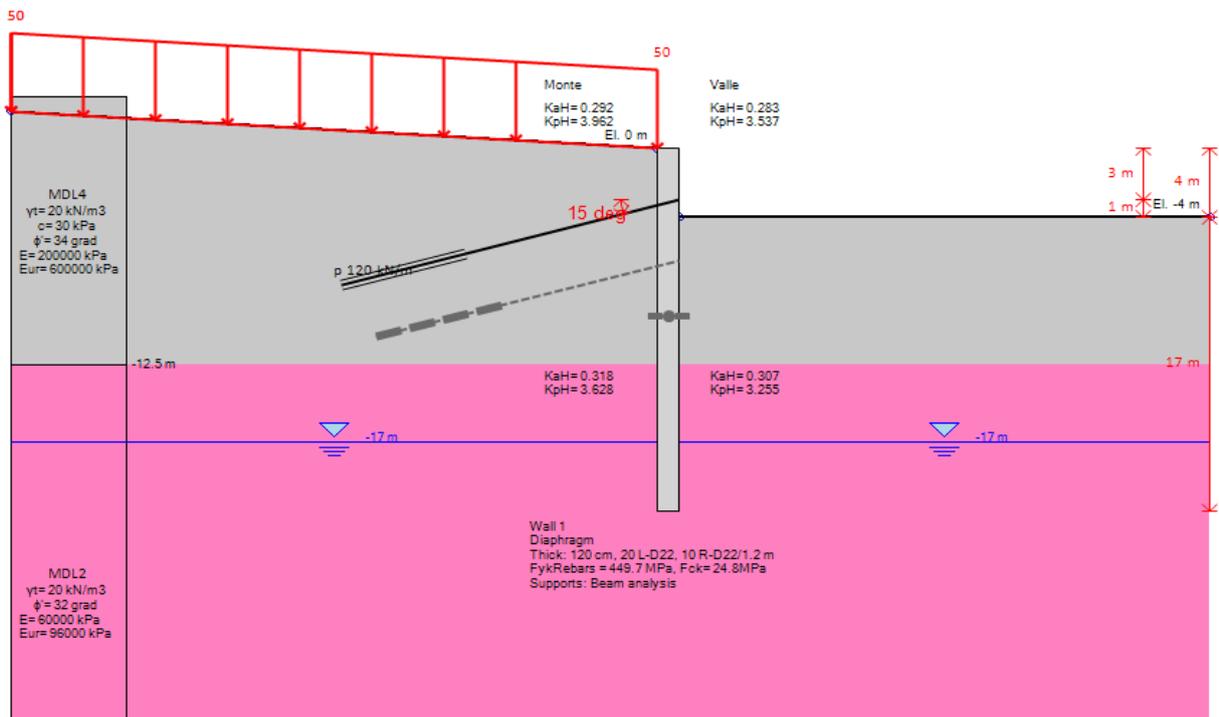


Figura 27 – Esecuzione 1°ordine di tiranti (step 2)

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	84 di 123

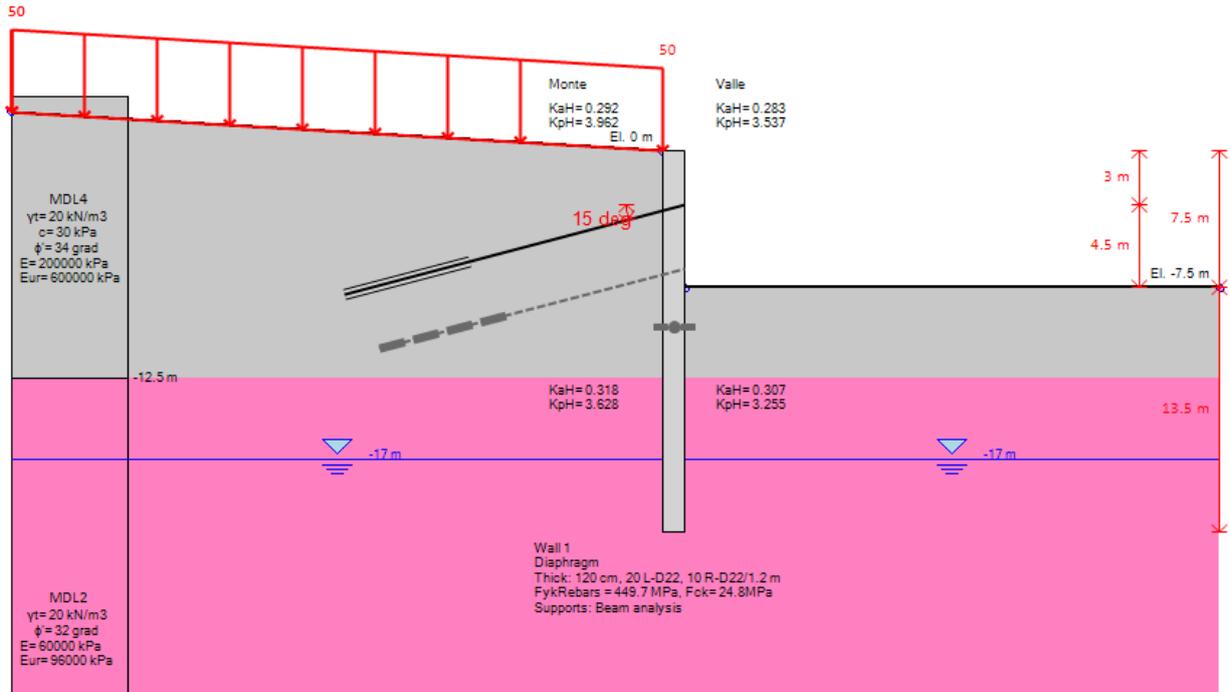


Figura 28 – Esecuzione scavo 1 (step 3)

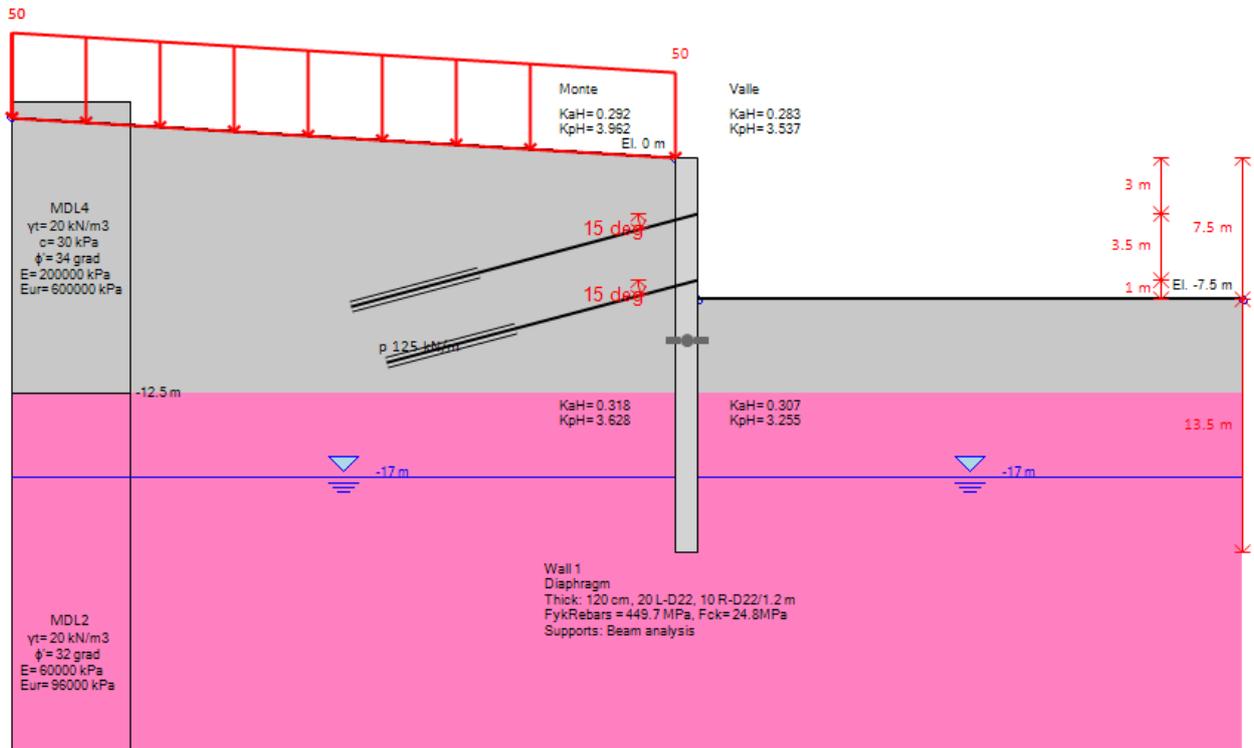


Figura 29 – Realizzazione 2°ordine di tiranti (step 4)

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	86 di 123

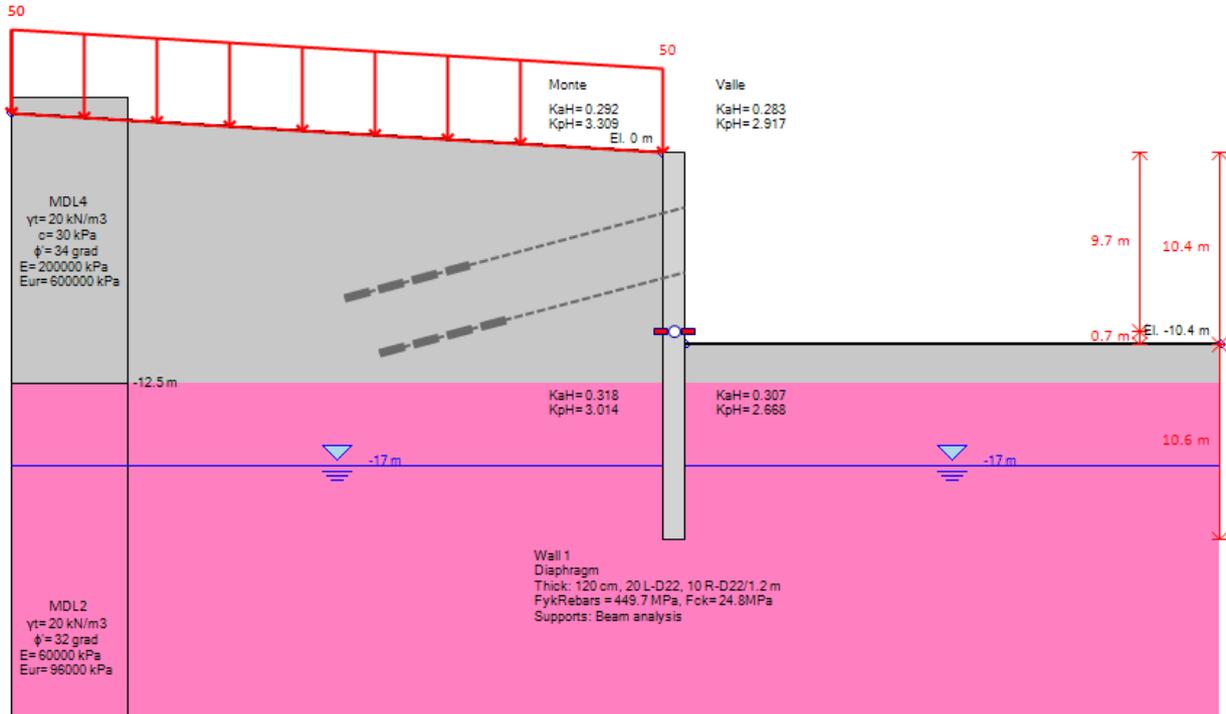


Figura 32 Disattivazione tiranti provvisori (step 7)

