

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

GAO1 – GALLERIA ARTIFICIALE FONDOVALLE ISCLERO

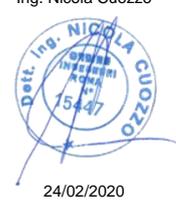
RELAZIONE TECNICA GENERALE

APPALTATORE		SCALA:
IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A. Dott. Ing. Sabino Del Balzo L. UNICO DIRETTORE TECNICO Ing. Sabino DEL BALZO Ing. S. DEL BALZO 24/02/2020		-

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

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

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	S. Bushaj	24/02/2020	A.Fernandez	24/02/2020	F. Rizzo	24/02/2020	Ing. Nicola Cuozzo



Indice

1	GENERALITA'	4
1.1	UNITA' DI MISURA	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	9
2.1	SOFTWARE IMPIEGATO	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
2.2	ELABORATI DI RIFERIMENTO	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
3	MATERIALI	10
3.1	CALCESTRUZZO PER PALI E CORDOLI.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
3.2	CALCESTRUZZO PER SOLETTE SUPERIORI E FODERE.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
3.3	CALCESTRUZZO PER SOLETTE INFERIORI	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
3.4	CALCESTRUZZO MAGRO.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
3.5	ACCIAIO IN BARRE A.M.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
3.6	CLASSI DI ESPOSIZIONE E COPRIFERRI.....	10
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	14
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	17
6	ANALISI DI PARATIE DI SOSTEGNO	24
6.1	MODELLAZIONE STRUTTURALE	24
6.2	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.	
6.3	MODELLO DI CALCOLO DELLA SOLETTA DI FONDAZIONE.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
6.4	MODELLAZIONE GEOTECNICA	26
6.5	MODELLAZIONE SISMICA	32
7	ANALISI DEI CARICHI	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
7.1	G1: PESI PROPRI.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
7.2	G2: SOVRACCARICHI PERMANENTI.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
7.3	G3: SPINTA DELLE TERRE.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
7.4	Q1: SOVRACCARICHI MOBILI FERROVIARI	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.

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

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	3 di 44

7.5	Q2: SOVRACCARICHI MOBILI STRADALI	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
7.6	AZIONE LONGITUDINALE DI FRENAMENTO	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
7.7	AZIONI TERMICHE	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
7.8	RITIRO	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
7.9	Q2: INCREMENTO DINAMICO DEI CARICHI MOBILI...	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
8	COMBINAZIONI DI CARICO	35
8	VERIFICHE STRUTTURALI	40
8.1	VERIFICHE SLU.....	40
8.2	VERIFICHE SLE.....	42
9	FASI DI CALCOLO	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
9.1	SEZIONE 1 – PK 19+407,99.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
10	SOLLECITAZIONI SEZ. 1.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
10.1	SOLETTA DI COPERTURA.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
10.2	PALI.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
11	SOLLECITAZIONI SEZ. 2.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
11.1	PALI.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
12	VERIFICHE STRUTTURALI	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
12.1	SEZIONE 1	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
12.2	SEZIONE 2 – P.K. 19+423,85.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
12.3	SOLETTONE DI FONDAZIONE	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
12.4	FODERE DI RIVESTIMENTO	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
13	44	
14	CAPACITA PORTANTE PARATIA DI PALI.....	29

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 Fondo Valle Sclero, codificata a nome GA01, tra le pk 19+396.64 e 19+422.34 (Svincolo S.S. Fondo Valle Isclero - S.S. n° 265).

In origine, ossia in sede di Progetto a Base di Gara, l'Opera era prevista costruita fuori dalla sua sede definitiva e successivamente spinta nella sua posizione finale previa chiusura dello Svincolo e scavo a cielo aperto della trincea trasversale. In sede di gara l'Appaltatore proponeva una soluzione spinta ma senza chiusura dello svincolo ricorrendo all'adozione di un sistema di sostegno provvisorio della pavimentazione stradale, denominato UCS. Una volta aggiudicato l'Appalto ed in seguito al rinvenimento nel corpo del rilevato stradale di un tombino circolare tipo Armco, l'analisi di fattibilità della proposta Impresa in sede di gara si mostrava impraticabile, sia da un punto di vista tecnico che da quello della sicurezza del lavoro. Il tombino risultava, infatti, non solo ubicato in posizione interferente con l'Opera ma anche in quota tale da richiedere complesse e pericolose operazioni di taglio delle lamiere in corso di spinta.

