

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 Sezione tipo B

SCALA:

-

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

IF0H 12 D 11 CL GA0200 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE	A.Falace	Giugno 2017	F.Bavetta	Giugno 2017	F.Cerrone	Giugno 2017	F. Ar...	

File: IF0H02D11CLGA020002A.doc

n. Elab.: 1L 62

ITALFERR S.p.A.
 Direzione Tecnica
 Infrastrutture Centro
 Dott. Ing. Fabrizio Puglisi
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
 n. 16362 del. A

INDICE

1.	GENERALITA'	5
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	5
1.2	UNITÀ DI MISURA.....	9
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	10
2.1	ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	10
3.	MATERIALI	11
3.1	CLASSI DI ESPOSIZIONE E COPRIFERRI	11
3.2	CALCESTRUZZO PER PALI E CORDOLI (C 25/30)	13
3.3	CALCESTRUZZO PER SOLETTE SUPERIORE/ INTERMEDIE E PARETI DI RIVESTIMENTO (C 32/40).....	14
3.4	CALCESTRUZZO PER FONDAZIONE (C 30/37)	15
3.5	CALCESTRUZZO MAGRO PER GETTI DI LIVELLAMENTO/SOTTOFONDAZIONI (C12/15)	17
3.6	ACCIAIO IN BARRE D'ARMATURA PER C.A. (B450C)	17
4.	CARATTERIZZAZIONE E CRITERI DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA	18
4.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOTECNICO GENERALE	18
4.2	MODELLO GEOTECNICO DI PROGETTO.....	38
4.3	CAPACITÀ PORTANTE PALL.....	41
5.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	48
5.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO.....	49
5.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA.....	49
5.3	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA	50
6.	CRITERI GENERALI DI ANALISI DI PARATIE DI SOSTEGNO.....	51
6.1	METODOLOGIA DI CALCOLO	51
6.2	COEFFICIENTI DI SPINTA	53
6.2.1	<i>Coefficienti ed Incremento di Spinta in Fase Statica</i>	<i>53</i>
6.2.2	<i>Coefficienti ed Incremento di Spinta in Fase Sismica</i>	<i>57</i>
6.3	EFFETTI DELL'AZIONE SISMICA SU MASSE E CARICHI.....	57
6.4	EFFETTI DELL'AZIONE SISMICA SULLA FALDA	62
7.	COMBINAZIONI DI CARICO	63

8.	CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI.....	66
8.1	VERIFICHE ALLO SLU	66
8.1.1	<i>Pressoflessione</i>	66
8.1.2	<i>Taglio</i>	67
8.2	VERIFICA SLE.....	69
8.2.1	<i>Verifiche alle tensioni</i>	69
8.2.2	<i>Verifiche a fessurazione</i>	70
9.	VERIFICHE GEOTECNICHE DI STABILITA' LOCALE.....	71
10.	CONFIGURAZIONE DELLE OPERE E MODELLI DI CALCOLO.....	73
11.	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO.....	74
12.	SEZIONE TIPO B (IMBOCCO SUD A 23+900) : RISULTATI ANALISI E FASI DI CALCOLO	75
12.1	CRITERI DI ANALISI E FASI DI CALCOLO	75
12.2	SOLLECITAZIONI, SFORZI E DEFORMAZIONI.....	81
12.3	SINTESI RISULTATI.....	83
12.4	VERIFICHE STRUTTURALI.....	84
12.4.1	<i>VERIFICA STRUTTURALE PALI</i>	84
12.4.2	<i>VERIFICHE STRUTTURALI SOLETTONE DI COPERTURA</i>	85
12.4.3	<i>VERIFICHE STRUTTURALI FODERE DI RIVESTIMENTO VERTICALI E SOLETTONE INFERIORE</i>	86
12.5	VERIFICA GEOTECNICA A CARICO LIMITE DEI PALI	87
13.	SEZIONE TIPO B (PK24+700 A IMBOCCO NORD) : RISULTATI ANALISI E FASI DI CALCOLO	90
13.1	CRITERI DI ANALISI E FASI DI CALCOLO	90
13.2	SOLLECITAZIONI, SFORZI E DEFORMAZIONI.....	96
13.3	SINTESI RISULTATI.....	98
13.4	VERIFICHE STRUTTURALI.....	99
13.4.1	<i>VERIFICA STRUTTURALE PALI</i>	99

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	4 di 131

13.4.2	VERIFICHE STRUTTURALI SOLETTONE DI COPERTURA.....	100
13.4.3	VERIFICHE STRUTTURALI FODERE DI RIVESTIMENTO VERTICALI E SOLETTONE INFERIORE	100
13.5	VERIFICA GEOTECNICA A CARICO LIMITE DEI PALI	100
14.	VERIFICHE INTEGRATIVE SEZIONE IN ALLARGAMENTO.....	104
14.1	VERIFICHE STRUTTURALI SOLETTONE DI COPERTURA.....	104
14.2	VERIFICA GEOTECNICA A CARICO LIMITE DEI PALI	105

 <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 Sezione tipo A</p>	<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 0002</td> <td>A</td> <td>5 di 131</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	5 di 131
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	5 di 131								

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 Cancello–Benevento/ 2° Lotto Funzionale Frasso Telesino – Vitulano.

Le Analisi e Verifiche nel seguito esposte fanno in particolare riferimento alla sezione tipologica denominata tipo **B**, nelle sue due varianti **B1** e **B2**, 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

La galleria artificiale in esame presenta uno sviluppo longitudinale di circa 2.9 km ed è costituita da tre sezioni trasversali tipo denominate tipo A, B1, B2.

La sezione tipo A presenta dei pali laterali in c.a. di 20 m posti ad interasse di 1,4 m che vengono realizzati a seguito di un prescavo a 45° di circa 4-5m da P.C. La modalità esecutiva prevede in seguito la realizzazione del solettone di copertura e successivamente di uno scavo a foro cieco fino alla profondità di imposta del solettone di fondo scavo. Infine si procede con i lavori di sistemazione del terreno a ricoprimento della galleria e la realizzazione delle fodere di rivestimento interne ai pali.

Le sezioni tipo B1 e B2 prevedono invece, a seguito della realizzazione dei pali laterali in c.a lunghi rispettivamente 26m e 27m, uno scavo a cielo aperto fino alla profondità di imposta del solettone intermedio che funge da puntone, la realizzazione dello stesso e del solettone di copertura e successivamente si esegue lo scavo a foro cieco per la realizzazione della galleria. Infine si si procede con i lavori di sistemazione del terreno a ricoprimento della galleria e la realizzazione delle fodere di rivestimento interne ai pali.

Dal punto di vista delle azioni sismiche, l'opera in oggetto è progettata per una vita nominale VN pari a 75 anni. Gli si attribuisce inoltre una classe d'uso III ("Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza.") ai sensi del D. Min. 14/01/2008, da cui scaturisce un coefficiente d'uso CU = 1.5.

Di seguito si riportano alcune immagini rappresentative dell'opera:

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	6 di 131

SEZIONE TRASVERSALE TIPO "A"-Scale 1:50

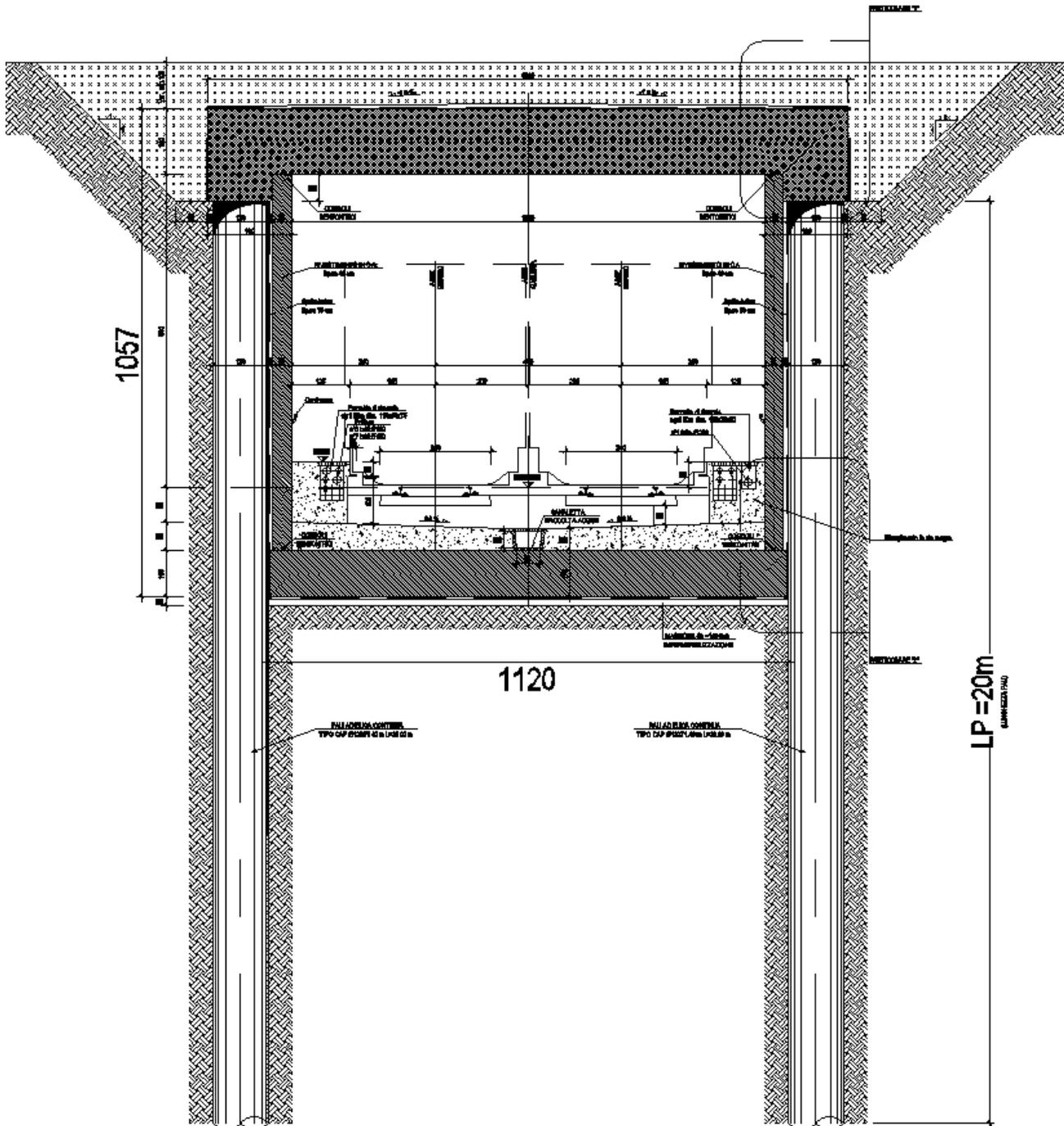


Figura 1 – Sezione tipo A

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	7 di 131

SEZIONE TRASVERSALE TIPO "B1" 8cm 1:50

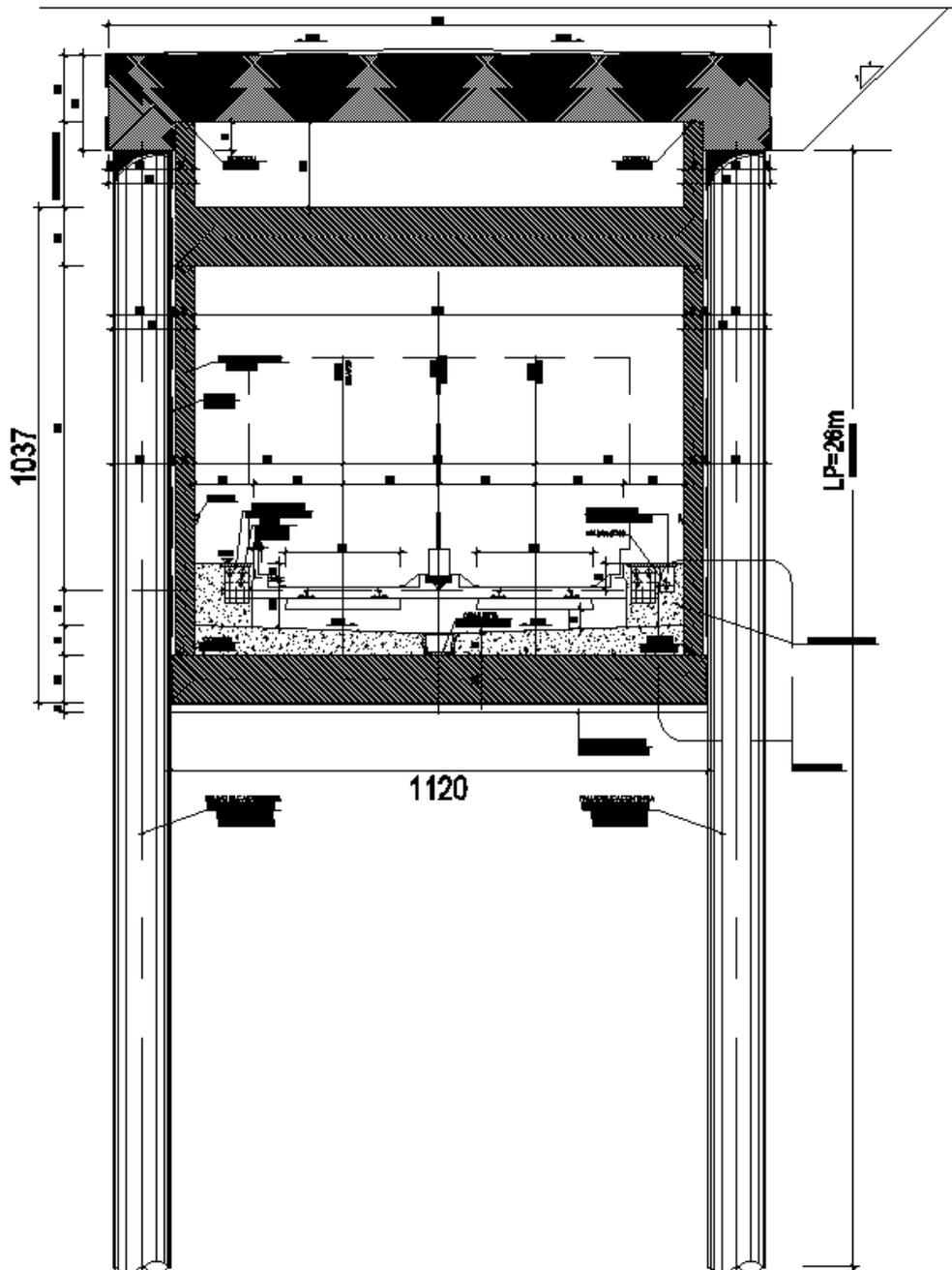


Figura 2 – Sezione tipo B1

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	8 di 131

SEZIONE TRASVERSALE TIPO "B2" - Scala 1:50

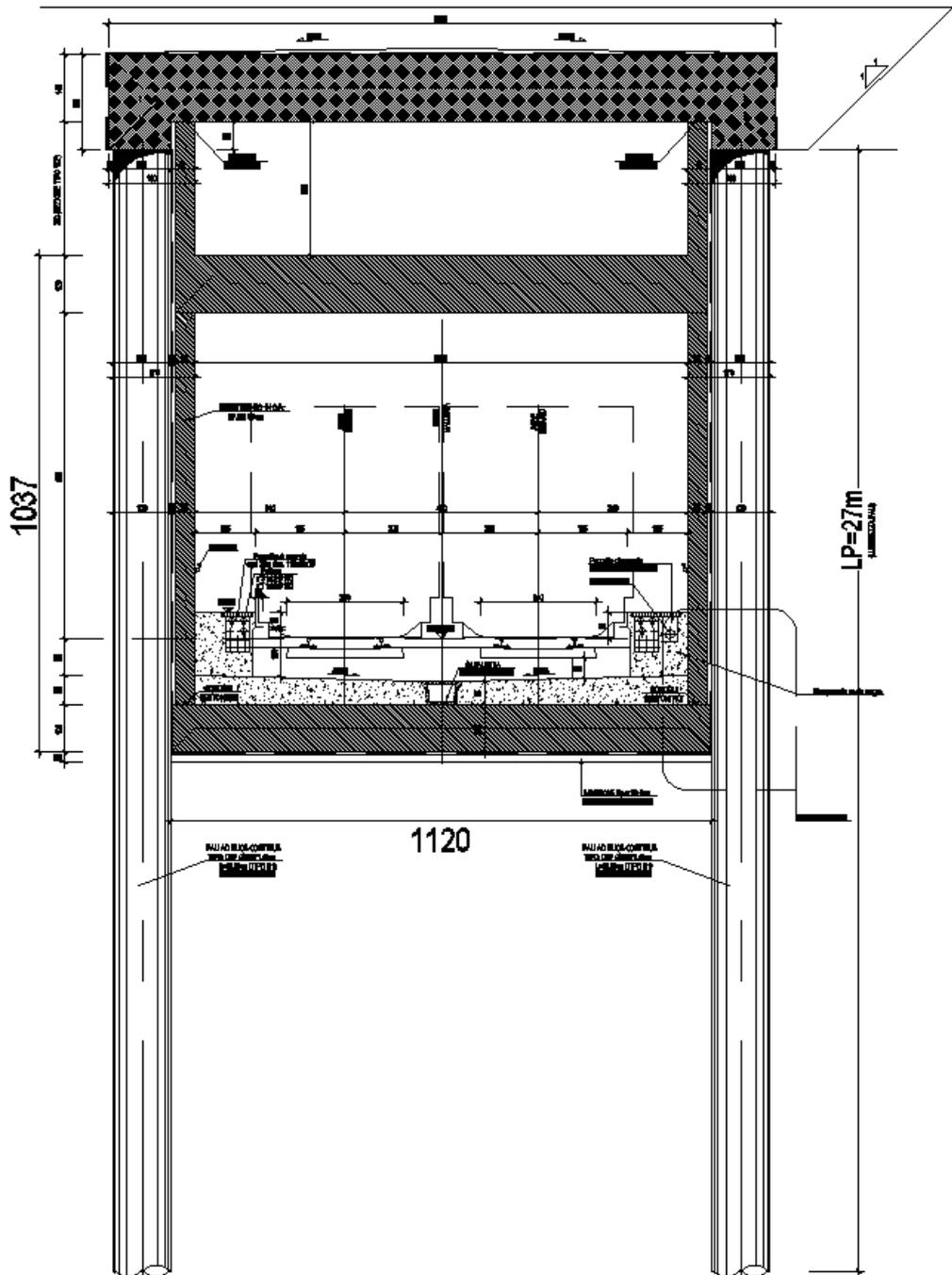


Figura 3 - Sezione tipo B2

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	9 di 131

1.2 Unità di misura

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 Sezione tipo A	COMMESSA IF0H	LOTTO 02 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA020 0002	REV. A

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 Sezione tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	11 di 131

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 classe di esposizione del calcestruzzo delle diversi parti della struttura oggetto dei dimensionamenti di cui al presente documento:

- Pali e cordoli: XC2;
- Solette superiori/intermedie XC4;
- Solette Inferiori XA1;

Classe esposizione norma UNI 9658	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206-1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco						
1	X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici in ambiente molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato/asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.	-	C 12/15	
2 Corrosione indotta da carbonatazione						
Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi su può considerare che tali condizioni riflettono quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.						
2 a	XC1	Asciutto o permanentemente bagnato.	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a 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 a contatto con l'acqua non comprese nella classe XC2.	0,50	C 32/40	
3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare						
5 a	XD1	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XD2	Bagnato, raramente asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenente cloruri (Piscine).	0,50	C 32/40	
5 c	XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e falda esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	0,45	C 35/45	

Classe esposizione norma UNI 9658	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206-1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare						
4 a 5 b	XS1	Esposto alla salinità marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.	0,50	C 32/40	
	XS2	Permanentemente sommerso.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua.	0,45	C 35/45	
	XS3	Zone esposte agli spruzzi o alle maree.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.	0,45	C 35/45	
5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti*						
2 b	XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.	0,50	C 32/40	
3	XF2	Moderata saturazione d'acqua, in presenza di agente disgelante.	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.	0,50	C 25/30	3,0
2 b	XF3	Elevata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.	0,50	C 25/30	3,0
3	XF4	Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.	0,45	C 28/35	3,0
6 Attacco chimico**						
5 a	XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	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

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	12 di 131

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:

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	0,45	0,50	0,50	0,45	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 e Pareti di rivestimento: 40 mm
- Pali e cordoli: 60 mm

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	13 di 131

3.2 Calcestruzzo per Pali e Cordoli (C 25/30)

Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica a 28 gg:

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

Valore caratteristico della resistenza a compressione cilindrica a 28 gg:

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

Resistenza a compressione cilindrica media:

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

Resistenza a trazione assiale:

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

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

Resistenza a trazione per flessione:

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

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

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:

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

Resistenza di calcolo a trazione diretta allo SLU:

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

Resistenza di calcolo a trazione per flessione SLU:

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

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

Modulo di elasticità normale :

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

Modulo di elasticità tangenziale:

$$G_{cm} = 13103 \text{ MPa}$$

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

$$\eta = 1.00$$

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

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	14 di 131

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 (Prescrizioni Manuale RFI Parte 2- Sezione 2)

$$\sigma_{\text{cmax QP}} = (0,40 f_{\text{ck}}) = \boxed{9.96} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{\text{cmax R}} = (0,55 f_{\text{ck}}) = \boxed{13.70} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

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

3.3 Calcestruzzo per Solette superiore/ intermedie e Pareti di Rivestimento (C 32/40)

Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica a 28 gg:

$$R_{\text{ck}} = \boxed{40} \text{ MPa}$$

Valore caratteristico della resistenza a compressione cilindrica a 28 gg:

$$f_{\text{ck}} = \boxed{33.2} \text{ MPa} \quad (0,83 \cdot R_{\text{ck}})$$

Resistenza a compressione cilindrica media:

$$f_{\text{cm}} = 41.2 \text{ MPa} \quad (f_{\text{ck}} + 8)$$

Resistenza a trazione assiale:

$$f_{\text{ctm}} = \boxed{3.10} \text{ MPa} \quad \text{Valore medio}$$

$$f_{\text{ctk},0,05} = \boxed{2.17} \text{ MPa} \quad \text{Valore caratteristico frattile 5\%}$$

Resistenza a trazione per flessione:

$$f_{\text{ctf}} = \boxed{3.7} \text{ MPa} \quad \text{Valore medio}$$

$$f_{\text{ctk},0,05} = \boxed{2.6} \text{ MPa} \quad \text{Valore caratteristico frattile 5\%}$$

Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU:

$$\gamma_c = \boxed{1.5}$$

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

Resistenza di calcolo a compressione allo SLU:

$$f_{\text{cd}} = \boxed{18.8} \text{ MPa} \quad (0,85 \cdot f_{\text{ck}} / \gamma_s)$$

Resistenza di calcolo a trazione diretta allo SLU:

$$f_{\text{ctd}} = \boxed{1.45} \text{ MPa} \quad (f_{\text{ctk},0,05} / \gamma_s)$$

Resistenza di calcolo a trazione per flessione SLU:

$$f_{\text{ctd f}} = \boxed{1.74} \text{ MPa} \quad 1,2 \cdot f_{\text{ctd}}$$

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

Modulo di elasticità normale : **Modulo di elasticità tangenziale:**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	15 di 131

$$E_{cm} = 33643 \text{ MPa}$$

$$G_{cm} = 14018 \text{ MPa}$$

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

$$\eta = 1.00$$

$$f_{bd} = 3.25 \text{ MPa} \quad (2,25 \cdot f_{ctk} \cdot \eta / \gamma_s)$$

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 (Prescrizioni Manuale RFI Parte 2-Sezione 2)

$$\sigma_{cmax \text{ QP}} = (0,40 f_{ck}) = 13.28 \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{cmax \text{ R}} = (0,55 f_{ck}) = 18.26 \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

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

3.4 Calcestruzzo 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

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	16 di 131

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:

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

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

$$\eta = 1.00$$

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

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

$$\sigma_{\text{cmax QP}} = (0,45 f_{ck}) = 13.82 \text{ MPa}$$

(Combinazione di Carico Quasi Permanente)

$$\sigma_{\text{cmax R}} = (0,60 f_{ck}) = 18.43 \text{ MPa}$$

(Combinazione di Carico Caratteristica - Rara)

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

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	17 di 131

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

Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica a 28 gg:

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

Valore caratteristico della resistenza a compressione cilindrica a 28 gg:

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

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.

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

Tensione caratteristica di rottura:

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

Tensione caratteristica allo snervamento:

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

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

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

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

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

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

Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU:

$$\gamma_c = 1.15$$

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

Resistenza di calcolo allo SLU:

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

Modulo di elasticità:

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

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

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

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

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le seguenti indagini.

Sondaggio	Anno	Profondità	SPT n.	Lefranc n.	Lugeon n.	Dilatometrica n.	Pressiometrica n.	CR n.	CI n.	CL n.	Piezometro	Inclinometro	DH
		[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	TA/CC	[m]	[m]
PNIF32G03	2007	40.0	5	2	-	-	-	3	2	-	TA	-	-
PNIF52B08	2008/2009	40.0	6	1	1	-	-	-	4	3	TA/CC	-	-
PNIF52B09	2008/2009	40.0	9	2	-	-	-	2	2	-	TA/CC	-	-
PNIF52B10	2008/2009	40.0	6	2	-	-	-	2	1	-	TA	-	-
PNIF52B11	2008/2009	40.0	7	2	-	-	-	3	-	-	TA	-	-
S129	1985	53.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S20	1985	45.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S21	1985	45.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D8	2015	30.0	7	1	-	-	-	9	-	-	TA	-	-

Le indagini hanno intercettato le argille limose della formazione del tufo grigio campano (unità TGC3) con spessori tra 4 e 8 m, a seguire l'unità di Maddaloni (MDL) in cui si distingue un livello litoide di travertini (unità MDL4) fino ad un massimo di 16 m dal p.c. e con spessore che si riduce a qualche metro verso la fine della GA, e poi prevale la sabbia limosa (unità MDL2) fino alla massima profondità investigata, intercalata da strati argillosi (unità MDL3) e ghiaiosi sabbiosi (unità MDL1).

I risultati delle prove di laboratorio sono sintetizzati nella seguente tabella.

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

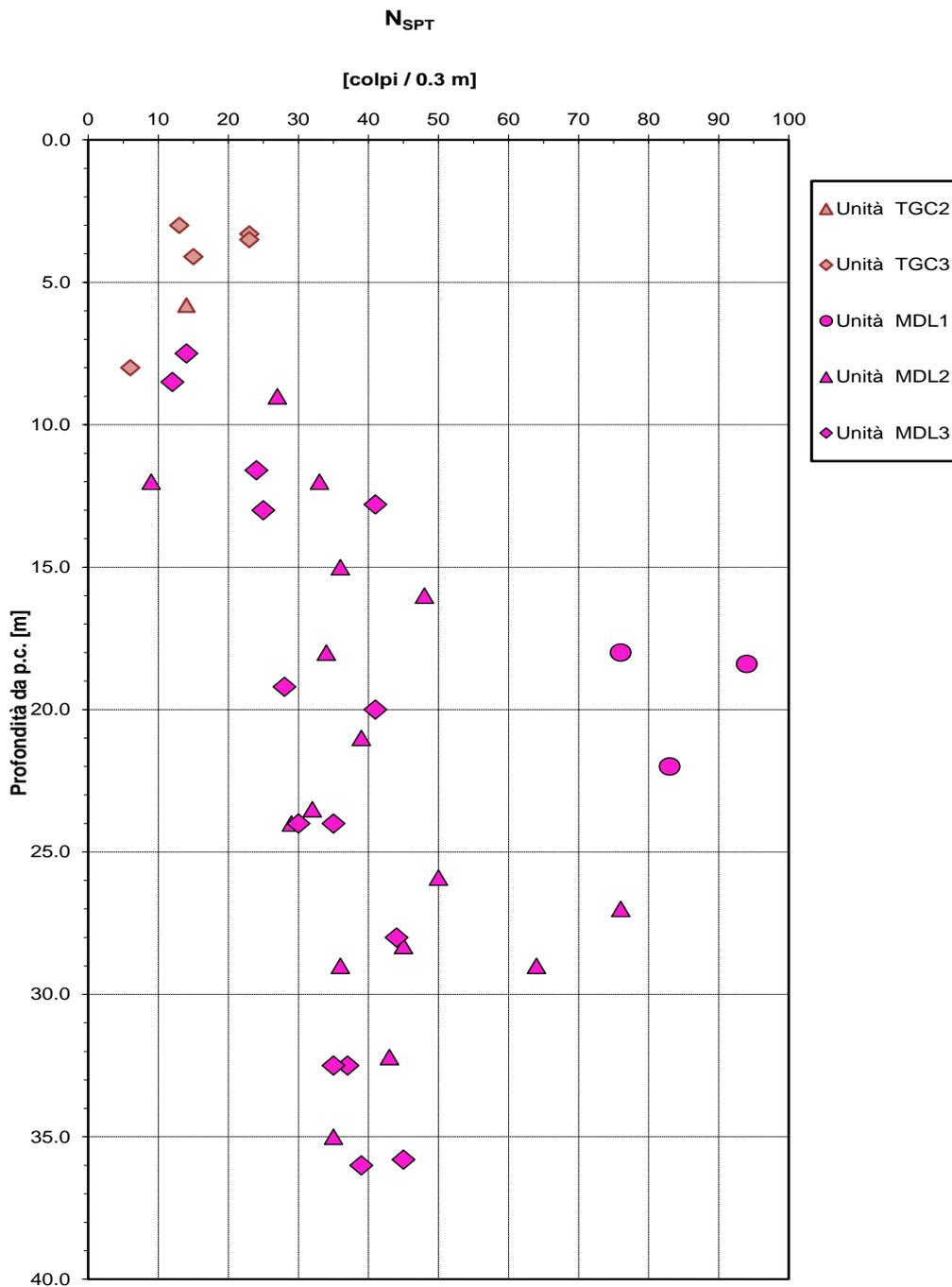
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	21 di 131

Sondaggio	-	PNIF52B11	PNIF52B11	PNIF52B10	PNIF52B10	PNIF52B10
Campione	-	CR2	CR1	CR2	CR1	C1
Unità	-	MDL2	TGC3	MDL2	MDL3	MDL3
Prof.	m	8.50	4.50	18.50	13.25	7.00
Granulometria						
G	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
S	%	19.2	19.7	61.9	21.8	40.2
L +A	%	80.8	80.4	38.2	78.2	59.4
L	%	69.7	35.9	28.2	30.9	43.0
A	%	11.1	44.5	9.9	47.3	16.4
Limiti di Atterberg						
W _L	%					24.0
W _P	%					20.0
L _c	-					
I _p	%					4.0
Caratteristiche fisiche						
γ _N	kN/m ³					19.1
w _N	%					19.8
Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)						
E _{sd}	kPa					
Resistenza non drenata						
(TX-UU) c _u	kPa					
(TX-ELL) c _u	kPa					
Resistenza drenata						
(TD) c	kPa					13.4
(TD) f	°					32.0
(TX-CIU) c	kPa					
(TX-CIU) f	°					
(TX-CID) c	kPa					
(TX-CID) f	°					

Nei grafici a seguire sono illustrate le elaborazioni dei risultati delle prove in sito e di laboratorio.

