

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

PROGETTISTA:

DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI

Ing. Nicola Cuozzo

Ing. Piergiorgio GRASSO



Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche



PROGETTO ESECUTIVO

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

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE TELESE

RELAZIONE TECNICA GENERALE

APPALTATORE		SCALA:
IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A. Dot. Ingegnere Paolo Ing. S. Del Balzo 20/07/2020		-

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

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

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	D. Neri	24/02/2020	A. Fernandez	24/02/2020	P. Grasso	24/02/2020	Ing. Nicola Cuozzo
B	Emissione	D. Neri	23/06/2020	A. Fernandez	23/06/2020	P. Grasso	23/06/2020	 20/07/2020
C	Emissione	D. Neri	20/07/2020	A. Fernandez	20/07/2020	P. Grasso	20/07/2020	

File: IF26.1.2.E.ZZ.CL.GA.02.0.0.001.C.doc

n. Elab.:

Indice

1	GENERALITA'	3
1.1	FASI COSTRUTTIVE	11
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	14
3	MATERIALI.....	15
4	DURABILITA'	16
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	19
5.1	CAPACITÀ PORTANTE PALI	23
6	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	27
7	ANALISI DI PARATIE DI SOSTEGNO	33
7.1	MODELLAZIONE STRUTTURALE	33
7.2	MODELLAZIONE GEOTECNICA	35
7.3	MODELLAZIONE SISMICA	38
8	COMBINAZIONI DI CARICO	41
9	VERIFICHE STRUTTURALI	47
9.1	VERIFICHE SLU.....	47
9.2	VERIFICHE SLE.....	49

1 GENERALITA'

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

La seguente Tabella individua le tipologie delle Sezioni impiegate nella costruzione e, di conseguenza, nell'analisi strutturale dell'Opera e mette in evidenza come, vista la sua notevole lunghezza che supera i 2900m e la varietà delle condizioni geometriche e geotecniche incontrate lungo il suo sviluppo, le verifiche della stabilità e sicurezza viene articolata in più volumi a seconda principali caratteristiche che concorrono a decretare e scegliere le singolarità meritorie di analisi.

Tabella 1: Tratti della Galleria Artificiale Telese (GA02)

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

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

Il corpo principale della Ga02 è costituito, dunque, dalle Sezioni Tipo A e C,. La Sezione Tipo C sostituisce la Sezione Tipo B prevista dal Progetto definitivo, razionalizzando e sveltendo il processo produttivo. La doppia soletta superiore, infatti, viene eliminata approfondendo le quote di testa palo ed introducendo opere provvisorie laterali a proteggere i limiti di esproprio che il Progetto Esecutivo non modifica nelle previsioni della precedente fase progettuale.

Le tipologie in Sezione Corrente sono composte da:

Soletta di Copertura Th= 1.40 e 1.75 m
Pali Φ = 1200 mm interasse ip= 1.50 m
Soletta di Fondazione Th= 1.00 m
Fodere Th= 0.40 m

dove l'interasse tra i pali è misurato in asse tracciamento e risulta aumentato rispetto a quando previsto nel PD al fine di consentire la perforazione di pali di lunghezza fino a 30 m rimanendo nella tolleranza di Capitolato posta pari all'1%.

La diversità delle luci mostrate in Tabella 2, relativa alla definizione delle Sezioni di Calcolo di Tipo A e C, è dovuta alla presenza di aree tecniche a servizio dell'esercizio ferroviario che raggiungono lunghezze dell'ordine di centinaia di metri (per nicchie e nicchioni si faranno considerazioni locali), mentre le diverse lunghezze degli sbalzi dei pali sono legate alla diversità tra le tipologie A, composte da una soletta superiore a spessore costante pari a

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

GA02 - Relazione Tecnica Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	4 di 51

1.40 m, e le tipologie C, che si compongono di solette anch'esse a spessore costante ma pari a 1.75 m, a cui si aggiunge una maggiore altezza libera dei pali pari a 8.30 m sul piano del ferro.

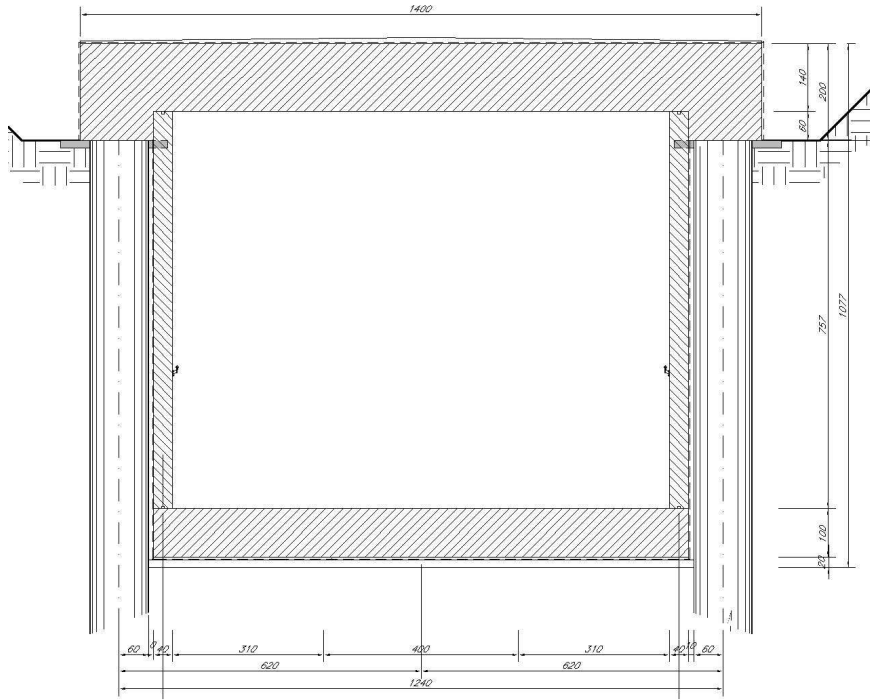


Figura 1: Sezione Tipo A per $H_r \leq 4.00$ m

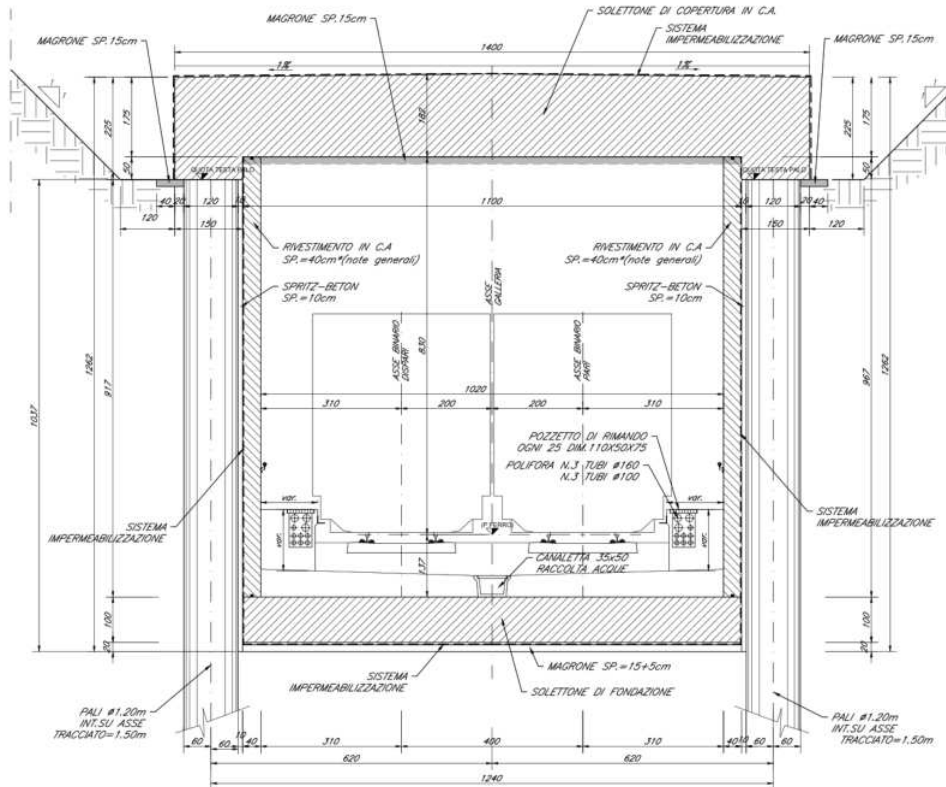


Figura 2: Sezione Tipo C per $4.00 < H_r \leq 6.00$ m

Si osservi che la differenza sostanziale tra le due sezioni tipologiche correnti è dettata dall'altezza del terreno di ricoprimento. La tipologia C, infatti, consente di ridurre il sovraccarico permanente applicato alla soletta superiore agendo sull'innalzamento dell'altezza utile della sezione e sulla maggiore altezza della linea di trazione sopra il Piano del Ferro (PF). La tipologia C qui presentata è dunque una variante alla abolita soluzione B di Progetto Definitivo (PD), che evita la costruzione di tiranti in c.a. che sospendevano alla soletta di copertura il solaio più vicino al PF.

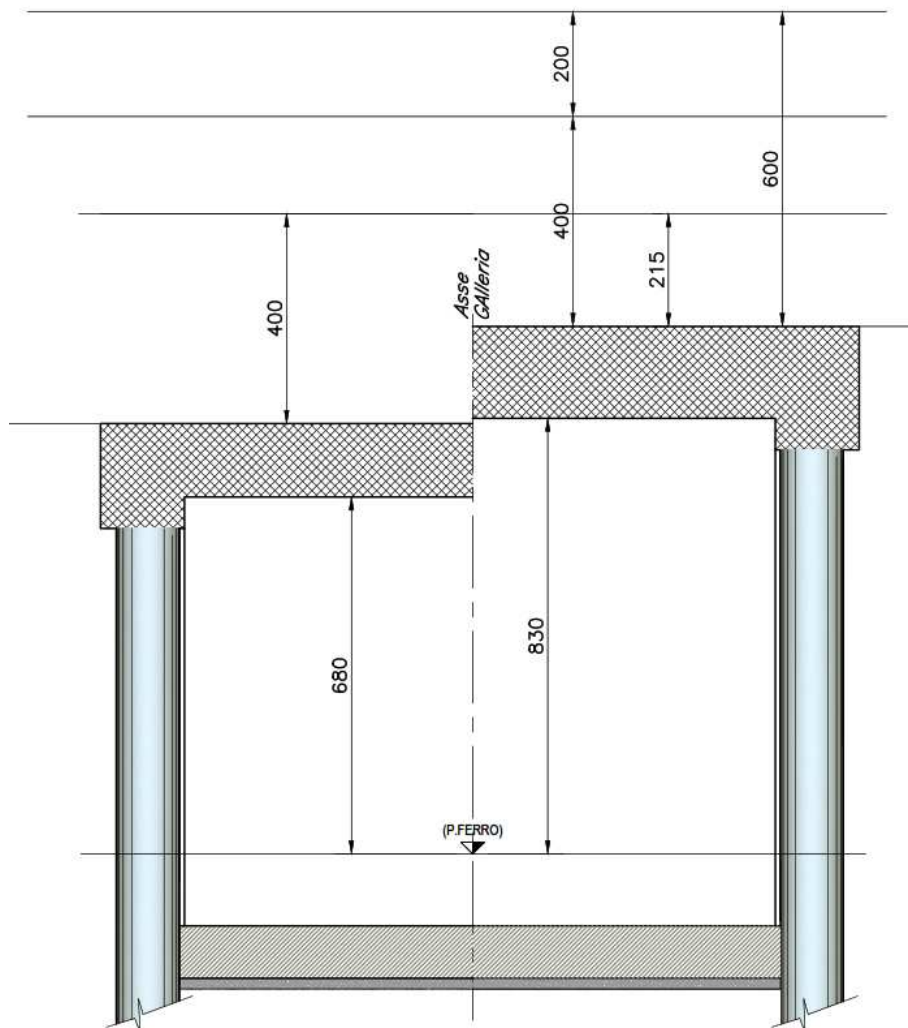


Figura 3: Confronto Sezioni Tipo A e Tipo C

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

GA02 - Relazione Tecnica Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	6 di 51