La soluzione strutturale che qui si propone, dunque, si compone di un tradizionale approccio al problema dell'esercizio dello Svincolo Stradale costituito dal cosiddetto Metodo Milano, che riprende in toto il metodo costruttivo della Galleria GA02. Per la realizzazione dell'opera si utilizzano pali del diametro $\Phi 1200$ mm disposti ad interasse di 1,5 m e la cui lunghezza massima si stabilisce in 18m. Per consentire l'esecuzione delle palificate, risulta necessario edificare un rilevato provvisorio dal quale si realizzano le due porzioni di approccio, composte da scatolari ad U, all'attraversamento vero e proprio. Quest'ultimo viene realizzato dalla sede stradale attuale che, opportunamente gestita, consente di non interrompere l'esercizio dello svincolo e di realizzare, in due fasi, la soletta di copertura che consente il transito dei veicoli ad opera finita.

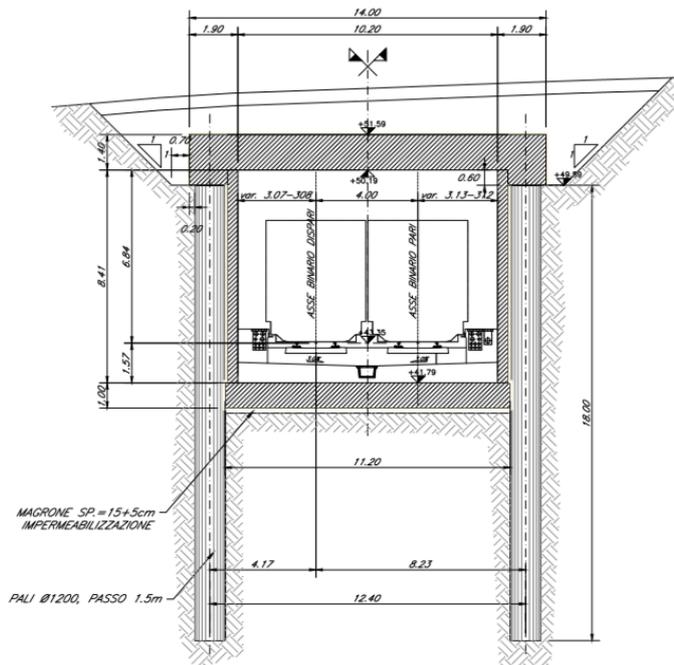


Figura 1: Sezione Trasversale

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

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	5 di 44

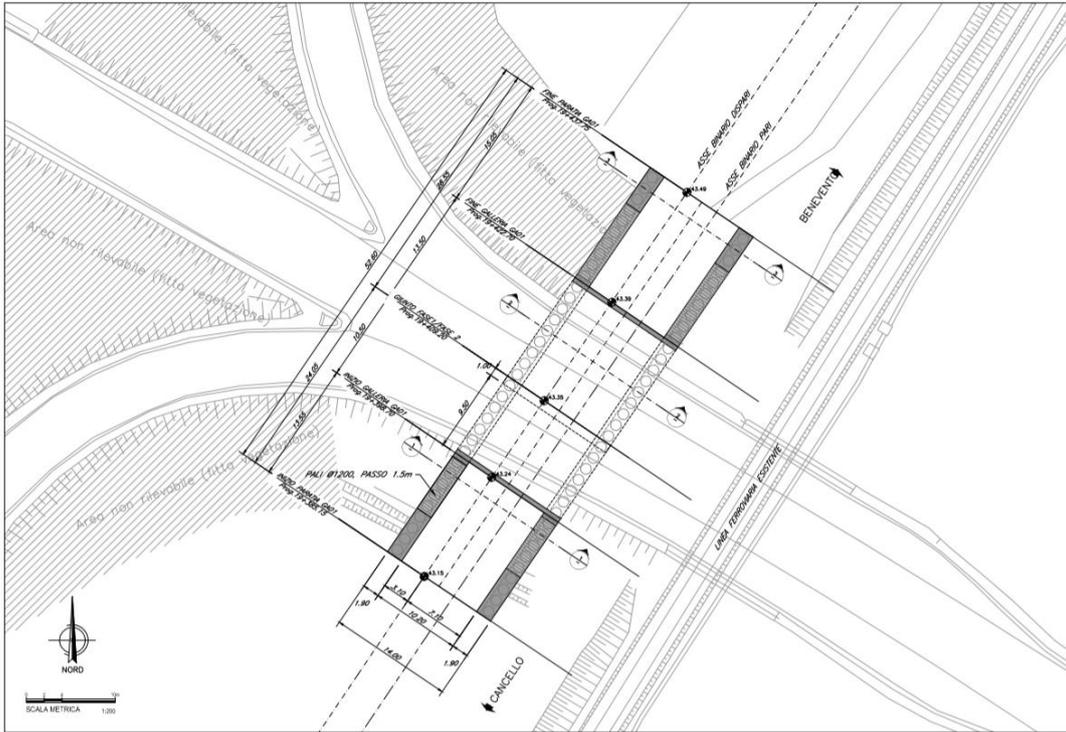


Figura 2: Pianta

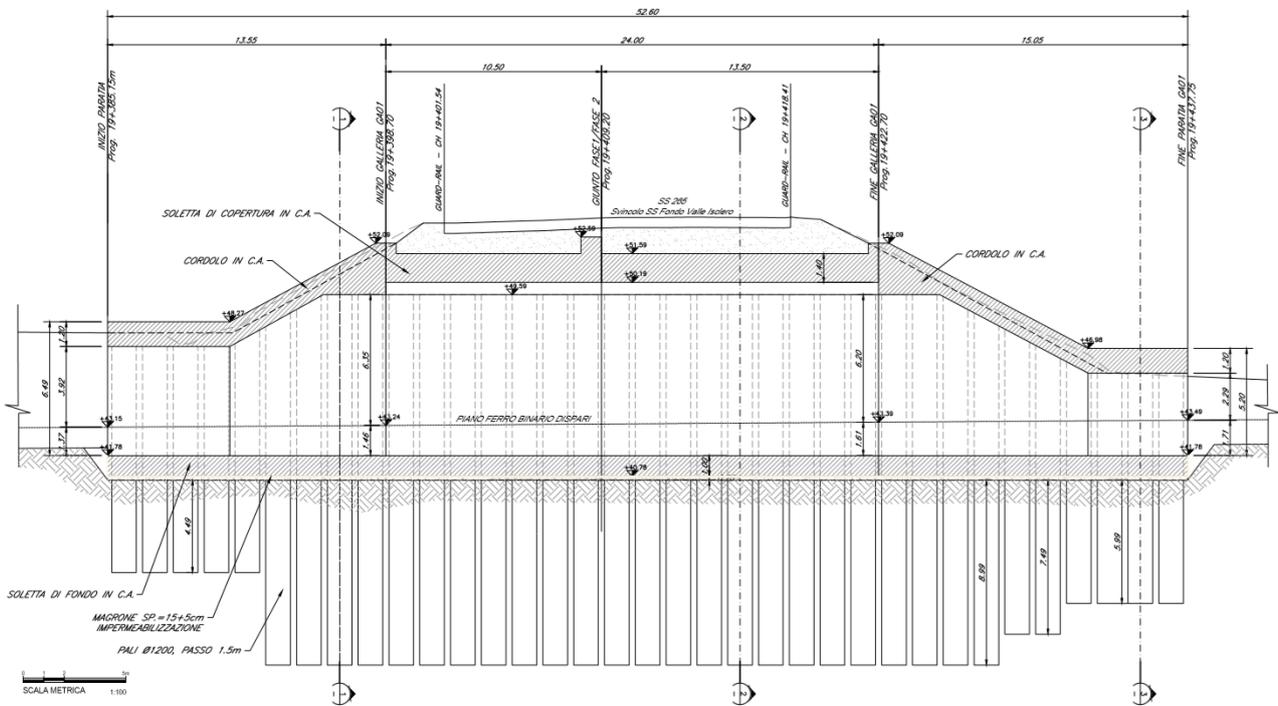


Figura 3: Sezione Longitudinale