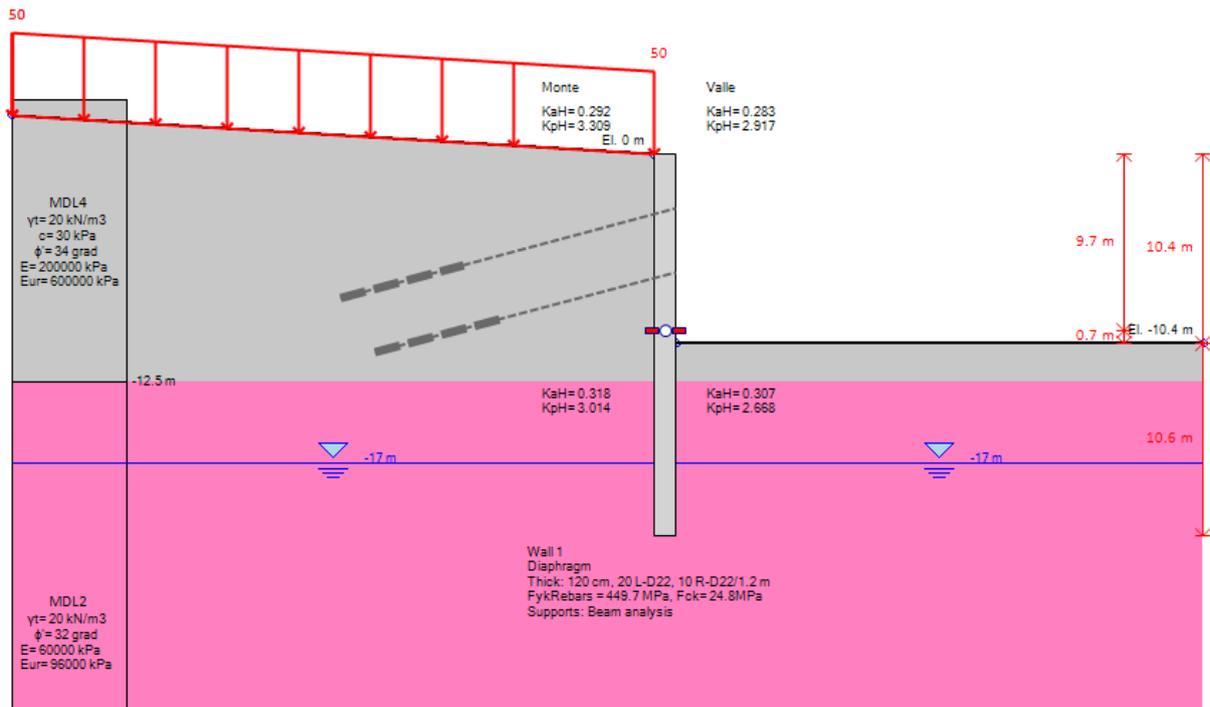


Figura 33 – Attivazione sisma (step 8)

14.2 sollecitazioni, sforzi e deformazioni

Nel seguito del presente paragrafo sono riportati, in forma grafica, i risultati delle Sollecitazioni e degli Sforzi di riferimento per la Verifica dei Pali, e cordoli delle paratie, con riferimento alle Combinazioni di Carico che, secondo le prescrizioni normative, vanno considerate per i vari casi; nello specifico, i grafici fanno riferimento alle seguenti combinazioni:

A1-M1-R1(statica e sismica): Verifica strutturale dei Pali, Tiranti e travi di Contrasto in Fase Statica

SLE: Deformazioni massime della paratia, cedimenti piano limite, Carico di esercizio nei Tiranti, Verifiche tensionali e di fessurazione

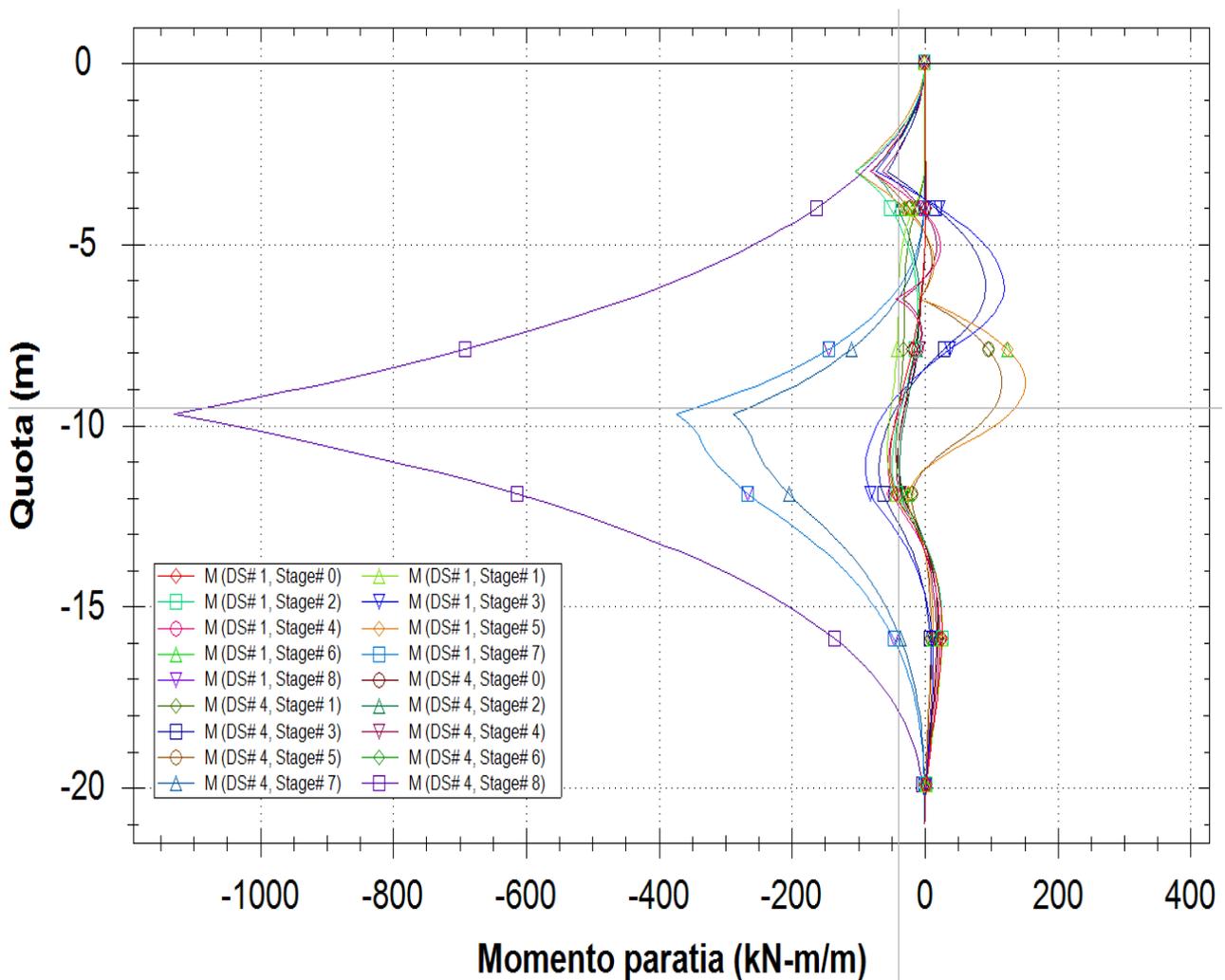


Figura 34 – A1-M1-R1(Statica "DS#1" e Sismica "DS#4") – Momento Flettente

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal
km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA
ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	88 di 123