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

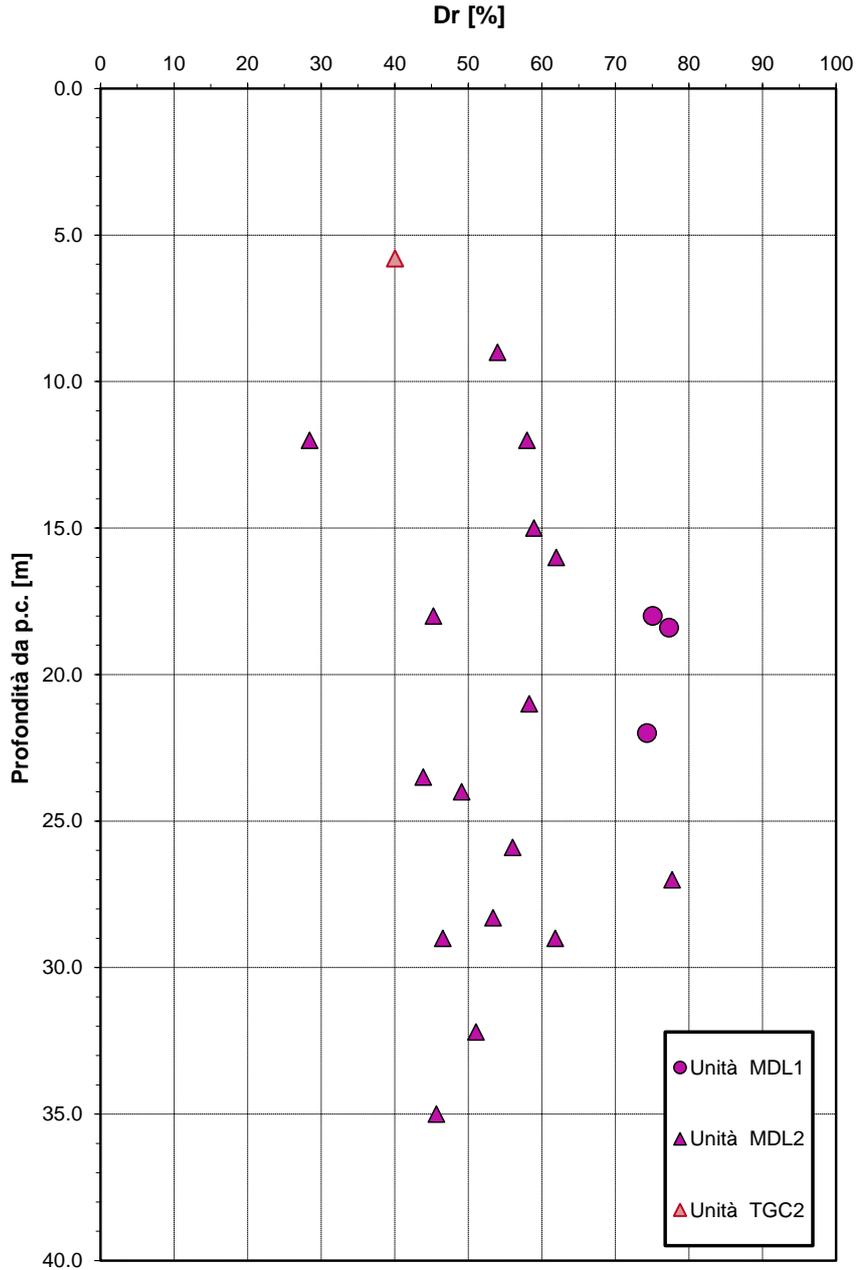
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	22 di 131



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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	23 di 131

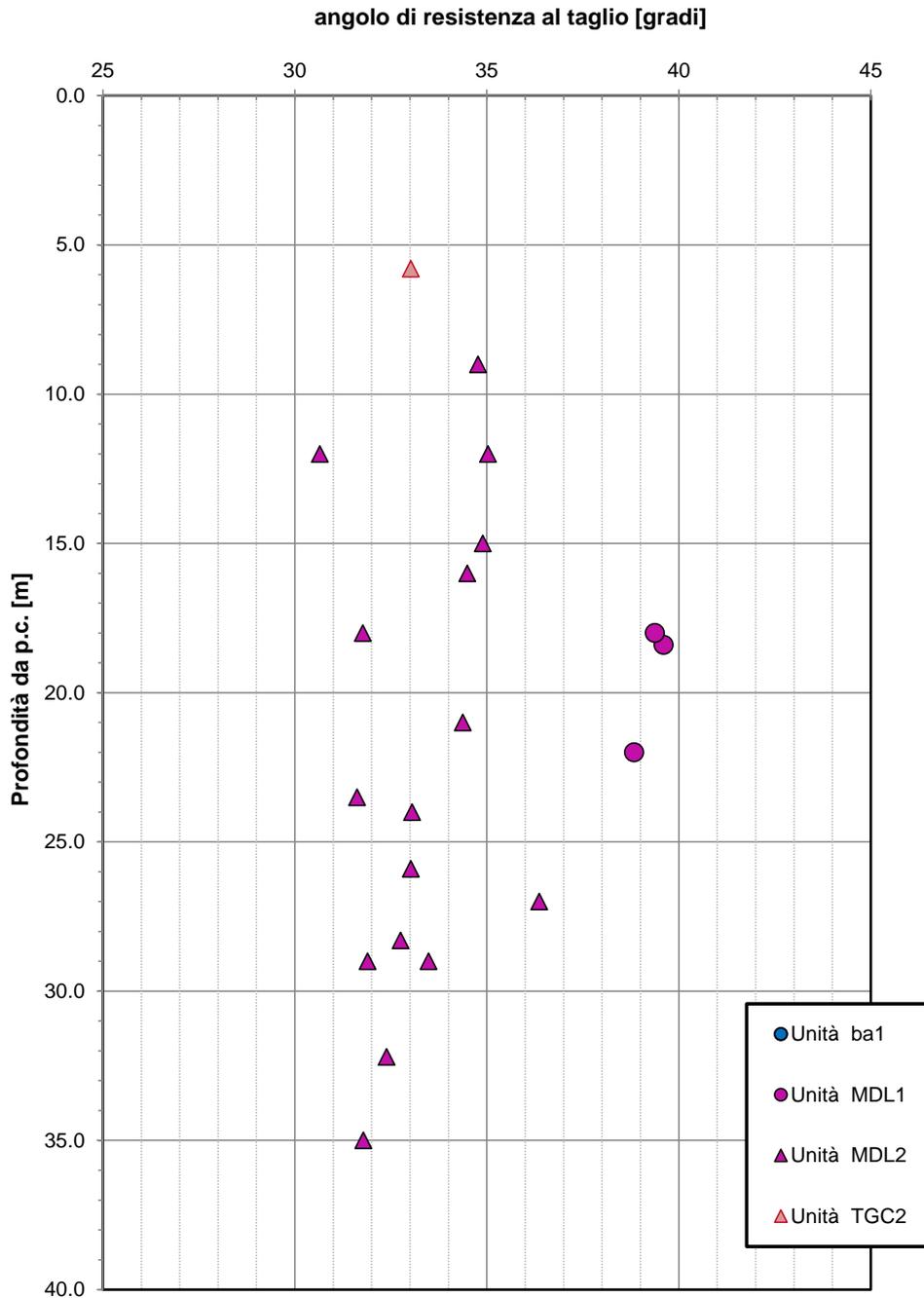
Densità relativa da prove SPT



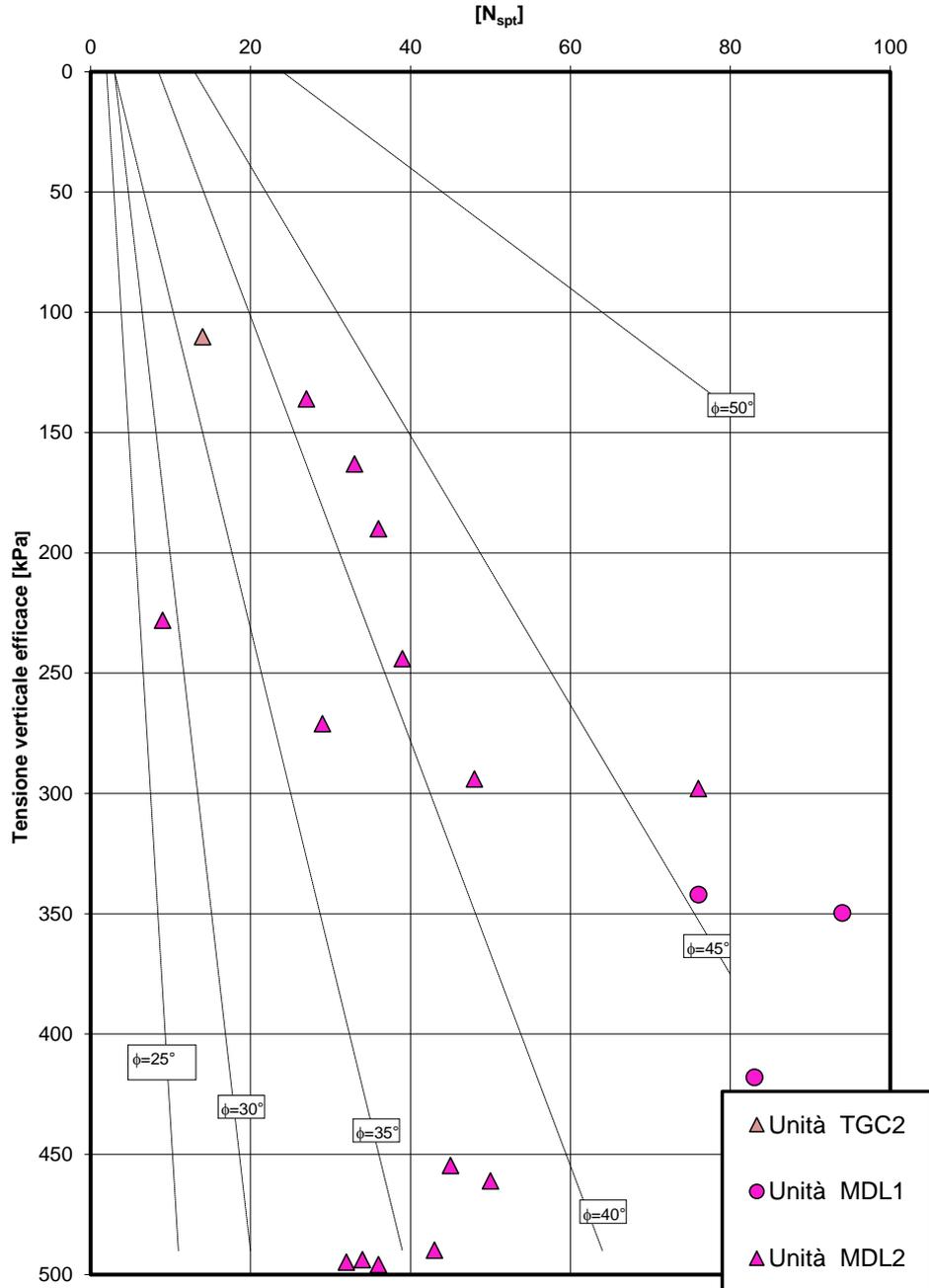
GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal
km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA
ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Sezione tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	24 di 131

Angolo di resistenza al taglio da prove SPT



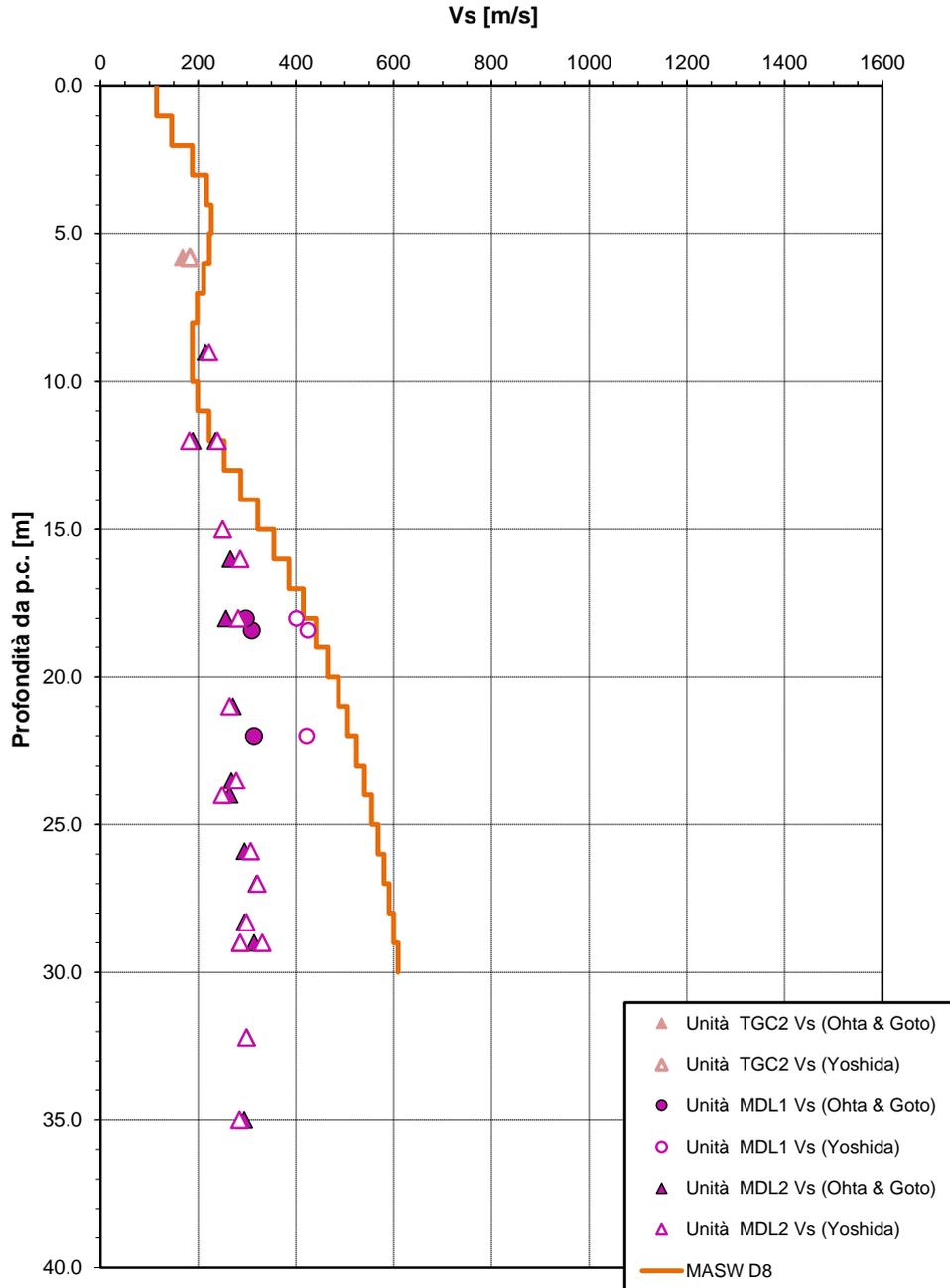
Correlazione $N_{spt}-\phi'$, De Mello (1971)



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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	26 di 131

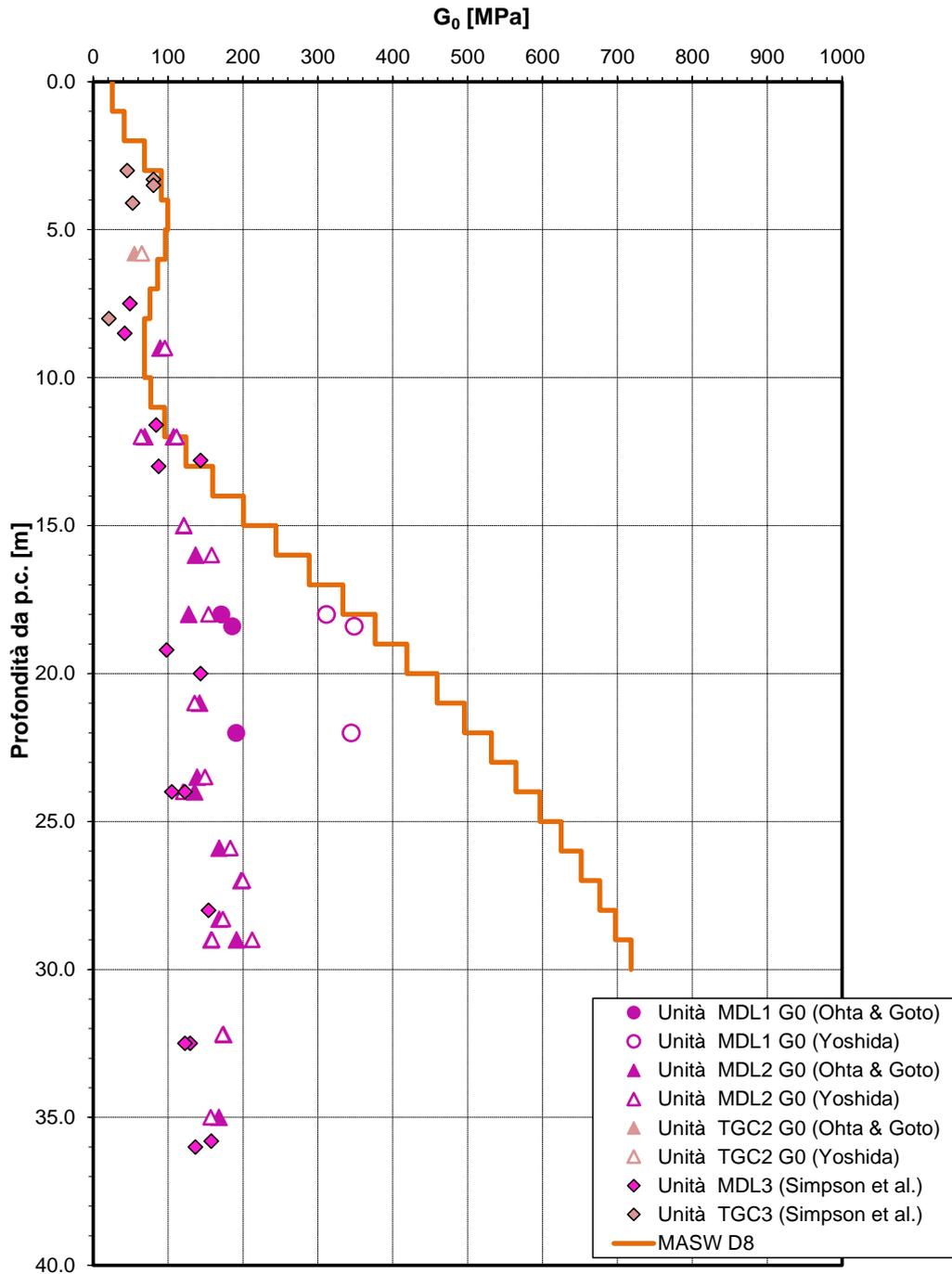
Velocità delle onde di taglio da prove SPT e sismiche



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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	27 di 131

Modulo di deformazione a taglio iniziale da prove SPT e sismiche

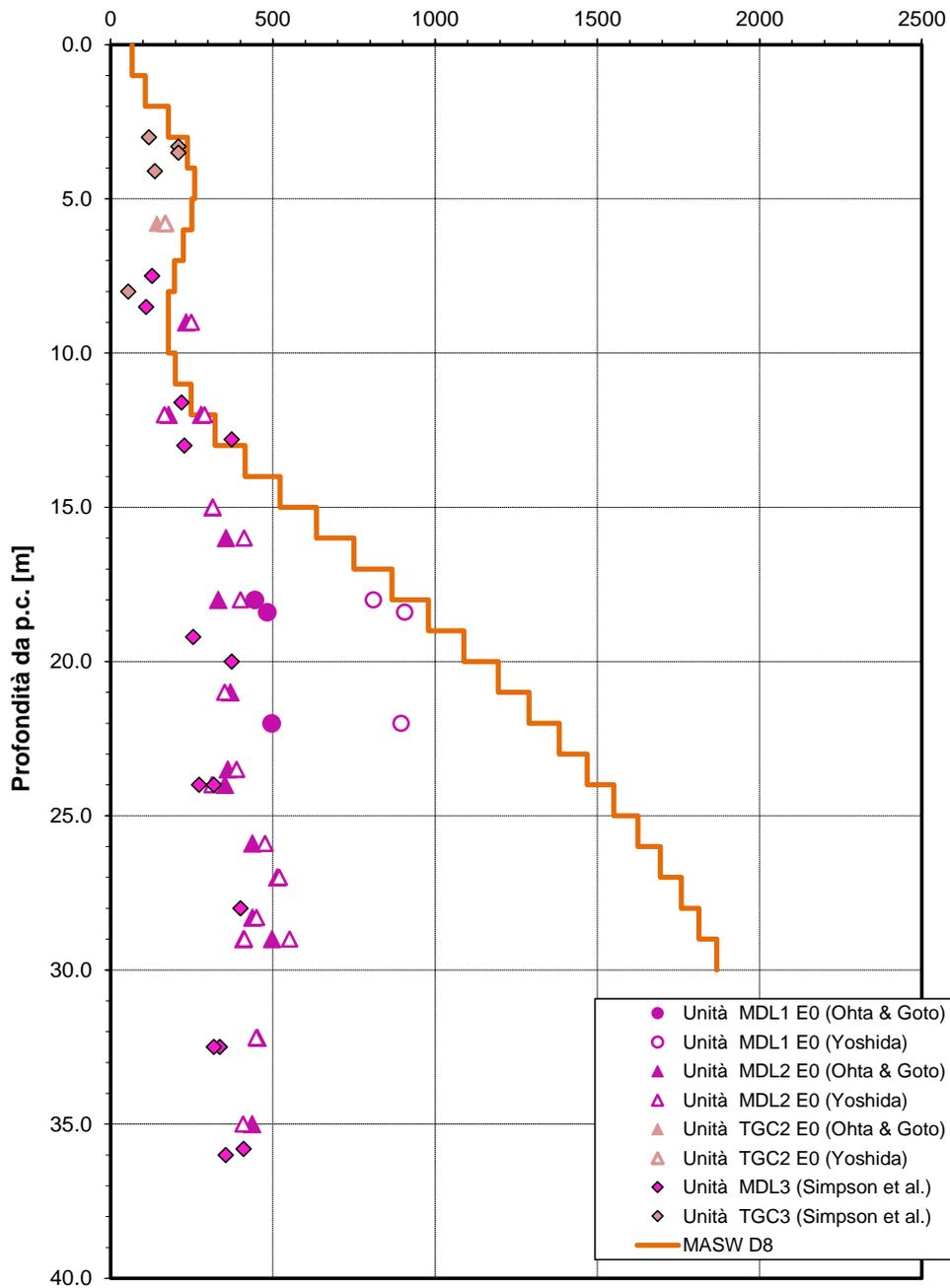


GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Sezione tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	28 di 131

Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche

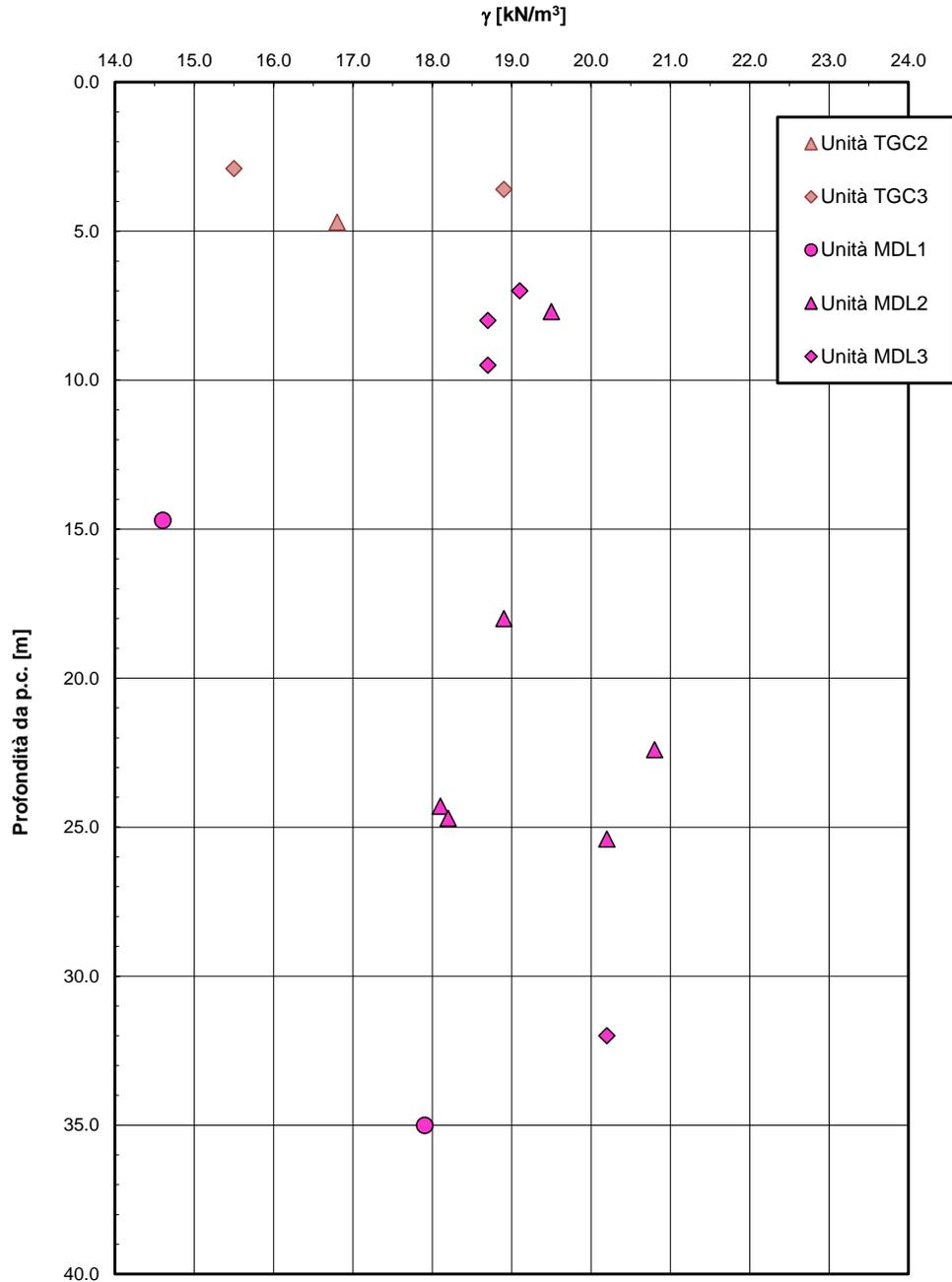
E_0 [MPa]



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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	29 di 131

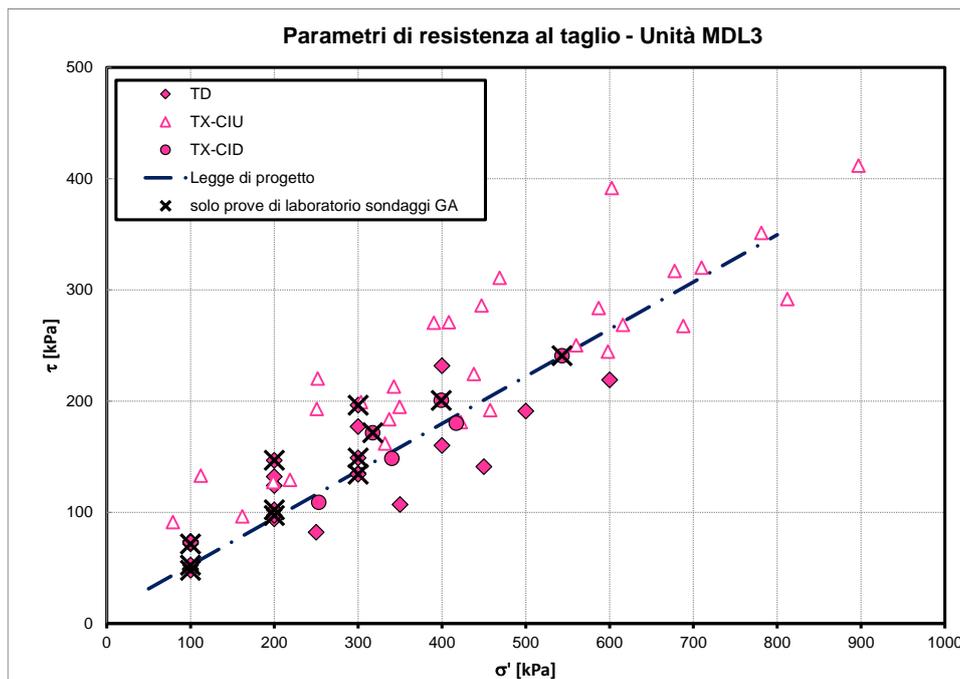
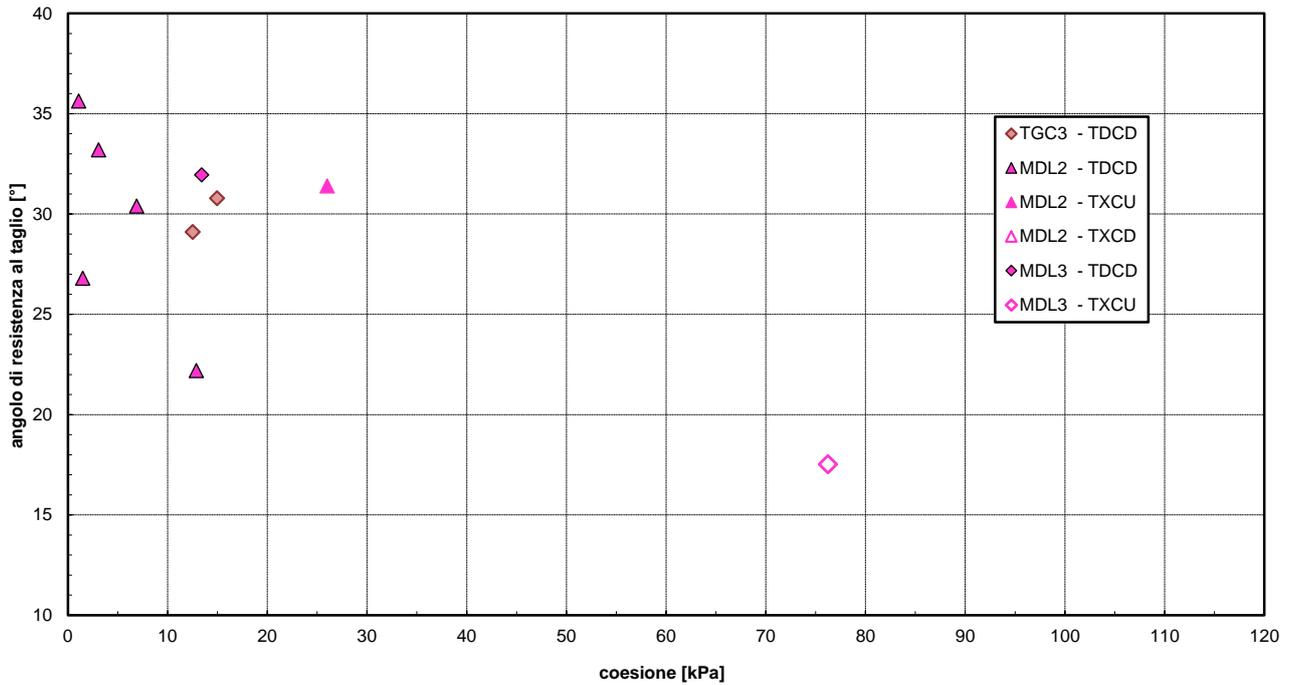
Peso di volume