SEZIONE TRASVERSALE TIPO B DIM 1:50

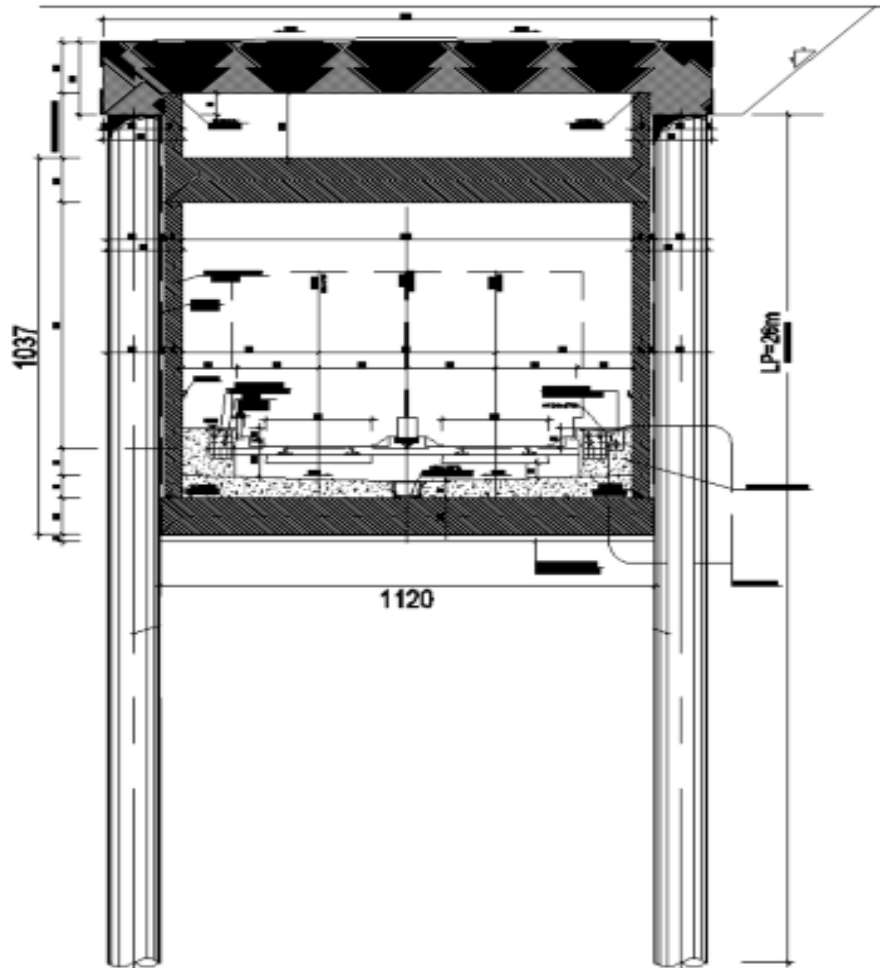


Figura 4: Sezione Tipo B di progetto Definitivo

In aggiunta, ciascuna delle tipologie sopra codificate viene ad essere individuata dalle grandezze geometriche riportate nella seguente Tabella, tratta da una delle Relazioni di Calcolo dell'Opera (righe evidenziate).

Tabella 2: Lista Tipologie Sezioni Tipo A e C

NOME	WBS			SOLETTA SUPERIORE			PALI		CONCI		NICCHIE			SEZIONE DI VERIFICA		
	P.K. INIZIALE	P.K. FINALE	LUNGHEZZA	TIPO	RICOPRIMENTO MAX	LUCE TRA ASSE PALI	TIPO	LUNGHEZZA	IDENTIFICATIVO	N.	NUMERO	PROGRESSIVA	DIMENSIONI			
[-]	[km + m]	[km + m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[-]	[-]	[-]	[km + m]	[m]	[-]		
GA02B	22 + 310,000	22 + 337,22	27,22	C2	4,00	12,40	0	28,00	C001 C002	2	0			SEZ0_C2_HR04_07_pali_28m		
GA02C	22 + 337,221	22 + 579,76	242,54	C2	4,00	14,75	0	28,00	C003 ... C005	3	0			SEZ0_C2_HR04_07_pali_28m		
				C2	4,00	14,75	0	28,00	C006	1				SEZ0_C2_HR04_07_pali_28m		
				C	4,00	12,40	1	21,00	C007 ... C009	3				SEZ1_C_HR04_07_pali_21m		
				C1	6,00	12,40	2	32,00	C010 ... C013	4				SEZ2_C1_HR06_07_pali_32m		
GA02D	22 + 579,758	22 + 803,56	223,80	C1	6,00	12,40	2	32,00	C014 ... C021	8	1+1	22+658,628	2,10 x 2,60	SEZ2_C1_HR06_07_pali_32m		
				C	4,00	12,40	3	21,00	C022 ... C024	3	1+1	22+783,297	2,50 x 2,60	SEZ3_C_HR04_07_pali_21m		
GA02E	22 + 803,556	22 + 938,57	135,01	C	4,00	12,40	3	21,00	C025 ... C029	5	1+1	22904,820	2,10 x 2,60	SEZ3_C_HR04_07_pali_21m		
				C	4,00	12,40	3	21,00	C030	1				SEZ3_C_HR04_07_pali_21m		
GA02F	22 + 938,570	23 + 6,07	67,50	A	4,00	12,40	4	21,00	C031 ... C033	3	0			SEZ4_A_HR04_07_pali_21m		
GA02G	23 + 6,070	23 + 51,06	44,99	C1	4,00	12,40	5	21,00	C034	1	0			SEZ5_C1_HR06_07_pali_21m		
				C1	6,00	12,40	5	21,00	C035	1				SEZ5_C1_HR06_07_pali_21m		
GA02H	23 + 51,058	23 + 353,72	302,66	C1	6,00	12,40	5	21,00	C036 ... C049	14	1+1	23152,219	2,10 x 2,60	SEZ5_C1_HR06_07_pali_21m		
GA02I	23 + 353,721	23 + 555,97	202,25	C1	6,00	12,40	5	21,00	C050 C051	2	1+1	23409,902	2,10 x 2,60	SEZ5_C1_HR06_07_pali_21m		
				C	4,00	12,40	6	28,00	C052 ... C057	6				SEZ6_C_HR04_07_pali_28m		
				C	4,00	12,40	6	28,00	C058	1				SEZ6_C_HR04_07_pali_28m		
GA02L	23 + 555,973	24 + 214,21	658,24	A	4,00	12,40	7	21,00	C059 ... C069	11	5+5	23657,099	2,10 x 2,60	SEZ7_A_HR04_07_pali_21m		
				A1	4,00	12,40	7_SPEC	21,00	C070	1				23724,518	2,80 x 3,90	SEZ7_A1_HR04_SPEC_07_pali_21m
				A1	4,00	14,40	7_SPEC	21,00	C071 ... C076	6				23914,784	2,10 x 2,60	SEZ7_A1_HR04_SPEC_07_pali_21m
				A1	4,00	12,40	7_SPEC	21,00	C077	1				23978,230	2,50 x 2,60	SEZ7_A1_HR04_SPEC_07_pali_21m
				A	4,00	12,40	8	21,00	C078 ... C088	11				24158,014	2,10 x 2,60	SEZ8_A_HR04_07_pali_21m
GA02M	24 + 214,213	24 + 662,71	448,50	A	3,00	12,40	9	21,00	C089 ... C109	21	5+5	24337,942 24405,442 24483,442 24606,441 24651,456	1,70 x 3,90 2,10 x 2,60 2,10 x 2,60 2,50 x 2,60 2,10 x 2,60	SEZ9_A_HR03_07_pali_21m		
GA02N	24 + 662,712	24 + 961,57	298,86	C	3,00	12,40	10	30,00	C110	1	1+1	24905,249	2,10x 2,60	SEZ10_C_HR03_07_pali_30m		
				C	3,00	12,40	10	30,00	C111 ... C113	3				SEZ10_C_HR03_07_pali_30m		
				C3	3,00	12,40	11	30,00	C114 ... C123	10				SEZ11_C3_HR03_07_pali_30m		
GA02O	24 + 961,573	25 + 110,00	148,43	C4	5,00	12,40	12	40,00	C124 ... C130	7	0			SEZ12_C4_HR05_07_pali_40m		

Per completare la lettura della Tabella si mette, infine, in evidenza che:

- La tipologia A1 si differenzia rispetto alla tipologia A in termini di luce netta tra i pali;
- La tipologia C1 si differenzia rispetto alla tipologia C in termini altezza di ricoprimento (6,00m anziché 4,00m);
- La tipologia C2 si differenzia rispetto alla tipologia C in termini di luce netta tra i pali;
- Le tipologie C3 e C4 si differenziano rispetto alla tipologia C in termini di stratigrafia

L'abolizione delle Sezioni Tipo B ha comportato la riduzione dei volumi da conferire a discarica, recuperando una parte del vuoto che sarebbe rimasto intercluso tra le due solette, valutabile in circa 10% del materiale in esubero derivante dal bilancio degli scavi e ritombamenti, equivalente ad un volume in esubero di circa 413.000 mc a fronte dell'esubero della soluzione PD pari a 456.000 mc. Inoltre si è anche evitata la necessita di "appendere" la soletta più bassa alla soletta superiore, ottenendo un incremento della durabilità dell'Opera che evita, così, sia tiranti in c.a. che vani interclusi da ispezionare periodicamente attraverso botole vulnerabili a indesiderate intrusioni. Oltre alle suddette migliorie in termini di esercizio dell'Opera, la Sezione Tipo C introduce anche non trascurabili risparmi nel costo globale dell'Opera.

La Tabella 1 mostra che la lunghezza totale della Galleria non viene variata, né sono considerabili sostanziali le modeste variazioni dei tratti coperti e scoperti che, agli Imbocchi sia Nord che Sud, si ripartiscono diversamente rispetto alle previsioni di PD, ciò dovuto ad un maggior dettaglio delle operazioni di rilievo topografico eseguite in sede di Progettazione Esecutiva. Ciò che cambia è l'approccio costruttivo che, nella Sezione Tipo D, richiede l'adozione di una tecnica mista che vede lato monte la costruzione di una paratia di pali del diametro DN1500 mm di lunghezza totale 20 m, disposti con interasse 1.8 m con tiranti disposti su due file, e lato valle l'elevazione di un corrispondente muro su fondazioni profonde che offre il secondo appoggio alla soletta di copertura.