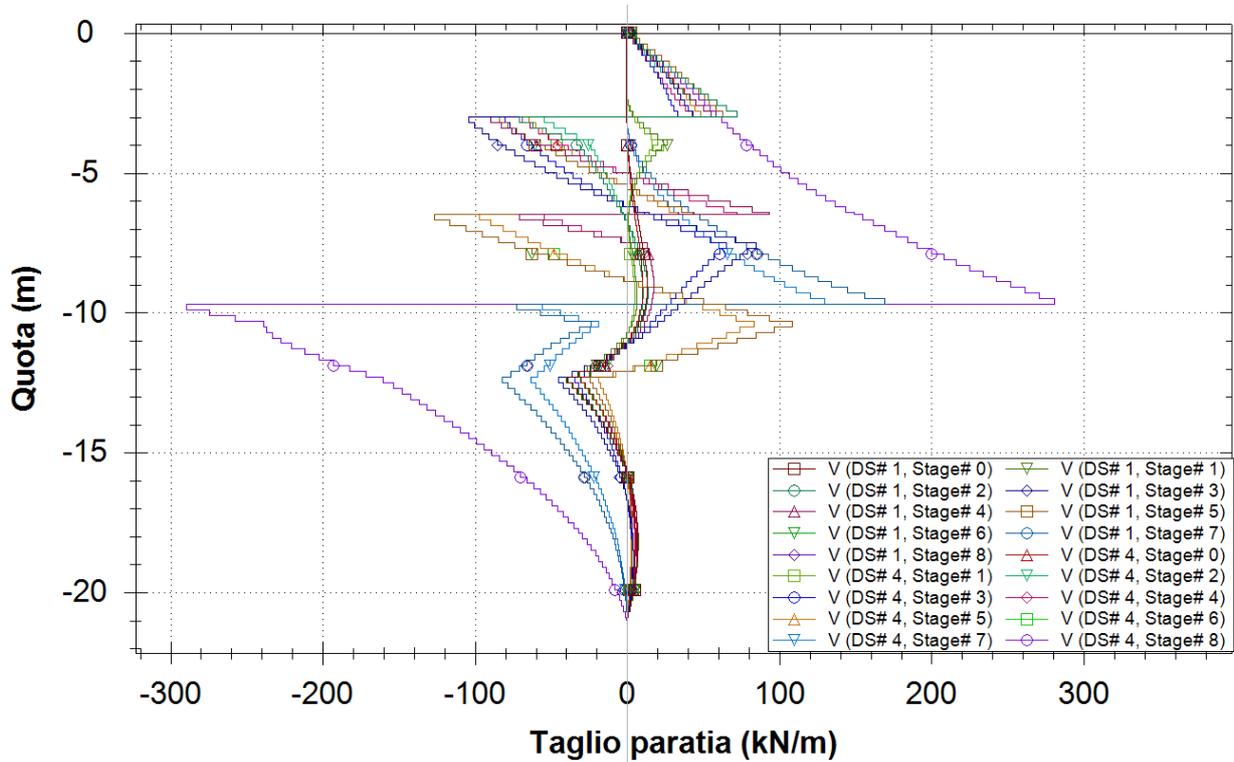


Figura 35 – A1-M1-R1(Statica "DS#1" e Sismica "DS#4") – Taglio

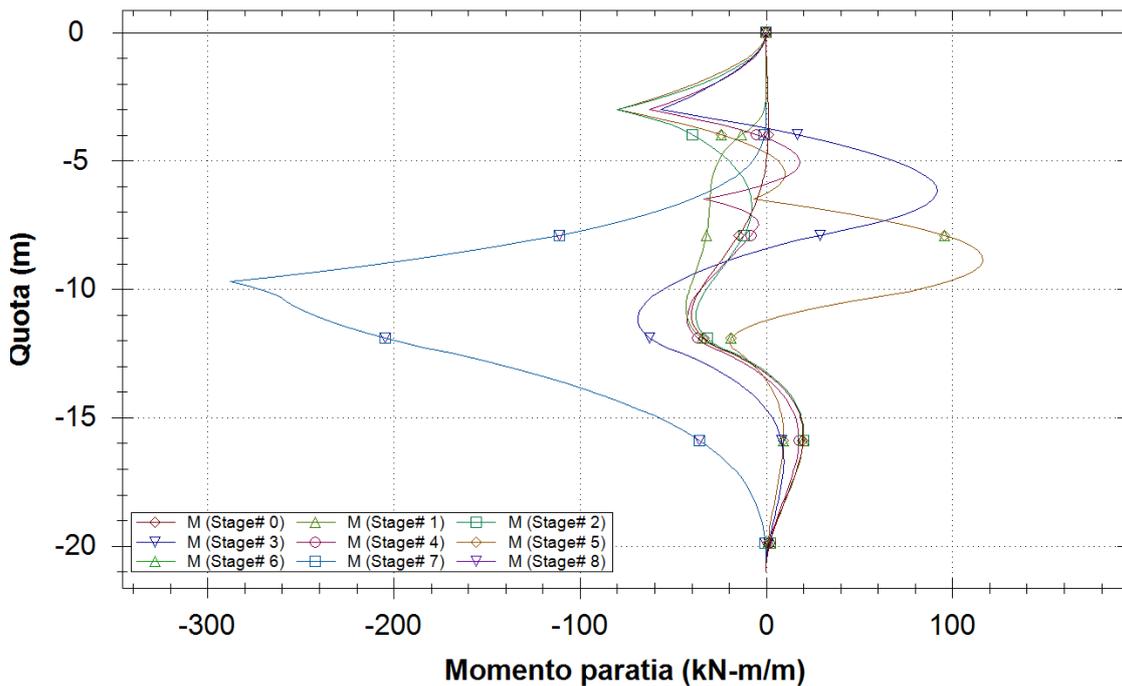


Figura 36 – SLE – Momento Flettente

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	89 di 123

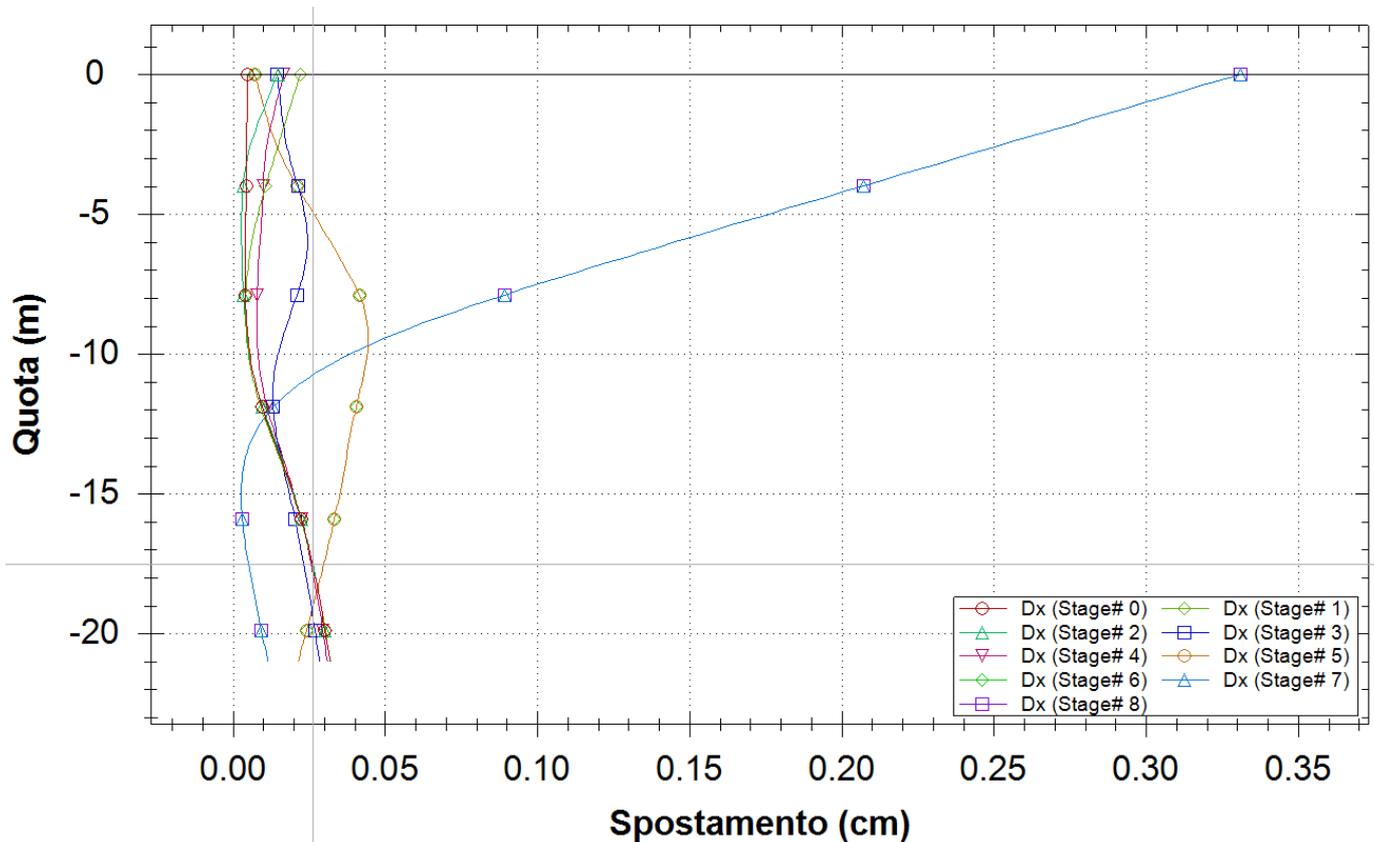


Figura 37 – SLE - Deformazioni Fase per Fase

14.3 SINTESI RISULTATI

Nella tabella seguente si riportano i risultati maggiormente significativi per la sezione analizzata:

GA_TEL - Paratia Imbocco SUD	Spostamento X paratia (cm)	Cedimenti Z terreno (cm)	Momento paratia (kN-m)	Taglio paratia (kN)	FS passiva (eq. limite)	FS rotazione (eq. limite)	FS infissione (eq. limite)	Passiva/Vera (analisi NL)	Vera/Attiva (analisi NL)
Base model	1.21	0.63	1129.5	289.43	3.196	3.314	13.25	2.046	1.364
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	0.33	0.22	373.83	169.07	2.459	2.549	10.6	2.289	1.364
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	0.78	0.46	693.46	246.02	2.013	2.093	5.889	1.806	1.079
0: DM08_ITA: EQK - GEO	1.76	0.94	1620.1	427.28	2.013	2.093	5.889	1.691	1.079
0: DM08_ITA: EQK - STR	1.21	0.63	1129.5	289.43	3.196	3.314	13.25	2.046	1.364
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	0.33	0.22	287.56	130.05	3.196	3.314	13.25	2.289	1.364

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	90 di 123

14.4 VERIFICA STRUTTURALE DIAFRAMMI

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali dei diaframmi $s=1200\text{mm}$ con riferimento alle massime sollecitazioni ricavate dalle analisi effettuate i cui risultati sono esposti nelle specifiche sezioni dell'Allegato A, cui si rimanda per i dettagli.

Le verifiche fanno riferimento in particolare alle sezioni maggiormente sollecitate, in corrispondenza delle quali è stata definita l'armatura massima dell'elemento, prevedendo, ove ritenuto opportuno, una riduzione della stessa lungo l'altezza del diaframma in ragione dell'andamento delle sollecitazioni desumibile.

Geometria sezione paratia

tipo: Diaframma
 H= 1.2 m altezza sezione paratia
 B= 1 m Base sezione paratia

Armatura

Interna 10 ϕ 26
 Esterna 10 ϕ 26
 staffe 2 ϕ 10/10

VERIFICHE SLU

N	Mmax	Vmax	C.S. (TRd/ TEd)	C.S. (MRd, NRd)
[kN]	[kN]	[kN]	[-]	[-]
-168	2046.1	567.3	2.75	1.15

VERIFICHE SLE

N	Mmax	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	wk
[kN]	[kN]	MPa	MPa	mm
-168	1096.6	-4.94	182.5	0.136

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	91 di 123

Dove:

N= Sforzo normale agente in corrispondenza della sezione di momento massimo.

Ai fini delle verifiche agli stati limite di esercizio si è provveduto a verificare che le tensioni massime nel calcestruzzo e nell'acciaio siano inferiori ai valori massimi pari rispettivamente a 14,9 Mpa (per calcestruzzo di classe C25/30 combinazioni rare) e di 360 Mpa (per acciaio B 450 C), nonché di verificare che l'apertura delle fessure sia inferiore al valore limite di $w_3=0,2\text{mm}$ (Classe di esposizione XC2 ed armature poco sensibili)

14.5 VERIFICA DEI TIRANTI

Di seguito si riportano in forma tabellare, i risultati delle verifiche strutturali e geotecniche dei tiranti di ancoraggio:

	Caratteristiche Tiranti																		CARICHI PROGETTO		VERIFICA BULBI		VERIFICA TREFOLI		SLE		
	Ordine	Q(m)	i(m)	α°	Lp(m)	La(m)	Ltot (m)	dp(m)	Nt (KN)	Nt teor (KN)	$\alpha\tau_{lim}$ (Kpa)	A _{tref} (mm ²)	n _{tref}	f _{p(1)k} snervamento / limite elastico	γ_R	ξ	γ_s	$\gamma_R \times \xi$	N _{MAX} (KN/m)	N _q SLU (KN)	N _{rb} (KN)	FS	N _{yd} ^{STR} (KN)	FS	N _{MAX} (KN/m)	N _q ^{SLE} (KN)	N _c (KN)
IMBOCCO NORD	1	-3.00	2.8	15	12	9	21	0.18	300	404	250	139	4	1670	1.1	1.75	1.15	1.925	212.8	596	661	1.11	807	1.36	163.67	458	549.9
	2	-6.50	2.8	15	10	9	19	0.18	350	404	250	139	4	1670	1.1	1.75	1.15	1.925	228.7	640	661	1.04	807	1.26	175.96	493	591.2

Lp = Lunghezza passiva (tratto non iniettato)

La= Lunghezza attiva (bulbo iniettato)

dp=diametro perforazione

i(m)=interasse tiranti

α° = inclinazione tirante rispetto all'orizzontale

$\alpha\tau_{lim}$ = tensione di aderenza limite caratteristica

n_{tref} = n°trefoli per tirante

d_t = diametro trefoli

A_{tref} = area trefoli

N_{MAX} = Carico totale di progetto/m

N_t = Precarico totale alla messa in opera.
(0,6 N_{yd})

N_q = Carico totale di progetto sul singolo tirante

N_{rb} = Carico limite bulbo

N_{yd}^{STR} = Carico rottura strutturale tirante

N_c = Carico totale di collaudo (1,2 N_q^{SLE})

$\gamma_R \times \xi$ coefficiente parziale risultante per Verifica a sfilamento tiranti

γ_s coefficiente parziale sicurezza per verifica acciaio tiranti

FS = N_{rb}/N_q

FS = N_{yd}/N_q

14.6 VERIFICA STRUTTURALE E GEOTECNICA PALI STRUTTURA DI CONTRASTO

La struttura di contrasto è costituita da una solettone in c.a. di spessore pari ad 1.00m fondato su pali $d=1200\text{mm}$ aventi lunghezza pari a 15m e posti ad interasse trasversale e longitudinale di 3,60m.