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

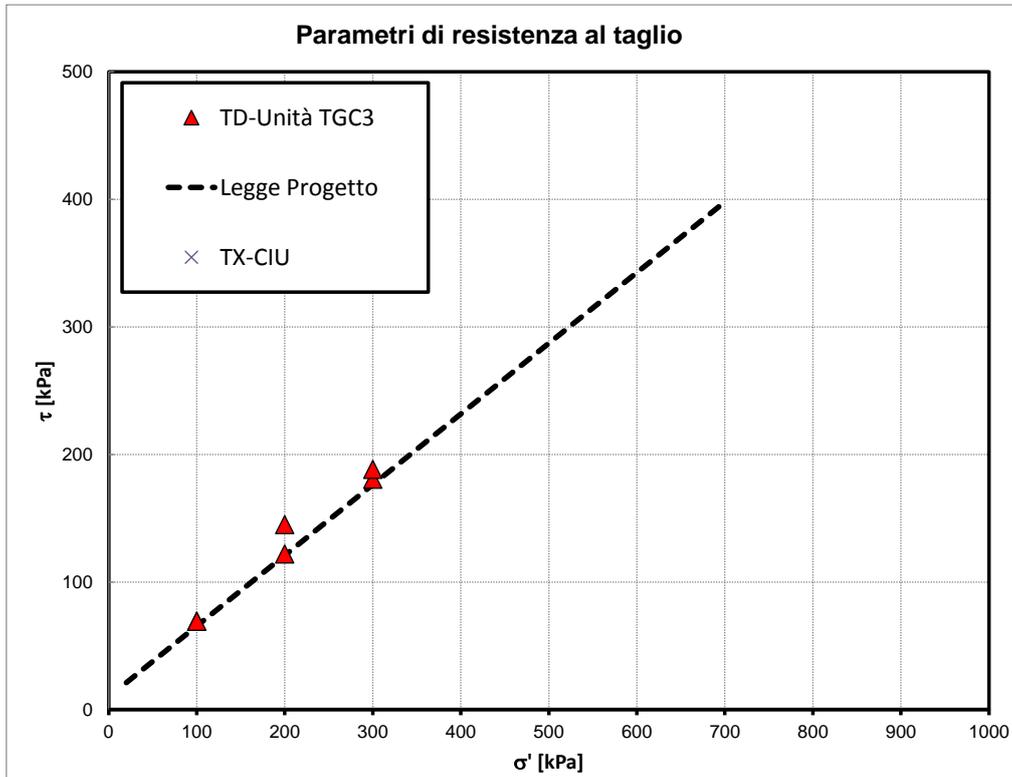
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	30 di 131

Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio



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

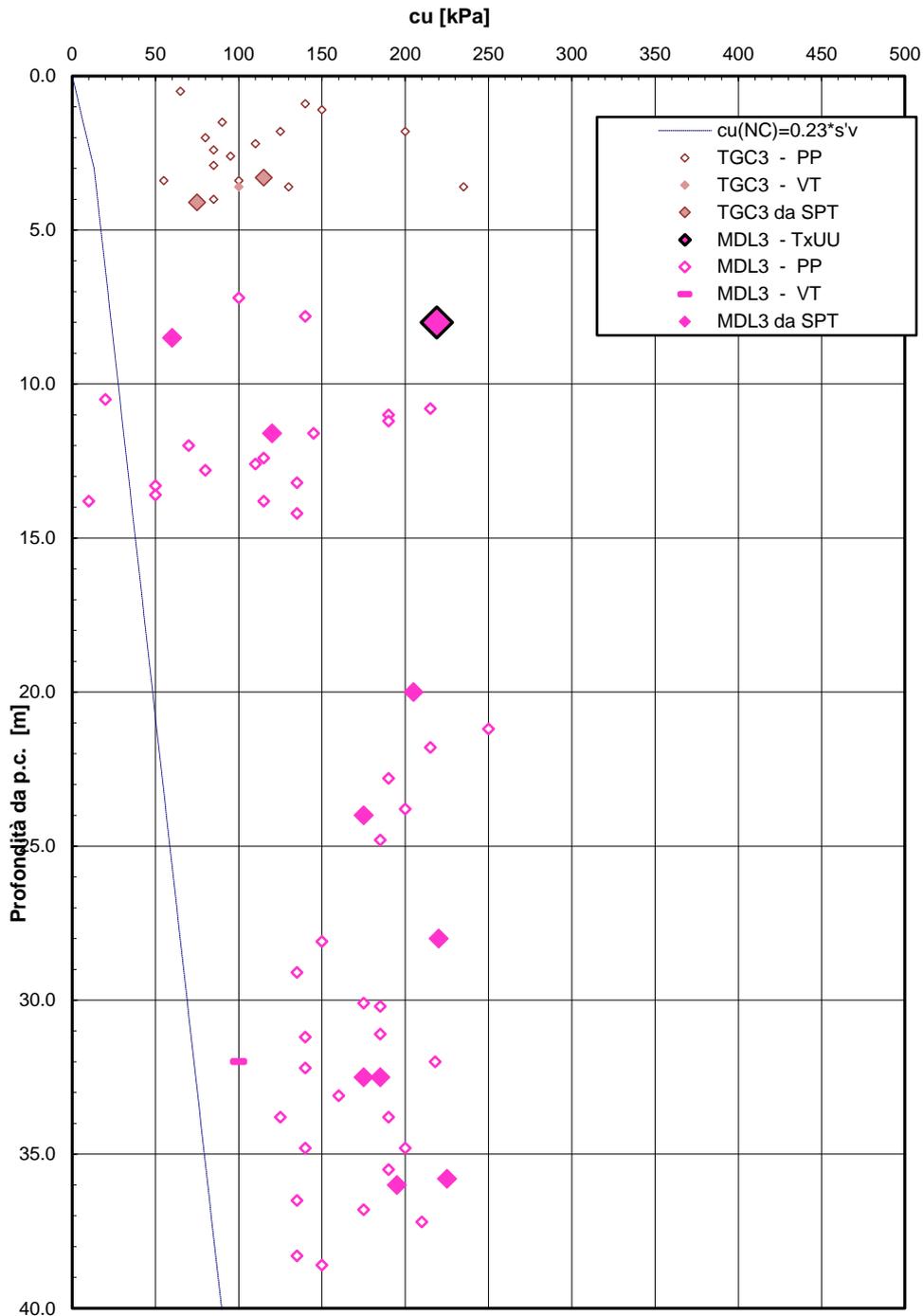
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	31 di 131



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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	32 di 131

Andamento della resistenza al taglio non drenata

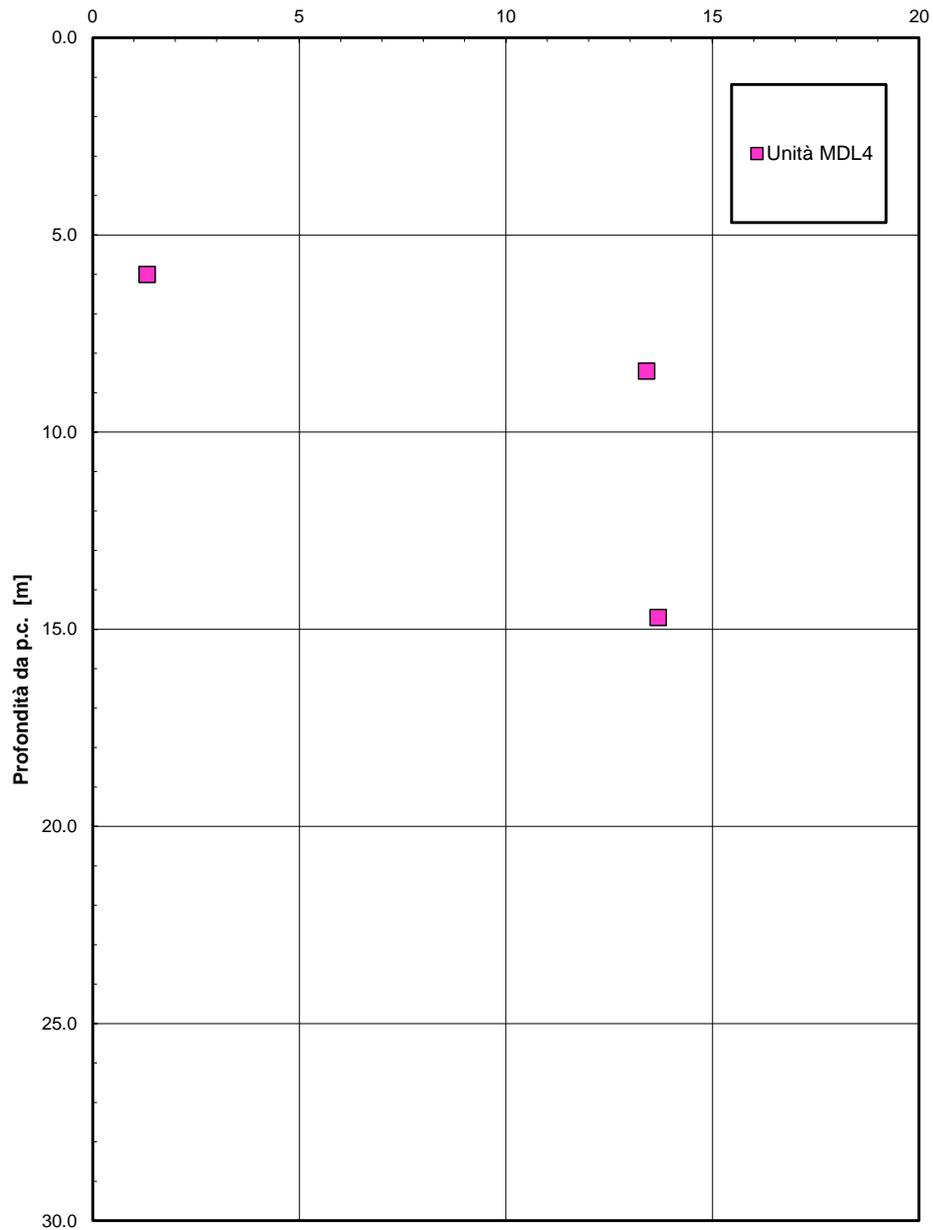


GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE di TELESE dal
km 22+276,80 al km 25+160,20 - GALLERIA
ARTIFICIALE - Relazione di calcolo Sezione tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	33 di 131

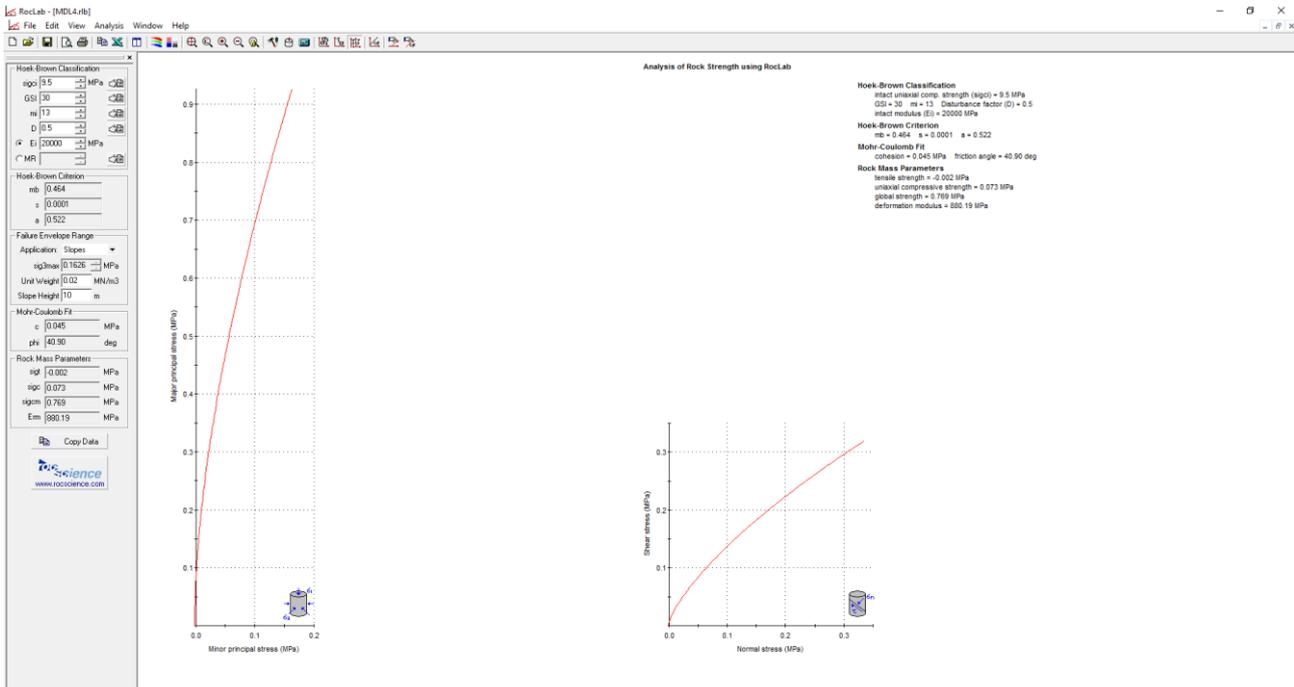
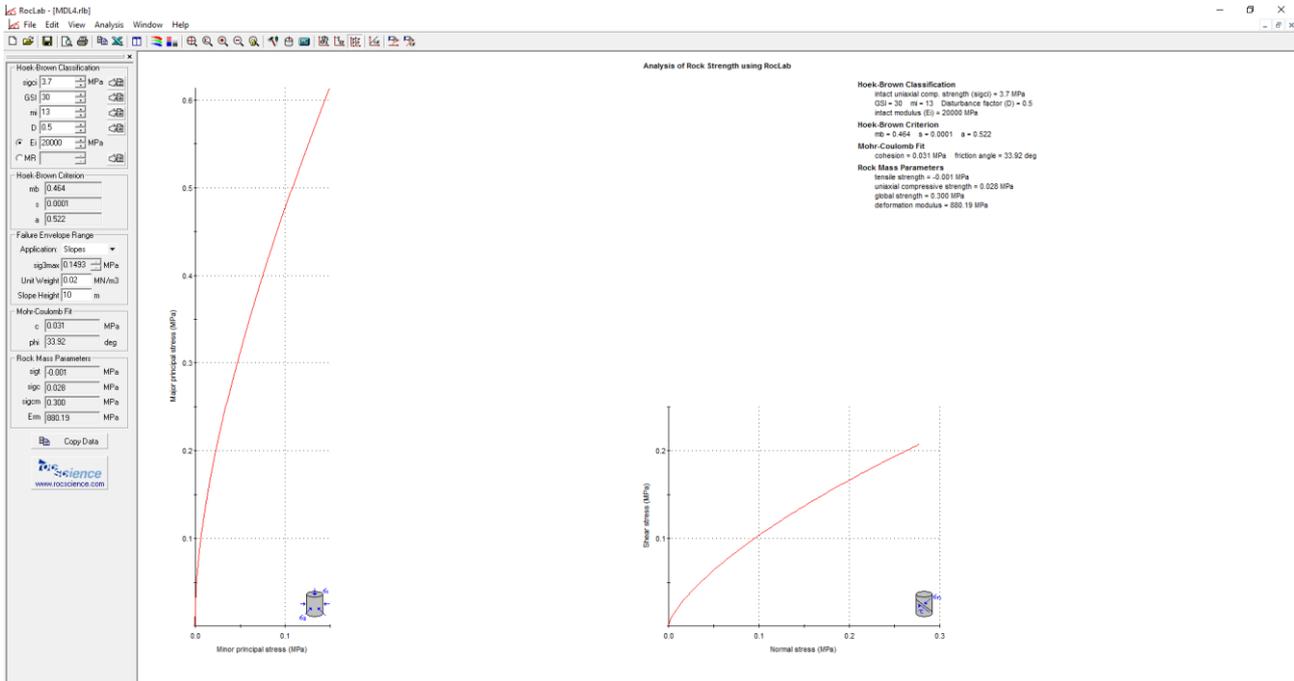
Resistenza a compressione monoassiale

σ_c [MPa]



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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	34 di 131



Dall'elaborazione di tutte le indagini e prove di laboratorio effettuate, è stato possibile individuare le seguenti unità Geotecniche di progetto:

Parametri geotecnici di progetto:

Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	N_{spt} [-]	D_r [-]	φ' [°]	c' [kPa]	c_u [kPa]	V_s [m/s]	E_0 [MPa]
TGC2	18.5	14	40	33	0	-	180-190	170-190
TGC3	18.5	6÷23	-	29	5÷10	75÷120	-	130
MDL4	20.0	-	-	34÷40	30÷40	-	-	800
MDL1	20.0	75÷95	75	38	0	-	-	600
MDL2	20.0	10÷75	65	32÷35	0	-	300	170÷500
MDL3	20.0	10÷45	-	23	10	100 per $z < 15m$	-	100÷400
						200 per $z > 20m$		

Note:

I moduli di deformabilità "operativi" (E') da adottare per il calcolo delle deformazioni/cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni, saranno assunti pari a 1/5 di quello iniziale (E_0).

Dove:

γ = peso di volume naturale;

N_{spt} = n. di colpi da prova SPT;

φ' = angolo di resistenza al taglio;

c' = coesione drenata;

c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate;

V_s = velocità delle onde di taglio;

E_0 = modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

FALDA: il livello della falda massimo rilevato è ubicato a profondità maggiore di 20 m dal p.c. (generalmente 6 m sotto la livelletta di progetto).

In particolare lungo la galleria in esame, si è riscontrata la configurazione stratigrafica riportata nelle figure seguenti:

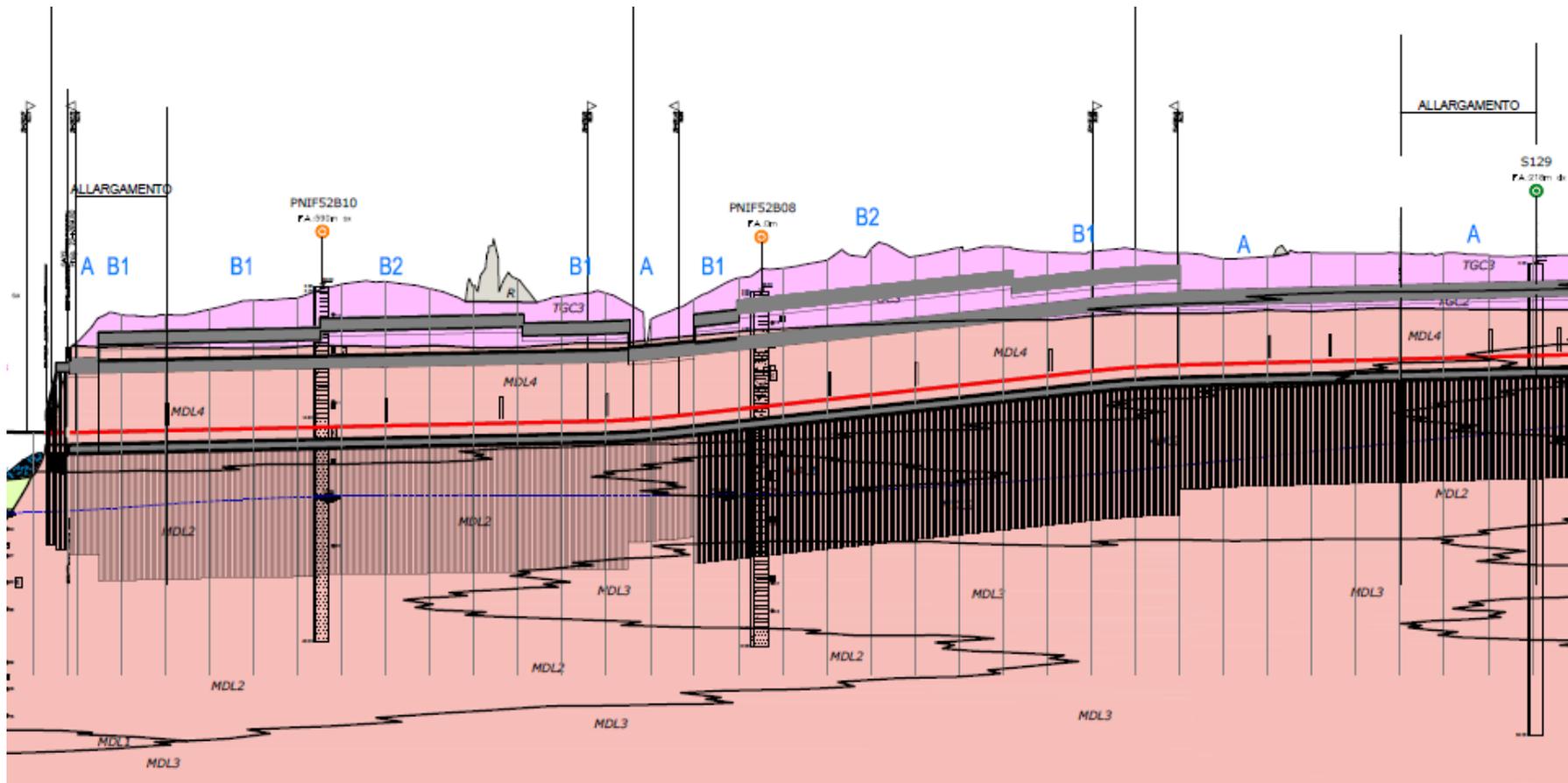


Figura 4 – Sviluppo Longitudinale Galleria con indicazione stratigrafia (1/2)

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	37 di 131

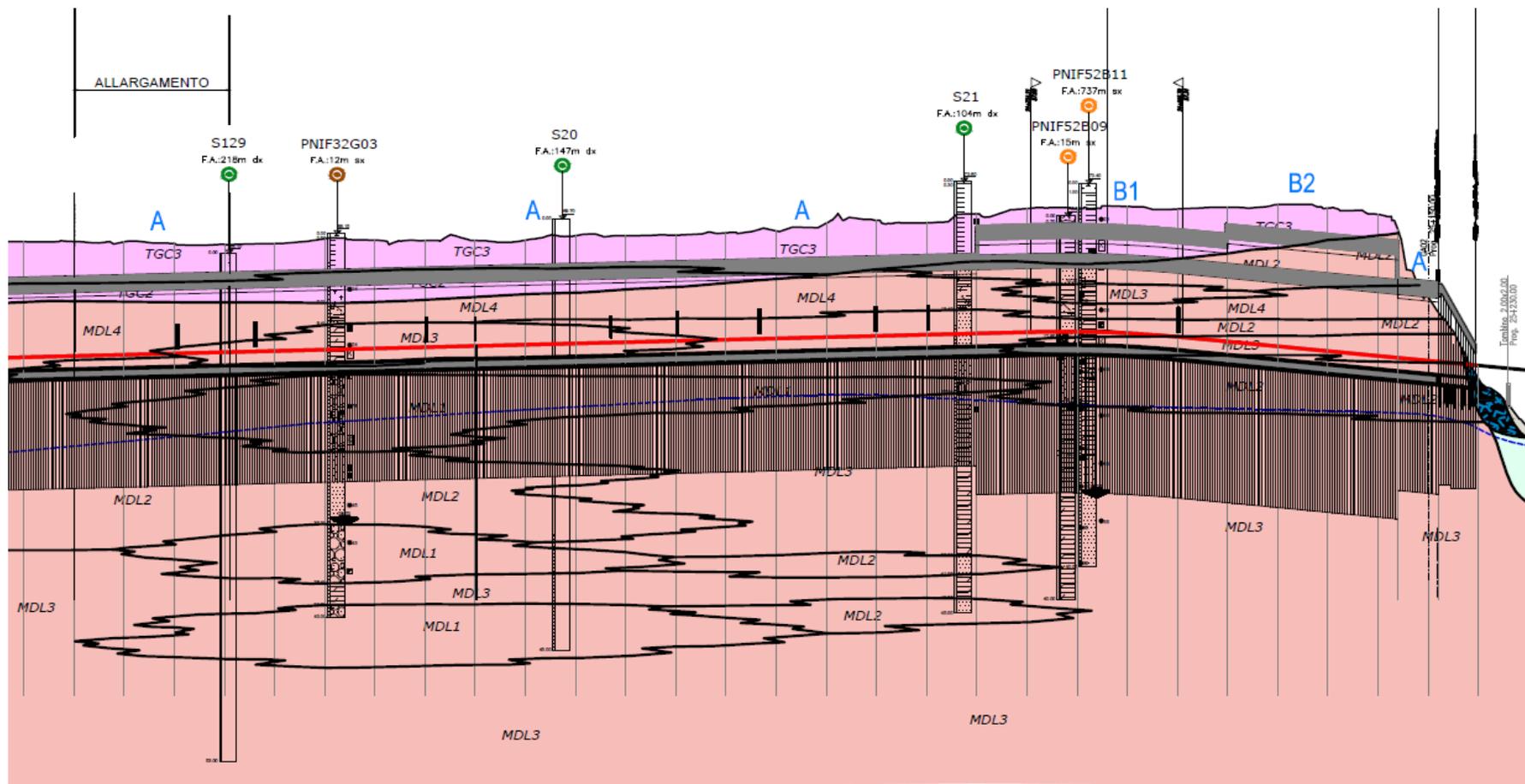


Figura 5 – Sviluppo Longitudinale Galleria con indicazione stratigrafia(2/2)

4.2 MODELLO GEOTECNICO DI PROGETTO

Sulla scorta di quanto riportato ai paragrafi precedenti, sono state individuate 3 tratte omogenee da un punto di vista geotecnico, di cui nel seguito sono riportate i relativi modelli di sottosuolo considerati nelle analisi:

MODELLO GEOTECNICO DA IMBOCCO SUD A 23+900 (sezioni A,B1,B2)

La quota 0 è riferita all'estradosso del solettone superiore

0	Litotipo	Potenza m	γ KN/m ³	c' KPa	ϕ'	E' MPa	
-6	Tufo Grigio Campano (Argille limose)	TGC3	6	18.5	5÷10	29	20
-16	Unità di Maddaloni - 4 (Calcere fratturato)	MDL4	10	20	30	34	200
FALDA -22	Unità di Maddaloni - 2 (Sabbia, Sabbia limosa)	MDL2	20	0	32	60	

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

MODELLO GEOTECNICO DA pk 23+900 A 24+700 (sezione A)

La quota 0 è riferita all'estradosso del solettone superiore

	Litotipo	Potenza m	γ KN/m ³	c' KPa	φ'	E' MPa	
0	Tufo Grigio Campano (Argille limose)	TGC3	6	18.5	5÷10	29	20
-6	Tufo Grigio Campano (Sabbia)	TGC2	3	18.5	0	33	35
-9	Unità di Maddaloni - 4 (Calcere fratturato)	MDL4	2	20.0	30	34	200
-11							
<u>FALDA</u> -22	Unità di Maddaloni - 2/1	MDL2- MDL1	3.5	20.0	0	32	60

Figura 7 – Modello Geotecnico da pk:23+900 - 24+700

**MODELLO GEOTECNICO da pk 24+700 A IMBOCCO NORD
(sezioni B1,B2,A)**

La quota 0 è riferita all'estradosso del solettone superiore

0	Litotipo	Potenza m	γ KN/m ³	c' KPa	ϕ'	E' MPa	
-6	Tufo Grigio Campano (Argille limose)	TGC3	6	18.5	5÷10	29	20
-13	Alternanze Unità di Maddaloni - 2	MDL2	7	20	0	32	50
-15	Alternanze Unità di Maddaloni -3	MDL3	2	20	10	24	50
-21	Unità di Maddaloni - 2 (Sabbia, Sabbia limosa)	MDL2	6	20	0	32	60
FALDA -22	Unità di Maddaloni - 3 (Argille limose)	MDL3		20	10	24	60

Figura 8 – Modello Geotecnico da pk:24+700 - 25+160

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	41 di 131

4.3 Capacità portante Pali

La capacità portante dei pali costituenti la galleria è stata valutata considerando l'Approccio 2 (A1+M1+R3) di normativa e quindi con i seguenti coefficienti parziali sulle resistenze di base e laterale:

N. 5 verticali di indagine, da cui $\xi_3 = 1.5$,

FSL = fattore di sicurezza per la portata laterale a compressione ($=\xi_3 \cdot \gamma_s = 1.7$).

FSB = fattore di sicurezza per la portata di base ($=\xi_3 \cdot \gamma_b = 2.0$).

Quindi per la verifica di capacità portante dei pali si dovranno verificare le seguenti due condizioni:

- $N_{max,SLU} < Q_d$, la massima sollecitazione assiale (sia statica, che sismica) allo SLU dovrà essere inferiore alla portata di progetto del palo (riportata nelle seguenti tabelle);
- $N_{max,SLE} < Q_{II} / 1.25$ la massima sollecitazione assiale allo SLE RARA dovrà essere inferiore alla portata laterale limite del palo (Q_{II} , riportata nelle seguenti tabelle) con un fattore di sicurezza di 1.25.

Per la valutazione della portata dei pali si è considerato:

- Perimetro laterale 2.0 m ed area di base 1.2 m².
- Due stratigrafie di calcolo: stratigrafia 1 da inizio GA al km 24+350 (portata dei pali si sviluppa tutta nell'unità MDL2); stratigrafia 2 dal km 24+350 a fine GA (portata dei pali si sviluppa per 6 m nell'unità MDL2 ed a seguire nell'unità MDL3).

La lunghezza utile di pali che deriva dalle curve di capacità portante di seguito riportate è definita da fondo scavo e quindi per avere la lunghezza totale dei pali, andrà aggiunto il tratto di palo da testa a fondo scavo.