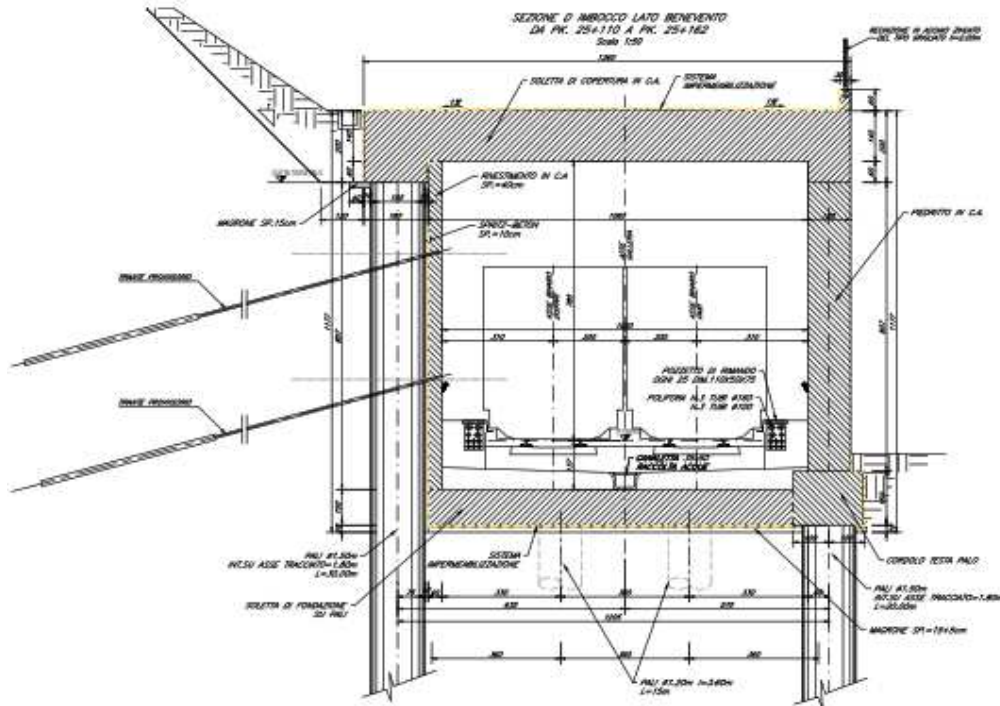


Figura 5: Progetto Esecutivo - Sezione Tipo D

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

GA02 - Relazione Tecnica Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	9 di 51

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

In altre parole, viene confermato l’approccio progettuale proprio del Progetto Definitivo, salvo qualche diverso dettaglio che razionalizza il comportamento strutturale d’insieme e facilita la costruzione (abolizione dei diaframmi previsti in PD e loro sostituzione con pali DN1500). Il muro lato valle, infatti, viene elevato dalle quote di fondo scavo e non da quote intermedie come da PD e fondato su un palo aggiuntivo dello stesso diametro dei pali della Paratia con tiranti. I pali di fondazione, del diametro DN1200 mm, sono aggiuntivi rispetto alla soluzione di PD e riducono l’azione orizzontale sui DN1500 di valle che vede un debole e, in parte, incerto, contrasto passivo offerto dal terreno in sito stante la sua parietalità.

La Sezione Tipo D, mostrata in precedenza, non ha un analogo e dettagliato riscontro nell’elenco elaborati del PD, mentre la Sezione Tipo E riportata nella seguente figura è del tutto analoga, a meno di una maggior cura grafica, alla soluzione prospettata nella precedente fase progettuale.

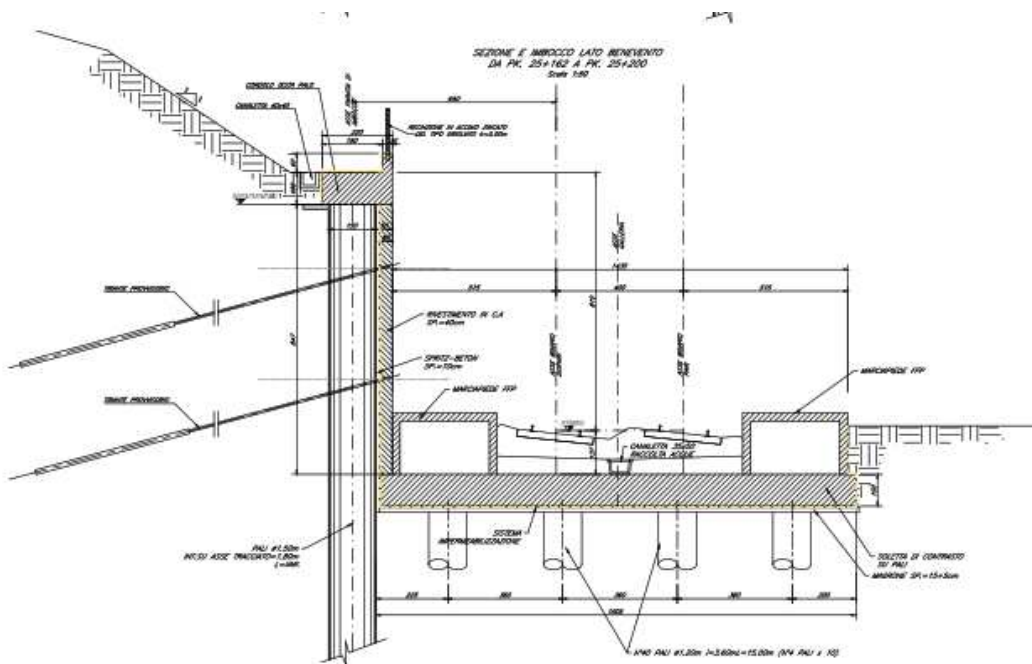


Figura 6: Progetto Esecutivo - Sezione Tipo E

Le Sezioni Tipo D ed E, come mostrato dalla Tabella 1, afferiscono al tratto terminale della Galleria Artificiale di Teleso GA02, lato Benevento, e sottendono a complesse fasi costruttive che si sintetizzano come segue:

- Fase temporanea:
 - Costruzione della paratia di sostegno composta da pali DN1500 mm, disposti ad interasse 1.80m e di lunghezza variabile da 14 a 30 m, con uno o due ordini di tiranti tipo IRS inclinati sull’orizzontale a 15° a quattro trefoli pretesati a 300 kN di lunghezza 24 e 26m disposti lungo lo sviluppo della parete;

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

GA02 - Relazione Tecnica Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	10 di 51

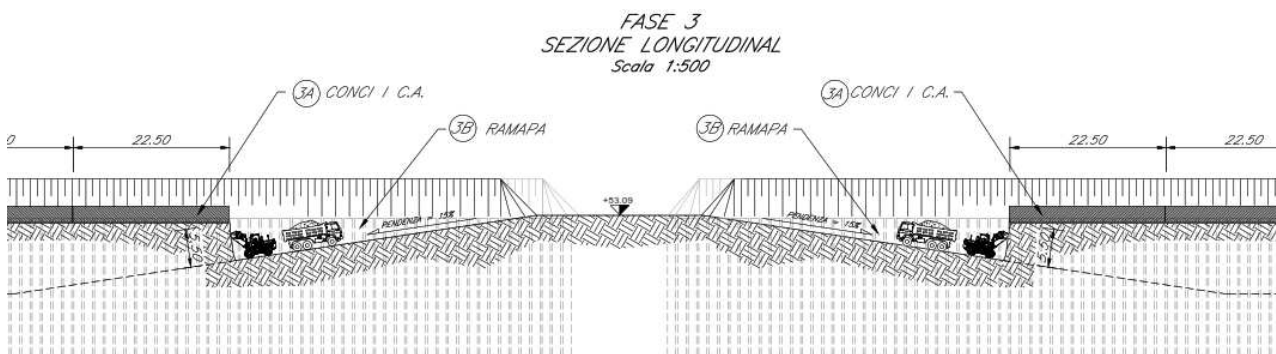
- Fase definitiva:
 - Costruzione in Fondazione della Soletta di Contrasto, di spessore 1.00 m, su pali DN1200 mm disposti a coppie ad interasse di 3.60 m e lunghezza 15 m che, una volta eseguita, consente il de-tensionamento dei tiranti provvisori tipo IRS;
 - Costruzione del Muro in c.a. di spessore 1.20m e altezza 8.57m, opposto alla Paratia precedente, fondato, su pali DN1500 mm disposti ad interasse 1.80m e di lunghezza 20 m;
 - Costruzione della Soletta di Copertura, di spessore 1.40 m e luce 12.40, che mette in continuità la Paratia con il Muro, realizzando un telaio.

L'imbocco Nord della Galleria Artificiale Telese, denominato Sezione Tipo E tra le pk 25+162 e 25+200, è, a sua volta, composto da:

- Fase temporanea:
 - Costruzione della paratia di sostegno composta da pali DN1500 mm, disposti ad interasse 1.80m e di lunghezza variabile da 14 a 30 m, con uno o due ordini di tiranti tipo IRS inclinati sull'orizzontale a 15° a quattro trefoli pretesati a 300 kN di lunghezza 24 e 26m disposti lungo lo sviluppo della parete;
- Fase definitiva:
 - Costruzione in Fondazione della Soletta di Contrasto, di spessore 1.00 m, su pali DN1200 mm disposti a coppie ad interasse di 3.60 m e lunghezza 30 m che, una volta eseguita, consente il de-tensionamento dei tiranti provvisori;

L'imbocco Sud si differenzia dall'imbocco Nord nella natura dei terreni che risultano di migliore consistenza e che pertanto consentono un alleggerimento delle Sezioni Tipo previste per quest'ultimo. L'approccio costruttivo, tuttavia, non cambia e pertanto le Fasi Costruttive rimangono invariate. A differenziare i due Imbocchi rimane, dunque, il solo diametro delle Paratie lato monte che possono essere previste in pali del DN1200mm e lo spessore del muro a valle.

I due Imbocchi non sono gli unici Fronti di Scavo previsti per l'Opera. Già in PD, infatti, a causa della notevole lunghezza della Galleria sono stati previsti due ulteriori fronti intermedi posti in corrispondenza delle uscite di emergenza dell'Opera. La Figura che segue mostra come il PE conferma in pieno le scelte operate in PD. Al fine di consentire lo scavo da questi fronti intermedi la continuità della soletta di copertura deve essere interrotta durante la fase di scavo per poter essere edificata a fine scavo ma prima della rimozione delle rampe in terra necessarie ai mezzi d'opera per raggiungere le quote di fondo scavo.



	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione Tecnica Generale	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0200 001</td> <td>C</td> <td>11 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	11 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	11 di 51								

1.1 FASI COSTRUTTIVE

La Sezione Tipo qui presentata si compongono, dunque, di pali trivellati del diametro 1200mm della lunghezza riportata nella Tabella precedente posti ad interasse di 1,50m.

Per raggiungere le quote di testa pali si realizza una trincea di prescavo sostenuta o meno da opere provvisorie nel caso fosse necessario.

Il magrone di pulizia viene realizzato con una accurata staggiatura della sua superficie al fine di ospitare il telo in materiale plastico di adeguato spessore sul quale eseguire le operazioni di montaggio delle armature della soletta di copertura. Il susseguente getto del calcestruzzo, il suo curing e l'immediata predisposizione delle guaine di impermeabilizzazione definisce un ciclo produttivo che opportunamente cadenzato comporta l'adozione di una lunghezza standard dei singoli "conci" pari a $L_s = 22.50m$, a meno di interferenze singolari che possono obbligare ad interrompere la regolarità della cadenza per introdurre lunghezze speciali.

Tra i conci non vengono previsti giunti di dilatazione dall'essere l'opera interrata e, quindi, soggetta a variazioni termiche minime. Eseguita l'impermeabilizzazione della soletta superiore si predispongono il rinterro all'estradosso al fine di ripristinare lo stato dei luoghi antecedente l'opera.