14.6.1 VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE PALI

Il calcolo del carico limite di progetto dei pali nei riguardi delle azioni orizzontali è regolato nell'ambito del DM 14.01.08 dagli stessi criteri prescritti per il caso delle Azioni verticali già esposti al precedente paragrafo 6.1.

Come già detto in precedenza, per il caso in esame si è previsto di utilizzare l'approccio di progetto 2, ove il carico limite orizzontale del sistema palo terreno è valutato, sia in condizione statica che in condizione sismica, considerando la combinazione di coefficienti M1+R3, ove M1=1 ed R3 è fornito dalla alla tabella 6.4.VI del DM 14.01.08 che nel seguito di riporta per completezza:

Tabella 6.4.VI - Coefficienti parziali γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi

COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
$\gamma_T = 1,0$	$\gamma_T = 1,6$	$\gamma_T = 1,3$

In definitiva noto H_{lim} , valutato con i criteri di cui al precedente paragrafo, è possibile calcolare i corrispondenti valori di progetto H_d secondo quanto nel seguito indicato:

$$H_d = H_{lim} / (R3 \times \xi_3)$$

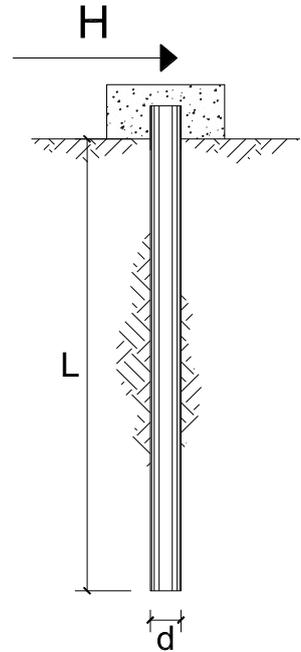
Sulla scorta della stratigrafia di progetto riportata in precedenza e tenendo conto delle ipotesi riportate al paragrafo 4.5, si procede nel seguito, con il calcolo del valore del carico limite di progetto dei pali dell'opera in esame:

**CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI
PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA**

OPERA: IMBOCCO SUD

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)



coefficienti parziali		A		M	R	
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ_{ϕ}	γ_T	
		γ_G	γ_Q			
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.25	1.00

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.45
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

Palo corto:
$$H = 1.5k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2$$

Palo intermedio:
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo:
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \right)^2}$$

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	95 di 123

DATI DI INPUT:

Reazione vincolo (soletta di contrasto)		989.50	kN/m		
Interasse longitudinale pali		3.60	m		
numero pali		4			
coefficiente α (par. 4.4 in relazione)		2.60			
Momento sollecitante (Msd)		2315.43			
Lunghezza del palo	L =	18.00	(m)		
Diametro del palo	d =	1.20	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	My =	4456.44	(kN m)		
Angolo di attrito del terreno	$\varphi'_{med} =$	31.00	(°)	$\varphi'_{min} =$	27.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\varphi'_{med,d} =$	31.00	(°)	$\varphi'_{min,d} =$	27.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ($k_p = (1 + \sin\varphi') / (1 - \sin\varphi')$)	$k_{p,med} =$	3.12	(-)	$k_{p,min} =$	2.66 (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$)	$\gamma =$	10.00	(kN/m ³)		
Azione Tagliante (V):	V =	890.55	(kN)		
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0	(kN)		

Palo corto:

$$H1_{med} = 18219.37 \quad (kN) \qquad H1_{min} = 15530.27 \quad (kN)$$

Palo intermedio:

$$H2_{med} = 6320.70 \quad (kN) \qquad H2_{min} = 5424.34 \quad (kN)$$

Palo lungo:

$$H3_{med} = 2158.78 \quad (kN) \qquad H3_{min} = 2046.87 \quad (kN)$$

$$H_{med} = 2158.78 \quad (kN) \quad \text{palo lungo} \qquad H_{min} = 2046.87 \quad (kN) \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 1349.24 \quad (kN)$$

$$H_d = H_k / \gamma_T = 1037.87 \quad (kN)$$

$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 890.55 \quad (kN)$$

$$FS = H_d / F_d = 1.17$$

14.6.2 VERIFICA STRUTTURALE PALI

Calcolo del momento di plasticizzazione di una sezione circolare

Diametro = 1200 (mm)

Raggio = 600 (mm)

Sforzo Normale = 0 (kN)

Caratteristiche dei Materiali

calcestruzzo

Rck = 30 (Mpa)

fck = 25 (Mpa)

γ_c = 1.5

α_{cc} = 0.85

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 14.17$ (Mpa)

Acciaio

tipo di acciaio

f_{yk} = 450 (Mpa)

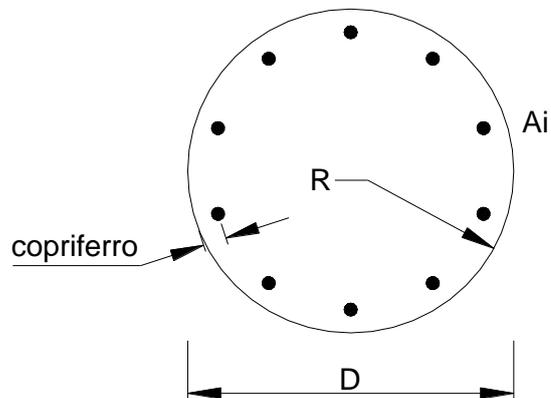
γ_s = 1.15

f_{yd} = f_{yk} / γ_s = 391.3 (Mpa)

E_s = 206000 (Mpa)

ϵ_{ys} = 0.190%

ϵ_{uk} = 10.000%



GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	97 di 123

Armature

numero		diametro (mm)		area (mm ²)	copriferro (mm)
52	▲▼	φ 26	▲▼	27608	73
0	▲▼	φ 0	▲▼	0	110
0	▲▼	φ 0	▲▼	0	0

Calcolo

Momento di Plasticizzazione

My = 4456.4 (kN m)

Inserisci

My ≥ Msd = 1365.156 OK

NOTA: L'armatura longitudinale prevista deve essere disposta in un unico strato secondo lo schema a "doppiette" ovvero 2x26φ26

ALLEGATO A

ANALISI Paratie. Tabulati di calcolo

PARATIE

DATI GENERALI

Paratie Plus 2012

Ce.A.S. , Centro di Analisi Strutturale, viale Giustiniano 10, 20129
Milano. www.ceas.it. DeepExcavation LLC, Astoria, New
York. www.deepexcavation.com. UN PROGRAMMA NONLINEARE AD ELEMENTI
FINITI PER L'ANALISI DI STRUTTURE DI SOSTEGNO FLESSIBILI

Progetto: My Project

SISTEMI DI RIFERIMENTO E CONVENZIONI Le coordinate, i carichi, i cedimenti, le reazioni vincolari e gli spostamenti dei NODI sono riferiti ad una terna destra cartesiana globale con l'asse Z verticale rivolto verso l'alto e l'asse Y verso destra.

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	100 di 123

ELEMENTO TRUSS

1. FORCE : FORZA NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ
2. STRESS : SPORZO

ELEMENTO BEAM (vedi figura 11-1)

1. VA : TAGLIO AL PRIMO ESTREMO
2. VB : TAGLIO AL SECONDO ESTREMO
3. MA : MOMENTO AL PRIMO ESTREMO
4. MB : MOMENTO AL SECONDO ESTREMO
(tutti per unità di profondità)

ELEMENTO ELPL (MOLLA ELASTOPLASTICA)

1. FORCE : FORZA NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ
2. PLASTIC : DEFORMAZIONE PLASTICA

ELEMENTO WIRE (TIRANTE)

1. FORCE : FORZA NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ

ELEMENTO CELAS (MOLLA ELASTICA)

1. FORCE : FORZA NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ
2. MOMENT : MOMENTO NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ

ELEMENTO SLAB (SOLETTA FRA DUE PARETI)

1. VA : TAGLIO AL PRIMO ESTREMO
2. VB : TAGLIO AL SECONDO ESTREMO
3. MA : MOMENTO AL PRIMO ESTREMO
4. MB : MOMENTO AL SECONDO ESTREMO
5. AXIAL : AZIONE ASSIALE
(tutti per unità di profondità)

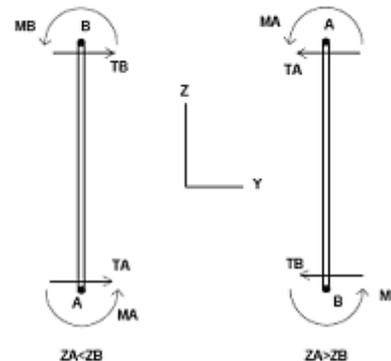


Figura 11-1: convenzioni di segno per l'elemento BEAM

L'analisi delle sezioni trasversali della paratia ai fini della verifica viene eseguita considerando il sistema di riferimento riportato nella figura seguente

- asse X coincidente con l'asse dell'asta e con verso dal nodo iniziale al nodo finale;
 - immaginando la trave a sezione rettangolare l'asse Y è parallelo alla base e l'asse Z è parallelo all'altezza. La rotazione dell'asta comporta quindi una rotazione di tutta la terna locale.
- Le convenzioni utilizzate per le sollecitazioni sugli elementi BEAM della paratia sono le seguenti:

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	101 di 123

ELEMENTO TRUSS

1. FORCE : FORZA NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ
2. STRESS : SPORZO

ELEMENTO BEAM (vedi figura 11-1)

1. VA : TAGLIO AL PRIMO ESTREMO
2. VB : TAGLIO AL SECONDO ESTREMO
3. MA : MOMENTO AL PRIMO ESTREMO
4. MB : MOMENTO AL SECONDO ESTREMO
(tutti per unità di profondità)