Per tutti i dettagli teorici circa la definizione delle curve di portanza, si rimanda in ogni caso a quanto diffusamente esposto nell'ambito del seguente documento di progetto:

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

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	42 di 131

Tabella 1 – GA Telese - Capacità portante pali ϕ 1.2 m - A1+M1+R3

(stratigrafia 1 da inizio opera al km 24+350)

LINEA NAPOLI-BARI TRATTA CANCELLO-BENEVENTO FRASSO-VITULANO

Lp	Q11	Qb1	Wp	Qu	Qd
m	kN	kN	kN	kN	kN
.00	0.	2305.	0.	2305.	1153.
.50	92.	2401.	3.	2490.	1252.
1.00	161.	2497.	6.	2653.	1338.
1.50	234.	2593.	8.	2819.	1426.
2.00	309.	2689.	11.	2987.	1515.
2.50	386.	2785.	14.	3158.	1606.
3.00	467.	2882.	17.	3331.	1698.
3.50	550.	2978.	20.	3508.	1793.
4.00	636.	3074.	23.	3687.	1888.
4.50	725.	3170.	25.	3869.	1986.
5.00	816.	3266.	28.	4053.	2085.
5.50	910.	3362.	31.	4241.	2185.
6.00	1007.	3458.	34.	4431.	2287.
6.50	1107.	3554.	37.	4624.	2391.
7.00	1209.	3650.	40.	4819.	2496.
7.50	1314.	3746.	42.	5017.	2603.
8.00	1422.	3842.	45.	5218.	2712.
8.50	1532.	3938.	48.	5422.	2822.
9.00	1645.	4034.	51.	5628.	2934.
9.50	1761.	4130.	54.	5838.	3047.
10.00	1880.	4226.	57.	6049.	3162.
10.50	2001.	4322.	59.	6264.	3279.
11.00	2125.	4418.	62.	6481.	3397.
11.50	2252.	4514.	65.	6701.	3517.
12.00	2382.	4610.	68.	6924.	3638.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	43 di 131

12.50	2514.	4706.	71.	7150.	3761.
13.00	2649.	4803.	73.	7378.	3886.
13.50	2787.	4859.	76.	7569.	3992.
14.00	2927.	4859.	79.	7707.	4072.
14.50	3070.	4859.	82.	7847.	4154.
15.00	3216.	4859.	85.	7991.	4237.
15.50	3365.	4859.	88.	8136.	4321.
16.00	3516.	4859.	90.	8285.	4408.
16.50	3670.	4859.	93.	8436.	4495.
17.00	3827.	4859.	96.	8590.	4585.
17.50	3987.	4859.	99.	8747.	4676.
18.00	4149.	4859.	102.	8906.	4768.
18.50	4314.	4859.	105.	9069.	4863.
19.00	4482.	4859.	107.	9233.	4959.
19.50	4652.	4859.	110.	9401.	5056.
20.00	4825.	4859.	113.	9571.	5155.
20.50	5001.	4859.	116.	9745.	5256.
21.00	5180.	4859.	119.	9920.	5358.
21.50	5361.	4859.	121.	10099.	5462.
22.00	5546.	4859.	124.	10280.	5567.
22.50	5732.	4859.	127.	10464.	5674.
23.00	5922.	4859.	130.	10651.	5783.
23.50	6114.	4859.	133.	10840.	5893.
24.00	6309.	4859.	136.	11033.	6005.
24.50	6507.	4859.	138.	11228.	6119.
25.00	6707.	4859.	141.	11425.	6234.
25.50	6911.	4859.	144.	11626.	6351.
26.00	7117.	4859.	147.	11829.	6469.
26.50	7325.	4859.	150.	12035.	6589.
27.00	7535.	4859.	153.	12242.	6709.
27.50	7745.	4859.	155.	12449.	6830.
28.00	7955.	4859.	158.	12656.	6951.
28.50	8165.	4859.	161.	12863.	7072.
29.00	8375.	4859.	164.	13070.	7192.
29.50	8585.	4859.	167.	13278.	7313.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	44 di 131

30.00	8795.	4859.	170.	13485.	7434.
30.50	9005.	4859.	172.	13692.	7554.
31.00	9215.	4859.	175.	13899.	7675.
31.50	9425.	4859.	178.	14106.	7796.
32.00	9635.	4859.	181.	14313.	7916.
32.50	9845.	4859.	184.	14521.	8037.
33.00	10055.	4859.	186.	14728.	8158.
33.50	10265.	4859.	189.	14935.	8279.
34.00	10475.	4859.	192.	15142.	8399.

Lp = Lunghezza utile del palo

Ql1 = Portata laterale limite

Qb1 = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

Qd = Portata di progetto = $Q_{l1}/FS,1 + Q_{b1}/FS,b - W_p$

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	45 di 131

Tabella 2 – GA Telese - Capacità portante pali ϕ 1.2 m - A1+M1+R3 (dal km 24+350 a fine opera)

LINEA NAPOLI-BARI TRATTA CANCELLO-BENEVENTO FRASSO-VITULANO

Lp	Ql1	Qb1	Wp	Qu	Qd
m	kN	kN	kN	kN	kN
.00	0.	2305.	0.	2305.	1153.
.50	67.	2401.	3.	2465.	1237.
1.00	136.	2497.	6.	2628.	1323.
1.50	209.	2593.	8.	2794.	1411.
2.00	284.	2689.	11.	2962.	1500.
2.50	361.	2785.	14.	3133.	1591.
3.00	442.	2717.	17.	3142.	1601.
3.50	525.	2648.	20.	3154.	1613.
4.00	611.	2580.	23.	3168.	1627.
4.50	700.	2511.	25.	3185.	1642.
5.00	791.	2442.	28.	3205.	1658.
5.50	885.	2374.	31.	3228.	1676.
6.00	984.	2305.	34.	3255.	1697.
6.50	1094.	2317.	37.	3374.	1765.
7.00	1206.	2328.	40.	3494.	1834.
7.50	1318.	2339.	42.	3615.	1902.
8.00	1430.	2350.	45.	3735.	1971.
8.50	1542.	2362.	48.	3856.	2040.
9.00	1654.	2373.	51.	3976.	2109.
9.50	1766.	2384.	54.	4097.	2177.
10.00	1878.	2396.	57.	4217.	2246.
10.50	1990.	2407.	59.	4337.	2315.
11.00	2102.	2418.	62.	4458.	2395
11.50	2214.	2430.	65.	4578.	2452.
12.00	2326.	2441.	68.	4699.	2521.
12.50	2438.	2452.	71.	4819.	2589.
13.00	2550.	2463.	73.	4940.	2658.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	46 di 131

13.50	2662.	2475.	76.	5060.	2727.
14.00	2774.	2486.	79.	5181.	2796.
14.50	2886.	2497.	82.	5301.	2864.

15.00	2998.	2509.	85.	5422.	2933.
15.50	3110.	2520.	88.	5542.	3002.
16.00	3222.	2531.	90.	5663.	3070.
16.50	3334.	2543.	93.	5783.	3139.
17.00	3446.	2554.	96.	5904.	3208.
17.50	3558.	2565.	99.	6024.	3277.
18.00	3670.	2576.	102.	6145.	3345.
18.50	3782.	2588.	105.	6265.	3414.
19.00	3894.	2599.	107.	6386.	3483.
19.50	4006.	2610.	110.	6506.	3551.
20.00	4118.	2622.	113.	6627.	3620.
20.50	4231.	2633.	116.	6748.	3689.
21.00	4345.	2644.	119.	6871.	3760.
21.50	4462.	2656.	121.	6996.	3831.
22.00	4580.	2667.	124.	7122.	3903.
22.50	4700.	2678.	127.	7251.	3977.
23.00	4821.	2689.	130.	7381.	4051.
23.50	4945.	2701.	133.	7513.	4126.
24.00	5070.	2712.	136.	7646.	4203.
24.50	5197.	2723.	138.	7782.	4280.
25.00	5325.	2735.	141.	7919.	4359.
25.50	5456.	2746.	144.	8058.	4438.
26.00	5588.	2757.	147.	8198.	4519.
26.50	5722.	2769.	150.	8341.	4600.
27.00	5857.	2780.	153.	8485.	4683.
27.50	5995.	2791.	155.	8631.	4767.
28.00	6134.	2802.	158.	8778.	4851.
28.50	6275.	2814.	161.	8927.	4937.
29.00	6417.	2825.	164.	9079.	5024.
29.50	6562.	2836.	167.	9231.	5111.
30.00	6708.	2848.	170.	9386.	5200.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	47 di 131

30.50	6856.	2859.	172.	9542.	5290.
31.00	7005.	2870.	175.	9700.	5381.
31.50	7157.	2882.	178.	9860.	5473.
32.00	7310.	2893.	181.	10022.	5566.
32.50	7465.	2904.	184.	10185.	5659.
33.00	7621.	2915.	186.	10350.	5754.
33.50	7780.	2927.	189.	10517.	5850.
34.00	7940.	2938.	192.	10686.	5947.

L_p = Lunghezza utile del palo

Q_{l1} = Portata laterale limite

Q_{b1} = Portata di base limite

W_p = Peso efficace del palo

Q_u = Portata totale limite

Q_d = Portata di progetto = $Q_{l1}/FS,l + Q_{b1}/FS,b - W_p$

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).

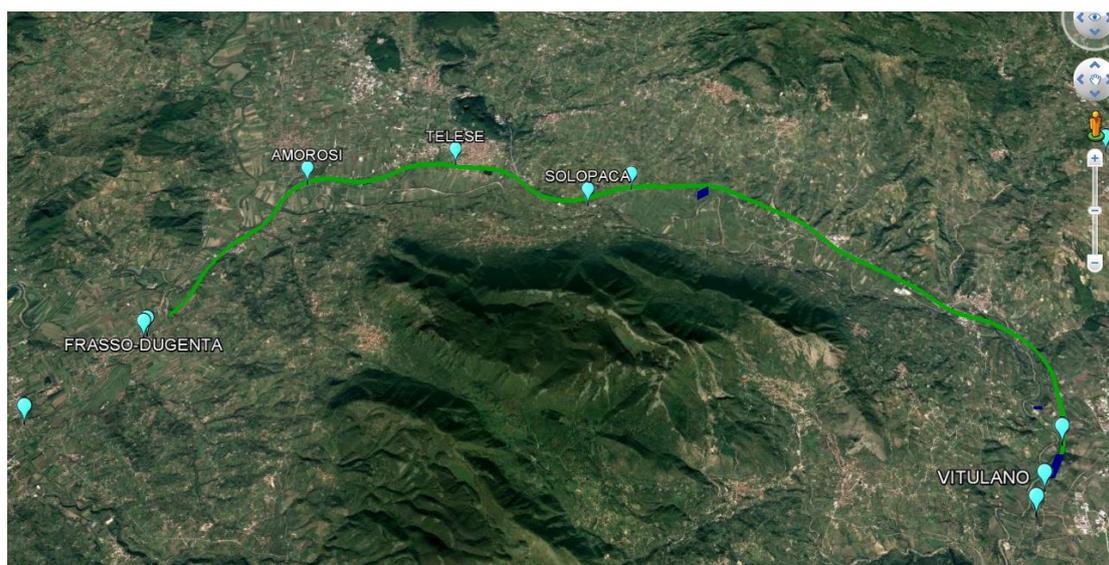


Figura 9 – Configurazione planimetrica tracciato

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 Sezione tipo A	<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 0002</td> <td>A</td> <td>49 di 131</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	49 di 131
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	49 di 131								

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 Sezione tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	50 di 131



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

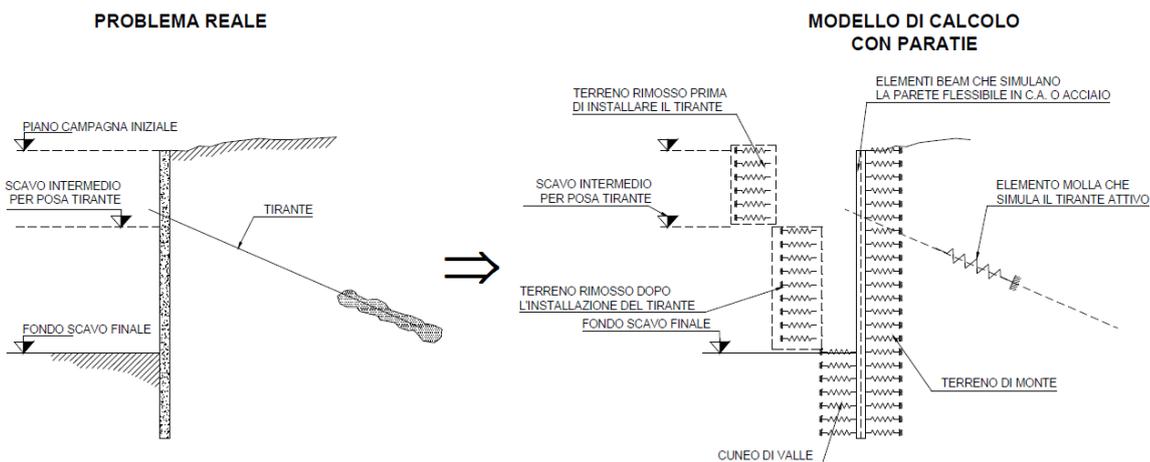
Le analisi finalizzate al dimensionamento delle strutture sono state condotte con il programma di calcolo "Paratie Plus" della HarpaCeas s.r.l. di Milano.

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 rigidezza 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 palo 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:

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

 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 Sezione tipo A	COMMESSA IF0H	LOTTO 02 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA020 0002	REV. A

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 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 ℓ_A ed ℓ_P 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:

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	54 di 131

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

dove:

K_a = coefficiente di spinta attiva;

$\sigma'v$ = 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 .

Fra le varie formulazioni proposte per il calcolo di K_a , di seguito, si è fatto riferimento a quella di [Coulomb, 1773] assumendo $\delta \cong 0.6\varphi$.

Nel caso in cui la struttura subisca uno spostamento verso monte, la $\sigma'h$ 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;

$\sigma'v$ = tensione verticale efficace alla generica profondità;

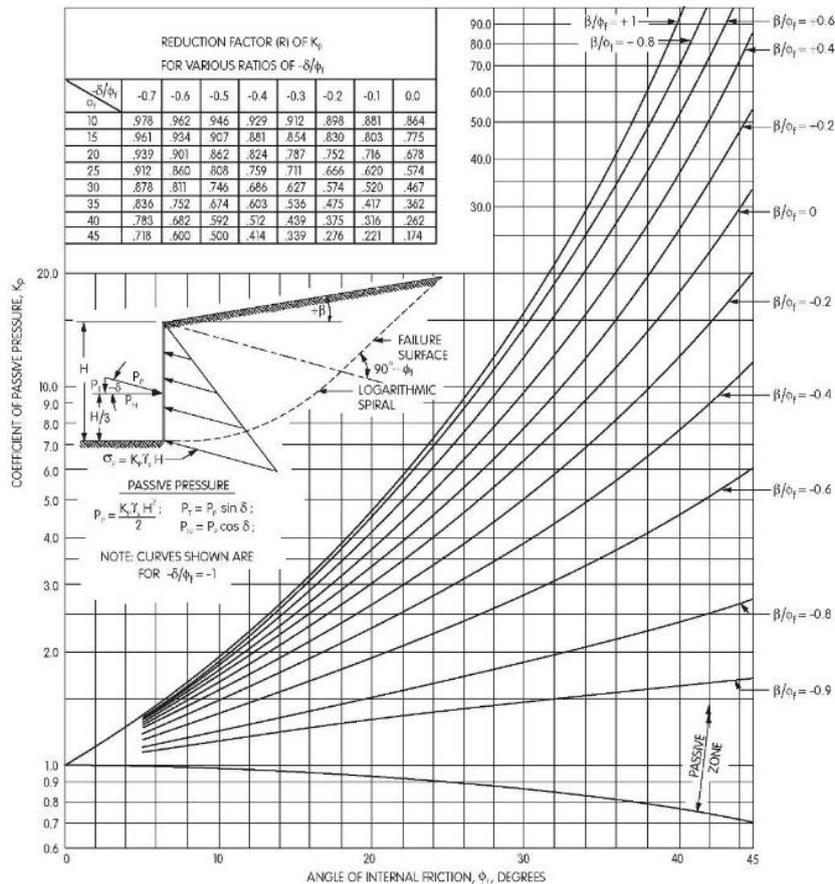
c' = coesione efficace.

Analogamente al coefficiente di spinta attiva, in condizioni statiche si può porre $K_p = K_p(\varphi', \delta)$.

Fra le varie formulazioni proposte per il calcolo di K_p , di seguito, si è fatto riferimento a quella di [Caquot-Kerisel, 1948] con $\delta' \cong 0.6\varphi'$ che, nel caso in cui sia $\delta > \varphi' / 3$ fornisce risultati più attendibili delle altre formulazioni. La superficie potenziale di scorrimento del terreno è assimilabile in questo caso ad un arco di spirale logaritmica e non più ad una superficie piana. Tale coefficiente viene determinato dall'interpolazione polinomiale delle spirali logaritmiche fornite sperimentalmente da [Caquot-Kerisel, 1948], riportate in figura:

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	55 di 131



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.

 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 Sezione tipo A	COMMESSA IF0H	LOTTO 02 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA020 0002	REV. A

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 $(1 - \tan \varphi')$;

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 rigidezza 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

	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 Sezione tipo A	<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 0002</td> <td>A</td> <td>57 di 131</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	57 di 131
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	57 di 131								

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

In assenza di uno studio più dettagliato che prenda in considerazione la rigidità relativa, il tipo di movimento e la massa dell'opera di sostegno, si assume che la forza dovuta alla spinta dinamica del terreno sia valutata con la teoria di Wood ed agisca con un'inclinazione rispetto alla normale al muro uguale a zero:

$$\Delta S_s = (a_{\max}/g) \cdot \gamma \cdot H^2$$

Tale azione è applicata al tratto fuori terra della paratia.

La spinta totale di progetto Ed esercitata dal terrapieno ed agente sull'opera di sostegno in condizioni sismiche è dunque data dalla somma della spinta a riposo, della spinta sismica e della spinta statica data dal sovraccarico accidentale combinata al 20% così come riportato nella Tabella 5.2.V delle NTC2008.

$$E_d = S_{\text{stat}} + 0.2 \cdot S_q + \Delta S_s$$

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

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

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

con:

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

k_h : coefficiente sismico orizzontale

k_v : coefficiente sismico verticale

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

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

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

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

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.

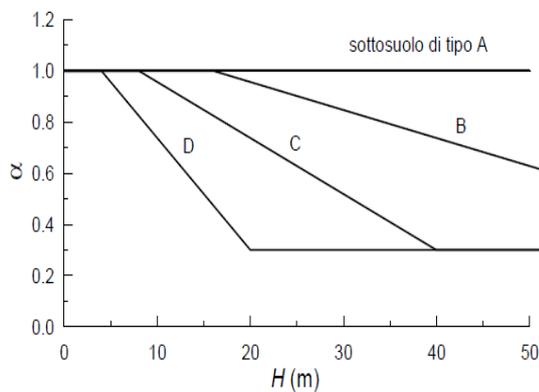


Figura 7.11.2 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α

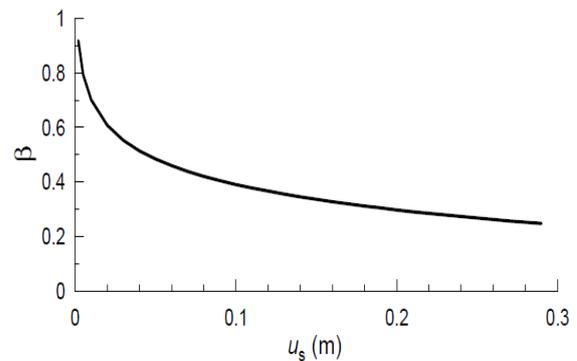


Figura 7.11.3 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β .

Per il caso di calcolo in esame si ha:

PARAMETRI DI PERICOLOSITA' SISMICA

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/s²]	3.159	Accelerazione di Progetto SLV		
a_g / g	0.322			
Fo =	2.350			
Tc =	0.390		a_{max} [m/s²] =	3.939
β	1.00	abaco fig.7.11.3 HP: Paratia Rigida		

SEZIONE	A	
	imb.NORD	imb.SUD
Hparatia [m]	20.0	20.0
α	0.75	0.75

abaco fig.7.11.2

Cautelativamente si assume:

SEZIONE	A
α (Calcolo)	0.80

In definitiva si ha:

SEZIONE	A
Kh [--]	0.321
Kv [--]	0.161

Kh : Coefficiente sismico orizzontale

Kv : Coefficiente sismico verticale

Figura 10 – Determinazione coefficienti sismici per sezione tipo A

PARAMETRI DI PERICOLOSITA' SISMICA

Stato Limite di Riferimento : SLV

Pvr	0.10	
VN	75.0	
cu	1.50	
VR	112.5	
TR	1067.8	
a_g [m/s²]	3.159	Accelerazione di Progetto SLV
a_g / g	0.322	
Fo =	2.350	
Tc =	0.390	

Cat Suolo	C
S_S =	1.247
Cat Topogr.	T1
S_T =	1.00

a_{max} [m/s²] = 3.939

β **1.00** abaco fig.7.11.3
HP: Paratia Rigida

SEZIONE	B2		B1	
	imb.NORD	imb.SUD	imb.NORD	imb.SUD
Hparatia [m]	27.0	26.0	26.0	25.0
α	0.55	0.55	0.55	0.60

abaco fig.7.11.2

Cautelativamente si assume:

SEZIONE	B1/B2
α (Calcolo)	0.70

In definitiva si ha:

SEZIONE	B1/B2
Kh [--]	0.281
Kv [--]	0.141

Kh : Coefficiente sismico orizzontale

Kv : Coefficiente sismico verticale

Figura 11 – Determinazione coefficienti sismici per sezione tipo B1/B2

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 Sezione tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	64 di 131

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_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{G3}	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_{G3} 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)

- 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,

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.

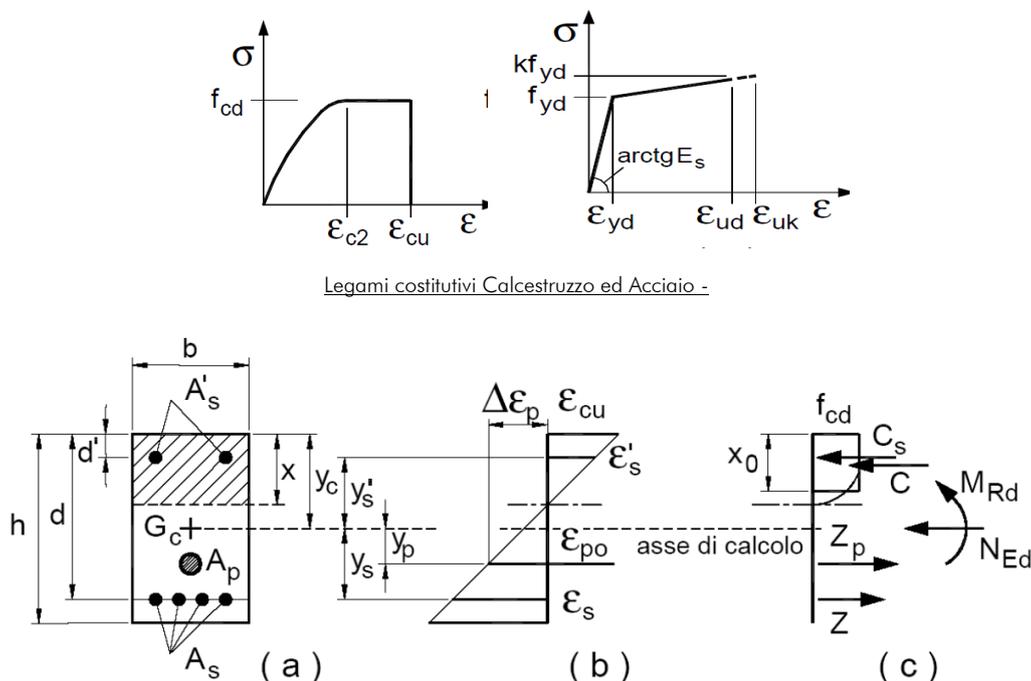
8. CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI

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:



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}

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

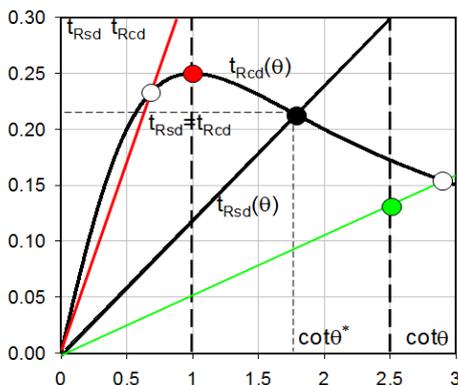
$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot \frac{(\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta)}{(1 + \text{ctg}^2 \theta)}$$

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 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 Sezione tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	69 di 131

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

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 attesa, 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 $0,75 f_{yk}$.

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. 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:

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



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 Sezione tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	72 di 131

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

10. 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.

Come riportato in premessa, dal punto di vista geometrico, la galleria è caratterizzata dalla presenza di 3 sezioni tipologiche denominate: tipo A, B1 e B2 ed altrettante sezioni in allargamento denominate tipo A1, B1a e A2. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

Nell'ambito della presente relazione è affrontato unicamente il dimensionamento strutturale e geotecnico della sezione tipo B.

In particolare le verifiche saranno condotte per la sezione B2 che presenta una configurazione geometrica che porta ad azioni sugli elementi strutturali maggiori rispetto alla sezione B1. Le considerazioni progettuali sono quindi valide anche per la sezione B1.

Per tener conto della differente configurazione geotecnica presente lungo la sviluppata della galleria (par. 4.2) sono state definite per la sezione B un totale di 2 sezioni di calcolo: una riferita alla zona Nord e l'altra alla zona Sud della galleria. In aggiunta sono state condotte delle verifiche integrative per la sezione in allargamento tipo B1a.

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.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	74 di 131

11. 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 Sezione tipo A	<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 0002</td> <td>A</td> <td>75 di 131</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	75 di 131
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	75 di 131								

12. SEZIONE TIPO B (IMBOCCO SUD A 23+900) : RISULTATI ANALISI E FASI DI CALCOLO

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

12.1 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 solettone di copertura della galleria (circa 3m al di sotto del P.C. locale).

Step 0. Esecuzione pali $\phi=1200$ mm ed inizializzazione geostatica.

Step 1. Esecuzione scavo fino ad intradosso soletta intermedia. In tale fase il terreno ai lati della galleria e posto al di sopra della quota di scavo, è modellato come un carico permanente equivalente valutato con un peso specifico dell'unità di volume $\gamma=20$ kN/m³:

$$q = 20 \cdot 3 = 60 \text{ kN/m}^2.$$

Step 2. Realizzazione solettone intermedio.

Step 3. Realizzazione solettone di copertura e pareti di rivestimento camera superiore.

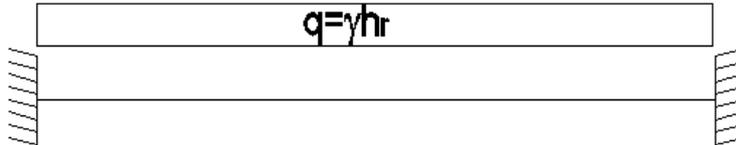
Step 4. Esecuzione scavo a foro cieco fino ad intradosso solettone di base.

Step 5. Realizzazione solettone di base e pareti di rivestimento.

Step 6. Sistemazione finale. In tale fase, per esigenze legate al tipo di software utilizzato, il peso del terreno al di sopra del solettone superiore è modellato come azioni concentrate (momento flettente e sforzo normale) in testa ai pali secondo lo schema seguente:

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	76 di 131



Dove:

h_r = Altezza terreno di ricoprimento effettiva.

Nota: il carico agente sul solettone superiore, assunto in fase di calcolo, sulla base del quale sono state valutate le reazioni vincolari, è stato amplificato cautelativamente di 20 kPa.

Per cui le reazioni vincolari applicate in testa ai pali sono pari a:

$q =$	80 kN/m	(peso terreno ricoprimento solettone)
$N_{\text{testa Palo}} =$	552 kN	(sforzo normale testa palo)
$M_A =$	756 kNm	(Momento semi-incastro solettone $q l^2 / 14$)

Step 7. Attivazione sisma ($k_h = 0.28$; $k_v = 0.14$).