Quindi si procede con lo scavo a foro da cieco fino a raggiungere le quote di fondo scavo avendo cura di proiettare, al procedere dello scavo, il calcestruzzo (spritz-beton armato con rete elettrosaldata) per proteggere la parete tra i pali durante lo scavo. La quota della falda rimane sottostante il piano di appoggio della soletta di fondazione e, pertanto, non sono previste opere di particolare impegno per il drenaggio, fatte salve le consuete attrezzature di cantiere per l'aggettamento delle eventuali acque di percolazione.

L'esecuzione del magrone di pulizia a fondo scavo, l'allestimento dell'impermeabilizzazione, la posa in opera delle armature ed il successivo getto di calcestruzzo, fa raggiungere alla struttura il suo schema statico finale che, in assenza dell'acqua di falda, non abbisogna del contributo statico delle fodere, previste già in PD dello spessore di 0,40m.

A riepilogo di quanto sopra descritto si propone la seguente Tabella:

Tabella 3: Fasi Costruttive Sezioni Correnti

FASE	DESCRIZIONE	NOTE
1	Scavo a quota Testa Pali e loro esecuzione	
2	Magrone, Posa Armature e Getto Solettone di Copertura	
3	Impermeabilizzazione e Rinterro sopra estradosso Soletta Superiore	
4	Scavo a foro cieco fino a raggiungere le quote di fondo scavo (spritz-beton)	
5	Costruzione della Soletta di Fondazione ed Elevazione delle Fodere verticali	
6	Esecuzione della Massicciata Ferroviaria e dei suoi elementi marginali	
7	Apertura al traffico ferroviario	

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione Tecnica Generale	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0200 001</td> <td>C</td> <td>12 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	12 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	12 di 51								

La tabella precedente rappresenta, evidentemente, anche le fasi di calcolo dell'Opera che vengono descritte con maggior dettaglio nelle Relazioni specialistiche. Su richiesta dell'Appaltatore, la tabella non risulta vincolante. Infatti, anche nell'ipotesi che, per esigenze di Cantiere, lo scavo a foro cieco dovesse precedere la fase del rinterro in copertura, le armature dimensionate rimangono comunque sufficienti a garantire la sicurezza di tutti gli elementi strutturali.

Gli Imbocchi, sia Sud che Nord, affrontano le problematiche legate alla parietalità dell'Opera che, rispetto alle previsioni del Progetto Definitivo, ha richiesto l'introduzione di Sezioni Tipo aggiuntive.

Le più complesse Fasi Costruttive delle due Opere sono sintetizzate nelle seguenti Tabelle:

Tabella 4: Fasi Costruttive - Sezione D

FASE	DESCRIZIONE
1	Esecuzione dei Pali DN1500 della Paratia di Monte
2	Magrone, Posa Armature e Getto del cordolo di testa della paratia
3	Scavo con proiezione del calcestruzzo (Spritz-Beton) fino a quota -3m dalla testa del palo
4	Installazione della prima fila di tiranti a quota -2m dalla testa del palo con trave di ripartizione, e tesatura dei tiranti a N=300 kN
5	Scavo con proiezione del calcestruzzo (Spritz-Beton) fino a quota -6.5m dalla testa del palo
6	Installazione della seconda fila di tiranti a quota -5.5m dalla testa del palo con trave di ripartizione, tesatura dei tiranti a N=300 kN
7	Scavo con proiezione del calcestruzzo fino a quota fondo scavo
8	Esecuzione dei Pali DN1200 di fondazione del Solettone di Fondazione e DN1500 di Fondazione del Muro
9	Magrone, Posa Armature e Getto platea di fondazione e cordolo in Testa Palo
10	Disattivazione dei tiranti
11	Costruzione Muro lato Valle e Soletta di Copertura
12	Elevazione delle Fodere verticali e riprofilatura del pendio fino a raggiungere la configurazione di sistemazione definitiva
13	Esecuzione della Massicciata Ferroviaria e dei suoi elementi marginali
14	Apertura al traffico ferroviario

Completate le Opere dell'Imbocco Nord propriamente detto, i Lavori proseguono con la costruzione della Sezione E le cui fasi iniziali, evidentemente, potranno essere eseguite in continuità temporale con le medesime attività della Sezione D.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione Tecnica Generale	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0200 001</td> <td>C</td> <td>13 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	13 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	13 di 51								

Tabella 5: Fasi Costruttive - Sezione E

FASE	DESCRIZIONE
0	Scavo fino a raggiungere quote di testa pali della Paratia Monte
1	Esecuzione dei Pali DN1500 della Paratia di monte
2	Scavo con proiezione del calcestruzzo (Spritz-Beton) fino a quota -3m dalla testa del palo
3	Installazione della prima fila di tiranti a quota -2m dalla testa del palo con trave di ripartizione, e tesatura dei tiranti a N=300 kN
4	Scavo con proiezione del calcestruzzo (Spritz-Beton) fino a quota -6.5m dalla testa del palo
5	Installazione della seconda fila di tiranti a quota -5.5m dalla testa del palo con trave di ripartizione, tesatura dei tiranti a N=300 kN
6	Scavo con proiezione del calcestruzzo fino a quota fondo scavo
7	Esecuzione dei Pali DN1200 di fondazione del Solettone di Fondazione
8	Magrone, Posa Armature e Getto platea di fondazione
9	Disattivazione dei tiranti
10	Elevazione delle Fodere verticali, ricoprimento e riprofilatura del pendio fino a raggiungere la configurazione di sistemazione definitiva
11	Esecuzione della Massicciata Ferroviaria e dei suoi elementi marginali
12	Apertura al traffico ferroviario

La quota della falda rimane sottostante il piano di appoggio della soletta di fondazione e, pertanto, non sono previste opere di particolare impegno per il drenaggio, fatte salve le consuete attrezzature di cantiere per l'agottamento delle eventuali acque di percolazione.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione Tecnica Generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0200 001</td> <td>C</td> <td>14 di 51</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	14 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	14 di 51								

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

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione Tecnica Generale	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0200 001</td> <td>C</td> <td>15 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	15 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	15 di 51								

3 MATERIALI

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

Tabella 6: Lista Materiali

ELEMENTO	CALCESTRUZZO
Soletta Superiore e Fodere	C32/40
Soletta Inferiore	C30/37
Pali e Cordoli	C25/30
Magroni di pulizia	C12/15
ELEMENTO	ACCIAIO IN BARRE A.M.
Tutti	B450C

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

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

GA02 - Relazione Tecnica Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	16 di 51

4 DURABILITA'

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

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

Classe esposizione norma UNI 9888	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 si può considerare che tali condizioni riflettano 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 l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	0,45	C 35/45	

Classe esposizione norma UNI 9888	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 saliscine 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 immersi 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 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	Contentitori di fanghi e vasche di decantazione. Contentitori 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. Contentitori di foraggi, mangimi e liquami provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi di gas di scarto industriali.	0,45	C 35/45	

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

Figura 7: Classi di esposizione secondo UNI-EN 206-2006.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione Tecnica Generale	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0200 001</td> <td>C</td> <td>17 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	17 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	17 di 51								

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

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

	Classi di esposizione															
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri			Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico			
		XC1	XC2	XC3	XC4	Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti							
XS1	XS2					XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Massimo rapporto a/c	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,50	0,45
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	35/45
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³)	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360	360
Contenuto minimo in aria (%)													3,0 ^{a)}			
Altri requisiti													Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo	È richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati ^{b)}		

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.

Figura 8: Classi di resistenza minima del calcestruzzo secondo UNI – 11104

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

Vita Nominale = 50 anni

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

Figura 9: Definizioni del Copriferro secondo NTC08

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

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

GA02 - Relazione Tecnica Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	18 di 51

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

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

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

- | | | |
|------|--------------------------|--|
| [1]. | IF2612EZZRGGE0001001 | Relazione Geologica, geomorfologica ed idrogeologica |
| [2]. | IF2612EZZRBGE0005001 | Relazione geotecnica generale |
| [3]. | IF2612EZZFZGE0005001...8 | Profilo geotecnico di linea |

L'elaborazione delle indagini e delle prove di laboratorio eseguite hanno dato luogo alla seguente Tabella di Sintesi, estratta dal citato documento, che elenca le unità selezionate e schematizzate:

Unità	Descrizione	γ	Nspt [-]	Dr [%]	ϕ'		c'	cu [kPa]	Vs [m/s]	E0 [Mpa]	E' [Mpa]
		[kN/m ³]			[°]	[kPa]					
		PE	PE	PE	PE	PE	PE	PE	PE	PE	PE
Ra	Terreno di riporto- Rilevato ferroviario	20			35	0					35
b2	Limo argilloso deb. Sabbioso										
ba1	Ghiaia sabbiosa (Alluvioni attuali e recenti)	20-24 (21)	13-R	38-81	38-42	0			220-400	230-770	50-150
ba2	Sabbia, sabbia limosa (Alluvioni attuali e recenti)	17-21 (19)	4-36	22-65	31-37				150-220	110-235	25-55
ba3	Argille limose (Alluvioni attuali e recenti)	19-20 (19,5)							100-250	50-300	10-60
bc1	Ghiaia sabbiosa (Alluvioni antiche)		16-R	40-80	38-42	0			250-380	300-700	60-145
bc2	Sabbia, sabbia limosa (Alluvioni antiche)	18-19,5	2-14	18-43	30-34	0			170-260	140-330	30-65
bc3	Argille limose (Alluvioni antiche)	18-20	4-32		19-23	13-28	50-120		150-340	110-570	22-110
bc4	Travertini litoidi (Alluvioni terrazzate)										
bn1	Ghiaia sabbiosa (Alluvioni terrazzate)	20-22 (20)	R	70	35-40	0					
bn2	sabbia, sabbia limosa (Alluvioni terrazzate)										
TGC1	Tufo lapideo (Tufo Grigio Campano)	Si assumono i parametri caratteristici dell'unità TGC2									
TGC2	Genere sabbioso, sabbioso limosa (Tufo Grigio Campano)	15-18,5 (17)	7-46	28-72	32-35	0-5			185-500	170-1200	34-250
TGC3	Argille limose (Tufo Grigio Campano)	17,5-20 (18,5)									
MDL1	Ghiaia sabbiosa (Unità di Maddaloni)	18-22 (20)	24-R	45-80	38-42	0			325-650	525-2100	105-420
MDL2	Sabbia, sabbia limosa (Unità di Maddaloni)	18,5-20,5 (20)	15-50	32-70	31-37				250-470	300-1100	60-220
MDL3	Argille limose (Unità di Maddaloni)	18-21 (20)	20-R		19-27	23-42	160-220 (93,5 z ^{0,24})		240-450	295-1035	60-206

Figura 10: Parametri geotecnici di progetto

- dove: γ = peso di volume naturale;
 Nspt = n. di colpi da prova SPT;
 ϕ' = angolo di resistenza al taglio;
 c' = coesione drenata;
 cu = resistenza al taglio in condizioni non drenate;
 Vs = velocità delle onde di taglio;
 E₀ = modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

Il livello della falda rilevato è ubicato a profondità maggiori di 20 m dal p.c. e corre, generalmente, ad una distanza di almeno 6 metri al di sotto delle quote del Piano del Ferro, come mostra il profilo geotecnico:

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

GA02 - Relazione Tecnica Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	20 di 51