ELEMENTO ELPL (MOLLA ELASTOPLASTICA)

1. FORCE : FORZA NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ
2. PLASTIC : DEFORMAZIONE PLASTICA

ELEMENTO WIRE (TIRANTE)

1. FORCE : FORZA NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ

ELEMENTO CELAS (MOLLA ELASTICA)

1. FORCE : FORZA NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ
2. MOMENT : MOMENTO NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ

ELEMENTO SLAB (SOLETTA FRA DUE PARETI)

1. VA : TAGLIO AL PRIMO ESTREMO
2. VB : TAGLIO AL SECONDO ESTREMO
3. MA : MOMENTO AL PRIMO ESTREMO
4. MB : MOMENTO AL SECONDO ESTREMO
5. AXIAL : AZIONE ASSIALE
(tutti per unità di profondità)

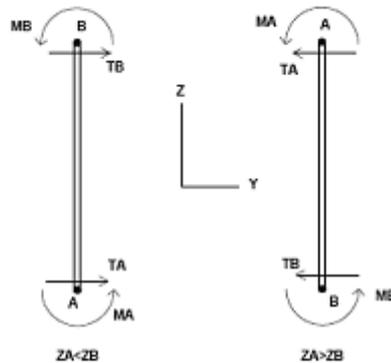


Figura 11-1: convenzioni di segno per l'elemento BEAM

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	102 di 123

ANALISI PARATIA IMBOCCO SUD

DATI INPUT:

DATI TERRENO

Name	g tot (kN/m3)	g dry (kN/m3)	Frict (deg)	C' (kPa)	Su (kPa)	FRp (deg)	FRcv (deg)	Eload (kPa)	Eur (kPa)	kAp NL	kPp NL	kAcv NL	kPcv NL	Vary	Spring Model	Color
MDL4	20	20	34	30	N/A	N/A	N/A	200000	600000	0.28	3.54	N/A	N/A	True	Linear	
MDL2	20	20	32	0	N/A	N/A	N/A	60000	96000	0.31	3.26	N/A	N/A	True	Linear	

Name	Poisson v	Min Ka (clays)	Min sh (clays)	ko.NC -	nOCR -	aH.EXP (0 to 1)	aV.EXP (0 to 1)	qSkin (kPa)	qNails (kPa)	kS.nails (kN/m3)	PL (MPa)
MDL4	0.35	-	-	0.441	1	-	-	300	0	0	-
MDL2	0.35	-	-	0.47	1	-	-	150	0	0	-

gtot=peso specifico /totale terreno

gdry=peso secco del terreno

Frict=angolo di attrito di calcolo

C'=coesione efficace

Su = Coesione non drenata, parametro attivo per terreni tipo CLAY in condizioni NON drenate

Dilat=Dilatanza terreno (parametro valido solo in analisi non lineare)

Evc=modulo a compressione vergine molla equivalente terreno

Eur=modulo di scarico/ricarico (fase elastica) molla equivalente terreno

Kap= coefficiente di spinta attiva di picco

Kpp= coefficiente di spinta passiva di picco

Kacv= coefficiente di spinta attiva di picco

Kpcv= coefficiente di spinta passiva di picco

Spring models= modalità di definizione dei moduli di rigidità molle terreno (LIN, EXP, SIMC)

LIN= Lineare-Elastico-Perfettamente plastico

EXP: esponenziale, SUB: Modulo di reazione del sottosuolo

SIMC= Modo semplificato per argille

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	103 di 123

STRATIGRAFIA TERRENI

Top Elev= quota superiore strato

Soil type=nome del terreno

OCR=rapporto di sovraconsolidazione

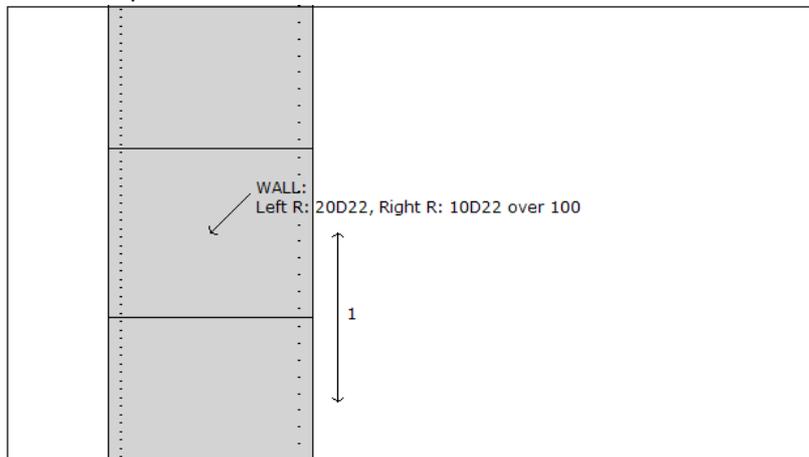
K0=coefficiente di spinta a riposo

Nome: Boring 1, pos: (-20, 0)

Top elev.	Soil type	OCR	Ko
3	MDL4	1	0.44
-12.5	MDL2	1	0.47

DATI PARATIE

Sezioni paratia0: Wall 1



Sezioni paratia0: DIAFRAMMA S=1,20

Tipo paratia: Diaframma

Quota sommita' paratia: 0 m Quota piede paratia: -21 m

Dimensione fuori piano paratia: 1 Spessore paratia = 1.2

Ampiezza zona spinta passiva al di sotto del piano di scavo: 1 Ampiezza zona spinta attiva al di sotto del piano di scavo: 1 Swater= 1

fc' cls = 24.8 Fy barre = 449.7 Ecls = 31475.7 FcT calcestruzzo a trazione = 9% di Fc'

Attrito paratia: % attrito terreno = 0%

Le capacita' paratie in acciaio sono calcolate con NTC 2008

Le capacita' paratie in calcestruzzo sono calcolate con NTC 2008

Nota: con la capacita' ultima si dovrebbe adottare un fattore di sicurezza strutturale.

Diaframma

Tabella: dati solette

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	104 di 123

Name	Shape	Fy	Fc'	D	B	Bw	tf	Ctop	Cbot	AsTop	AsBot	A	Pmax	Mmax
		(MPa)	(MPa)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ²)	(cm ²)	(kN)	(kN-m)
DIAFRAMMA S=1,20	Rect	449.7	24.8	120	100	N/A	N/A	7.6	7.6	76	38	12000	0	0

DATI GENERALI PARATIA

Hor wall spacing=interasse tra pannelli

passive width below exc=larghezza di riferimento per calcolo zona passiva per analisi classica

concrete f'c=fck=res cilindrica caratteristica cls

Rebar fy=fyk=res caratteristica acciaio armature

Econc=modulo elastico cls

Concrete tension fct=fctk=resistenza caratteristica a trazione cls

Steel members fy=fyk=res caratteristica acciaio

Esteel=modulo elastico acciaio

DATI TABELLATI (si omette la spiegazione dei parametri già descritti in precedenza)

1) Diaphragm wall=sezione rettangolare in CA

N/A= il valore non è disponibile in quanto non correlato al tipo di sezione in uso

Fy=fyk

F'c=fck

D=altezza paratia

B=base paratia

tf=spessore

2) Steel sheet pile=palancolata

DES=tipo di palancolata

Shape=forma

W=peso per unità di lunghezza

A=area

h=altezza

t=spessore lamiera orizzontale

b=base singolo elemento a Z o U

s=spessore lati obliqui

Ixx=inerzia asse principale palancolata (per unità di lunghezza)

Sxx=modulo di resistenza asse principale palancolata (per unità di lunghezza)

3) Secant pile wall (pali allineati e sovrapposti), Tangent pile wall=pali allineati (Berlinesi, micropali), soldier pile (pali in acciaio con collegamento in cls), soldier pile and timber lagging (pali in acciaio con collegamento con elementi in legno)

W=peso per unità di lunghezza

A=area

D=diametro

tw o tp=spessore dell'anima (sezione a I) o del tubo (sezione circolare)

bf=larghezza della sezione

tf=spessore dell'ala

k=altezza flangia + altezza raccordo

Ixx=inerzia rispetto asse orizzontale (per unità di lunghezza)

Sxx=modulo di resistenza rispetto asse orizzontale (per unità di lunghezza)

rx=raggio giratore d'inerzia lungo x

Iyy=inerzia rispetto asse verticale (per unità di lunghezza)

Syy=modulo di resistenza rispetto asse verticale (per unità di lunghezza)

ry=raggio giratore d'inerzia lungo y

Cw=costante di ingobbamento

fy=fyk

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal
km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA
ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	105 di 123

DATI VINCOLI, TIRANTI, PUNTONI, ECC

Vincolo 0: Tipo = Tirante

X = 1.2 m, Z = -3 m, S = 2.5 m

Lfree = 12 m, Lfix = 7 m, Rfix = 50 %

Paratia: Wall 1

Stage No	Active	Prestress	Slab live load	User add. strain	Is base slab
	Si'/No	(kN)	(kPa)	+expansion	Yes/No
0	No	-	-	-	-
1	No	-	-	-	-
2	Si'	300	-	-	-
3	Si'	-	-	-	-
4	Si'	-	-	-	-
5	Si'	-	-	-	-
6	Si'	-	-	-	-
7	No	-	-	-	-
8	No	-	-	-	-

Vincolo 1: Tipo = Tirante

X = 1.2 m, Z = -6.5 m, S = 2.5 m

Lfree = 10 m, Lfix = 7 m, Rfix = 50 %

Paratia: Wall 1

Stage No	Active	Prestress	Slab live load	User add. strain	Is base slab
	Si'/No	(kN)	(kPa)	+expansion	Yes/No
0	No	-	-	-	-
1	No	-	-	-	-
2	No	-	-	-	-
3	No	-	-	-	-
4	Si'	350	-	-	-
5	Si'	-	-	-	-
6	Si'	-	-	-	-
7	No	-	-	-	-
8	No	-	-	-	-

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	106 di 123

Vincolo 2: Tipo = Vincolo fisso

X = 0.6 m, Z = -9.7 m, S = 1 m

Paratia: Wall 1

Stage No	Active	Prestress	Slab live load	User add. strain	Is base slab
	Si'/No	(kN)	(kPa)	+expansion	Yes/No
0	No	-	-	-	-
1	No	-	-	-	-
2	No	-	-	-	-
3	No	-	-	-	-
4	No	-	-	-	-
5	No	-	-	-	-
6	Si'	-	-	-	-
7	Si'	-	-	-	-
8	Si'	-	-	-	-

Support type= tipo di vincolo

Tieback=tirante

Strut=puntone

Raker=Sbadacchio

LEGENDA PER TIRANTI

Dati generali

Z=quota vincolo

S=interasse in direzione orizzontale

Lfree=lunghezza tratto elastico

Lfix=lunghezza tratto rigido

Rfix=% sfruttamento tratto rigido

Stage No=numero step di scavo

Active=stato tirante (YES=attivo)

Post stress= precarico tirante (carico moltiplicato per interasse)

Walls= indica il nome della paratia alla quale il vincolo è applicato

Nel caso di solette indica il punto di partenza e cioè la paratia di sinistra

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	107 di 123

DATI PER AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata modellata facendo uso di un approccio pseudostatico.