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

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	6 di 44

Pali $\Phi = 1200 \text{ mm}$
 Interasse Pali $i_p = 1.50 \text{ m}$
 Soletta di copertura $s_c = 1.40 \text{ m}$
 Soletta di fondazione $s_f = 1,10\text{m}$
 Rivestimento laterale $s_r = 0,40\text{m}$

In considerazione degli obiettivi precedentemente descritti, le fasi costruttive adottate sono riportate con maggior dettaglio nella tabella seguente:

Tabella 1: Fasi costruttive

FASE 1 - PARZIALIZZAZIONE TRAFFICO SU CORSIE NORD		
ATTIVITA'	DESCRIZIONE	NOTE
1	Realizzazione del rilevato temporaneo a sud dello svincolo, per esecuzione pali e parziale riempimento del tombino esistente	
2	Pazializzazione del traffico e delimitazione area di cantiere	
3	Infissione delle palancole da piano stradale	
4	Dal piano strada, scavo fino a quota imposta soletta di copertura e realizzazione dei pali	
5	Posa armatura e getto porzione della soletta di copertura, con le predisposizioni dei ferri di ripresa per il getto di completamento da eseguirsi in fase 2	
6	Impermeabilizzazione della soletta di copertura	
7	Installazione blocchi di contenimento del rilevato stradale	
8	Ritombamento, ripristino della pavimentazione, installazione delle barriere bordo ponte e della segnaletica stradale	