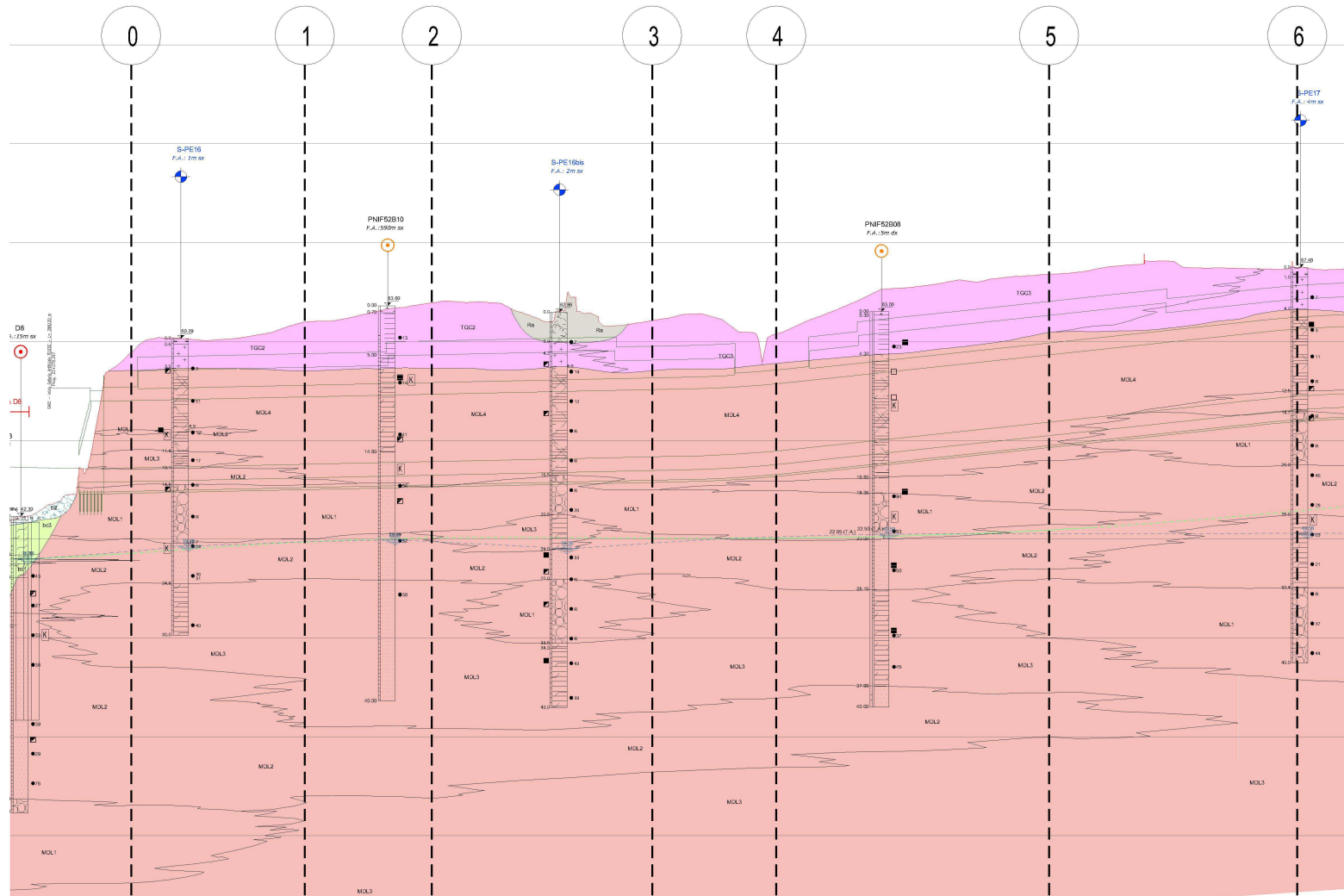


Figura 11: Profilo Geotecnico 1 di 3

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

GA02 - Relazione Tecnica Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	21 di 51

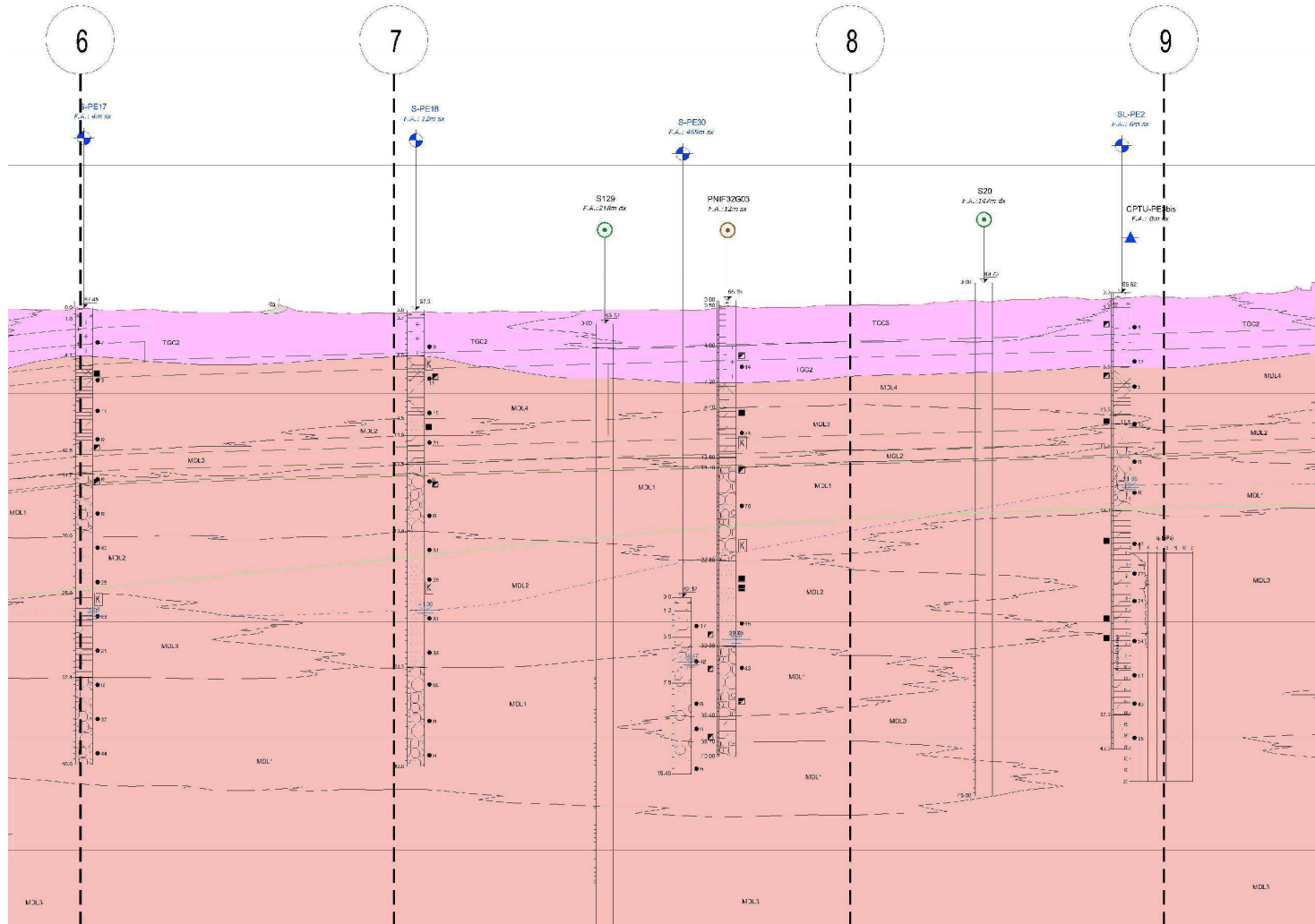


Figura 12: Profilo Geotecnico 2 di 3

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

GA02 - Relazione Tecnica Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	22 di 51

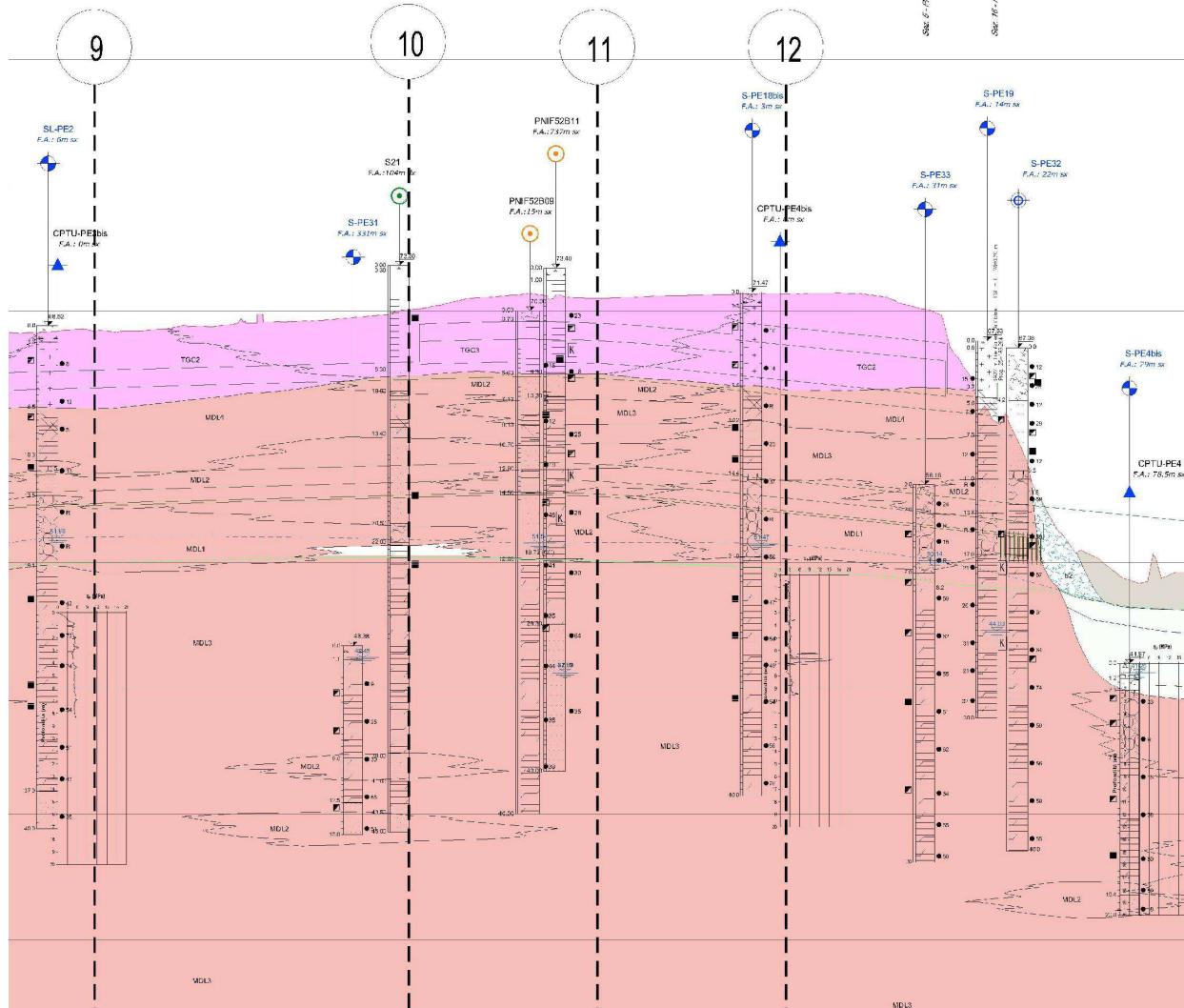


Figura 13: Profilo Geotecnico 3 di 3

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione Tecnica Generale	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">GA0200 001</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">23 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	23 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	23 di 51								

5.1 CAPACITÀ PORTANTE PALI

Il dimensionamento delle palificate di fondazione, ossia la lunghezza dei pali al di sotto della quota di fondo scavo, può essere governata o dal rapporto tra la spinta passiva richiesta dalla struttura per garantire il proprio equilibrio e la spinta passiva disponibile (azioni orizzontali), oppure dalla capacità di trasferire i carichi verticali al terreno di fondazione.