Summary of stage assumptions

Stage Number	Seismic g Used	Method Used	aX (g)	aY (g)	Beta	Building Code Used (Name)
0	No		0.145	0.072	1	N/A
1	No		0.145	0.072	1	N/A
2	No		0.145	0.072	1	N/A
3	No		0.145	0.072	1	N/A
4	No		0.145	0.072	1	N/A
5	No		0.145	0.072	1	N/A
6	No		0.145	0.072	1	N/A
7	No		0.145	0.072	1	N/A
8	Yes		0.145	0.072	1	N/A

N/A= parametro non disponibile

Stage number=fase di scavo

Seismic ag Used=se nello step è stata attivato il sisma

Method=metodo per calcolo spinta sismica

ax=accelerazione ah orizzontale di progetto

ay=accelerazione av verticale di progetto

Beta=coeff moltiplicatore spinta sismica (per norma USA)

Buildind code=normativa per calcolo accelerazione

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	108 di 123

SINTESI OUTPUT:

SOMMARIO RISULTATI ANALISI E VERIFICHE

Nel seguito si riportano, sotto forma di tabelle e grafici:

- i risultati più gravosi di tutti gli approcci di progetto;
- i risultati più gravosi divisi per Approcci di Progetto e per fasi.

Sommario per ogni Approccio di Progetto

Base model	Momento paratia	Taglio paratia	Spostamento X paratia	Max reazione vincoli	Verifica vincoli	Verifica infissione	Esito calcolo
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	(kN-m/m)	(kN/m)	(cm)	(kN/m)	(TSF)	(FS)	
Base model	1129.5	289.43	1.21	583.45	1.104	2.046	Risolto. Alcune verifiche non soddisfatte
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	373.83	169.07	0.33	255.35	1.579	2.289	Risolto. Alcune verifiche non soddisfatte
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	693.46	246.02	0.78	446.36	1.578	1.806	Risolto. Alcune verifiche non soddisfatte
0: DM08_ITA: EQK - GEO	1620.1	427.28	1.76	857.35	1.578	1.691	Risolto. Alcune verifiche non soddisfatte
0: DM08_ITA: EQK - STR	1129.5	289.43	1.21	583.45	0.9	2.046	Risolto con successo
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	287.56	130.05	0.33	196.42	1.104	2.289	Risolto. Alcune verifiche non soddisfatte

Sommario esteso a tutti gli Approcci di Progetto

	Esito calcolo	Spostamento X paratia	Cedimento Z terreno	Momento paratia	Momento paratia
		(cm)	(cm)	(kN-m/m)	(kN-m)
Base model	Risolto. Alcune verifiche non soddisfatte. Verifiche della paratia non eseguite.	1.21	0.63	1129.5	1129.5
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	Risolto. Alcune verifiche non soddisfatte. Verifiche della paratia non eseguite.	0.33	0.22	373.83	373.83
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	Risolto. Alcune verifiche non soddisfatte. Verifiche della paratia non eseguite.	0.78	0.46	693.46	693.46
0: DM08_ITA: EQK - GEO	Risolto. Alcune verifiche non soddisfatte. Verifiche della paratia non eseguite.	1.76	0.94	1620.1	1620.1
0: DM08_ITA: EQK - STR	Risolto con successo. Verifiche della paratia non eseguite.	1.21	0.63	1129.5	1129.5
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	Risolto. Alcune verifiche non soddisfatte. Verifiche della paratia non eseguite.	0.33	0.22	287.56	287.56

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	109 di 123

	Taglio paratia (kN/m)	Taglio paratia (kN)	Verifica paratia (TSF)	Verifica pressofl. (TSF)	Verifica taglio (TSF)	Verifica σ cls (TSF)
Base model	289.43	289.43	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	169.07	169.07	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	246.02	246.02	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: EQK - GEO	427.28	427.28	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: EQK - STR	289.43	289.43	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	130.05	130.05	N/A	N/A	N/A	N/A

	Verifica σ armatura (TSF)	Max reazione vincoli (kN/m)	Max reazione vincoli (kN)	Verifica vincoli (TSF)	Verifica STR vincoli (TSF)	Verifica GEO vincoli (TSF)
Base model	N/A	583.45	583.45	1.104	0.389	1.104
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	N/A	255.35	457.73	1.579	0.506	1.579
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	446.36	446.36	1.578	0.392	1.578
0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	857.35	857.35	1.578	0.392	1.578
0: DM08_ITA: EQK - STR	N/A	583.45	583.45	0.9	0.389	0.9
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	N/A	196.42	352.1	1.104	0.389	1.104

	Verifica fondo scavo (FS) (FS)	FS passiva (eq. limite) (FS)	FS rotazione (eq. limite) (FS)	FS infissione (eq. limite) (FS)	Quota Zcut	Passiva/Vera /	Vera/Attiva /
Base model	3.303	3.196	3.314	13.25	N/A	2.046	1.364
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	3.303	2.459	2.549	10.6	N/A	2.289	1.364
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	2.643	2.013	2.093	5.889	N/A	1.806	1.079
0: DM08_ITA: EQK - GEO	2.643	2.013	2.093	5.889	N/A	1.691	1.079
0: DM08_ITA: EQK - STR	3.303	3.196	3.314	13.25	N/A	2.046	1.364
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	3.303	3.196	3.314	13.25	N/A	2.289	1.364

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	110 di 123

Tabella risultati più gravosi

	Valore critico	Approccio di Progetto	Fase	Paratia	Indice voci critiche
Wall Moment (kN-m/m)	1620.1	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	8: 8-Sisma	1: Wall 1	46
Momento (kN-m)	1620.1	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	8: 8-Sisma	1: Wall 1	46
Taglio (kN/m)	427.28	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	0: 0 -Esec Paratie	1: Wall 1	17
Taglio (kN)	427.28	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	0: 0 -Esec Paratie	1: Wall 1	17
Spostamenti (cm)	1.763	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	8: 8-Sisma	1: Wall 1	N/A
Cedimenti superficiali (cm)	0.935	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	8: 8-Sisma	1: Wall 1	0
Reazione supporto (kN)	857.35	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	2
Reazione supporto (kN/m)	857.35	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	2
Verifica supporto	1.579	1: 0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	3: 3-Scavo 2	1: Wall 1	0
Verifica GEO supporto	1.579	1: 0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	3: 3-Scavo 2	1: Wall 1	0
Verifica STR supporto	0.506	1: 0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	6: 6-Esec. solettone di fondo	1: Wall 1	1
FS infissione (eq. limite)	2.013	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	6: 6-Esec. solettone di fondo	1: Wall 1	6
FS rotazione (eq. limite)	2.093	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	5: 5-Scavo massimo	1: Wall 1	5
FS lunghezza di infissione (eq. limite)	5.889	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	5: 5-Scavo massimo	1: Wall 1	5
FS spinta passiva mob. (analisi NL)	1.691	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	8: 8-Sisma	1: Wall 1	8

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	111 di 123

Risultati vincoli ed elementi strutturali

	Valore critico	Approccio di Progetto	Fase	Paratia	Indice voci critiche
Reazione vincoli	391.268	1: 0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	N/A	1: Wall 1	0
Reazione vincoli	156.507	1: 0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	N/A	1: Wall 1	0
Verifica vincoli	1.579	1: 0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	3: 3-Scavo 2	1: Wall 1	0
TSF GEO	1.579	1: 0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	3: 3-Scavo 2	1: Wall 1	0
TSF STR	0.432	1: 0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	6: 6-Esec. solettone di fondo	1: Wall 1	0
Reazione vincoli	457.73	1: 0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	N/A	1: Wall 1	1
Reazione vincoli	183.092	1: 0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	N/A	1: Wall 1	1
Verifica vincoli	1.537	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	6: 6-Esec. solettone di fondo	1: Wall 1	1
TSF GEO	1.537	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	6: 6-Esec. solettone di fondo	1: Wall 1	1
TSF STR	0.506	1: 0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	6: 6-Esec. solettone di fondo	1: Wall 1	1
Reazione vincoli	857.35	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	2
Reazione vincoli	857.35	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	2

Risultati paratia

	Valore critico	Approccio di Progetto	Fase	Paratia	Indice voci critiche
Momento ABS (kN-m)	1620.1	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	8: 8-Sisma	1: Wall 1	46
Momento +M (kN-m)	184.59	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	5: 5-Scavo massimo	1: Wall 1	46
Momento -M (kN-m)	-1620.1	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	8: 8-Sisma	1: Wall 1	46
Taglio (kN)	427.28	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	0: 0 -Esec Paratie	1: Wall 1	17

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	112 di 123

Momento massimo fase per fase

	Approccio di Progetto	DS: 1	DS: 2	DS: 3	DS: 4	DS: 5
Momento fase0 (kN-m/m)	DS: 0	DS: 1	DS: 2	DS: 3	DS: 4	DS: 5
Momento fase1 (kN-m/m)	-43.03	-55.94	-44.47	-44.47	-43.03	-43.03
Momento fase2 (kN-m/m)	-79.87	-103.83	-83.66	-83.66	-79.87	-79.87
Momento fase3 (kN-m/m)	91.89	119.46	89.57	89.57	91.89	91.89
Momento fase4 (kN-m/m)	-62.78	-81.62	-65.89	-65.89	-62.78	-62.78
Momento fase5 (kN-m/m)	116.5	151.45	184.59	184.59	116.5	116.5
Momento fase6 (kN-m/m)	116.49	151.44	184.58	184.58	116.49	116.49
Momento fase7 (kN-m/m)	-287.56	-373.83	-693.46	-693.46	-287.56	-287.56
Momento fase8 (kN-m/m)	-1129.5	-373.83	-693.46	-1620.1	-1129.5	-287.56

Taglio massimo fase per fase

	Approccio di Progetto	DS: 1	DS: 2	DS: 3	DS: 4	DS: 5
V stg0 (kN/m)	DS: 0	DS: 1	DS: 2	DS: 3	DS: 4	DS: 5
V stg1 (kN/m)	-30.86	-40.12	-30.84	-30.84	-30.86	-30.86
V stg2 (kN/m)	55.58	72.25	59.82	59.82	55.58	55.58
V stg3 (kN/m)	-80.04	-104.06	-77.26	-77.26	-80.04	-80.04
V stg4 (kN/m)	71.98	93.57	70.79	70.79	71.98	71.98
V stg5 (kN/m)	-97.08	-126.2	-114.36	-114.36	-97.08	-97.08
V stg6 (kN/m)	-97.08	-126.2	-114.36	-114.36	-97.08	-97.08
V stg7 (kN/m)	130.05	169.07	246.02	246.02	130.05	130.05
V stg8 (kN/m)	-289.43	169.07	246.02	-427.28	-289.43	130.05