FASE 2 - PARZIALIZZAZIONE TRAFFICO SU CORSIE SUD		
9	Pazializzazione del traffico e delimitazione area di cantiere	
10	Rimozione delle palancole da piano stradale infisse in fase 1	
11	Infissione delle palancole nel tratto di corsia nord come indicato negli elaborati grafici	
12	Scavo fino a quota imposta soletta di copertura	
13	Realizzazione dei pali.	
14	Posa armatura e getto di completamento della restante porzione di soletta di copertura	
15	Impermeabilizzazione in soletta di copertura	
16	Rimozione della fila superficiale di blocchi di contenimento del rilevato stradale installati in fase 1	
17	Rimozione delle palancole installate in fase 2	
18	Ritombamento sopra la soletta di copertura, ripristino della pavimentazione, installazione delle barriere bordo ponte e della segnaletica stradale	
FASE 3 - COMPLETAMENTO DELLA GA01		
19	Esecuzione dello scavo sotto soletta di copertura fino a quota di imposta della fondazione e applicazione di 10cm spritz beton di regolarizzazione sui pali.	
20	Rimozione del tombino metallico esistente tipo Armco	
21	Costruzione della galleria GA01	
22	Armamento ferroviario, impianti, rimodellazione del terreno e opere di finitura.	