In questo paragrafo si tratterà solo di quest'ultimo aspetto.

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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

N_{rk} valore caratteristico della capacità portante

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Portanza Laterale

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

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

- dove
- σ_v' = tensione verticale efficace
 - K_s = coefficiente di spinta orizzontale assunto pari a $K_o = 1 - \sin(\phi')$
 - δ = angolo di attrito palo-terreno pari a $\delta/\phi' = 1.00$

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

GA02 - Relazione Tecnica Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	25 di 51

$$q_{bcr} = Nc * c + Nq * \sigma_v'$$

dove $Nc = (Nq-1)/\tan(\phi')$

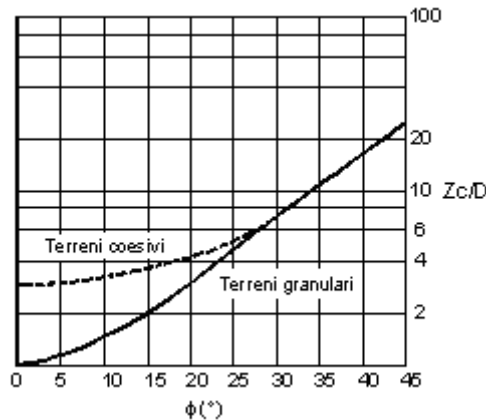
c = coesione drenata

σ_v' = tensione verticale efficace

Nq = coefficiente di capacità portante secondo Berezantzev funzione di ϕ

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

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



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

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

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

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

GA02 - Relazione Tecnica Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	26 di 51

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

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

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

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

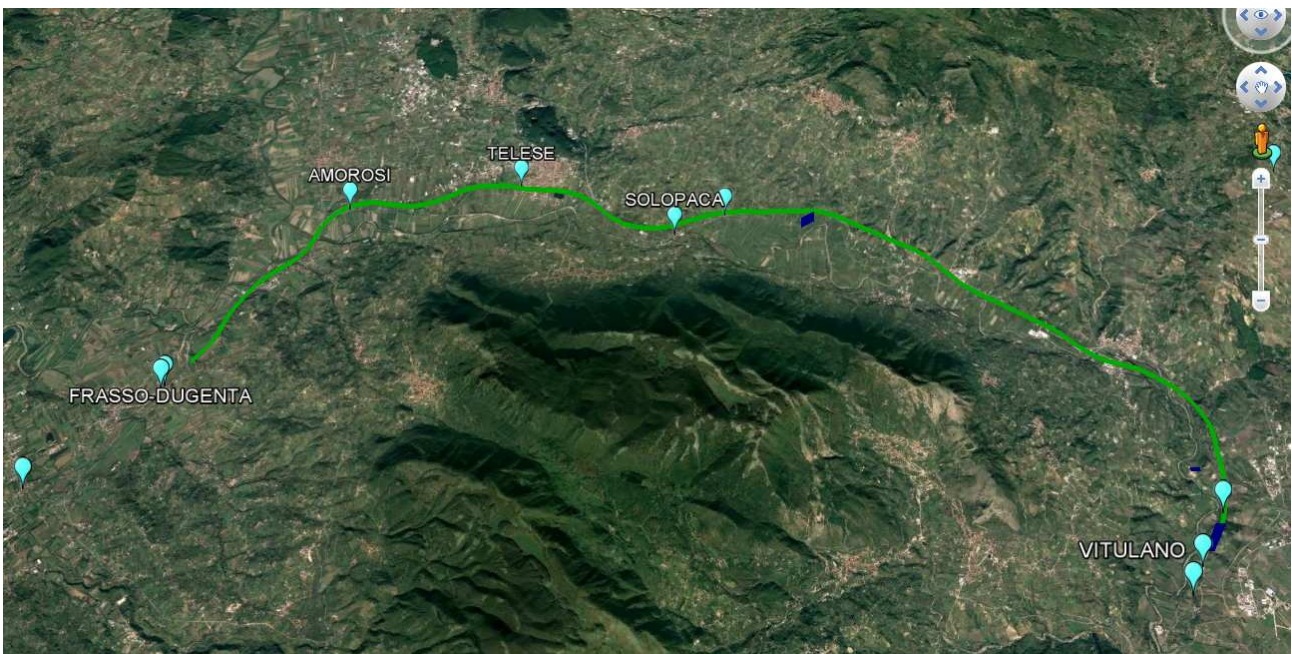


Figura 14: Configurazione planimetrica tracciato.

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

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

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

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

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

		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione Tecnica Generale		COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0200 001	REV. C	FOGLIO 28 di 51

La Categoria di Sottosuolo è valutata in [XX] secondo le prescrizioni di cui è al punto 3.2.2 del DM 14.01.08. Dal documento si evince che l'opera in esame appartiene al

Sottosuolo Tipo C

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

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

Figura 15: Espressioni di S_s e di C_c .

Per la Topografia si assume

Classe Topografica T1

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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

Figura 16: Categorie Topografiche.

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

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

Figura 17: Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T .

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

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

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

e riepilogando si assume:

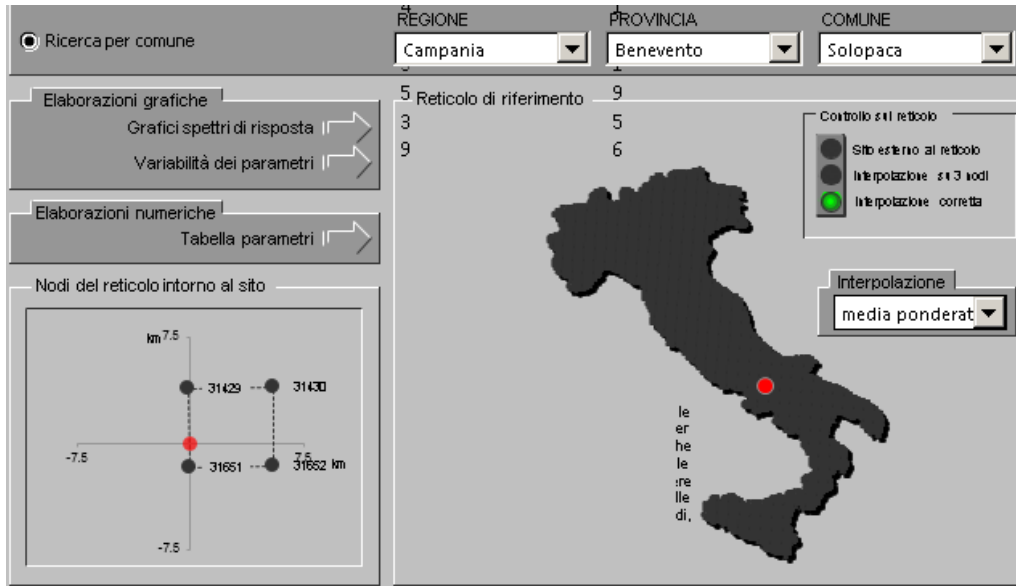
Stato Limite	Pvr	Vn	Cl. d'uso	Cu	Vr = Vn * Cu
	%	anni			anni
SLV	10	75	3	1,50	112,50

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

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

GA02 - Relazione Tecnica Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	30 di 51



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

Figura 18: Tabella Parametri Sismici @ Solopaca (BN)

Da quanto sopra si ricavano gli spettri elastici del sito:

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

GA02 - Relazione Tecnica Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	31 di 51

Parametri di Spettro Elastico (q=1.00) Componente Orizzontale

					per	q = 1
Sito					T	Sd_h
	Regione	Campania				
	Provincia	Benevento				
	Comune	Solopaca			0,000	0,401
	Latitudine		Tb	0,190	0,942	
	Longitudine		Tc	0,569	0,942	
				0,680	0,789	
Stato Limite				0,790	0,679	
				0,900	0,595	
	Vn =	75	anni	1,011	0,530	
	Cu =	1,50		1,121	0,478	
				1,232	0,435	
	Vr =	112,5	anni	1,342	0,399	
				1,453	0,369	
	Tr =	1 067,8	anni	1,563	0,343	
	Pvr =:	10	%	1,673	0,320	
				1,784	0,301	
Suolo	Ss'	Ss	Cc	1,894	0,283	
				2,005	0,267	
A	1,000	1,000	1,000	2,115	0,253	
B	1,098	1,098	1,321	2,225	0,241	
C	1,247	1,247	1,420	2,336	0,230	
D	1,267	1,267	1,974	2,446	0,219	
E	1,169	1,169	1,816	2,557	0,210	
				2,667	0,201	
	Cat, Suolo		C	2,778	0,193	
	Ss =	1,247		2,888	0,186	
	Cc =	1,420		2,941	0,179	
				2,994	0,173	
	Cat, Topogr,		T1	3,047	0,167	
	St =	1,000		3,100	0,161	
				3,153	0,156	
				3,206	0,151	
				3,259	0,146	
	ah =	0,322	g	3,312	0,141	
	Fo =	2,346	>= 2,200	3,365	0,137	
	Tc* =	0,401	s	3,418	0,133	
				3,470	0,129	
	qo =	1,000		3,523	0,125	
	Kr =	1,000		3,576	0,121	

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

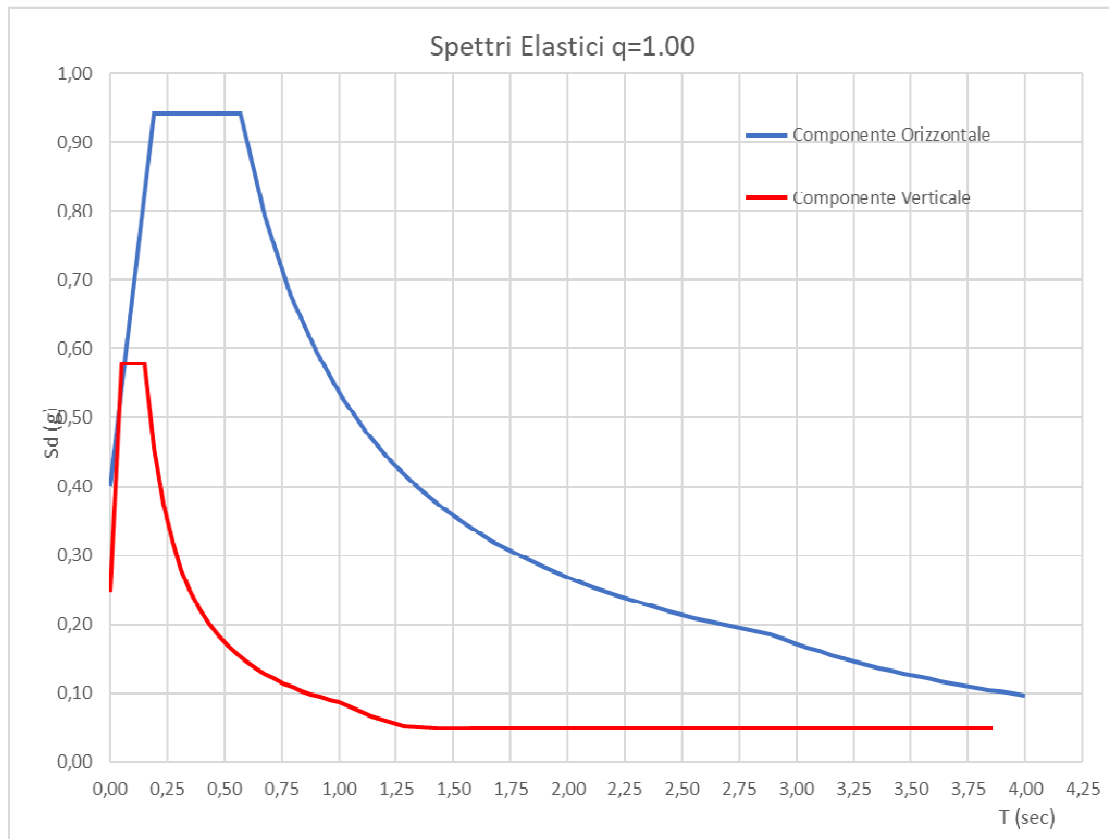
GA02 - Relazione Tecnica Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	32 di 51