Massima reazione vincolare

	Approccio di Progetto	DS: 1	DS: 2	DS: 3	DS: 4	DS: 5
Rmax Fase 0 (kN/m)	DS: 0	DS: 1	DS: 2	DS: 3	DS: 4	DS: 5
Rmax Fase 1 (kN/m)						
Rmax Fase 2 (kN/m)	120	156	120	120	120	120
Rmax Fase 3 (kN/m)	120.39	156.507	120.44	120.44	120.39	120.39
Rmax Fase 4 (kN/m)	140	182	140	140	140	140
Rmax Fase 5 (kN/m)	140.84	183.092	141.82	141.82	140.84	140.84
Rmax Fase 6 (kN/m)	140.84	183.092	141.82	141.82	140.84	140.84
Rmax Fase 7 (kN/m)	196.42	255.346	446.36	446.36	196.42	196.42
Rmax Fase 8 (kN/m)	583.45	255.346	446.36	857.35	583.45	196.42

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	113 di 123

ANALISI PARATIA IMBOCCO NORD

DATI INPUT:

DATI TERRENO

Name	g tot (kN/m3)	g dry (kN/m3)	Frict (deg)	C' (kPa)	Su (kPa)	FRp (deg)	FRcv (deg)	Eload (kPa)	Eur (kPa)	kAp NL	kPp NL	kAcv NL	kPcv NL	Vary	Spring Model	Color
MDL2	20	20	32	0	N/A	N/A	N/A	60000	96000	0.31	3.26	N/A	N/A	True	Linear	
MDL4	20	20	34	30	N/A	N/A	N/A	200000	600000	0.28	3.54	N/A	N/A	True	Linear	
MDL3	20	20	24	10	N/A	N/A	N/A	50000	80000	0.42	2.37	N/A	N/A	True	Linear	

Name	Poisson v	Min Ka (clays)	Min sh (clays)	ko.NC -	nOCR -	aH.EXP (0 to 1)	aV.EXP (0 to 1)	qSkin (kPa)	qNails (kPa)	kS.nails (kN/m3)	PL (MPa)
MDL2	0.35	-	-	0.47	1	-	-	250	0	0	-
MDL4	0.35	-	-	0.441	1	-	-	300	0	0	-
MDL3	0.35	-	-	0.593	1	-	-	250	0	0	-

gtot=peso specifico /totale terreno

gdry=peso secco del terreno

Frict=angolo di attrito di calcolo

C'=coesione efficace

Su = Coesione non drenata, parametro attivo per terreni tipo CLAY in condizioni NON drenate

Dilat=Dilatanza terreno (parametro valido solo in analisi non lineare)

Evc=modulo a compressione vergine molla equivalente terreno

Eur=modulo di scarico/ricarico (fase elastica) molla equivalente terreno

Kap= coefficiente di spinta attiva di picco

Kpp= coefficiente di spinta passiva di picco

Kacv= coefficiente di spinta attiva di picco

Kpcv= coefficiente di spinta passiva di picco

Spring models= modalità di definizione dei moduli di rigidezza molle terreno (LIN, EXP, SIMC)

LIN= Lineare-Elastico-Perfettamente plastico

EXP: esponenziale, SUB: Modulo di reazione del sottosuolo

SIMC= Modo semplificato per argille

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	114 di 123

STRATIGRAFIA TERRENI

Top Elev= quota superiore strato

Soil type=nome del terreno

OCR=rapporto di sovraconsolidazione

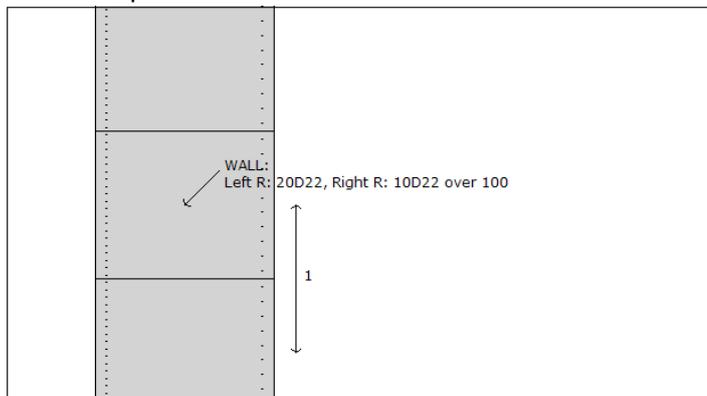
K0=coefficiente di spinta a riposo

Nome: Boring 1, pos: (-20, 0)

Top elev.	Soil type	OCR	Ko
8	MDL2	1	0.47
-1	MDL4	1	0.44
-4.5	MDL2	1	0.47
-6	MDL3	1	0.59
-9	MDL2	1	0.47
-15	MDL3	1	0.59

DATI PARATIE

Sezioni paratia0: Wall 1



Sezioni paratia0: DIAFRAMMA S=1,20

Tipo paratia: Diaframma

Quota sommita' paratia: 0 m Quota piede paratia: -21 m

Dimensione fuori piano paratia: 1 Spessore paratia = 1.2

Ampiezza zona spinta passiva al di sotto del piano di scavo: 1 Ampiezza zona spinta attiva al di sotto del piano di scavo: 1 Swater= 1

fc' cls = 24.8 Fy barre = 449.7 Ecls = 31475.7 FcT calcestruzzo a trazione = 9% di Fc'

Attrito paratia: % attrito terreno = 0%

Le capacita' paratie in acciaio sono calcolate con NTC 2008

Le capacita' paratie in calcestruzzo sono calcolate con NTC 2008

Nota: con la capacita' ultima si dovrebbe adottare un fattore di sicurezza strutturale.

Diaframma

Tabella: dati solette

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	115 di 123

Name	Shape	Fy	Fc'	D	B	Bw	tf	Ctop	Cbot	AsTop	AsBot	A	Pmax	Mmax
		(MPa)	(MPa)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ²)	(cm ²)	(kN)	(kN-m)
DIAFRAMMA S=1,20	Rect	449.7	24.8	120	100	N/A	N/A	7.6	7.6	76	38	12000	0	0

DATI GENERALI PARATIA

Hor wall spacing=interasse tra pannelli

passive width below exc=larghezza di riferimento per calcolo zona passiva per analisi classica

concrete f'c=fck=res cilindrica caratteristica cls

Rebar fy=fyk=res caratteristica acciaio armature

Econc=modulo elastico cls

Concrete tension fct=fctk=resistenza caratteristica a trazione cls

Steel members fy=fyk=res caratteristica acciaio

Esteel=modulo elastico acciaio

DATI TABELLATI (si omette la spiegazione dei parametri già descritti in precedenza)

1) Diaphragm wall=sezione rettangolare in CA

N/A= il valore non è disponibile in quanto non correlato al tipo di sezione in uso

Fy=fyk

F'c=fck

D=altezza paratia

B=base paratia

tf=spessore

2) Steel sheet pile=palancolata

DES=tipo di palancolata

Shape=forma

W=peso per unità di lunghezza

A=area

h=altezza

t=spessore lamiera orizzontale

b=base singolo elemento a Z o U

s=spessore lati obliqui

Ixx=inerzia asse principale palancolata (per unità di lunghezza)

Sxx=modulo di resistenza asse principale palancolata (per unità di lunghezza)

3) Secant pile wall (pali allineati e sovrapposti), Tangent pile wall=pali allineati (Berlinesi, micropali), soldier pile (pali in acciaio con collegamento in cls), soldier pile and timber lagging (pali in acciaio con collegamento con elementi in legno)

W=peso per unità di lunghezza

A=area

D=diametro

tw o tp=spessore dell'anima (sezione a I) o del tubo (sezione circolare)

bf=larghezza della sezione

tf=spessore dell'ala

k=altezza flangia + altezza raccordo

Ixx=inerzia rispetto asse orizzontale (per unità di lunghezza)

Sxx=modulo di resistenza rispetto asse orizzontale (per unità di lunghezza)

rx=raggio giratore d'inerzia lungo x

Iyy=inerzia rispetto asse verticale (per unità di lunghezza)

Syy=modulo di resistenza rispetto asse verticale (per unità di lunghezza)

ry=raggio giratore d'inerzia lungo y

Cw=costante di ingobbamento

fy=fyk

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal
km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA
ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	116 di 123

DATI VINCOLI, TIRANTI, PUNTONI, ECC

Vincolo 0: Tipo = Tirante

X = 1.2 m, Z = -3 m, S = 2.5 m

Lfree = 12 m, Lfix = 9 m, Rfix = 50 %

Paratia: Wall 1

Stage No	Active	Prestress	Slab live load	User add. strain	Is base slab
	Si'/No	(kN)	(kPa)	+expansion	Yes/No
0	No	-	-	-	-
1	No	-	-	-	-
2	Si'	300	-	-	-
3	Si'	-	-	-	-
4	Si'	-	-	-	-
5	Si'	-	-	-	-
6	Si'	-	-	-	-
7	No	-	-	-	-
8	No	-	-	-	-

Vincolo 1: Tipo = Tirante

X = 1.2 m, Z = -6.5 m, S = 2.5 m

Lfree = 10 m, Lfix = 10 m, Rfix = 50 %

Paratia: Wall 1

Stage No	Active	Prestress	Slab live load	User add. strain	Is base slab
	Si'/No	(kN)	(kPa)	+expansion	Yes/No
0	No	-	-	-	-
1	No	-	-	-	-
2	No	-	-	-	-
3	No	-	-	-	-
4	Si'	350	-	-	-
5	Si'	-	-	-	-
6	Si'	-	-	-	-
7	No	-	-	-	-
8	No	-	-	-	-

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	117 di 123

Vincolo 2: Tipo = Vincolo fisso

X = 0.6 m, Z = -9.95 m, S = 1 m

Paratia:Wall 1

Stage No	Active	Prestress	Slab live load	User add. strain	Is base slab
	Si'/No	(kN)	(kPa)	+expansion	Yes/No
0	No	-	-	-	-
1	No	-	-	-	-
2	No	-	-	-	-
3	No	-	-	-	-
4	No	-	-	-	-
5	No	-	-	-	-
6	Si'	-	-	-	-
7	Si'	-	-	-	-
8	Si'	-	-	-	-

Support type= tipo di vincolo

Tieback=tirante

Strut=puntone

Raker=Sbadacchio

LEGENDA PER TIRANTI

Dati generali

Z=quota vincolo

S=interasse in direzione orizzontale

Lfree=lunghezza tratto elastico

Lfix=lunghezza tratto rigido

Rfix=% sfruttamento tratto rigido

Stage No=numero step di scavo

Active=stato tirante (YES=attivo)

Post stress= precarico tirante (carico moltiplicato per interasse)

Walls= indica il nome della paratia alla quale il vincolo è applicato

Nel caso di solette indica il punto di partenza e cioè la paratia di sinistra

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	118 di 123

DATI PER AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata modellata facendo uso di un approccio pseudostatico.