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:

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	77 di 131

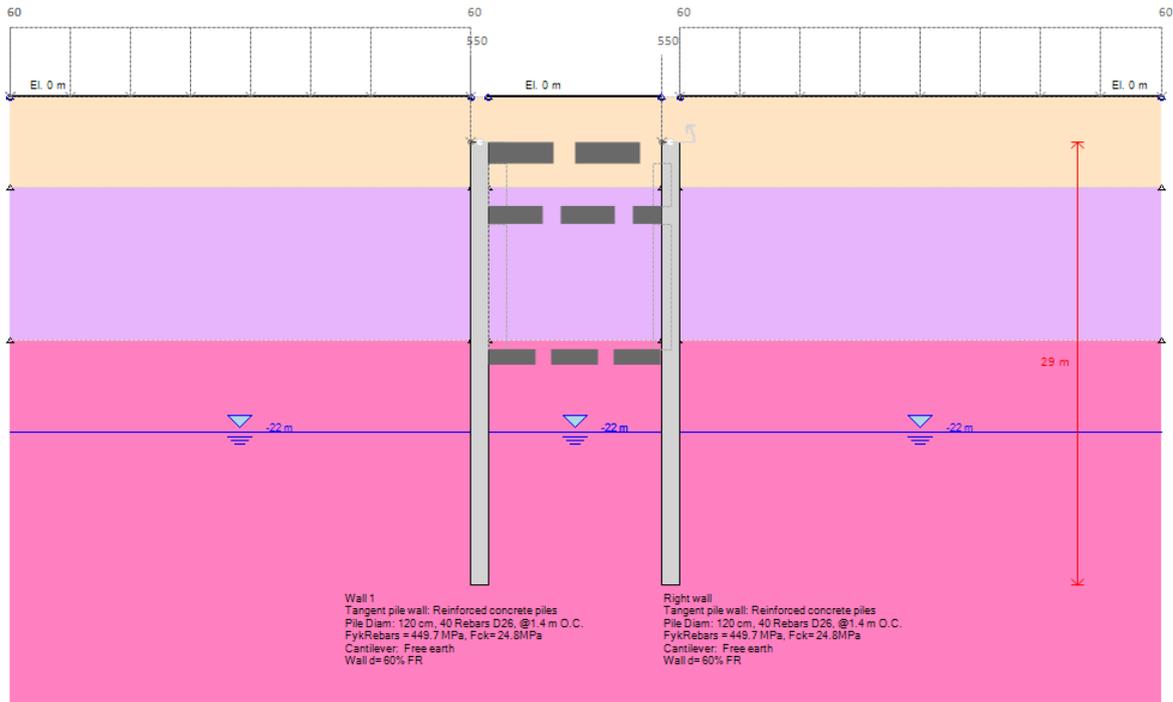


Figura 12 – Esecuzione pali $\varphi=1200$ mm ed inizializzazione geostatica (step 0)

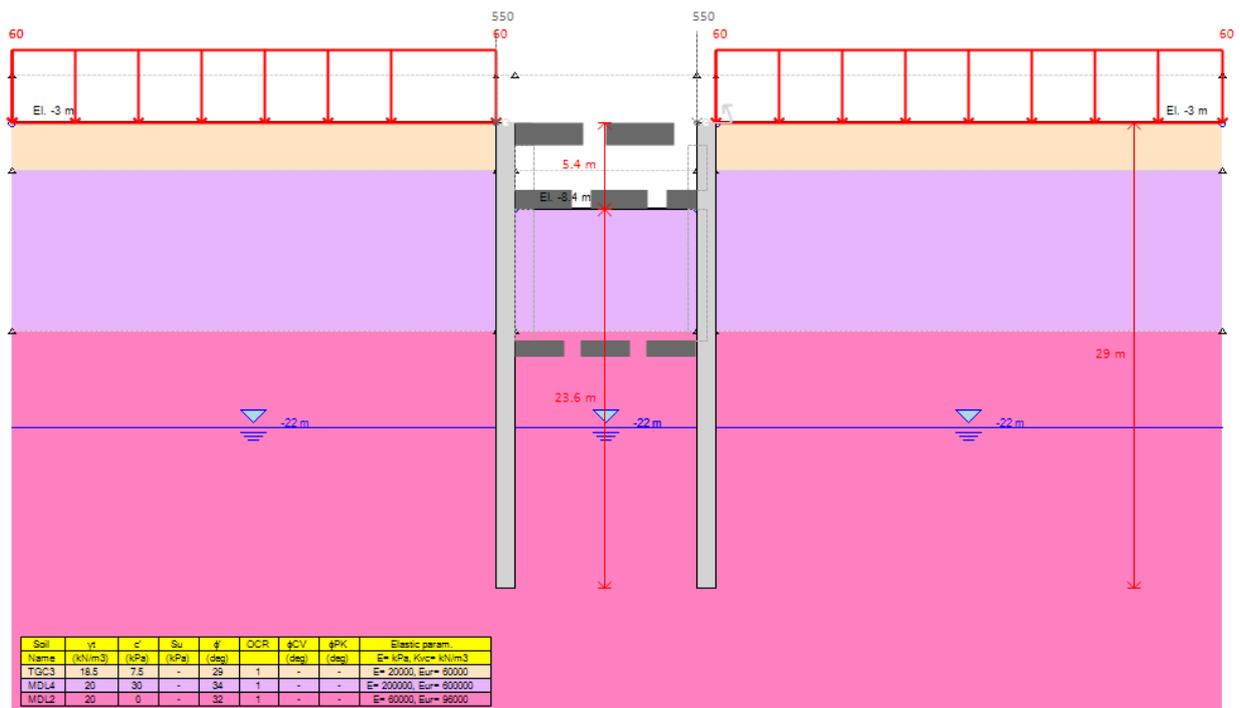


Figura 13 – Esecuzione scavo iniziale fino ad intradosso solettone intermedio(step 1)

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	78 di 131

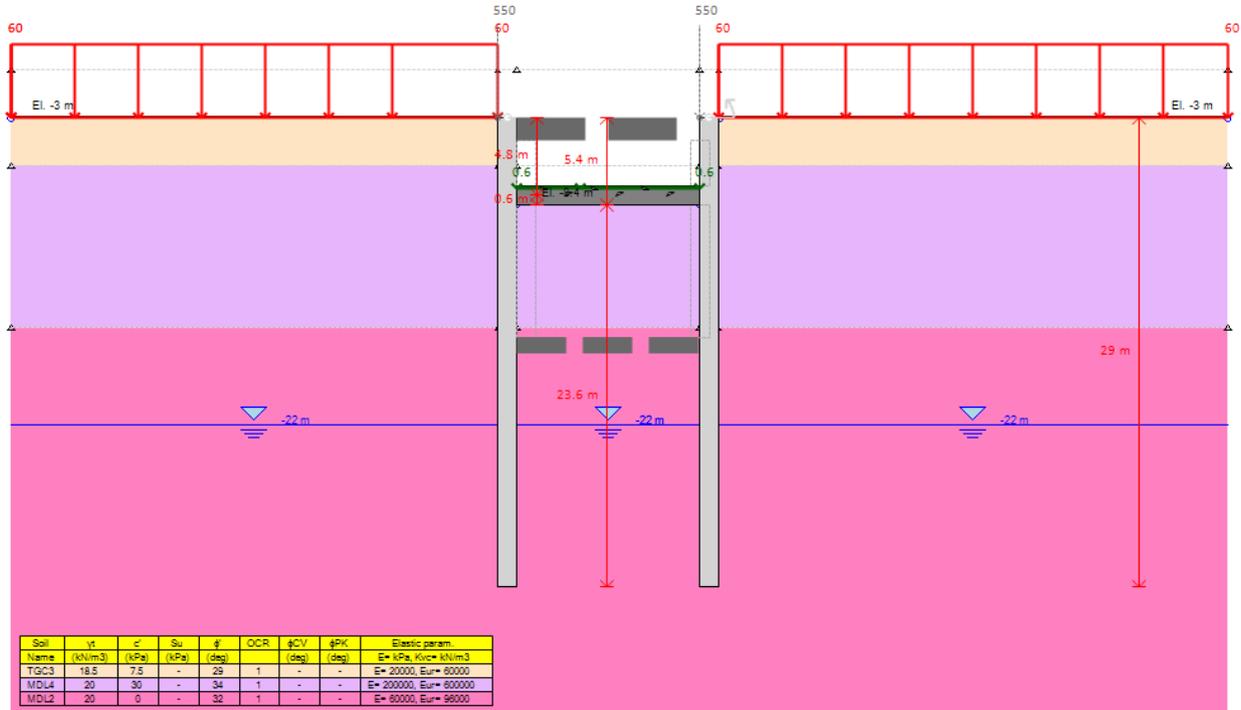


Figura 14 – Realizzazione solettone di intermedio (step 2)

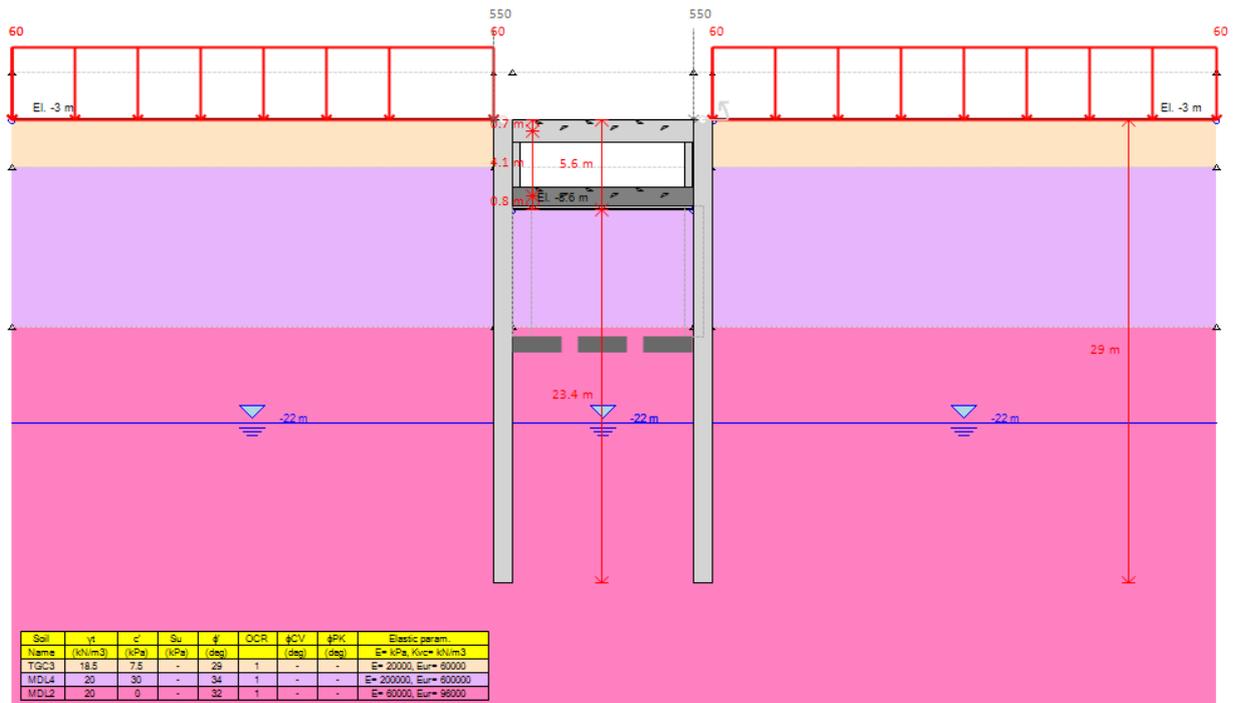


Figura 15 – Realizzazione solettone di copertura e pareti di rivestimento camera superiore (step 2)

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	79 di 131

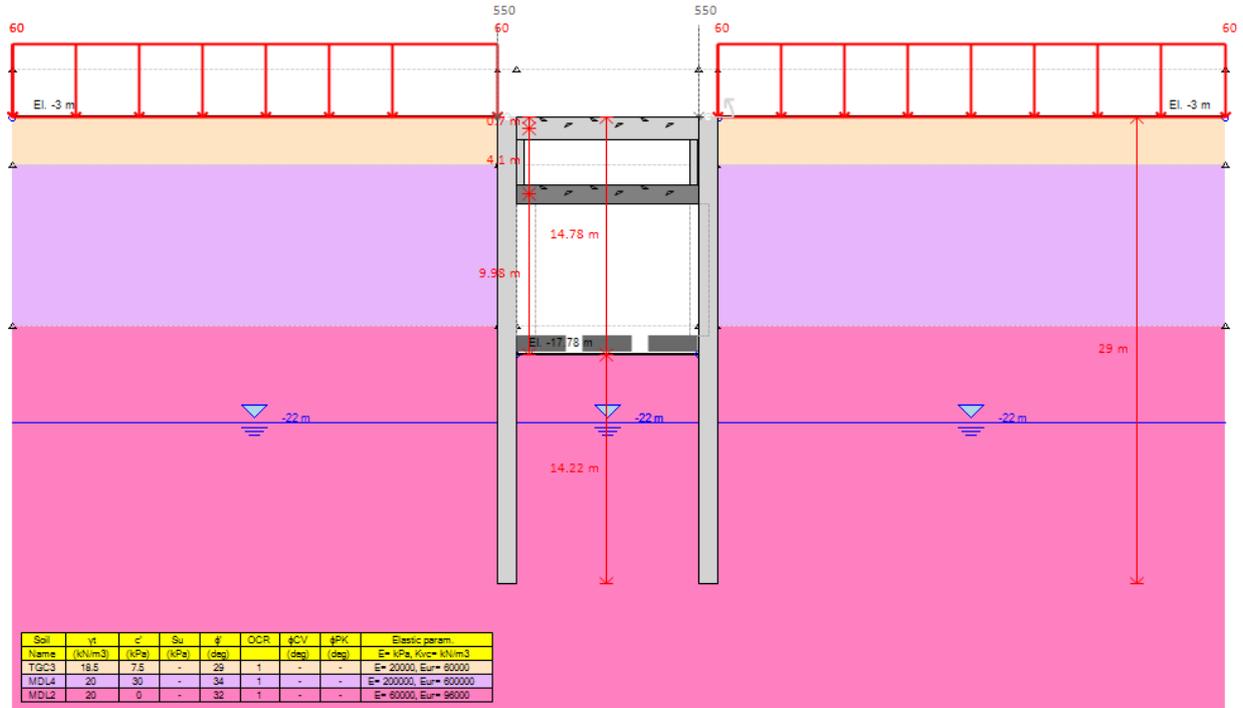


Figura 16 – Esecuzione scavo a foro cieco fino ad intradosso solettone di base (step 3)

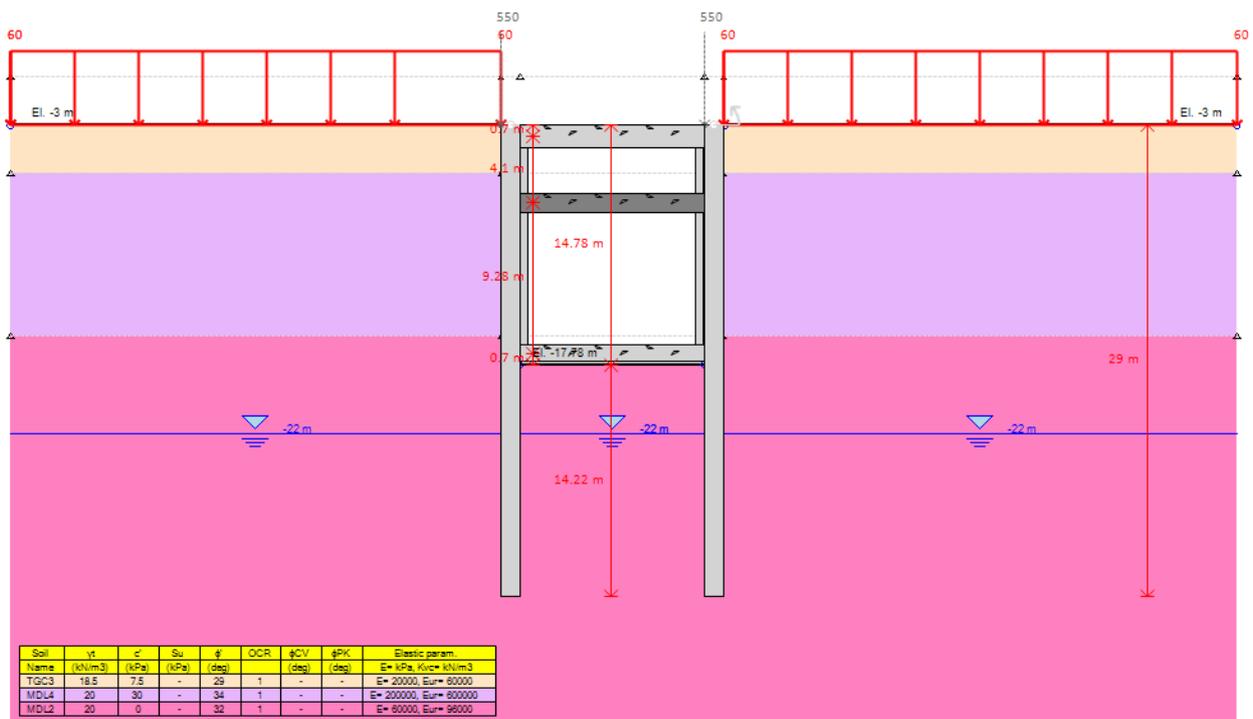


Figura 17 – Realizzazione solettone di base e pareti di rivestimento camera inferiore (step 4)

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	80 di 131

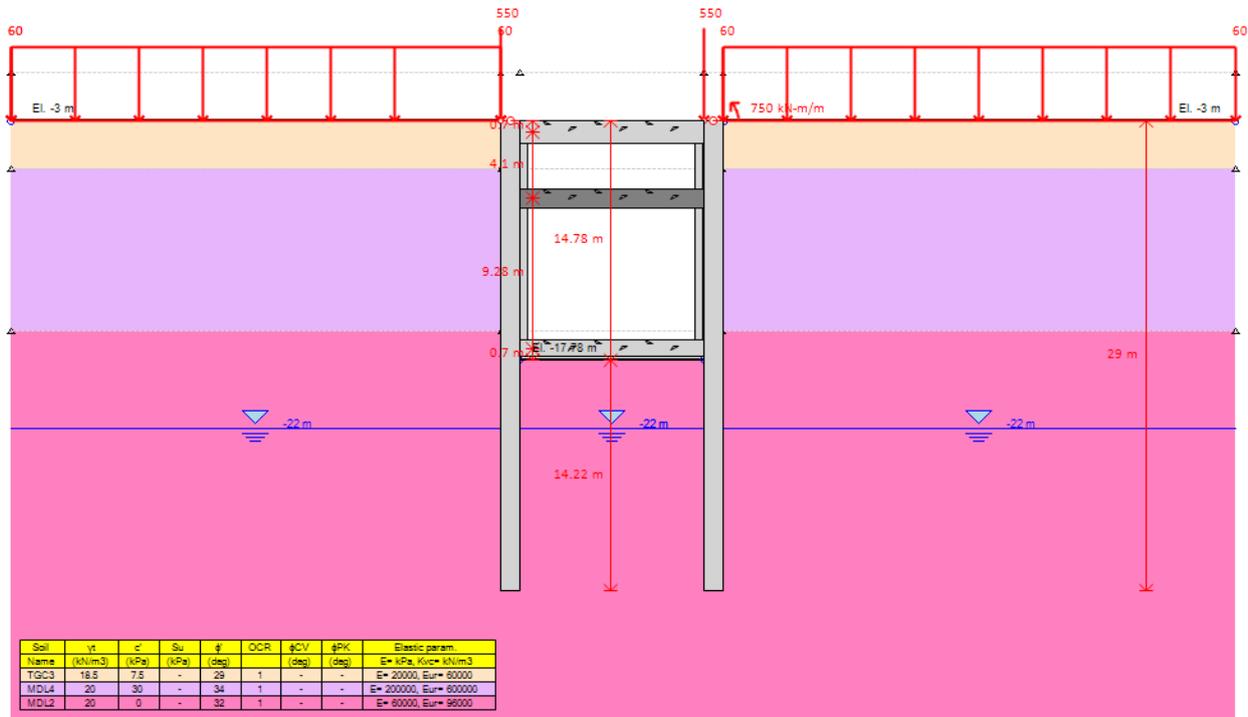


Figura 18 – Sistemazione finale (step 5)

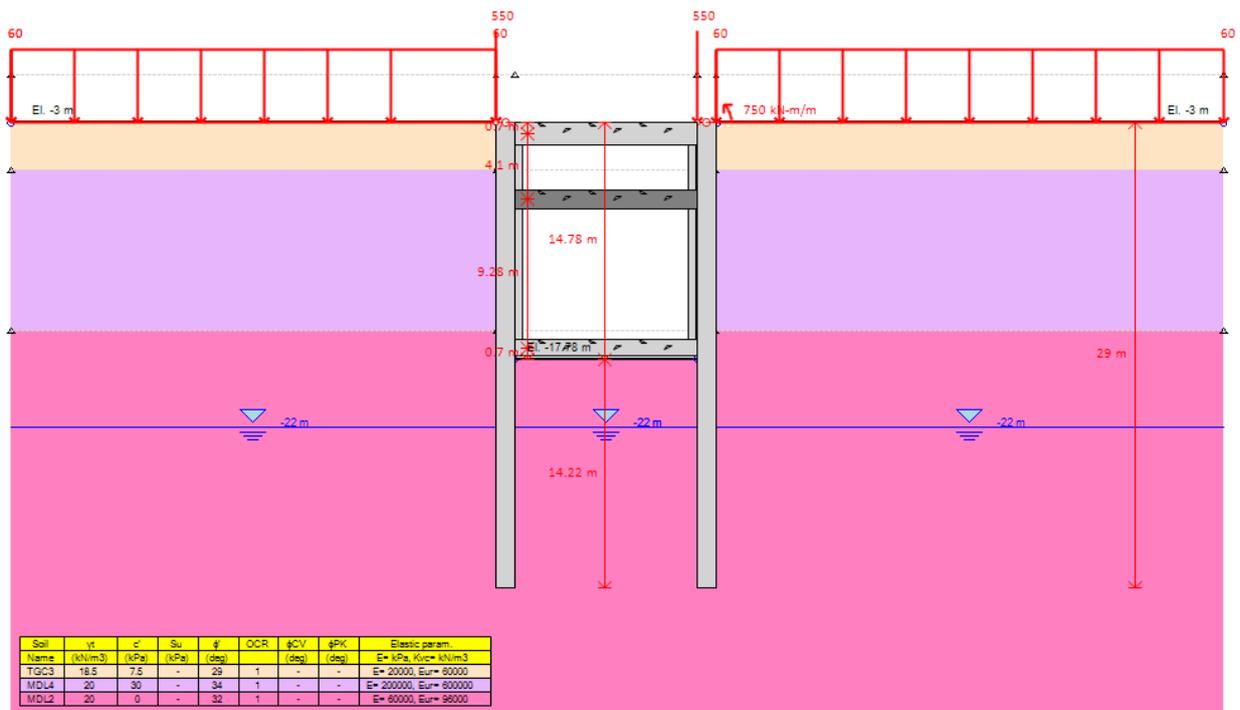


Figura 19 – Attivazione sisma (step 6)

12.2 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

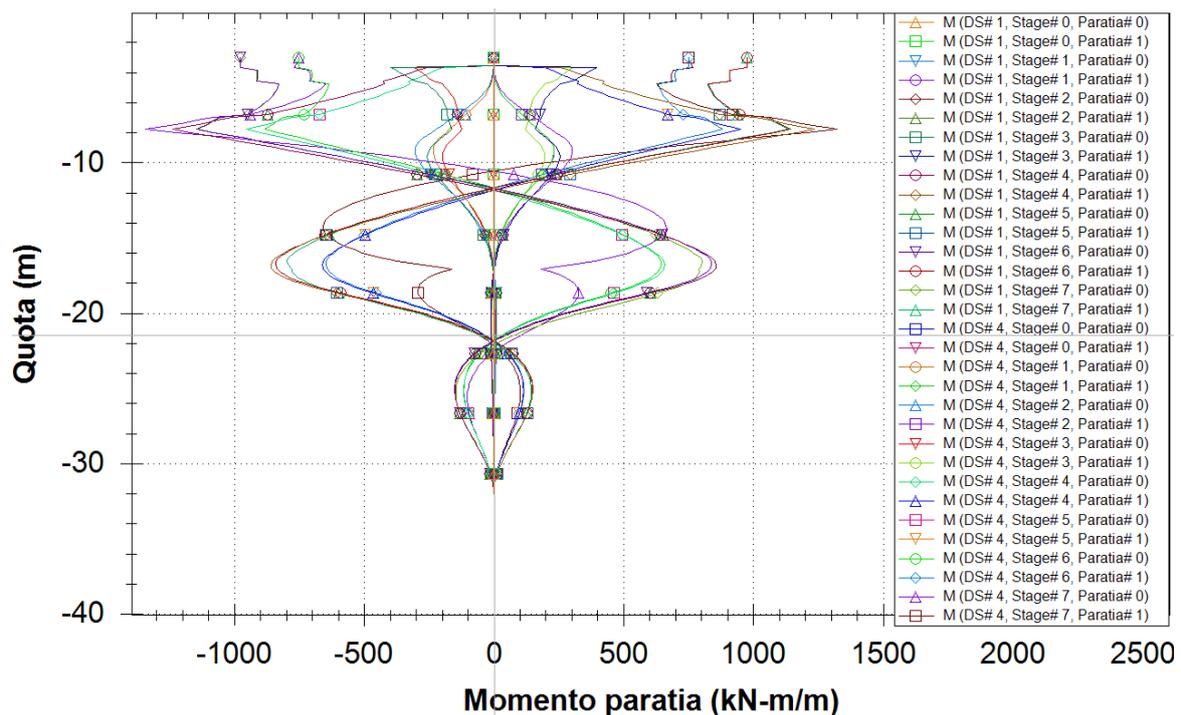


Figura 20 – A1-M1-R1(Statica "DS#1" e Sismica "DS#4") – Momento Flettente

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	82 di 131

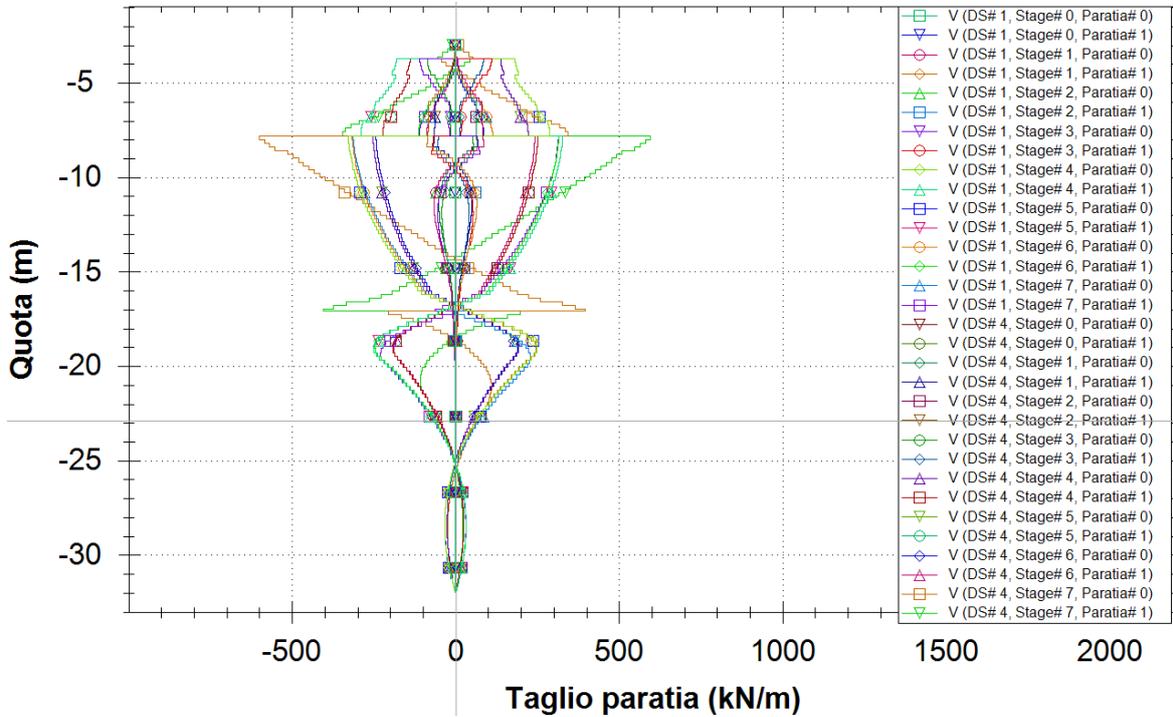


Figura 21 – A1-M1-R1(Statica "DS#1" e Sismica "DS#4") – Taglio

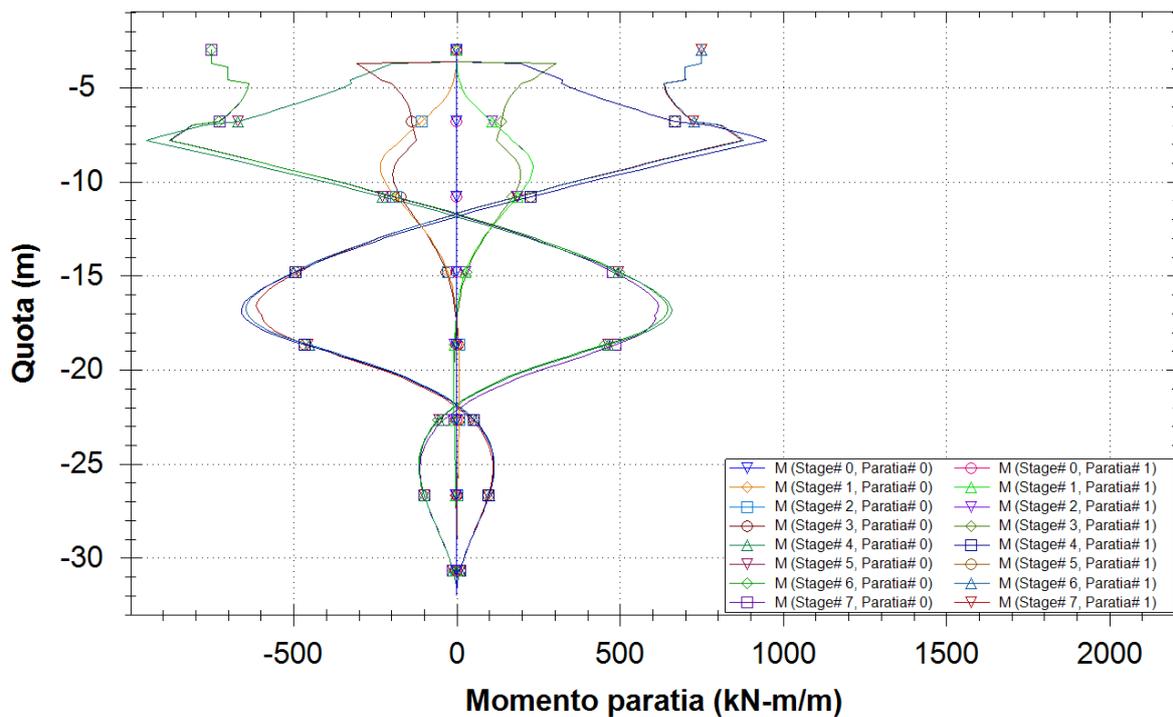


Figura 22 – SLE – Momento Flettente

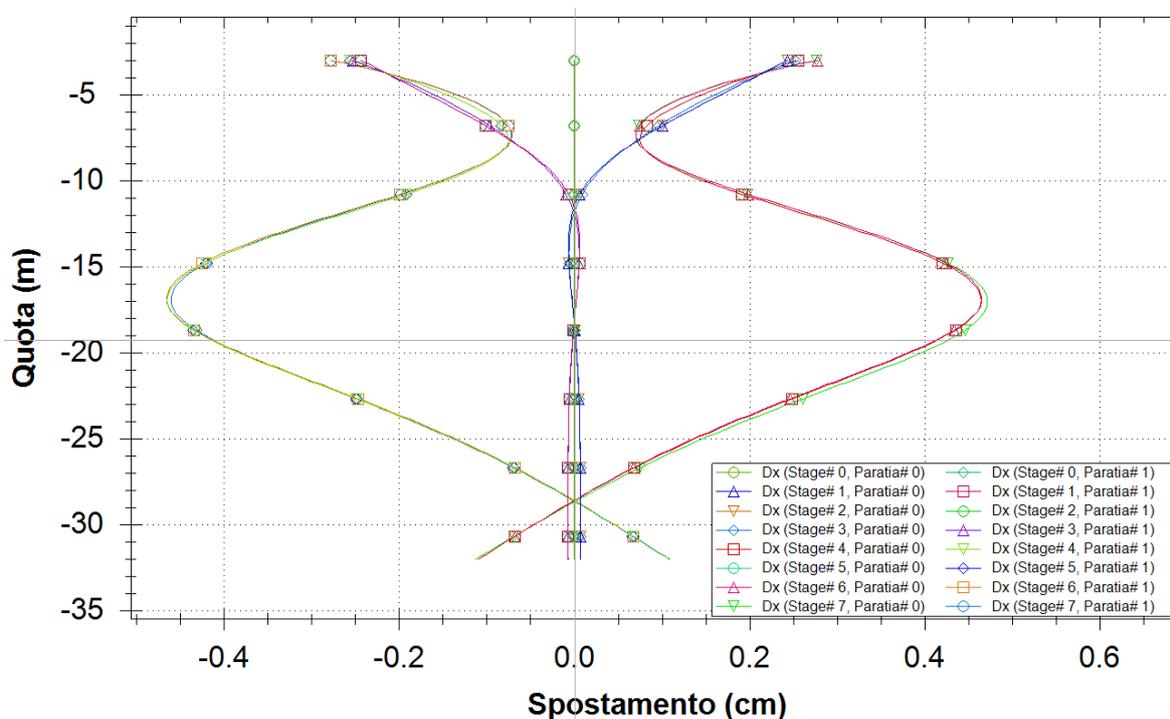


Figura 23 – SLE - Deformazioni Fase per Fase

12.3 SINTESI RISULTATI

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

GA_TEL_Sez. B2-Imbocco SUD	Spostament o 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	0.51	0.46	1876.56	841.12	4.471	4.93	4.709	1.369	1.598
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	0.47	0.38	1729.09	459.95	3.989	3.792	3.928	2.16	1.61
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	0.69	0.59	2023.98	593.52	2.907	2.686	2.95	1.488	1.231
0: DM08_ITA: EQK - GEO	0.77	0.76	2457.7	1020.84	2.562	2.686	2.95	1.03	1.158
0: DM08_ITA: EQK - STR	0.51	0.46	1876.56	841.12	4.471	4.93	4.709	1.369	1.598
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	0.47	0.38	1330.07	353.81	5.09	4.93	4.709	2.16	1.61

12.4 VERIFICHE STRUTTURALI

12.4.1 VERIFICA STRUTTURALE PALI

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali dei pali $\phi=1200\text{mm}$ 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 palo in ragione dell'andamento delle sollecitazioni desumibile, per le diverse sezioni di calcolo, di cui in allegato A.