			3,629	0,118
q =	1,000		3,682	0,114
S =	1,247		3,735	0,111
h o 1/q =	1,000		3,788	0,108
Tb =	0,190	s	3,841	0,105
Tc =	0,569	s	3,894	0,102
Td =	2,888	s	3,947	0,099
0,20 * a =	0,064		4,000	0,097
			10,000	0,097
dg =	0,0165	m		d_suolo
vg =	0,0366	m/s		V_suolo

L'accelerazione PGA verticale vale,

$$a_v = S * a_g * F_v / F_o = 1,35 * a_h^{3/2} = 1,247 * 0,246 = 0,307$$



7 ANALISI DI PARATIE DI SOSTEGNO

7.1 MODELLAZIONE STRUTTURALE

Le analisi finalizzate al dimensionamento delle strutture sono state condotte con il programma di calcolo "Paratie Plus 2017" 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 molle a comportamento elasto-plastico che reagiscono 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. Inoltre, è possibile modellare eventuali elementi di sostegno della paratia (tiranti, puntoni) con molle dotate di opportuna rigidità ($K= E \cdot A/L$).

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

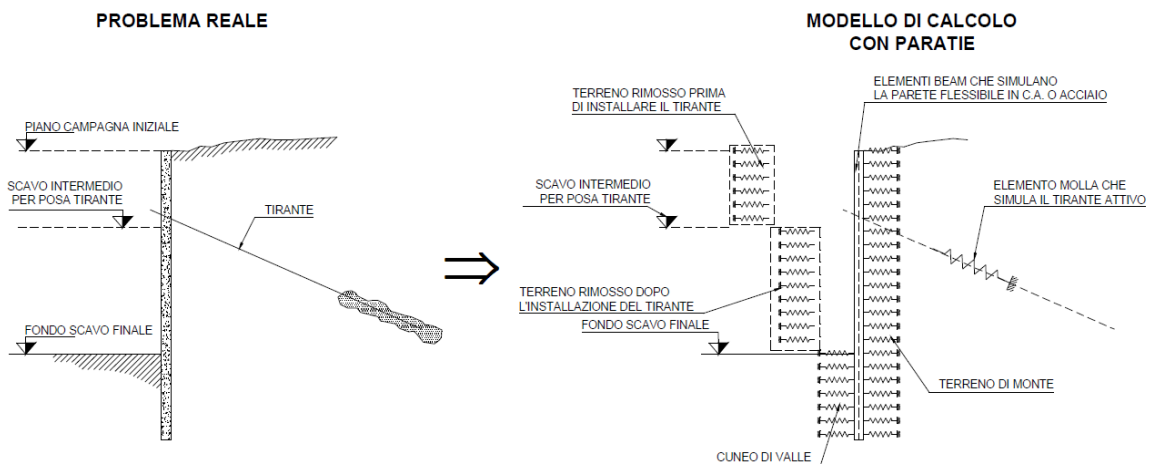


Figura 19: Modello di calcolo con Paratie Plus.

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

$$S_{eq}^3 = \frac{12 \cdot J_p}{i_p}$$

dove:

- J_p inerzia della sezione del palo
- i_p interasse pali

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione Tecnica Generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0200 001</td> <td>C</td> <td>34 di 51</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	34 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	34 di 51								

Il terreno si comporta come un mezzo elastico sino a che il rapporto tra la tensione orizzontale efficace σ'_h e la tensione verticale efficace σ'_v risulta compreso tra il coefficiente di spinta attivo k_a e quello passivo k_p , mentre quando il rapporto è proprio pari a uno dei due valori 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 modulo di rigidezza del terreno (Young)
- L grandezza geometrica caratteristica

Poiché nel programma PARATIE le molle sono posizionate a distanze finite Δ , la rigidezza di ogni molla è:

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

Il valore di Δ è fornito dalla schematizzazione ad elementi finiti. Il valore di L è fissato automaticamente dal programma e 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 o Uphill:

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

mentre in zona passiva o Downhill:

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

dove ℓ_A ed ℓ_P e sono rispettivamente:

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

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

Con

- l = altezza totale della paratia
- 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.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione Tecnica Generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0200 001</td> <td>C</td> <td>35 di 51</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	35 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	35 di 51								

Nello specifico dell'opera analizzata si è posto:

Pali

$$\Phi = 1\,200 \text{ mm}$$

$$J_p = \pi * \Phi^4 / 64 = 0,1018 \text{ m}^4$$

$$i_p = 1,500 \text{ m}$$

$$J_p/i_p = 0,0678 \text{ m}^4/\text{m}$$

$$E_p = 29962 \text{ N/mm}^2$$

$$l = 20,00 \text{ m} \quad \text{Altezza Totale della Paratia}$$

$$H = 10.80 \text{ m} \quad \text{Sbalzo della Paratia}$$

Puntone Sup.

$$H_s = 2,43 \text{ m}$$

$$A_s = 1,00 * H_s = 2,43 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$E_s = 33346 \text{ N/mm}^2$$

Puntone Inf.

$$H_s = 1.00 \text{ m}$$

$$A_s = 1,00 * H_s = 1.00 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$E_s = 32837 \text{ N/mm}^2$$

Si osservi che per la valutazione della rigidità del puntone è stata assunta l'intera altezza utile della sezione della soletta di copertura in quanto gettata contro i pali.

7.2 MODELLAZIONE GEOTECNICA

Il programma impiegato richiede, ovviamente, la definizione di parametri geotecnici degli strati in cui è stato suddiviso il terreno al contorno dell'opera e che è stata già riportata nei paragrafi precedenti.

Il problema dell'interazione suolo-struttura consiste nel valutare il raggiungimento dello stato di equilibrio del terreno al variare delle deformazioni della struttura in quanto la tensione orizzontale σ'_h che lo scheletro solido del terreno esercita sulla parete verticale della struttura è funzione dello spostamento che essa subisce.

L'analisi di interazione ha inizio dallo stato indisturbato del terreno che è in equilibrio in condizioni litostatiche

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

Secondo la relazione di Kulhawy [1989], il coefficiente di spinta a riposo dipende dalla resistenza del terreno e dal rapporto di sovraconsolidazione del terreno OCR secondo la seguente relazione:

$$K_0 = K_0^{nc} * OCR^m$$

dove:

GA02 - Relazione Tecnica Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	36 di 51

- k_0^{nc} è il coefficiente di spinta a riposo per terreni normal-consolidati che secondo Jaky [1936] può essere posto pari a $K_0=(1 - \text{sen } \varphi')$;
- m è un parametro empirico, di solito compreso tra 0,40 e 0,70.

Con lo scavo, lo stato di equilibrio litostatico viene perturbato e le spinte variano in funzione dello spostamento:

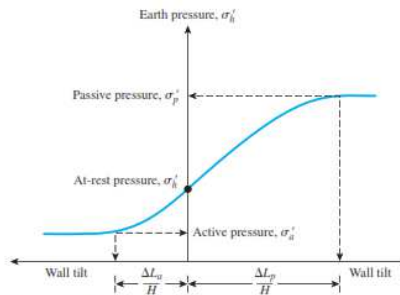


Figure 13.2 Variation of the magnitude of lateral earth pressure with wall tilt

Table 13.1 Typical Values of $\Delta L_a/H$ and $\Delta L_p/H$

Soil type	$\Delta L_a/H$	$\Delta L_p/H$
Loose sand	0.001–0.002	0.01
Dense sand	0.0005–0.001	0.005
Soft clay	0.02	0.04
Stiff clay	0.01	0.02

La tensione σ'_h “attiva” sul paramento viene calcolata come:

$$\sigma'_h = K_a \cdot \sigma'_v - 2 \cdot c' \cdot (K_a)^{0,50} \quad \text{pressione attiva}$$

dove:

- K_a = coefficiente di spinta attiva;
- σ'_v = tensione verticale efficace alla generica profondità;
- c' = coesione efficace.

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

La tensione σ'_h “passiva” sul paramento viene, parimenti, calcolata come:

$$\sigma'_h = K_p \cdot \sigma'_v + 2 \cdot c' \cdot (K_p)^{0,50} \quad \text{pressione passiva}$$

dove:

- K_p = coefficiente di spinta passiva;

Fra le varie formulazioni proposte per il calcolo di K_p si è scelta la formulazione di Caquot-Kerisel [1948]

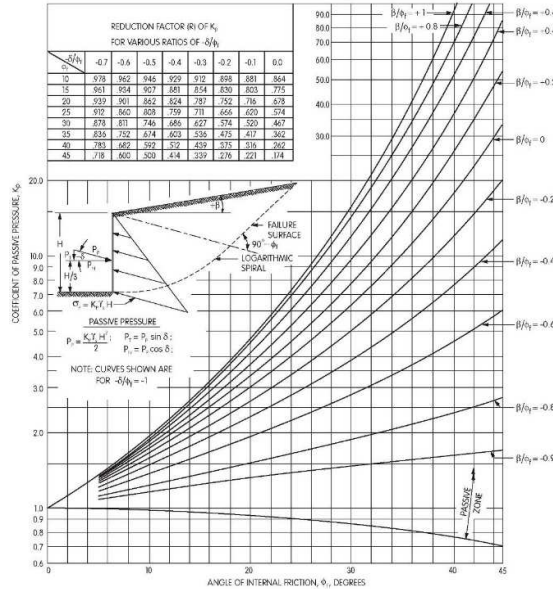


Figura 20: Coefficiente Kp [Caquot – Kerisel, 1948].

che vede il cuneo di spinta passiva assumere una superficie potenziale di scorrimento definita da un arco di spirale logaritmica.

Si assume inoltre, come da richiesta del Cliente, che il coefficiente di attrito “terreno-muro” valga:

$$\delta' \cong 0.60 \cdot \varphi' \quad \text{in condizioni statiche}$$

$$\delta' \cong 0.00 \cdot \varphi' \quad \text{in condizioni sismiche}$$

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

Le rigidzze delle molle schematizzanti i vari strati di terreno sono proporzionali ai loro moduli elastici.