Summary of stage assumptions

Stage Number	Seismic g Used	Method Used	aX (g)	aY (g)	Beta	Building Code Used (Name)
0	No		0.145	0.072	1	N/A
1	No		0.145	0.072	1	N/A
2	No		0.145	0.072	1	N/A
3	No		0.145	0.072	1	N/A
4	No		0.145	0.072	1	N/A
5	No		0.145	0.072	1	N/A
6	No		0.145	0.072	1	N/A
7	No		0.145	0.072	1	N/A
8	Yes		0.145	0.072	1	N/A

N/A= parametro non disponibile

Stage number=fase di scavo

Seismic ag Used=se nello step è stata attivato il sisma

Method=metodo per calcolo spinta sismica

ax=accelerazione ah orizzontale di progetto

ay=accelerazione av verticale di progetto

Beta=coeff moltiplicatore spinta sismica (per norma USA)

Buildind code=normativa per calcolo accelerazione

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	119 di 123

SINTESI OUTPUT:

SOMMARIO RISULTATI ANALISI E VERIFICHE

Nel seguito si riportano, sotto forma di tabelle e grafici:

- i risultati più gravosi di tutti gli approcci di progetto;
- i risultati più gravosi divisi per Approcci di Progetto e per fasi.

Sommario per ogni Approccio di Progetto

Base model	Momento paratia (kN-m/m)	Taglio paratia (kN/m)	Spostamento X paratia (cm)	Max reazione vincoli (kN/m)	Verifica vincoli (TSF)	Verifica infissione (FS)	Esito calcolo
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1							
Base model	2046.1	567.3	4.92	989.47	1.745	1.305	Risolto. Alcune verifiche non soddisfatte
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	1425.58	518.45	3.78	827.37	2.496	1.276	Risolto. Alcune verifiche non soddisfatte
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	1540.2	526.88	10.57	1017.4	4.409	1.054	Risolto. Alcune verifiche non soddisfatte
0: DM08_ITA: EQK - GEO	2819.7	751.52	12.12	1465.8	4.409	1.054	Risolto. Alcune verifiche non soddisfatte
0: DM08_ITA: EQK - STR	2046.1	567.3	4.92	989.47	1.422	1.305	Risolto. Alcune verifiche non soddisfatte
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	1096.6	398.81	3.78	636.44	1.745	1.347	Risolto. Alcune verifiche non soddisfatte

Sommario esteso a tutti gli Approcci di Progetto

	Esito calcolo	Spostamento X paratia (cm)	Cedimento Z terreno (cm)	Momento paratia (kN-m/m)	Momento paratia (kN-m)
Base model	Risolto. Alcune verifiche non soddisfatte. Verifiche della paratia non eseguite.	4.92	3.68	2046.1	2046.1
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	Risolto. Alcune verifiche non soddisfatte. Verifiche della paratia non eseguite.	3.78	3.18	1425.58	1425.58
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	Risolto. Alcune verifiche non soddisfatte. Verifiche della paratia non eseguite.	10.57	11.28	1540.2	1540.2
0: DM08_ITA: EQK - GEO	Risolto. Alcune verifiche non soddisfatte. Verifiche della paratia non eseguite.	12.12	11.92	2819.7	2819.7
0: DM08_ITA: EQK - STR	Risolto. Alcune verifiche non soddisfatte. Verifiche della paratia non eseguite.	4.92	3.68	2046.1	2046.1
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	Risolto. Alcune verifiche non soddisfatte. Verifiche della paratia non eseguite.	3.78	3.18	1096.6	1096.6

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	120 di 123

	Taglio paratia (kN/m)	Taglio paratia (kN)	Verifica paratia (TSF)	Verifica pressofl. (TSF)	Verifica taglio (TSF)	Verifica σ cls (TSF)
Base model	567.3	567.3	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	518.45	518.45	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	526.88	526.88	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: EQK - GEO	751.52	751.52	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: EQK - STR	567.3	567.3	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	398.81	398.81	N/A	N/A	N/A	N/A

	Verifica σ armatura (TSF)	Max reazione vincoli (kN/m)	Max reazione vincoli (kN)	Verifica vincoli (TSF)	Verifica STR vincoli (TSF)	Verifica GEO vincoli (TSF)
Base model	N/A	989.47	989.47	1.745	0.486	1.745
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	N/A	827.37	827.37	2.496	0.632	2.496
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	1017.4	1017.4	4.409	0.801	4.409
0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1465.8	1465.8	4.409	0.801	4.409
0: DM08_ITA: EQK - STR	N/A	989.47	989.47	1.422	0.486	1.422
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	N/A	636.44	636.44	1.745	0.486	1.745

	Verifica fondo scavo (FS) (FS)	FS passiva (eq. limite) (FS)	FS rotazione (eq. limite) (FS)	FS infissione (eq. limite) (FS)	Quota Zcut	Passiva/Vera /	Vera/Attiva /
Base model	2.515	4.015	1.658	2.76	N/A	1.305	1.1
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	2.515	3.088	1.276	1.8	N/A	1.347	1.1
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	2.012	1.683	1.113	1.211	N/A	1.054	1.002
0: DM08_ITA: EQK - GEO	2.012	1.683	1.113	1.211	N/A	1.054	1.002
0: DM08_ITA: EQK - STR	2.515	4.015	1.658	2.76	N/A	1.305	1.1
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	2.515	4.015	1.658	2.76	N/A	1.347	1.1

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	121 di 123

Tabella risultati più gravosi

	Valore critico	Approccio di Progetto	Fase	Paratia	Indice voci critiche
Wall Moment (kN-m/m)	2819.7	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	8: 8-Sisma	1: Wall 1	50
Momento (kN-m)	2819.7	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	8: 8-Sisma	1: Wall 1	50
Taglio (kN/m)	751.52	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	0: 0 -Esec Paratie	1: Wall 1	0
Taglio (kN)	751.52	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	0: 0 -Esec Paratie	1: Wall 1	0
Spostamenti (cm)	12.116	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	8: 8-Sisma	1: Wall 1	N/A
Cedimenti superficiali (cm)	11.922	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	8: 8-Sisma	1: Wall 1	0
Reazione supporto (kN)	1465.8	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	2
Reazione supporto (kN/m)	1465.8	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	2
Verifica supporto	4.409	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	6: 6-Esec. solettone di fondo	1: Wall 1	0
Verifica GEO supporto	4.409	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	6: 6-Esec. solettone di fondo	1: Wall 1	0
Verifica STR supporto	0.801	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	6: 6-Esec. solettone di fondo	1: Wall 1	0
FS infissione (eq. limite)	1.683	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	5: 5-Scavo massimo	1: Wall 1	5
FS rotazione (eq. limite)	1.113	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	5: 5-Scavo massimo	1: Wall 1	5
FS lunghezza di infissione (eq. limite)	1.211	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	5: 5-Scavo massimo	1: Wall 1	5
FS spinta passiva mob. (analisi NL)	1.054	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	5: 5-Scavo massimo	1: Wall 1	5

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	122 di 123

Risultati vincoli ed elementi strutturali

	Valore critico	Approccio di Progetto	Fase	Paratia	Indice voci critiche
Reazione vincoli	725.025	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	0
Reazione vincoli	290.01	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	0
Verifica vincoli	4.409	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	6: 6-Esec. solettone di fondo	1: Wall 1	0
TSF GEO	4.409	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	6: 6-Esec. solettone di fondo	1: Wall 1	0
TSF STR	0.801	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	6: 6-Esec. solettone di fondo	1: Wall 1	0
Reazione vincoli	643.4	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	1
Reazione vincoli	257.36	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	1
Verifica vincoli	2.433	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	6: 6-Esec. solettone di fondo	1: Wall 1	1
TSF GEO	2.433	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	6: 6-Esec. solettone di fondo	1: Wall 1	1
TSF STR	0.711	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	6: 6-Esec. solettone di fondo	1: Wall 1	1
Reazione vincoli	1465.8	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	2
Reazione vincoli	1465.8	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	2

Risultati paratia

	Valore critico	Approccio di Progetto	Fase	Paratia	Indice voci critiche
Momento ABS (kN-m)	2819.7	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	8: 8-Sisma	1: Wall 1	50
Momento +M (kN-m)	1260.2	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	5: 5-Scavo massimo	1: Wall 1	50
Momento -M (kN-m)	-2819.7	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	8: 8-Sisma	1: Wall 1	50
Taglio (kN)	751.52	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	0: 0 -Esec Paratie	1: Wall 1	0

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Imbocchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0003	A	123 di 123

Momento massimo fase per fase

	Approccio di Progetto	DS: 1	DS: 2	DS: 3	DS: 4	DS: 5
Momento fase0 (kN-m/m)	DS: 0	DS: 1	DS: 2	DS: 3	DS: 4	DS: 5
Momento fase1 (kN-m/m)	-54.71	-71.12	-93.86	-93.86	-54.71	-54.71
Momento fase2 (kN-m/m)	-104.38	-135.69	-115.77	-115.77	-104.38	-104.38
Momento fase3 (kN-m/m)	233.68	303.78	-504.76	-504.76	233.68	233.68
Momento fase4 (kN-m/m)	-146.51	-190.46	-484.58	-484.58	-146.51	-146.51
Momento fase5 (kN-m/m)	621.47	807.91	1260.2	1260.2	621.47	621.47
Momento fase6 (kN-m/m)	621.47	807.91	1260.1	1260.1	621.47	621.47
Momento fase7 (kN-m/m)	-1096.6	-1425.58	-1540.2	-1540.2	-1096.6	-1096.6
Momento fase8 (kN-m/m)	-2046.1	-1425.58	-1540.2	-2819.7	-2046.1	-1096.6

Taglio massimo fase per fase

	Approccio di Progetto	DS: 1	DS: 2	DS: 3	DS: 4	DS: 5
V stg0 (kN/m)	DS: 0	DS: 1	DS: 2	DS: 3	DS: 4	DS: 5
V stg1 (kN/m)	16.02	20.83	36.87	36.87	16.02	16.02
V stg2 (kN/m)	70.98	92.28	79.37	79.37	70.98	70.98
V stg3 (kN/m)	-108.69	-141.3	190.22	190.22	-108.69	-108.69
V stg4 (kN/m)	-88.32	-114.82	154.1	154.1	-88.32	-88.32
V stg5 (kN/m)	196.25	255.12	-336.4	-336.4	196.25	196.25
V stg6 (kN/m)	196.25	255.12	-336.38	-336.38	196.25	196.25
V stg7 (kN/m)	398.81	518.45	526.88	526.88	398.81	398.81
V stg8 (kN/m)	567.3	518.45	526.88	751.52	567.3	398.81

Massima reazione vincolare

	Approccio di Progetto	DS: 1	DS: 2	DS: 3	DS: 4	DS: 5
Rmax Fase 0 (kN/m)	DS: 0	DS: 1	DS: 2	DS: 3	DS: 4	DS: 5
Rmax Fase 1 (kN/m)						
Rmax Fase 2 (kN/m)	120	156	120	120	120	120
Rmax Fase 3 (kN/m)	128.14	166.582	177.25	177.25	128.14	128.14
Rmax Fase 4 (kN/m)	140	182	176.73	176.73	140	140
Rmax Fase 5 (kN/m)	175.96	228.748	290.01	290.01	175.96	175.96
Rmax Fase 6 (kN/m)	175.96	228.748	290.01	290.01	175.96	175.96
Rmax Fase 7 (kN/m)	636.44	827.372	1017.4	1017.4	636.44	636.44
Rmax Fase 8 (kN/m)	989.47	827.372	1017.4	1465.8	989.47	636.44