Geometria sezione paratia

tipo:	pali allineati		
H=	1.2	m	altezza sezione paratia
B=	1	m	Base sezione paratia
i=	1.4	m	Interasse pali

Armatura

Interna	42 ϕ 26
Esterna	
Spirale	ϕ 10/10

VERIFICHE SLU

N	Mmax	Vmax	C.S. (TRd/ TEd)	C.S. (MRd, NRd)
[kN]	[kN]	[kN]	[-]	[-]
-700	1876.56	841.12	1.74	2.03

VERIFICHE SLE

N	Mmax	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	wk
[kN]	[kN]	MPa	MPa	mm
-700	1330.07	-9.8	217	0.200

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	85 di 131

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)

12.4.2 VERIFICHE STRUTTURALI SOLETTONE DI COPERTURA

Per il solettone di copertura si è considerato lo schema statico di una trave incastrata ai due estremi soggetta ad un carico uniforme distribuito pari al peso del terreno di rinterro amplificato di 20kPa.

Pertanto le sollecitazioni agenti sono pari a:

q =	100 kN/m	(peso terreno ricoprimento solettone)
V =	552 kN	(Sforzo di taglio)
M =	756 kNm	(Momento semi-incastro solettone $ql^2/14$)

Geometria sezione solettone superiore

H=	1.4 m	altezza sezione paratia
B=	1 m	Base sezione paratia

Armatura (sezione di estremità)

Superiore	10 ϕ 20
Inferiore	5 ϕ 20
Trasversale	2 ϕ 10/10

VERIFICHE SLU			
Mmax	Vmax	C.S. (TRd/ TEd)	C.S. (MRd, NRd)
[kN]	[kN]	[-]	[-]
982.4	717.6	2.56	1.34

VERIFICHE SLE			
Mmax	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	wk
[kN]	MPa	MPa	mm
756	-4.12	218	0.127

12.4.3 VERIFICHE STRUTTURALI FODERE DI RIVESTIMENTO VERTICALI E SOLETTONE INFERIORE

Le fodere verticali, in considerazione dell'assenza di falda nell'ambito del volume di terreno interagente con le stesse, svolgono unicamente una funzione di finitura della superficie interna dei pali laterali della galleria, assorbendo tuttavia, a lungo termine una piccola quota delle spinte che interessano i pali stessi; tali spinte danno in ogni caso luogo a sollecitazioni trascurabili, e pertanto si è previsto di armare le fodere con un quantitativo di armatura longitudinale rispettoso dei minimi normativi e pari nello specifico ad $\phi 18/20$ sia superiormente (lato interno) che inferiormente (lato esterno).

Analogamente il solettone inferiore, non essendo vincolato flessionalmente ai pali laterali (dal punto di vista strutturale è stato modellato come un elemento del tipo "STRUT") ed essendo direttamente appoggiato sul terreno di fondazione, presenta sollecitazioni flessionali trascurabili. Pertanto anche per quest'ultimo elemento, si è prevista un'armatura minima di norma pari a $\phi 20/20$ sia superiormente che inferiormente.

12.5 VERIFICA GEOTECNICA A CARICO LIMITE DEI PALI

In questo paragrafo verrà affrontato il problema del carico limite dei pali costituenti i pali della galleria. In particolare si andrà a confrontare la sollecitazione assiale agente a quota intradosso solettone inferiore con la resistenza geotecnica del palo valutata in accordo al paragrafo 4.3 (“capacità portante pali”).

La sollecitazione agente ad intradosso solettone di base è valutata a partire dai pesi propri degli elementi costituenti la galleria nel modo seguente:

Pesi propri strutturali

Solettone Superiore

L=	13.8 m	(Lunghezza trasversale)
H=	1.4 m	(Spessore)
$G1_{Sup} =$	483 kN/m	

Puntone intermedio

L=	10.2 m	(Lunghezza trasversale)
H=	1.2 m	(Spessore)
$G1_{Punt} =$	306 kN/m	

Solettone Inferiore

L=	10.2 m	(Lunghezza trasversale)
H=	1 m	(Spessore)
$G1_{Sinf} =$	255 kN/m	

$\alpha =$	0.50	(coeff.influenza cartichi)
$G1_{tot} =$	916.5 kN/m	

Pali

D=	1.2 m	(Diametro)
Zint=	13.2 m	(Lunghezza Diaframma fuori terra)
$\gamma_{cls,netto} =$	14 kN/m ³	

$G1_{Pali.} =$	209.0 kN
----------------	----------

Nota: Valutato da testa paratia fino a quota intradosso solettone di fondo scavo

Pesi permanenti Non strutturali

Terreno di ricoprimento solettone sup

L=	13.8	m	
γ_t =	20	kN/m ³	(peso specifico terreno di ricoprimento)
H _{eff} =	3	m	(altezza ricoprimento effettivo)
H _{calcolo} =	4		(altezza ricoprimento di calcolo)
G _{2_{terr}} =	1104	kN/m	

Ballast

L=	10.2	m	
γ_B =	18		(peso specifico ballast)
H=	0.8	m	(spessore Ballast)
G _{2_{terr}} =	146.88	kN/m	

Fodere di rivestimento Superiori

n°=	2		(numero fodere)
H=	2.8	m	(Altezza Fodera)
t=	0.5	m	(Spessore)
G _{2_{fod,Sup}} =	70	kN/m	

Fodere di rivestimento Inferiori

n°=	2		(numero fodere)
H=	8.2	m	(Altezza Fodera)
t=	0.5	m	(Spessore)
G _{2_{fod,Inf}} =	205	kN/m	
α =	0.50		(coeff.influenza cartichi)
G _{2_{tot}} =	1349.94	kN/m	

Carichi variabili da traffico

Q _{treni} =	40	kN/m ²	Carico variabile treni
L=	6	m	applicazione carico (diffuso)
α =	0.50		(coeff.influenza cartichi)
Q _{tot} =	11.8	kN/m	

Con l'introduzione del coefficiente di riduzione α , si è tenuto conto del fatto che in ragione delle fasi esecutive della galleria, che prevedono la realizzazione delle fodere verticali di rivestimento e del solettone di base con getto a diretto contatto con il terreno, i carichi propri e portati di questa parte di struttura gravano di fatto quasi interamente sul terreno di fondazione del solettone di base. Tuttavia cautelativamente si è previsto di attribuire ai pali laterali una aliquota pari al 50% di tali carichi.

Pertanto lo sforzo normale agente nel palo in corrispondenza della quota di intradosso solettone inferiore è pari a:

$N_{palo,k} = 1812$ kN. Sforzo normale caratteristico

$N_{palo,d} = 2548$ kN Sforzo normale di design (comb. A1-M1-R3)

Confrontando lo sforzo di compressione agente nei pali appena determinato con i valori di resistenza riportati nelle curve di capacità portante dei pali (par.4.3), risulta una lunghezza necessaria, valutata a partire dall'intradosso del solettone inferiore, di circa 7.5m inferiore ai 14m previsti.

Np [kN]	Lp [m]	L1 [m]	*Lnecessaria [m]	Verifica (L1>Lneces.)
1914	27	14	7.5	OK

Dove L1 è la lunghezza della parte di palo al di sotto del solettone di fondazione.

Pertanto la verifica risulta soddisfatta.

*Nota: in relazione alle progressive delle parti di galleria interessata dalle sezioni tipo B (imbocco Sud), per la definizione della portanza dei pali si fa riferimento alla stratigrafia denominata S1.

13. SEZIONE TIPO B (PK24+700 A IMBOCCO NORD) : RISULTATI ANALISI E FASI DI CALCOLO

Nel seguito del presente paragrafo, si espone una sintesi dei risultati delle Analisi con riferimento alla sezione 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 solettone di copertura della galleria (circa 2m al di sotto del P.C. locale).

Step 0. Esecuzione palo $\phi=1200$ mm ed inizializzazione geostatica.

Step 1. Esecuzione scavo fino ad intradosso soletta intermedia. In tale fase il terreno ai lati della galleria e posto al di sopra della quota di scavo, è modellato come un carico permanente equivalente valutato con un peso specifico dell'unità di volume $\gamma=20$ kN/m³:

$$q = 20 \cdot 2 = 40 \text{ kN/m}^2.$$

Step 2. Realizzazione solettone intermedio.

Step 3. Realizzazione solettone di copertura e pareti di rivestimento camera superiore.

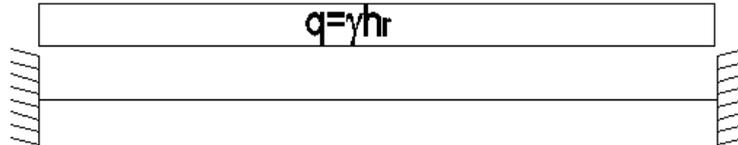
Step 4. Esecuzione scavo a foro cieco fino ad intradosso solettone di base.

Step 5. Realizzazione solettone di base e pareti di rivestimento.

Step 6. Sistemazione finale. In tale fase, per esigenze legate al tipo di software utilizzato, il peso del terreno al di sopra del solettone superiore è modellato come azioni concentrate (momento flettente e sforzo normale) in testa ai pali secondo lo schema seguente:

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	91 di 131



Dove:

h_r = Altezza terreno di ricoprimento effettiva.

Nota: il carico agente sul solettone superiore, assunto in fase di calcolo, sulla base del quale sono state valutate le reazioni vincolari, è stato amplificato cautelativamente di 20 kPa.

Per cui le reazioni vincolari applicate in testa ai pali sono pari a:

$q =$	60 kN/m	(peso terreno ricoprimento solettone)
$N_{\text{testa Palo}} =$	414 kN	(sforzo normale testa palo)
$M_A =$	567 kNm	(Momento semi-incastro solettone $q l^2 / 14$)

Step 7. Attivazione sisma ($k_h = 0.28$; $k_v = 0.14$).

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:

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	92 di 131

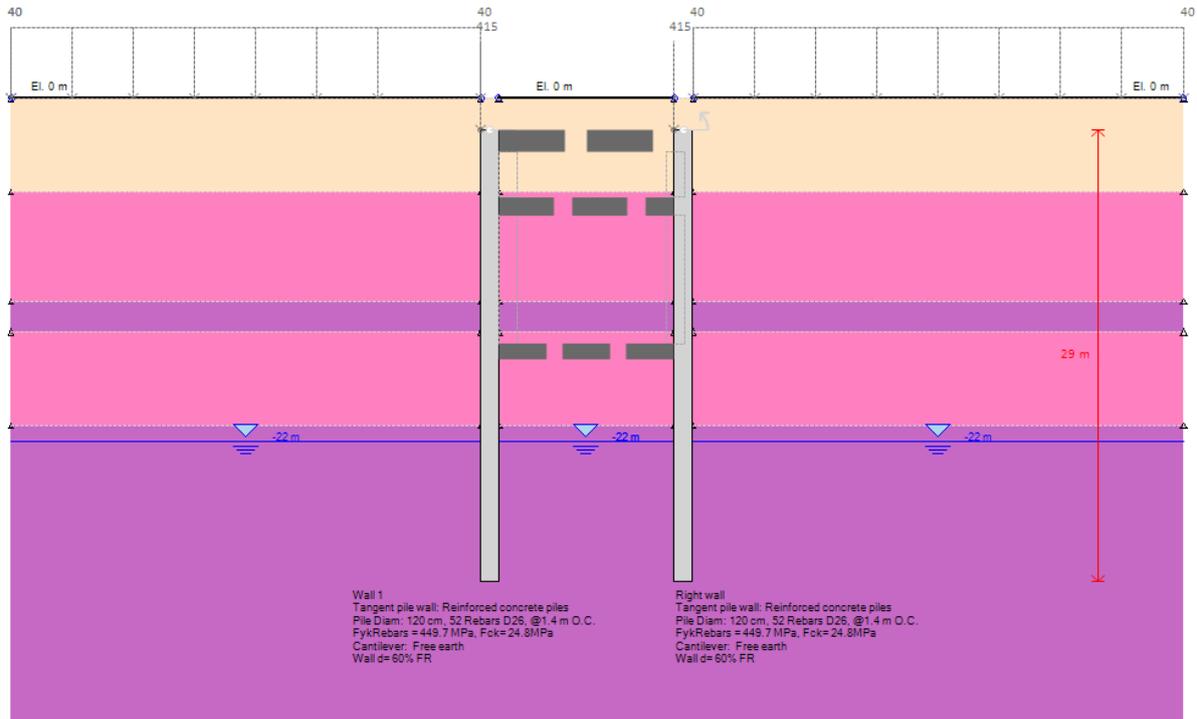


Figura 24 – Esecuzione pali $\phi=1200$ mm ed inizializzazione geostatica (step 0)

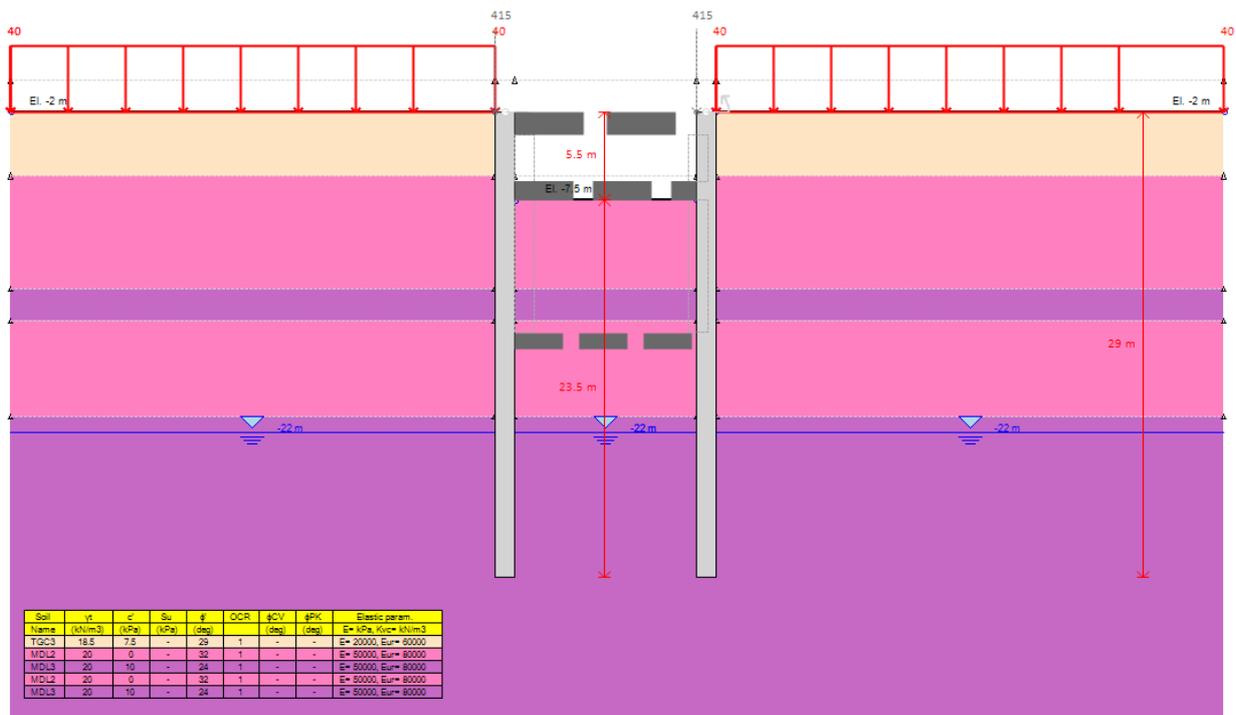


Figura 25 – Esecuzione scavo iniziale fino ad intradosso solettone intermedio(step 1)

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	93 di 131

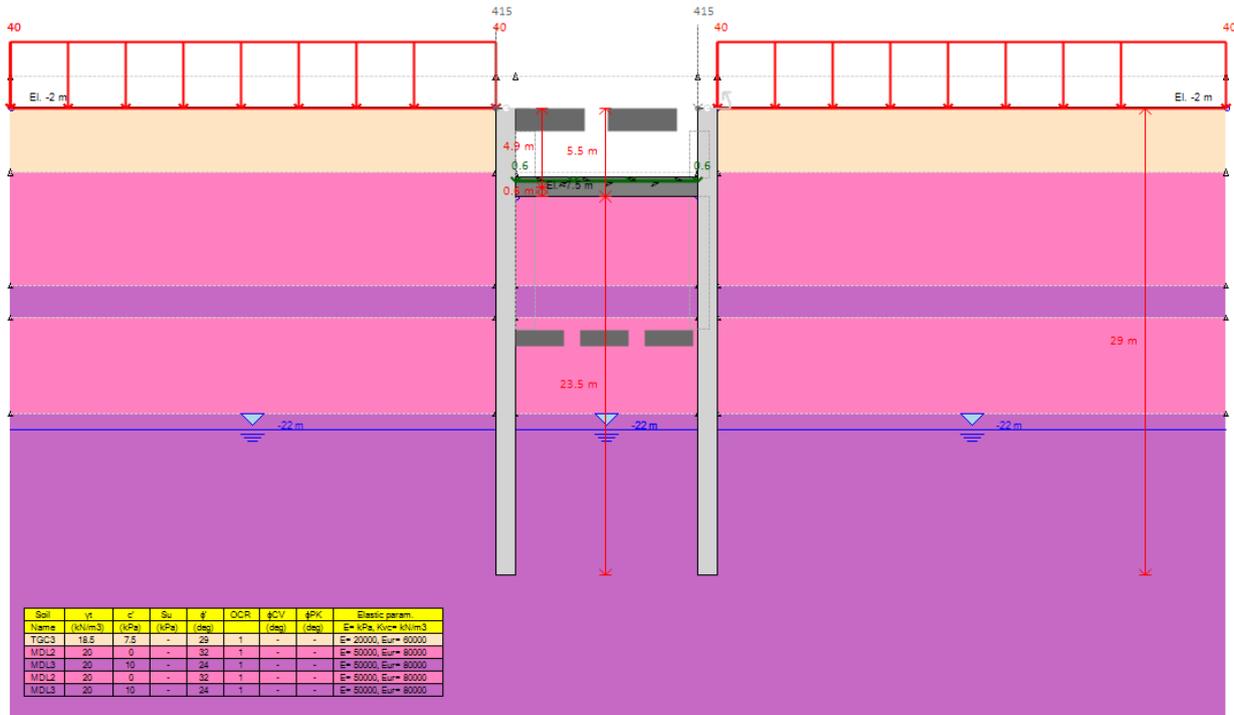


Figura 26 – Realizzazione solettone intermedio (step 2)

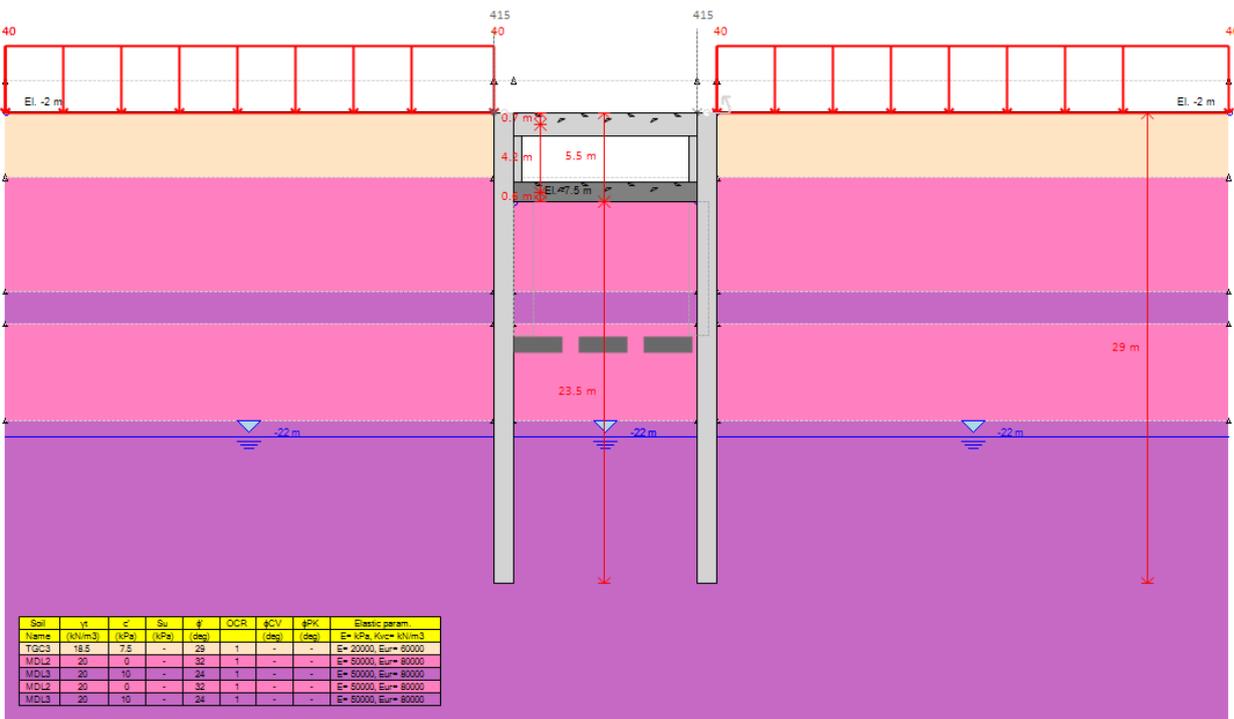


Figura 27 – Realizzazione solettone di copertura e pareti di rivestimento camera superiore (step 3)

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	94 di 131

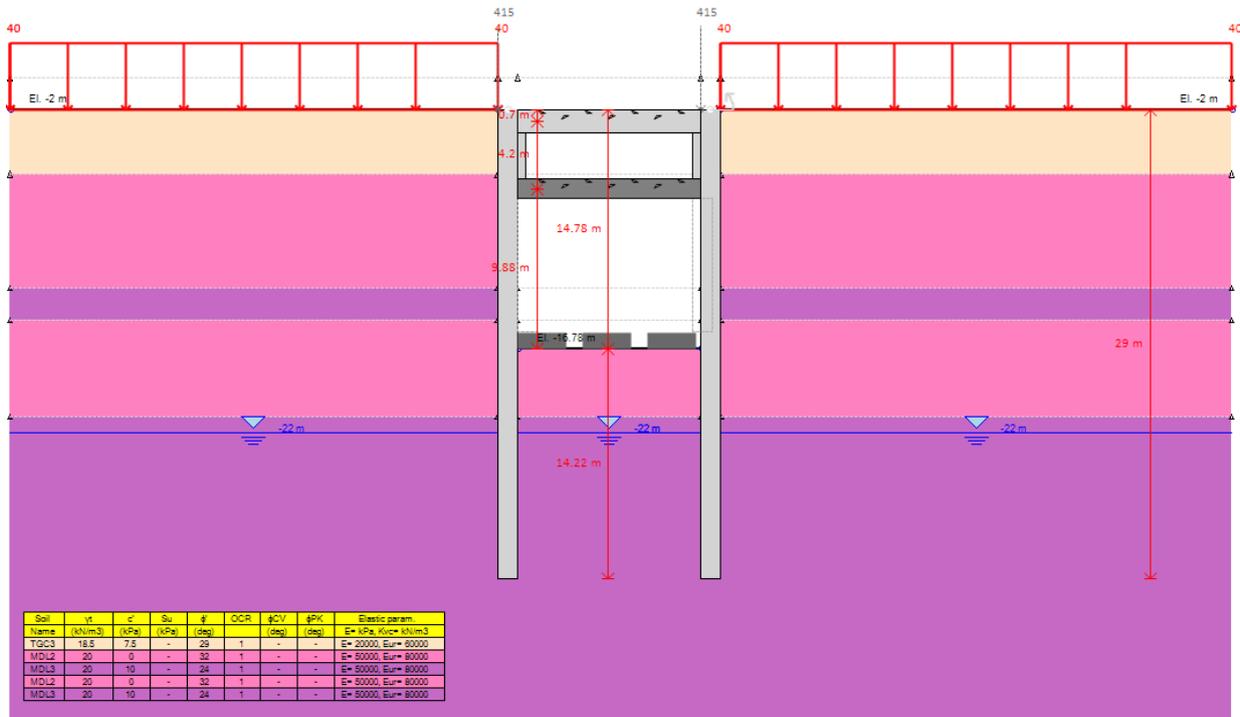


Figura 28 – Esecuzione scavo a foro cieco fino ad intradosso solettone di base (step 4)

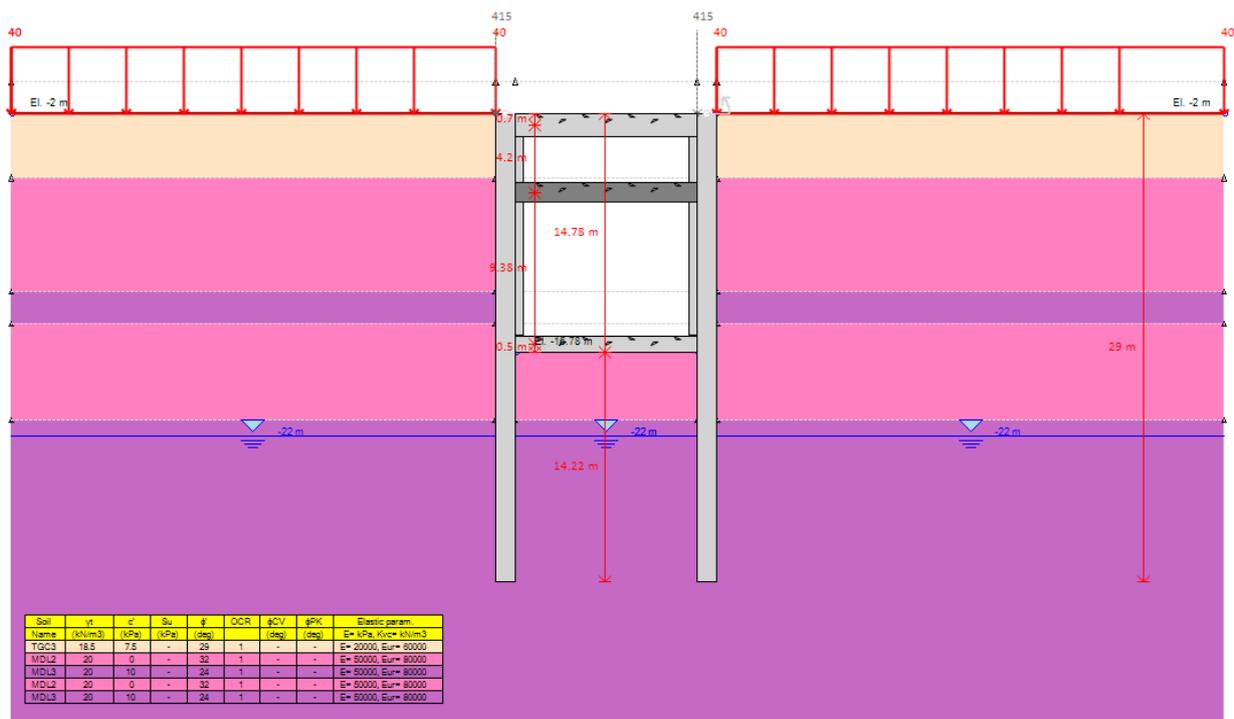


Figura 29 – Realizzazione solettone di base e pareti di rivestimento camera inferiore (step 5)

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	95 di 131

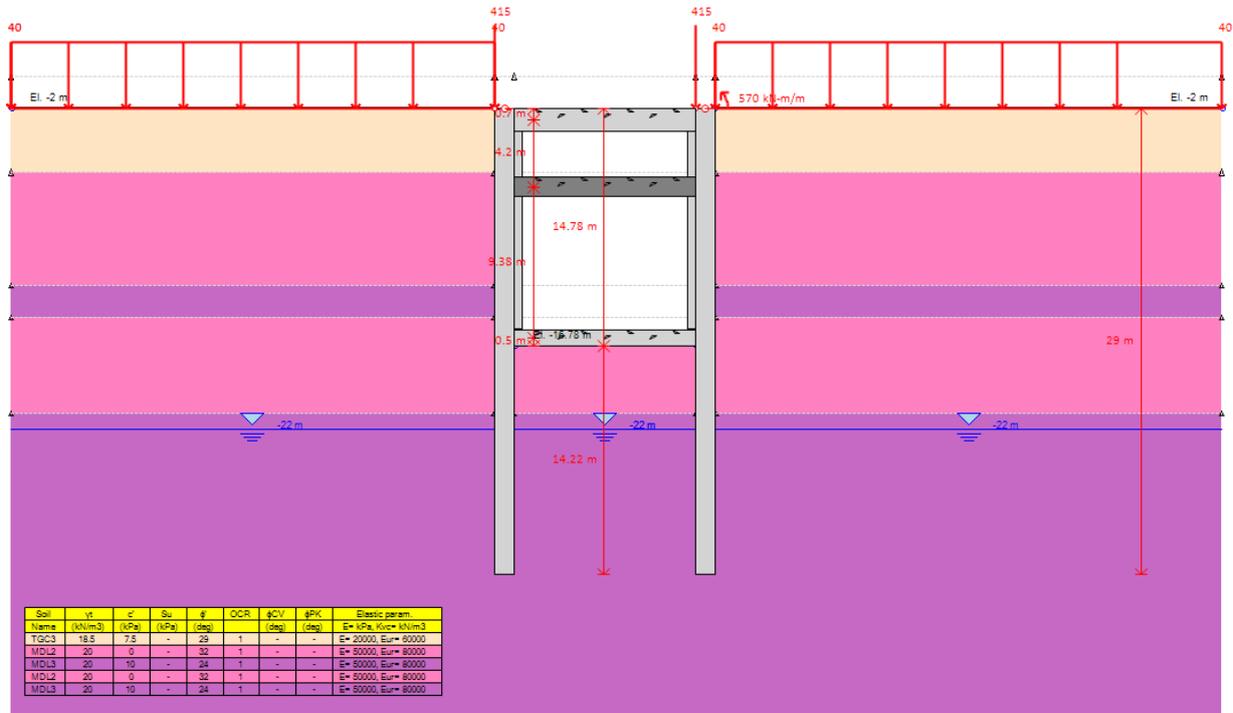


Figura 30 – Sistemazione finale (step 6)