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:

$$u = \gamma_w \cdot z$$

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:

$$\sigma'v = \gamma \cdot (z - h_w) + \gamma' \cdot h_w + q$$

- Essendo
- γ : peso di volume naturale del terreno
 - γ' : peso di volume del terreno immerso
 - h_w : altezza di falda rispetto al piano orizzontale posto a quota z
 - q : intensità del sovraccarico presente su piano limite

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
GA02 - Relazione Tecnica Generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0200 001</td> <td>C</td> <td>38 di 51</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	38 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	38 di 51								

7.3 MODELLAZIONE SISMICA

La forza dovuta alla spinta dinamica del terreno soggetta a moto sismico, viene valutata con la teoria di Wood ed agisce 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 solo tratto “scoperto” o “fuori terra” della paratia.

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

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

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

con:

W : Peso della massa coinvolta / intensità del carico permanente

K_h : coefficiente sismico orizzontale

K_v : coefficiente sismico verticale

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

$$K_h = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$$

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

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

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

GA02 - Relazione Tecnica Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	39 di 51

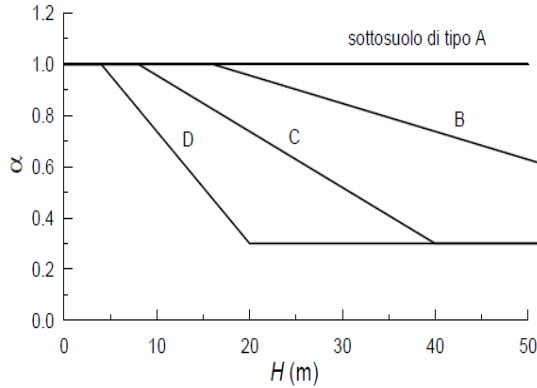


Figura 7.11.2 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α

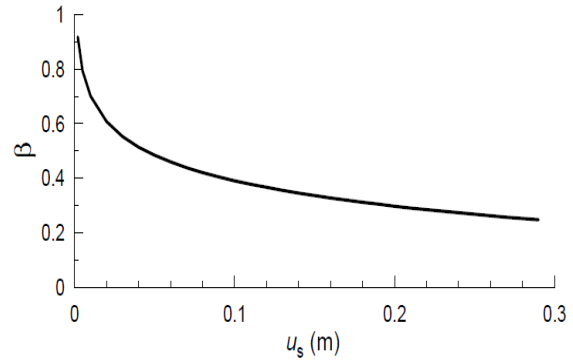


Figura 7.11.3 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β .

Figura 21: Diagrammi per la valutazione dei coefficienti α e β .

H =	20,00 m	Altezza Totale della Paratia
α =	0,75	assunto, a favore di sicurezza, pari a α = 0,80
β =	1,00	

Nel caso in esame, per quanto detto al capitolo delle azioni sismiche,

$$a_{\max} = S \cdot a_g \cdot \alpha = 1,247 \cdot 0,322 \cdot 0,80 = 0,321$$

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

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

Il coefficiente K_v sopra descritto è applicato in automatico dal programma alle masse di terreno poste a tergo della/delle paratie. Nel caso di Galleria Artificiale, ossia paratie che si fronteggiano collegate da un puntone/soletta di copertura occorre tenere conto dell'azione sismica verticale delle masse portate dalla copertura, che si assume pari a:

$$S_v = a_v \cdot W$$

Tale carico viene applicato "manualmente" dall'operatore mediante l'accelerazione verticale definita ai paragrafi precedenti.

Quando presenti, gli effetti idrodinamici sono valutati con il metodo di Westergaard (Westergaard, 1931) e sono applicate come pressioni esterne con la relazione:

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

GA02 - Relazione Tecnica Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	40 di 51

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

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

Z_w è la profondità del punto considerato dalla superficie libera della falda.

Quando 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} .

8 COMBINAZIONI DI CARICO

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

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

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

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

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

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

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

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

SLU Opere Ferroviarie:

5.2.3.3.1 Requisiti concernenti gli SLU

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

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

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

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolge i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano completamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.

⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna.

⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali.

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

γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;

γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

γ_B coefficiente parziale del peso proprio del ballast;

γ_Q coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;

γ_P coefficiente parziale delle azioni variabili.

Figura 22: Tabella 5.2.V – NTC 2008

SLU Opere Stradali:

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

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

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

Figura 23: Tabella 5.1.V – NTC 2008

SLE Opere Ferroviarie:

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

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	g^r_1	$0,80^{(2)}$	$0,80^{(1)}$	0,0
	g^r_2	$0,80^{(2)}$	$0,80^{(1)}$	-
	g^r_3	$0,80^{(2)}$	$0,80^{(1)}$	0,0
	g^r_4	1,00	$1,00^{(1)}$	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

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

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

Figura 24: Tabella 5.2.VI – NTC 2008

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

GA02 - Relazione Tecnica Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	43 di 51

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

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

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

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

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

Figura 25: Tabella 5.2.VII – NTC 2008

SLE Opere Stradali:

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

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

Figura 26: Tabella 5.1.VI – NTC 2008

Le combinazioni allo Stato Limite Ultimo sono di seguito descritte ed analizzate in dettaglio.

Alle precedenti matrici dei coefficienti di combinazione si affiancano i fattori parziali di sicurezza da applicare ai parametri geotecnici del terreno che, come da Normativa, possono seguire due Approcci (§ 6.5.3.1.2):

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione Tecnica Generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	44 di 51

Approccio 1:

Fase Statica: A1+M1+R1 Combinazioni per le verifiche STR
A2+M1+R1 Combinazioni per le verifiche GEO

Fase Sismica: A1+M1+R1 SIS-STR – Combinazioni per le verifiche STR in fase sismica

Approccio 2:

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

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

Le Tabelle seguenti definiscono i valori dei coefficienti da adottare:

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

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

Figura 27: Tabella 6.2.II

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

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

Figura 28: Tabella 6.5.I

Le sollecitazioni degli elementi strutturali Pali e Solettone di Copertura sono tratte dal Software Paratie che, come noto, segue al passo l'evoluzione costruttiva della struttura, e consente di gestire al suo interno i coefficienti di combinazione per ciascuno degli Stati Limite Considerati. Per l'analisi in esame sono stati considerati i coefficienti riportati nella seguente tabella tratta dalle schermate del Software impiegato:

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

GA02 - Relazione Tecnica Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	45 di 51

Lista degli approcci di progetto

Attivo	Std	Collezione	Nome	Stato Limite	Descrizione	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Carico Sismico (F_seism_load)	Pressioni Acqua Lato Monte (F_WaterDR)	Pressioni Acqua Lato Valle (F_WaterRes)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_UPL_GDStab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_UPL_GStab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_UPL_QDStab)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_HYD_GDStab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_HYD_GStab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_HYD_QDStab)	
						A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
						YG	YG	YQ	YQ	YQE	YG	YG	YQdst	YQdst	YQdst	YQdst	YQdst	YQdst	YQdst
<input checked="" type="checkbox"/>			Nominal	UNDEFINED		1	1	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	1	1	1	
<input checked="" type="checkbox"/>	IT	NTC2008 (ITA)	SLE (Rara)	SERVICE		1	1	1	1	<input type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	1	1	1	
<input checked="" type="checkbox"/>	IT	NTC2008 (ITA)	A1+M1+R1	ULTIMATE		1,3	1	1,5	1	<input type="checkbox"/>	1,3	1	1	1	1	1,3	1	0,9	
<input checked="" type="checkbox"/>	IT	NTC2008 (ITA)	A2+M2+R1	ULTIMATE		1	1	1,3	1	<input type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	1,3	1	0,9	
<input checked="" type="checkbox"/>	IT	NTC2008 (ITA)	SISMICA STR	ULTIMATE		1	1	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	1	1	1	
<input type="checkbox"/>										<input type="checkbox"/>									

Figura 29: Tabella Coefficienti A1 e A2 per Paratia e Copertura

Per il solettone di fondazione, analizzato con il software di calcolo ad elementi finiti SAP2000 sono state analizzate le seguenti combinazioni di carico:

MATRICE COMBINAZIONI DEI CARICHI ALLO SLU

Matrice MCC_SLU	SLU_01	SLU_02	SLU_03	SLU_04	SLU_05	SLU_06	Ψ
	γ	γ	γ	γ	γ	γ	
G1	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00
G2	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00
Treno LM71 SX	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,00
Treno LM71 DX	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	1,00
Treni LM71 SX+DX	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	1,00

Matrice MCC_SLU	SLU_07	SLU_08	SLU_09	SLU_10	SLU_11	SLU_12	Ψ
	γ	γ	γ	γ	γ	γ	
G1	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00
G2	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00
Treno LM71 SX	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,00
Treno LM71 DX	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	1,00
Treni LM71 SX+DX	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	1,00

9 VERIFICHE STRUTTURALI

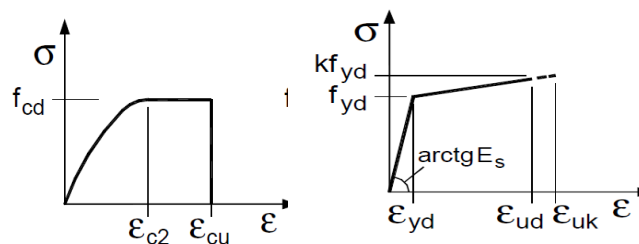
I criteri generali di verifica utilizzati per la valutazione delle capacità resistenti delle sezioni, per la condizione SLU, e per le massime tensioni nei materiali nonché per il controllo della fessurazione, relativamente agli SLE, sono quelli definiti al p.to 4.1.2 del DM 14.01.08.

9.1 VERIFICHE SLU

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

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

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



Legami costitutivi Calcestruzzo – Acciaio.

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

Verifica della richiesta di armatura

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

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

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

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

Verifica Biella Compressa

$$V_{rcd} = \alpha_{cw} * v1 * f_{cd} * [\text{ctg}(\alpha) + \text{ctg}(\text{teta})] / [1 + \text{ctg}^2(\text{teta})] * b_w * 0.9 * d$$

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

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

$$v1 = 0.500$$

Verifica Armatura Trasversale

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

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

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

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

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

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

Verifiche a Torsione

$$T_{rcd} = 2 * v1 * f_{cd} * A * t * \text{cotg}(\text{teta}) / [1 + \text{cotg}^2(\text{teta})]$$

$$v1 = 0.500$$

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

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

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

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

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
GA02 - Relazione Tecnica Generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	49 di 51

9.2 VERIFICHE SLE

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

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

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

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

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

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Figura 30: Tabella 4.1.III – DM 14.01.2008.

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

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

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

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

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

Analogamente per le armature si impone:

Combinazioni		B450C	
	$f_{yk} =$	450	N/mm ²
CARATTERISTICHE	$\sigma_{sr} = 0.75 * f_{yk} =$	XC2	N/mm ²

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

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

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

In cui:

$$k_3 = 3.400$$

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

$$k_1 = 0.800$$

$$k_2 = 0.500$$

$$k_4 = 0.425$$

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

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

ricoprimento dell'armatura;

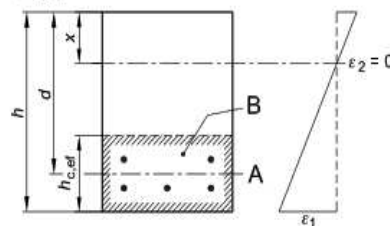
barre ad aderenza migliorata

distribuzione delle deformazioni per flessione

diametro equivalente barre in zona tesa

Area efficace di calcestruzzo intorno all'armatura tesa

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



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

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

GA02 - Relazione Tecnica Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0200 001	C	51 di 51

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

$K_t = 0.40$ per carichi di lunga durata

$K_t = 0.60$ per carichi di breve durata

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

σ_s = tensione nell'armatura tesa in sezione fessurata

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