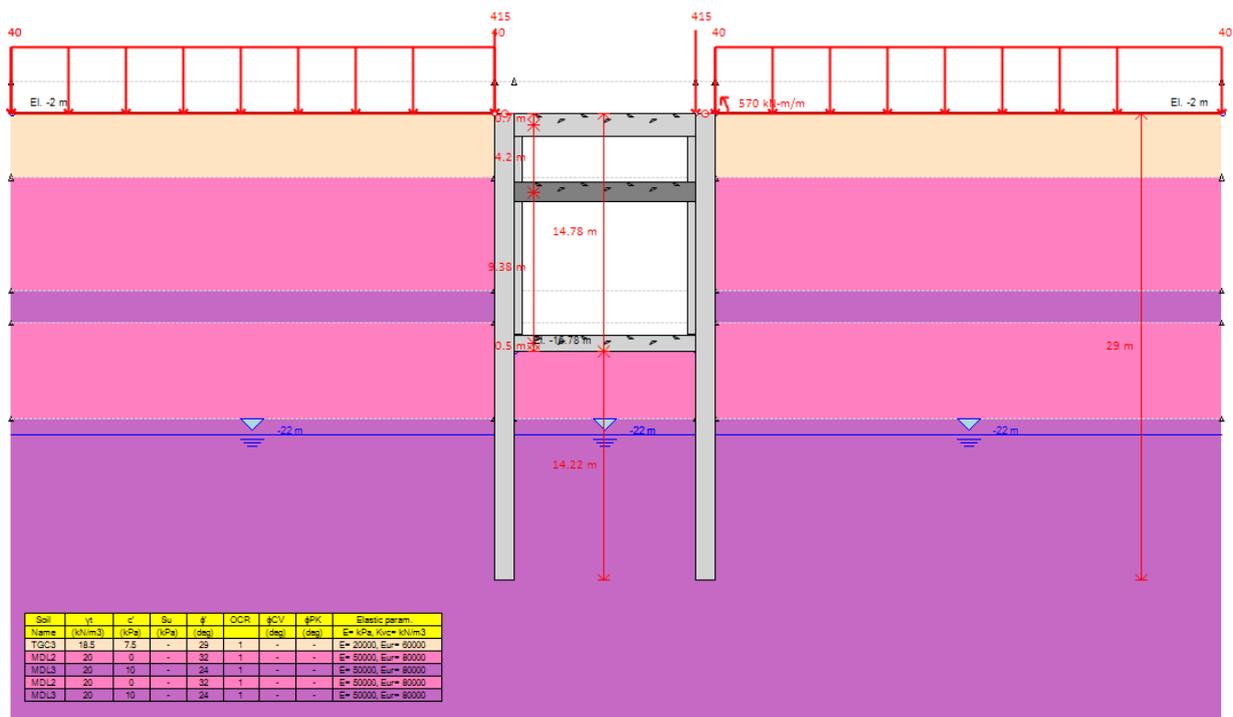


Figura 31 – Attivazione sisma (step 7)

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	96 di 131

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

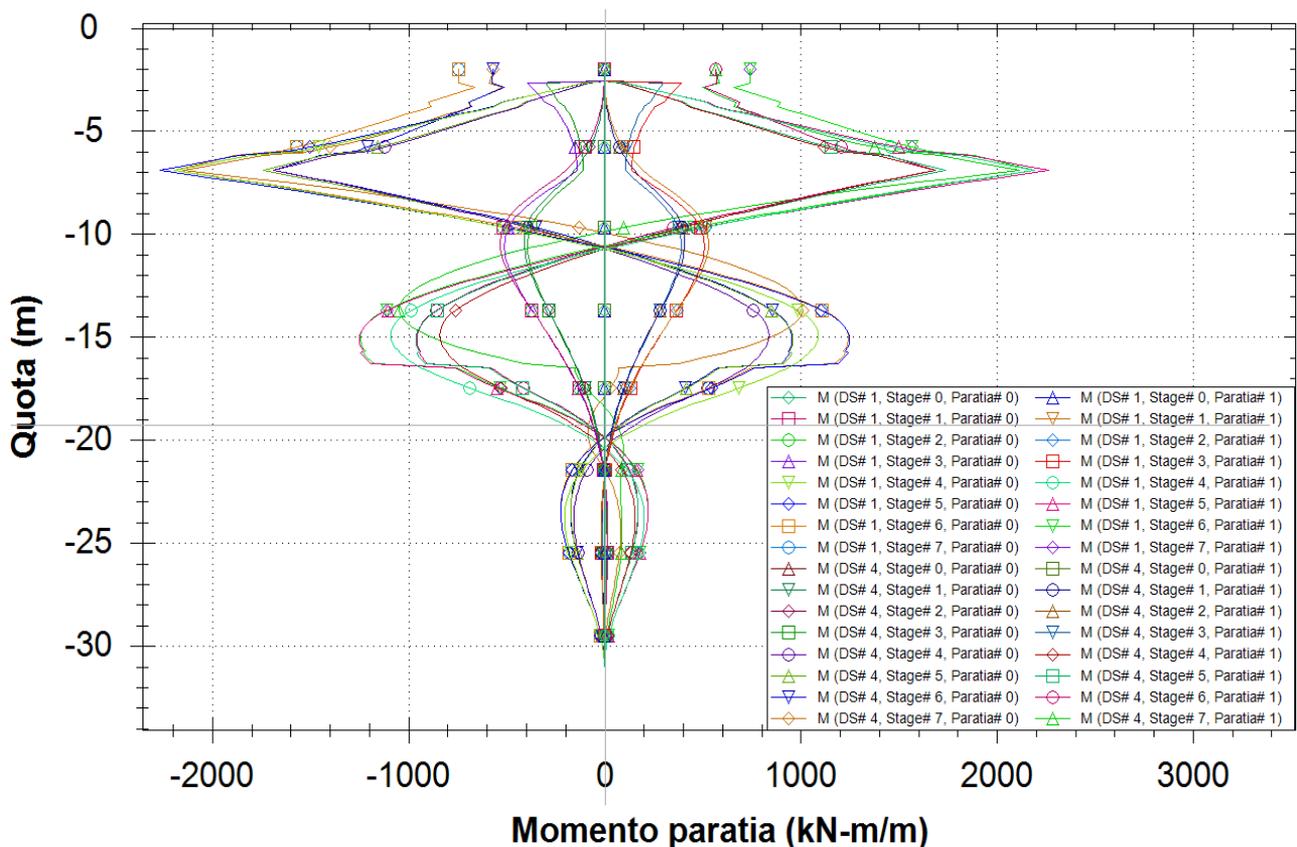


Figura 32 – A1-M1-R1(Statica "DS#1" e Sismica "DS#4") – Momento Flettente

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	97 di 131

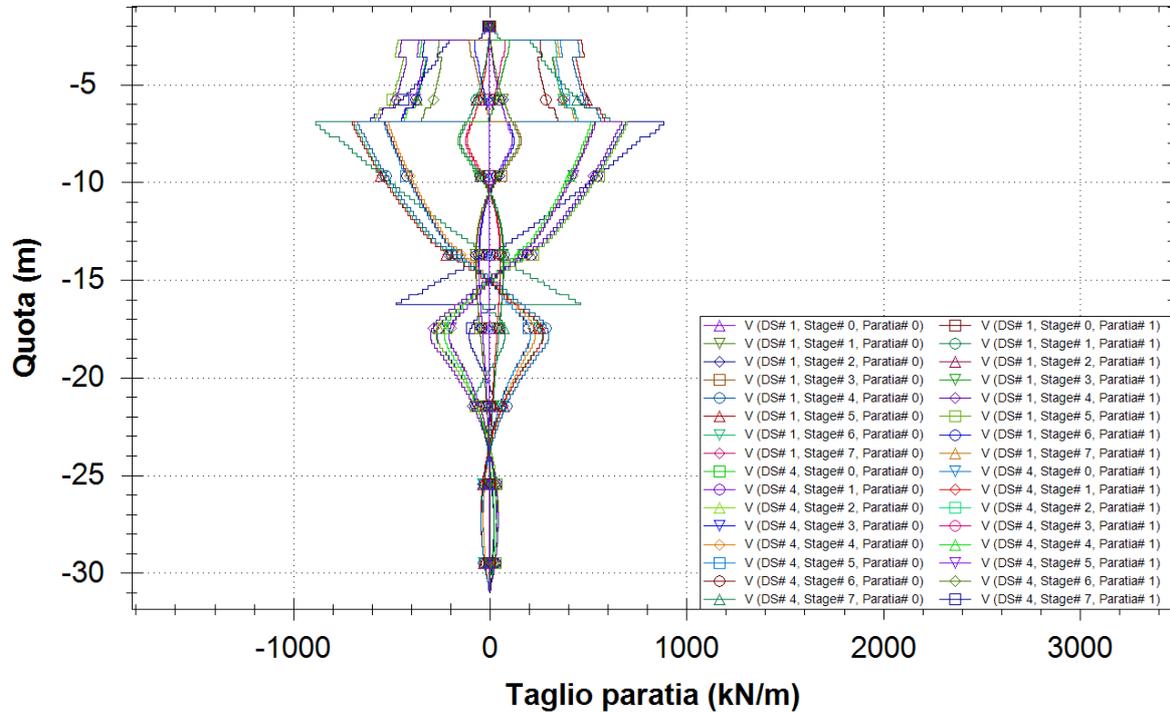


Figura 33 – A1-M1-R1(Statica "DS#1" e Sismica "DS#4") – Taglio

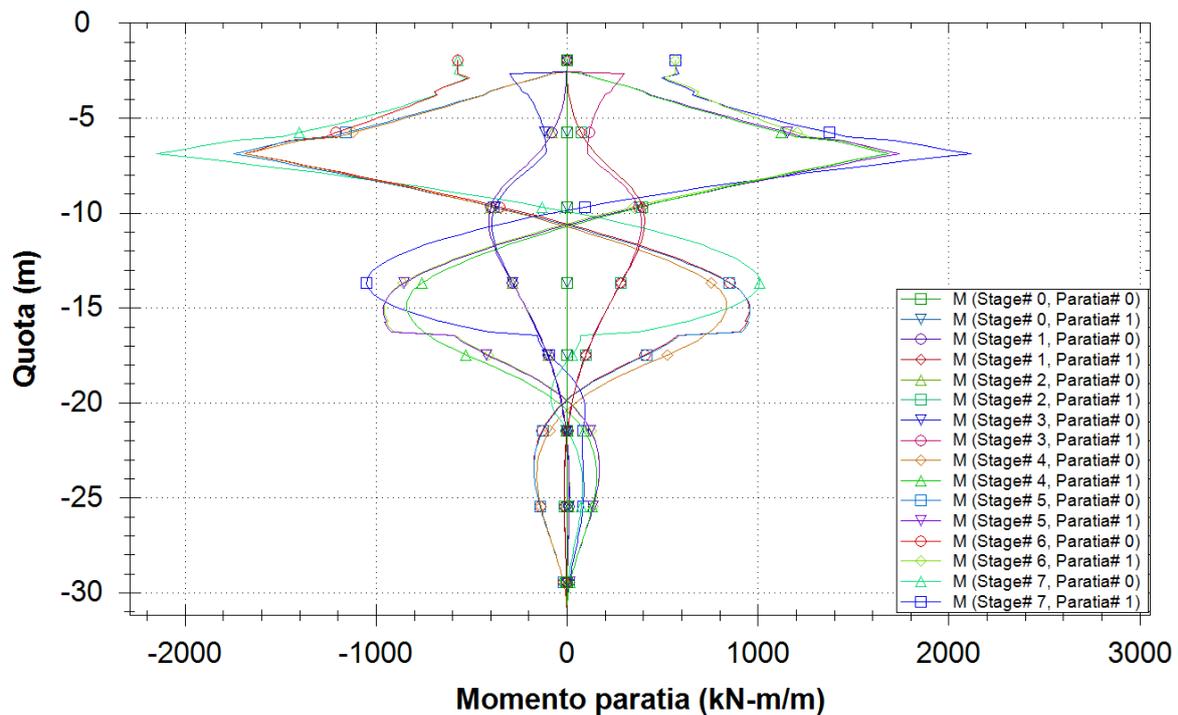


Figura 34 – SLE – Momento Flettente

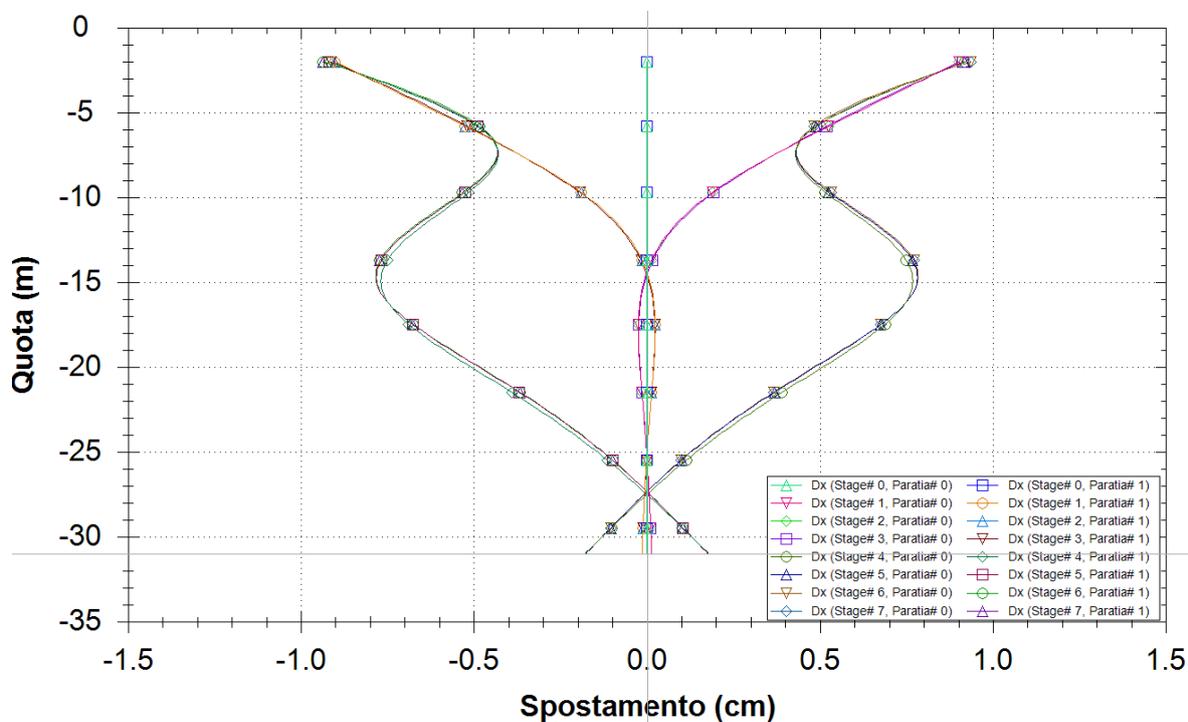


Figura 35 – SLE - Deformazioni Fase per Fase

13.3 SINTESI RISULTATI

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

GA_TEL_Sez. B2 -Imbocco NORD	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	0.94	0.95	3005.66	1237.82	2.663	2.791	4.158	1.041	1.43
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	0.94	0.8	3169.53	978.52	2.369	2.197	3.537	1.651	1.487
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	1.83	1.34	3226.72	922.22	1.944	1.775	2.53	1.214	1.225
0: DM08_ITA: EQK - GEO	7.94	11.32	3647.84	1106.28	1.633	1.697	2.53	1.001	1.023
0: DM08_ITA: EQK - STR	0.94	0.95	3005.66	1237.82	2.663	2.791	4.158	1.041	1.43
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	0.94	0.8	2438.1	752.71	3.061	2.856	4.158	1.651	1.487

13.4 VERIFICHE STRUTTURALI

13.4.1 VERIFICA STRUTTURALE PALI

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali dei pali $\phi=1200\text{mm}$ 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 palo in ragione dell'andamento delle sollecitazioni desumibile.

Geometria sezione paratia

tipo:	pali allineati		
H=	1.2	m	altezza sezione paratia
B=	1	m	Base sezione paratia
i=	1.4	m	Interasse pali

Armatura

Esterna	46 ϕ 26
Interna	20 ϕ 26
Spirale	ϕ 12/10

VERIFICHE SLU

N	Mmax	Vmax	C.S. (TRd/ TEd)	C.S. (MRd, NRd)
[kN]	[kN]	[kN]	[-]	[-]
-500	3169.53	1237.82	1.71	1.7

VERIFICHE SLE

N	Mmax	σ_{min}	$\sigma_{\text{s,max}}$	wk
[kN]	[kN]	MPa	MPa	mm
-500	2438.1	-11.2	229	0.197

 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 Sezione tipo A	<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 0002</td> <td>A</td> <td>100 di 131</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	100 di 131
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	100 di 131								

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)

13.4.2 VERIFICHE STRUTTURALI SOLETTONE DI COPERTURA

Per il solettone di copertura si rimanda a quanto riportato per la sezione lato sud essendo quest'ultima interessata da sollecitazioni più elevate

13.4.3 VERIFICHE STRUTTURALI FODERE DI RIVESTIMENTO VERTICALI E SOLETTONE INFERIORE

Per le fodere verticali e per il solettone inferiore, si rimanda a quanto riportato per la sezione lato sud.

13.5 VERIFICA GEOTECNICA A CARICO LIMITE DEI PALI

In questo paragrafo verrà affrontato il problema del carico limite dei pali costituenti i pali della galleria. In particolare si andrà a confrontare la sollecitazione assiale agente a quota intradosso solettone inferiore con la resistenza geotecnica del palo valutata in accordo al paragrafo 4.3 ("capacità portante pali).

La sollecitazione agente ad intradosso solettone di base è valutata a partire dai pesi propri e carichi interagenti con gli elementi costituenti la galleria nel modo seguente:

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	101 di 131

Pesi propri strutturali

Solettone Superiore

$L = 13.8$ m (Lunghezza trasversale)
 $H = 1.4$ m (Spessore)
 $G_{1Sup} = 483$ kN/m

Puntone intermedio

$L = 10.2$ m (Lunghezza trasversale)
 $H = 1.2$ m (Spessore)
 $G_{1Punt} = 306$ kN/m

Solettone Inferiore

$L = 10.2$ m (Lunghezza trasversale)
 $H = 1$ m (Spessore)
 $G_{1Sinf} = 255$ kN/m

$\alpha = 0.50$ (coeff.influenza cartichi)
 $G_{1tot} = 916.5$ kN/m

Pali

$D = 1.2$ m (Diametro)
 $Z_{int} = 13.2$ m (Lunghezza Diaframma fuori terra)
 $\gamma_{cls,netto} = 14$ kN/m³

$G_{1Pali.} = 209.0$ kN

Nota: Valutato da testa paratia fino a quota intradosso solettone di fondo scavo

Pesi permanenti Non strutturali

Terreno di ricoprimento solettone sup

$L = 13.8$ m
 $\gamma_t = 20$ kN/m³ (peso specifico terreno di ricoprimento)
 $H_{eff} = 2$ m (altezza ricoprimento effettivo)
 $H_{calcolo} = 3$ (altezza ricoprimento di calcolo)
 $G_{2terr} = 828$ kN/m

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	102 di 131

Ballast

$L = 10.2$ m
 $\gamma_B = 18$ (peso specifico ballast)
 $H = 0.8$ m (spessore Ballast)
 $G_{2terr} = 146.88$ kN/m

Fodere di rivestimento Superiori

$n^\circ = 2$ (numero fodere)
 $H = 2.8$ m (Altezza Fodera)
 $t = 0.5$ m (Spessore)
 $G_{2fod,Sup} = 70$ kN/m

Fodere di rivestimento Inferiori

$n^\circ = 2$ (numero fodere)
 $H = 8.2$ m (Altezza Fodera)
 $t = 0.5$ m (Spessore)
 $G_{2fod,Inf} = 205$ kN/m
 $\alpha = 0.50$ (coeff.influenza cartichi)
 $G_{2tot} = 1073.94$ kN/m

Carichi variabili da traffico

$Q_{treni} = 40$ kN/m² Carico variabile treni
 $L = 6$ m applicazione carico (diffuso)
 $\alpha = 0.50$ (coeff.influenza cartichi)
 $Q_{tot} = 11.8$ kN/m

Con l'introduzione del coefficiente di riduzione α , si è tenuto conto del fatto che in ragione delle fasi esecutive della galleria, che prevedono la realizzazione delle fodere verticali di rivestimento e del solettone di base con getto a diretto contatto con il terreno, i carichi propri e portati di questa parte di struttura gravano di fatto quasi interamente sul terreno di fondazione del solettone di base. Tuttavia cautelativamente si è previsto di attribuire ai pali laterali una aliquota pari al 50% di tali carichi.

Pertanto lo sforzo normale agente nel palo in corrispondenza della quota di intradosso solettone inferiore è pari a:

$N_{palo,k} = 1619$ kN. Sforzo normale caratteristico

$N_{palo,d} = 2258$ kN Sforzo normale di design (comb. A1-M1-R3)

Confrontando lo sforzo di compressione agente nei pali appena determinato con i valori di resistenza riportati nelle curve di capacità portante dei pali (par.4.3), risulta una lunghezza necessaria, valutata a partire dall'intradosso del solettone inferiore, di circa 10.5m inferiore agli 11m previsti.

Np [kN]	Lp [m]	L1 [m]	*Lnecessaria [m]	Verifica (L1>Lneces.)
2258	27	14	10.5	OK

Dove L1 è la lunghezza della parte di palo al di sotto del solettone di fondazione.

Pertanto la verifica risulta soddisfatta.

*Nota: in relazione alle progressive delle parti di galleria interessata dalle sezioni tipo B (imbocco Nord), per la definizione della portanza dei pali si fa riferimento alla stratigrafia denominata S2.

14. VERIFICHE INTEGRATIVE SEZIONE IN ALLARGAMENTO

Lungo lo sviluppo longitudinale della galleria in esame sono previsti dei tratti in allargamento rispetto alla larghezza della sezione trasversale corrente.

Le sezioni finora analizzate sono da intendersi significative anche per i tratti in allargamento, tuttavia si ripropongono per queste ultime delle verifiche integrative.

In particolare di seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali del solettone superiore e le verifiche di capacità portante ai carichi verticali dei pali laterali per la sezione allargata tipo B1a prevista dalle pk.22+323.8 a pk.22+402 circa.

14.1 VERIFICHE STRUTTURALI SOLETTONE DI COPERTURA

Per il solettone di copertura si è considerato lo schema statico di una trave incastrata ai due estremi soggetta ad un carico uniforme distribuito pari al peso del terreno di rinterro amplificato di 20kPa.

Pertanto le sollecitazioni agenti sono pari a:

$$q = 100 \text{ kN/m (peso terreno ricoprimento solettone)}$$

$$V = 807.5 \text{ kN (sforzo normale testa palo)}$$

$$M = 1370 \text{ kNm (Momento semi-incastro solettone } ql^2/14)$$

Geometria sezione solettone superiore

H=	1.4 m	altezza sezione paratia
B=	1 m	Base sezione paratia

Armatura (sezione di estremità)

Superiore	10 ϕ 24
Inferiore	5 ϕ 24
Trasversale	2 ϕ 10/10

VERIFICHE SLU			
Mmax	Vmax	C.S. (TRd/ TEd)	C.S. (MRd, NRd)
[kN]	[kN]	[-]	[-]
1781.2	1049.75	1.75	1.31

VERIFICHE SLE			
Mmax	$\sigma_{,min}$	$\sigma_{,max}$	wk
[kN]	MPa	MPa	mm
1370	-4.96	248	0.157

14.2 VERIFICA GEOTECNICA A CARICO LIMITE DEI PALI

In questo paragrafo verrà affrontato il problema del carico limite dei pali costituenti i pali della galleria. In particolare si andrà a confrontare la sollecitazione assiale agente a quota intradosso solettone inferiore con la resistenza geotecnica del palo valutata in accordo al paragrafo 4.3 ("capacità portante pali).

La sollecitazione agente ad intradosso solettone di base è valutata a partire dai pesi propri degli elementi costituenti la galleria nel modo seguente:

Pesi propri strutturali

Solettone Superiore

L=	16.15	m	(Lunghezza trasversale)
H=	1.4	m	(Spessore)
$G1_{Sup} =$	565.25	kN/m	

Puntone intermedio

L=	12.55	m	(Lunghezza trasversale)
H=	1.2	m	(Spessore)
$G1_{Punt} =$	376.5	kN/m	

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	106 di 131

Solettone Inferiore

L=	12.55 m	(Lunghezza trasversale)
H=	1 m	(Spessore)
$G1_{\text{Sinf}} =$	313.75 kN/m	
$\alpha =$	0.50	(coeff.influenza cartichi)
$G1_{\text{tot}} =$	1098.625 kN/m	

Pali

D=	1.2 m	(Diametro)
Zint=	13.2 m	(Lunghezza Diaframma fuori terra)
$\gamma_{\text{cls,netto}} =$	14 kN/m ³	

$G1_{\text{Pali.}} =$ 209.0 kN

Nota: Valutato da testa paratia fino a quota intradosso solettone di fondo scavo

Pesi permanenti Non strutturali

Terreno di ricoprimento solettone sup

L=	16.15 m	
$\gamma_t =$	20 kN/m ³	(peso specifico terreno di ricoprimento)
H _{eff} =	3 m	(altezza ricoprimento effettivo)
H _{calcolo} =	4 m	(altezza ricoprimento di calcolo)
$G2_{\text{terr}} =$	1292 kN/m	

Ballast

L=	12.55 m	
$\gamma_B =$	18 kN/m ³	(peso specifico ballast)
H=	0.8 m	(spessore Ballast)
$G2_{\text{terr}} =$	180.72 kN/m	

Fodere di rivestimento Superiori

n°=	2	(numero fodere)
H=	2.8 m	(Altezza Fodera)
t=	0.5 m	(Spessore)
$G2_{\text{fod,Sup}} =$	70 kN/m	

Fodere di rivestimento inferiori

$n^{\circ} =$	2	(numero fodere)
$H =$	8.2 m	(Altezza Fodera)
$t =$	0.5 m	(Spessore)
$G2_{fod,inf} =$	205 kN/m	
$\alpha =$	0.50	(coeff.influenza cartichi)
$G2_{tot} =$	1554.86 kN/m	

Carichi variabili da traffico

$Q_{treni} =$	40 kN/m ²	Carico variabile treni
$L =$	6 m	applicazione carico (diffuso)
$\alpha =$	0.50	(coeff.influenza cartichi)
$Q_{tot} =$	9.6 kN/m	

Con l'introduzione del coefficiente di riduzione α , si è tenuto conto del fatto che in ragione delle fasi esecutive della galleria, che prevedono la realizzazione delle fodere verticali di rivestimento e del solettone di base con getto a diretto contatto con il terreno, i carichi propri e portati di questa parte di struttura gravano di fatto quasi interamente sul terreno di fondazione del solettone di base. Tuttavia cautelativamente si è previsto di attribuire ai pali laterali una aliquota pari al 50% di tali carichi.

Pertanto lo sforzo normale agente nel palo in corrispondenza della quota di intradosso solettone inferiore è pari a:

$N_{palo,k} = 2413$ kN. Sforzo normale caratteristico

$N_{palo,d} = 2924$ kN Sforzo normale di design (comb. A1-M1-R3)

Confrontando lo sforzo di compressione agente nei pali appena determinato con i valori di resistenza riportati nelle curve di capacità portante dei pali (par.4.3), risulta una lunghezza necessaria, valutata a partire dall'intradosso del solettone inferiore, di circa 9m, inferiore ai 14m previsti.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	108 di 131

Np [kN]	Lp [m]	L1 [m]	*Lnecessaria [m]	Verifica (L1>Lneces.)
2924	22	11	9	OK

Dove L1 è la lunghezza della parte di palo al di sotto del solettone di fondazione.

Pertanto la verifica risulta soddisfatta.

*Nota: in relazione alle progressive della parte di galleria interessata dalle sezioni in allargamento B1a, per la definizione della portanza dei pali si fa riferimento alla stratigrafia denominata S1.

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 Sezione tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	111 di 131

ELEMENTO TRUSS

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

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)

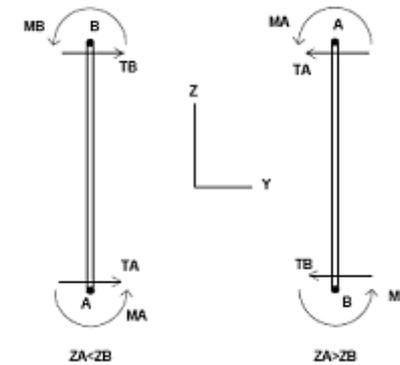


Figura 11-1: convenzioni di segno per l'elemento BEAM

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 Sezione tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	112 di 131

ELEMENTO TRUSS

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

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)

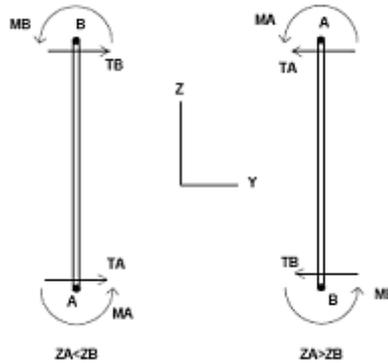


Figura 11-1: convenzioni di segno per l'elemento BEAM

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	113 di 131

ANALISI SEZIONE TIPOB2-(DA IMBOCCO SUD A PK.23+900)

DATI INPUT:

DATI TERRENO

Name	g tot	g dry	Frict	C'	Su	FRp	FRcv	Eload	Eur	kAp	kPp	kAcv	kPcv	Vary	Spring	Color
	(kN/m3)	(kN/m3)	(deg)	(kPa)	(kPa)	(deg)	(deg)	(kPa)	(kPa)	NL	NL	NL	NL		Model	
TGC3	18.5	18.5	29	7.5	N/A	N/A	N/A	20000	60000	0.35	2.88	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	
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	Min Ka	Min sh	ko.NC	nOCR	aH.EXP	aV.EXP	qSkin	qNails	kS.nails	PL
	v	(clays)	(clays)	-	-	(0 to 1)	(0 to 1)	(kPa)	(kPa)	(kN/m3)	(MPa)
TGC3	0.35	-	-	0.515	1	-	-	0	0	0	-
MDL4	0.35	-	-	0.441	1	-	-	150	0	0	-
MDL2	0.35	-	-	0.47	1	-	-	0	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 Sezione tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	114 di 131

STRATIGRAFIA TERRENI

Top Elev= quota superiore strato

Soil type=nome del terreno

OCR=rapporto di sovraconsolidazione

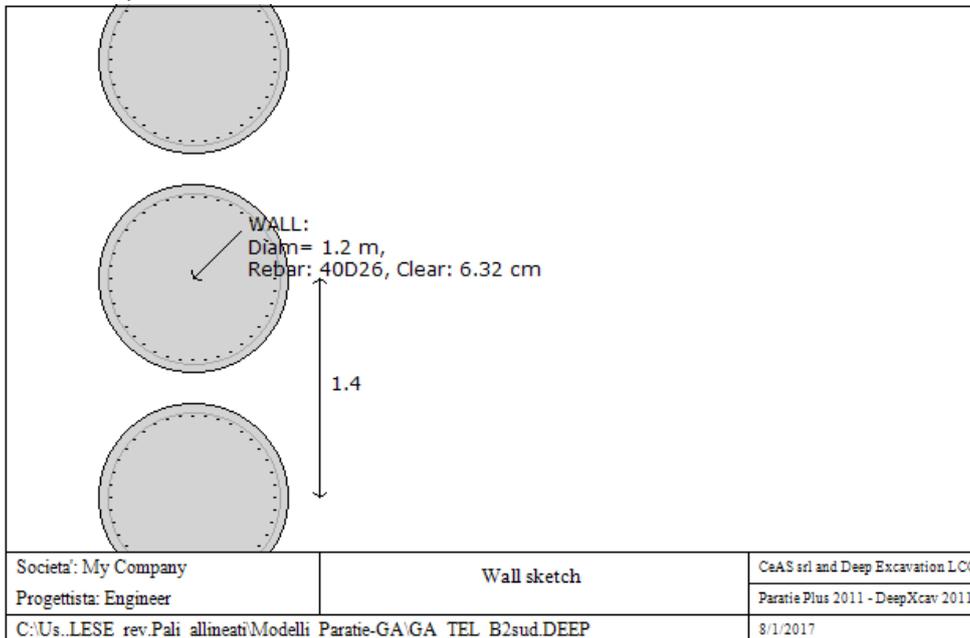
K0=coefficiente di spinta a riposo

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

Top elev.	Soil type	OCR	Ko
0	TGC3	1	0.52
-6	MDL4	1	0.44
-16	MDL2	1	0.47

DATI PARATIE

Sezioni paratia0: Wall 1



Sezioni paratia0: PALI D=1200; i=1,4m

Tipo paratia: Pali tangenti: pali in calcestruzzo armato

Quota sommita' paratia: -3 m Quota piede paratia: -32 m

Dimensione fuori piano paratia: 1.4 Spessore paratia = 1.2

Ampiezza zona spinta passiva al di sotto del piano di scavo: 1.4 Ampiezza zona spinta attiva al di sotto del piano di scavo: 1.4

Swater= 1.2

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

Attrito paratia: % attrito terreno = 60%

Le capacita' paratie in acciaio sono calcolate con NTC 2008

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	115 di 131

Le capacita' paratie in calcestruzzo sono calcolate con NTC 2008

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

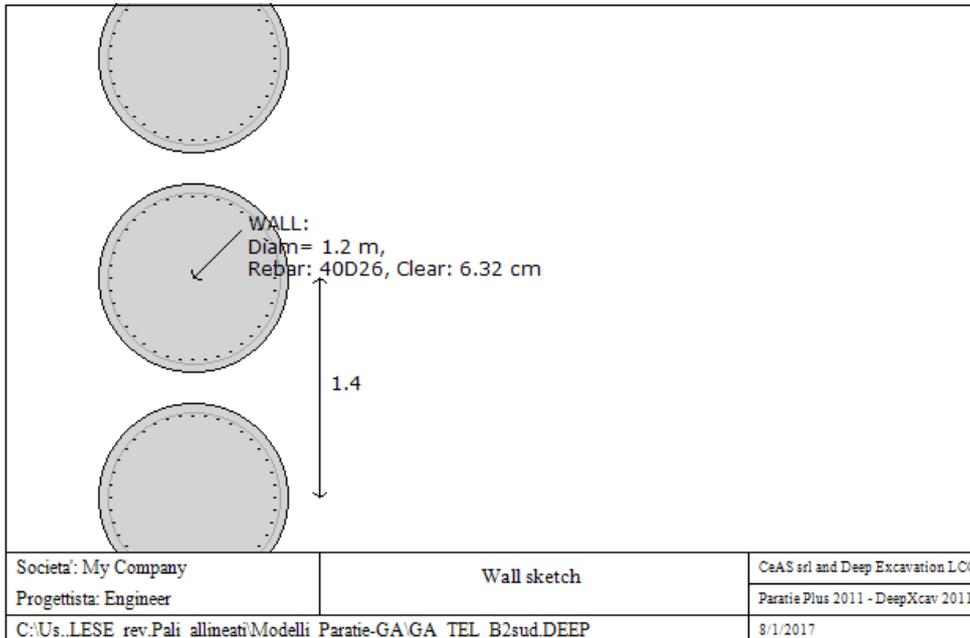
Proprieta' paratie di pali tangenti

Tipo di sezione di calcestruzzo:

Dimensioni della sezione

D = 120 cm, A = 12000 cm², I_{xx} = 14400000 cm⁴

Sezioni paratia1: Right wall



Sezioni paratia0: PALI D=1200; i=1,4m

Tipo paratia: Pali tangenti: pali in calcestruzzo armato

Quota sommita' paratia: -3 m Quota piede paratia: -32 m

Dimensione fuori piano paratia: 1.4 Spessore paratia = 1.2

Ampiezza zona spinta passiva al di sotto del piano di scavo: 1.4 Ampiezza zona spinta attiva al di sotto del piano di scavo: 1.4

Swater= 1.2

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

Attrito paratia: % attrito terreno = 60%

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.

Proprieta' paratie di pali tangenti

Tipo di sezione di calcestruzzo:

Dimensioni della sezione

D = 120 cm, A = 12000 cm², I_{xx} = 14400000 cm⁴

Armatura longitudinale

Barre cima: N = 40 barre #D26 = AsTop 212.36 cm², Ctop = 7.62 cm

Armatura a taglio

Bar #D14 = As 1.539 cm², sV = 15 cm

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	116 di 131

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

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		0.28	0.14	1	N/A
1	No		0.28	0.14	1	N/A
2	No		0.28	0.14	1	N/A
3	No		0.28	0.14	1	N/A
4	No		0.28	0.14	1	N/A
5	No		0.28	0.14	1	N/A
6	No		0.28	0.14	1	N/A
7	Yes		0.28	0.14	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 Sezione tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	118 di 131

SINTESI OUPUT:

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	1340.4	600.8	0.51	967.35	0.332	1.369	Risolto con successo
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	1235.06	328.54	0.47	618.33	0.338	2.16	Risolto con successo
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	1445.7	423.94	0.69	799.61	0.294	1.488	Risolto con successo
0: DM08_ITA: EQK - GEO	1755.5	729.17	0.77	1222.5	0.294	1.03	Risolto con successo
0: DM08_ITA: EQK - STR	1340.4	600.8	0.51	967.35	0.26	1.369	Risolto con successo
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	950.05	252.72	0.47	475.64	0.26	2.16	Risolto con successo

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 con successo.Verifiche della paratia non eseguite.	0.51	0.46	1340.4	1876.56
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	Risolto con successo.Verifiche della paratia non eseguite.	0.47	0.38	1235.06	1729.09
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	Risolto con successo.Verifiche della paratia non eseguite.	0.69	0.59	1445.7	2023.98
0: DM08_ITA: EQK - GEO	Risolto con successo.Verifiche della paratia non eseguite.	0.77	0.76	1755.5	2457.7
0: DM08_ITA: EQK - STR	Risolto con successo.Verifiche della paratia non eseguite.	0.51	0.46	1340.4	1876.56
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	Risolto con successo.Verifiche della paratia non eseguite.	0.47	0.38	950.05	1330.07

	Taglio paratia	Taglio paratia	Verifica paratia	Verifica pressofl.	Verifica taglio	Verifica σ cls
	(kN/m)	(kN)	(TSF)	(TSF)	(TSF)	(TSF)
Base model	600.8	841.12	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	328.54	459.95	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	423.94	593.52	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: EQK - GEO	729.17	1020.84	N/A	N/A	N/A	N/A

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	119 di 131

0: DM08_ITA: EQK - STR	600.8	841.12	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	252.72	353.81	N/A	N/A	N/A	N/A

	Verifica σ armatura	Max reazione vincoli	Max reazione vincoli	Verifica vincoli	Verifica STR vincoli	Verifica GEO vincoli
	(TSF)	(kN/m)	(kN)	(TSF)	(TSF)	(TSF)
Base model	N/A	967.35	967.35	0.332	0.332	N/A
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	N/A	618.33	618.33	0.338	0.338	N/A
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	799.61	799.61	0.294	0.294	N/A
0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1222.5	1222.5	0.294	0.294	N/A
0: DM08_ITA: EQK - STR	N/A	967.35	967.35	0.26	0.26	N/A
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	N/A	475.64	475.64	0.26	0.26	N/A

	Verifica fondo scavo (FS)	FS passiva (eq. limite)	FS rotazione (eq. limite)	FS infissione (eq. limite)	Quota Zcut	Passiva/Vera	Vera/Attiva
	(FS)	(FS)	(FS)	(FS)		/	/
Base model	2.914	4.471	4.93	4.709	N/A	1.369	1.598
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	2.914	3.989	3.792	3.928	N/A	2.16	1.61
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	2.331	2.907	2.686	2.95	N/A	1.488	1.231
0: DM08_ITA: EQK - GEO	2.331	2.562	2.686	2.95	N/A	1.03	1.158
0: DM08_ITA: EQK - STR	2.914	4.471	4.93	4.709	N/A	1.369	1.598
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	2.914	5.09	4.93	4.709	N/A	2.16	1.61

Tabella risultati più gravosi

	Valore critico	Approccio di Progetto	Fase	Paratia	Indice voci critiche
Wall Moment (kN-m/m)	1755.5	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	7: 7 - Sisma	1: Wall 1	69
Momento (kN-m)	2457.7	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	7: 7 - Sisma	1: Wall 1	69
Taglio (kN/m)	729.17	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	1: 1-Scavo Int sol	2: Right wall	34
Taglio (kN)	1020.838	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	1: 1-Scavo Int sol	2: Right wall	34
Spostamenti (cm)	0.765	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	7: 7 - Sisma	1: Wall 1	N/A
Cedimenti superficiali (cm)	0.76	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	7: 7 - Sisma	1: Wall 1	0
Reazione supporto (kN)	1222.5	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	1
Reazione supporto (kN/m)	1222.5	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	1

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	120 di 131

Verifica supporto	0.338	1: 0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	3: 3 Soletta sup	1: Wall 1	1
Verifica STR supporto	0.338	1: 0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	3: 3 Soletta sup	1: Wall 1	1
FS infissione (eq. limite)	2.562	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	7: 7 - Sisma	2: Right wall	7
FS rotazione (eq. limite)	2.686	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	4: 4 - Scavo Max	2: Right wall	4
FS lunghezza di infissione (eq. limite)	2.95	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	4: 4 - Scavo Max	2: Right wall	4
FS spinta passiva mob. (analisi NL)	1.03	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	7: 7 - Sisma	1: Wall 1	7

Risultati vincoli ed elementi strutturali

	Valore critico	Approccio di Progetto	Fase	Paratia	Indice voci critiche
Reazione vincoli	259.33	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	0
Reazione vincoli	259.33	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	0
Verifica vincoli	0.322	0: Base model	7: 7 - Sisma	1: Wall 1	0
TSF STR	0.322	0: Base model	7: 7 - Sisma	1: Wall 1	0
Reazione vincoli	1222.5	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	1
Reazione vincoli	1222.5	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	1
Verifica vincoli	0.338	1: 0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	3: 3 Soletta sup	1: Wall 1	1
TSF STR	0.338	1: 0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	3: 3 Soletta sup	1: Wall 1	1
Reazione vincoli	823.3	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	2
Reazione vincoli	823.3	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	2
Verifica vincoli	0.274	1: 0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	7: 7 - Sisma	1: Wall 1	2
TSF STR	0.274	1: 0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	7: 7 - Sisma	1: Wall 1	2

Risultati paratia

	Valore critico	Approccio di Progetto	Fase	Paratia	Indice voci critiche
Momento ABS (kN-m)	2457.7	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	7: 7 - Sisma	1: Wall 1	69
Momento +M (kN-m)	2390.22	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	7: 7 - Sisma	2: Right wall	25
Momento -M (kN-m)	-2457.7	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	7: 7 - Sisma	1: Wall 1	69

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	121 di 131

Taglio (kN)	1020.838	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	1: 1-Scavo Int sol	2: Right wall	34
-------------	----------	------------------------------	--------------------	---------------	----

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)	-233.34	-303.34	-323.52	-323.52	-233.34	-233.34
Momento fase2 (kN-m/m)	-233.35	-303.36	-323.52	-323.52	-233.35	-233.35
Momento fase3 (kN-m/m)	-305.21	-396.77	-306.85	-306.85	-305.21	-305.21
Momento fase4 (kN-m/m)	-950.05	-1235.06	-1445.7	-1445.7	-950.05	-950.05
Momento fase5 (kN-m/m)	-950.05	-1235.06	-1445.7	-1445.7	-950.05	-950.05
Momento fase6 (kN-m/m)	-879.54	-1143.4	-1375.1	-1375.1	-879.54	-879.54
Momento fase7 (kN-m/m)	-1340.4	-1139.22	-1367.6	-1755.5	-1340.4	-876.32

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)	67.02	87.13	98.62	98.62	67.02	67.02
V stg2 (kN/m)	67.01	87.12	98.62	98.62	67.01	67.01
V stg3 (kN/m)	-85.29	-110.88	87.35	87.35	-85.29	-85.29
V stg4 (kN/m)	-252.72	-328.54	-423.94	-423.94	-252.72	-252.72
V stg5 (kN/m)	-252.72	-328.54	-423.94	-423.94	-252.72	-252.72
V stg6 (kN/m)	-243.54	-316.6	-414.74	-414.74	-243.54	-243.54
V stg7 (kN/m)	-600.8	-313.6	-408.75	-728.57	-600.8	-241.23

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)	0.014	0.018	0	0	0.014	0.014
Rmax Fase 3 (kN/m)	89.325	116.122	88.113	88.113	89.325	89.325
Rmax Fase 4 (kN/m)	475.64	618.332	799.61	799.61	475.64	475.64
Rmax Fase 5 (kN/m)	475.64	618.332	799.61	799.61	475.64	475.64
Rmax Fase 6 (kN/m)	332.2	431.86	655.52	655.52	332.2	332.2
Rmax Fase 7 (kN/m)	967.35	427.986	648.01	1222.5	967.35	329.22

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	122 di 131

ANALISI SEZIONE TIPO B2-(DA PK.24+700 A 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
TGC3	18.5	18.5	29	7.5	N/A	N/A	N/A	20000	60000	0.35	2.88	N/A	N/A	True	Linear	
MDL2	20	20	32	0	N/A	N/A	N/A	50000	80000	0.31	3.26	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)
TGC3	0.35	-	-	0.515	1	-	-	0	0	0	-
MDL2	0.35	-	-	0.47	1	-	-	0	0	0	-
MDL3	0.35	-	-	0.593	1	-	-	0	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 Sezione tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	123 di 131

STRATIGRAFIA TERRENI

Top Elev= quota superiore strato

Soil type=nome del terreno

OCR=rapporto di sovraconsolidazione

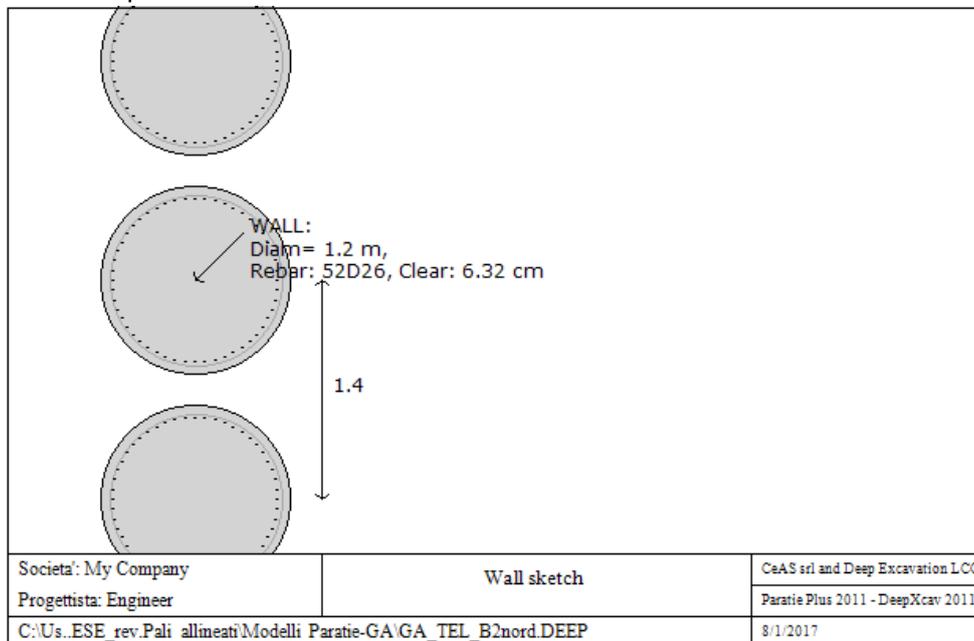
K0=coefficiente di spinta a riposo

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

Top elev.	Soil type	OCR	Ko
0	TGC3	1	0.52
-6	MDL2	1	0.47
-13	MDL3	1	0.59
-15	MDL2	1	0.47
-21	MDL3	1	0.59

DATI PARATIE

Sezioni paratia0: Wall 1



Sezioni paratia0: PALI D=1,20; i=1,40m

Tipo paratia: Pali tangenti: pali in calcestruzzo armato

Quota sommità paratia: -2 m Quota piede paratia: -31 m

Dimensione fuori piano paratia: 1.4 Spessore paratia = 1.2

Ampiezza zona spinta passiva al di sotto del piano di scavo: 1.4 Ampiezza zona spinta attiva al di sotto del piano di scavo: 1.4

Swater= 1.2

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	124 di 131

$f_c' = 24.8$ $F_y \text{ barre} = 449.7$ $E_{cls} = 31475.7$ $F_{cT} \text{ calcestruzzo a trazione} = 9\% \text{ di } F_c'$

Attrito paratia: % attrito terreno = 60%

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.

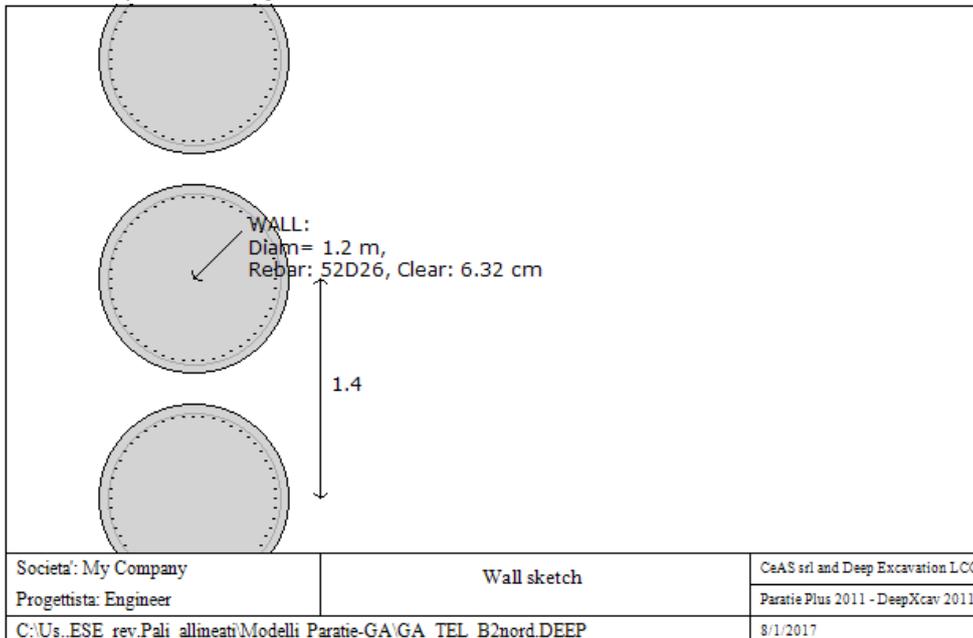
Proprieta' paratie di pali tangenti

Tipo di sezione di calcestruzzo:

Dimensioni della sezione

$D = 120 \text{ cm}$, $A = 12000 \text{ cm}^2$, $I_{xx} = 14400000 \text{ cm}^4$

Sezioni paratia1: Right wall



Sezioni paratia0: PALI $D=1,20$; $i=1,40\text{m}$

Tipo paratia: Pali tangenti: pali in calcestruzzo armato

Quota sommita' paratia: -2 m Quota piede paratia: -31 m

Dimensione fuori piano paratia: 1.4 Spessore paratia = 1.2

Ampiezza zona spinta passiva al di sotto del piano di scavo: 1.4 Ampiezza zona spinta attiva al di sotto del piano di scavo: 1.4

Swater= 1.2

$f_c' = 24.8$ $F_y \text{ barre} = 449.7$ $E_{cls} = 31475.7$ $F_{cT} \text{ calcestruzzo a trazione} = 9\% \text{ di } F_c'$

Attrito paratia: % attrito terreno = 60%

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.

Proprieta' paratie di pali tangenti

Tipo di sezione di calcestruzzo:

Dimensioni della sezione

$D = 120 \text{ cm}$, $A = 12000 \text{ cm}^2$, $I_{xx} = 14400000 \text{ cm}^4$

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	125 di 131

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 Sezione tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	126 di 131

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		0.28	0.14	1	N/A
1	No		0.28	0.14	1	N/A
2	No		0.28	0.14	1	N/A
3	No		0.28	0.14	1	N/A
4	No		0.28	0.14	1	N/A
5	No		0.28	0.14	1	N/A
6	No		0.28	0.14	1	N/A
7	Yes		0.28	0.14	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

SINTESI OUPUT:

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	2146.9	884.16	0.94	1515.9	0.408	1.041	Risolto con successo
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	2263.95	698.94	0.94	1290.35	0.426	1.651	Risolto con successo
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	2304.8	658.73	1.83	1281.8	0.385	1.214	Risolto con successo
0: DM08_ITA: EQK - GEO	2605.6	790.2	7.94	1421.1	0.453	1.001	Risolto con successo
0: DM08_ITA: EQK - STR	2146.9	884.16	0.94	1515.9	0.328	1.041	Risolto con successo
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	1741.5	537.65	0.94	992.58	0.328	1.651	Risolto con successo

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 con successo.Verifiche della paratia non eseguite.	0.94	0.95	2146.9	3005.66
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	Risolto con successo.Verifiche della paratia non eseguite.	0.94	0.8	2263.95	3169.53
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	Risolto con successo.Verifiche della paratia non eseguite.	1.83	1.34	2304.8	3226.72
0: DM08_ITA: EQK - GEO	Risolto con successo.Verifiche della paratia non eseguite.	7.94	11.32	2605.6	3647.84
0: DM08_ITA: EQK - STR	Risolto con successo.Verifiche della paratia non eseguite.	0.94	0.95	2146.9	3005.66
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	Risolto con successo.Verifiche della paratia non eseguite.	0.94	0.8	1741.5	2438.1

	Taglio paratia	Taglio paratia	Verifica paratia	Verifica pressofl.	Verifica taglio	Verifica σ cls
	(kN/m)	(kN)	(TSF)	(TSF)	(TSF)	(TSF)
Base model	884.16	1237.82	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	698.94	978.52	N/A	N/A	N/A	N/A

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	128 di 131

0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	658.73	922.22	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: EQK - GEO	790.2	1106.28	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: EQK - STR	884.16	1237.82	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	537.65	752.71	N/A	N/A	N/A	N/A

	Verifica σ armatura	Max reazione vincoli	Max reazione vincoli	Verifica vincoli	Verifica STR vincoli	Verifica GEO vincoli
	(TSF)	(kN/m)	(kN)	(TSF)	(TSF)	(TSF)
Base model	N/A	1515.9	1515.9	0.408	0.408	N/A
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	N/A	1290.35	1290.35	0.426	0.426	N/A
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	1281.8	1281.8	0.385	0.385	N/A
0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1421.1	1421.1	0.453	0.453	N/A
0: DM08_ITA: EQK - STR	N/A	1515.9	1515.9	0.328	0.328	N/A
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	N/A	992.58	992.58	0.328	0.328	N/A

	Verifica fondo scavo (FS)	FS passiva (eq. limite)	FS rotazione (eq. limite)	FS infissione (eq. limite)	Quota Zcut	Passiva/Vera	Vera/Attiva
	(FS)	(FS)	(FS)	(FS)		/	/
Base model	2.49	2.663	2.791	4.158	N/A	1.041	1.43
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	2.49	2.369	2.197	3.537	N/A	1.651	1.487
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	1.992	1.944	1.775	2.53	N/A	1.214	1.225
0: DM08_ITA: EQK - GEO	1.992	1.633	1.697	2.53	N/A	1.001	1.023
0: DM08_ITA: EQK - STR	2.49	2.663	2.791	4.158	N/A	1.041	1.43
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	2.49	3.061	2.856	4.158	N/A	1.651	1.487

Tabella risultati più gravosi

	Valore critico	Approccio di Progetto	Fase	Paratia	Indice voci critiche
Wall Moment (kN-m/m)	2605.6	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	7: 7 - Sisma	1: Wall 1	71
Momento (kN-m)	3647.84	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	7: 7 - Sisma	1: Wall 1	71
Taglio (kN/m)	884.16	4: 0: DM08_ITA: EQK - STR	1: 1-Scavo Int sol	2: Right wall	44
Taglio (kN)	1237.824	4: 0: DM08_ITA: EQK - STR	1: 1-Scavo Int sol	2: Right wall	44

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	129 di 131

Spostamenti (cm)	7.941	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	7: 7 - Sisma	1: Wall 1	N/A
Cedimenti superficiali (cm)	11.322	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	7: 7 - Sisma	1: Wall 1	0
Reazione supporto (kN)	1515.9	4: 0: DM08_ITA: EQK - STR	N/A	1: Wall 1	1
Reazione supporto (kN/m)	1515.9	4: 0: DM08_ITA: EQK - STR	N/A	1: Wall 1	1
Verifica supporto	0.453	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	7: 7 - Sisma	1: Wall 1	2
Verifica STR supporto	0.453	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	7: 7 - Sisma	1: Wall 1	2
FS infissione (eq. limite)	1.633	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	7: 7 - Sisma	2: Right wall	7
FS rotazione (eq. limite)	1.697	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	7: 7 - Sisma	2: Right wall	7
FS lunghezza di infissione (eq. limite)	2.53	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	4: 4 - Scavo Max	2: Right wall	4
FS spinta passiva mob. (analisi NL)	1.001	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	7: 7 - Sisma	1: Wall 1	7

Risultati vincoli ed elementi strutturali

	Valore critico	Approccio di Progetto	Fase	Paratia	Indice voci critiche
Reazione vincoli	489.04	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	0
Reazione vincoli	489.04	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	0
Verifica vincoli	0.426	1: 0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	6: Fase 6- Sistmeazione FIN	1: Wall 1	0
TSF STR	0.426	1: 0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	6: Fase 6- Sistmeazione FIN	1: Wall 1	0
Reazione vincoli	1515.9	4: 0: DM08_ITA: EQK - STR	N/A	1: Wall 1	1
Reazione vincoli	1515.9	4: 0: DM08_ITA: EQK - STR	N/A	1: Wall 1	1
Verifica vincoli	0.346	1: 0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	3: 3 Soletta sup	1: Wall 1	1
TSF STR	0.346	1: 0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	3: 3 Soletta sup	1: Wall 1	1
Reazione vincoli	1191.5	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	2
Reazione vincoli	1191.5	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	N/A	1: Wall 1	2
Verifica vincoli	0.453	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	7: 7 - Sisma	1: Wall 1	2
TSF STR	0.453	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	7: 7 - Sisma	1: Wall 1	2

Risultati paratia

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	130 di 131

	Valore critico	Approccio di Progetto	Fase	Paratia	Indice voci critiche
Momento ABS (kN-m)	3647.84	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	7: 7 - Sisma	1: Wall 1	71
Momento +M (kN-m)	3226.72	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	5: 5 - Soletta Inf	2: Right wall	26
Momento -M (kN-m)	-3647.84	3: 0: DM08_ITA: EQK - GEO	7: 7 - Sisma	1: Wall 1	71
Taglio (kN)	1237.824	4: 0: DM08_ITA: EQK - STR	1: 1-Scavo Int sol	2: Right wall	44

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)	-408.41	-530.93	-696.4	-696.4	-408.41	-408.41
Momento fase2 (kN-m/m)	-408.41	-530.93	-696.39	-696.39	-408.41	-408.41
Momento fase3 (kN-m/m)	-391.77	-509.3	-683.1	-683.1	-391.77	-391.77
Momento fase4 (kN-m/m)	-1687.7	-2194.01	-2249.7	-2249.7	-1687.7	-1687.7
Momento fase5 (kN-m/m)	-1741.5	-2263.95	-2304.8	-2304.8	-1741.5	-1741.5
Momento fase6 (kN-m/m)	-1686.1	-2191.93	-2249.7	-2249.7	-1686.1	-1686.1
Momento fase7 (kN-m/m)	-2146.9	-2191.93	-2248.8	-2605.6	-2146.9	-1686.1

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)	115.7	150.41	163.74	163.74	115.7	115.7
V stg2 (kN/m)	115.7	150.41	163.73	163.73	115.7	115.7
V stg3 (kN/m)	123.51	160.56	170.16	170.16	123.51	123.51
V stg4 (kN/m)	-514.64	-669.03	-635.15	-635.15	-514.64	-514.64
V stg5 (kN/m)	-537.65	-698.94	-658.73	-658.73	-537.65	-537.65
V stg6 (kN/m)	-530.29	-689.38	-651.47	-651.47	-530.29	-530.29
V stg7 (kN/m)	-882.35	-689.38	-649.43	-747.74	-882.35	-530.29

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)	0.003	0.004	0.002	0.002	0.003	0.003
Rmax Fase 3 (kN/m)	87.842	114.195	85.933	85.933	87.842	87.842
Rmax Fase 4 (kN/m)	954.93	1241.409	1243.2	1243.2	954.93	954.93

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02 D 11	CL	GA020 0002	A	131 di 131

Rmax Fase 5 (kN/m)	992.58	1290.354	1281.8	1281.8	992.58	992.58
Rmax Fase 6 (kN/m)	882.34	1147.042	1171.6	1171.6	882.34	882.34
Rmax Fase 7 (kN/m)	1515.9	1147.042	1168.2	1421.1	1515.9	882.34