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

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	7 di 44



Figura 4: Fase 1 – Traffico su Corsie Nord



Figura 5: Fase 2 – Traffico su Corsie Sud

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

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	8 di 44

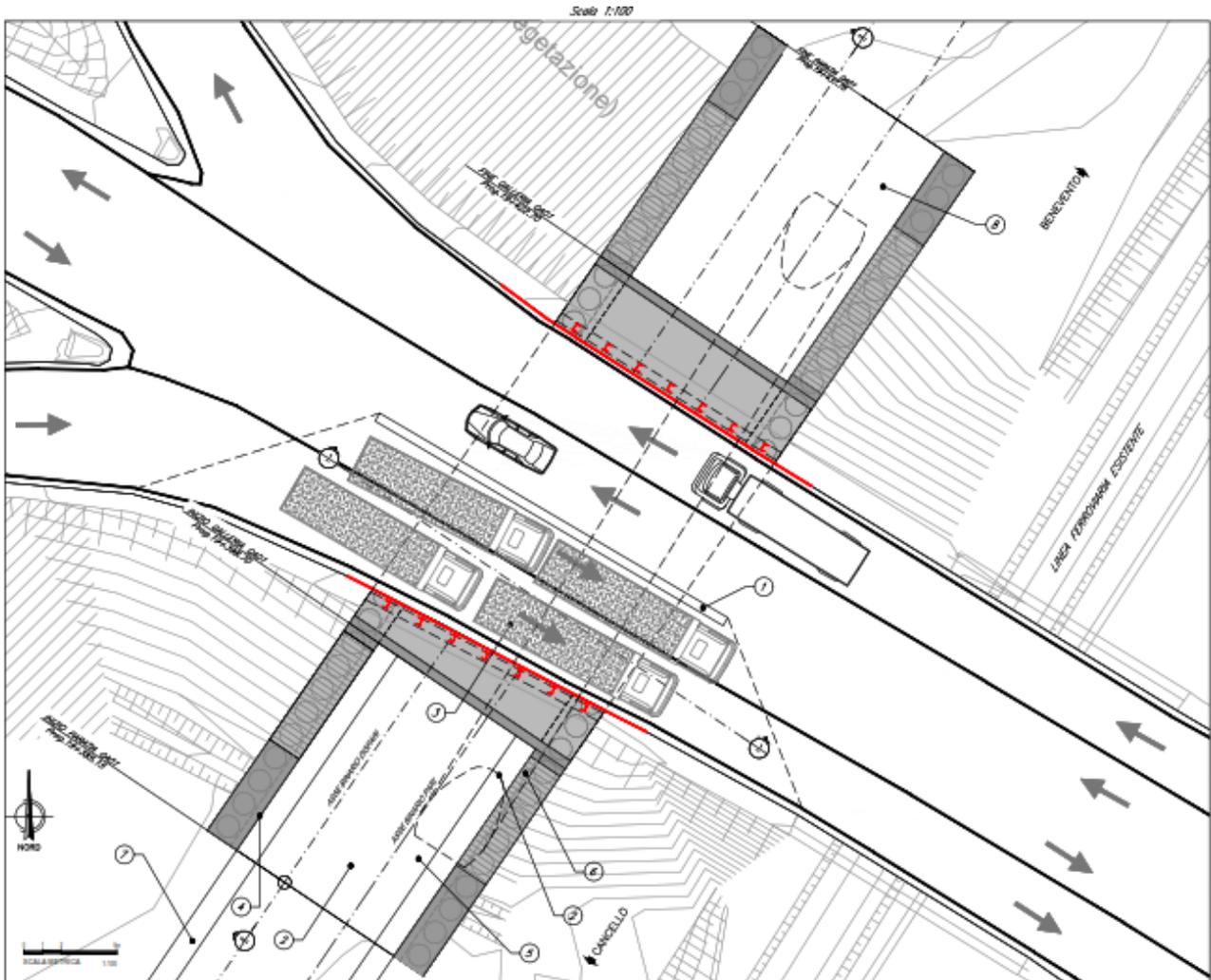


Figura 6: Fase 3 – Apertura al Traffico

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori	<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>GA0100 001</td> <td>A</td> <td>9 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	9 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	9 di 44								

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												
Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori	<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>GA0100 001</td> <td>A</td> <td>10 di 44</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	10 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	10 di 44								

3 MATERIALI

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

Tabella 2: 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**

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	11 di 44

4 DURABILITÀ

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 9698	Classe esposizione minima 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 rischi di corrosione o attacco						
1	X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici in ambiente molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.	-	C 12/15	
2 Corrosione indotta da carbonatazione <small>Note: Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi su può considerare che tali condizioni 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.</small>						
2 a	XC1	Asciutto o permanentemente bagnato.	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensazione, o immerse in acqua. Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni.	0,60	C 25/30	
2 a	XC2	Bagnato, raramente asciutto.	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 9698	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206-1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare						
4 a 5 b	XS1	Esposto alla salinità marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.	0,50	C 32/40	
	XS2	Permanentemente sommerso.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua.	0,45	C 35/45	
	XS3	Zone esposte agli spruzzi o alle maree.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.	0,45	C 35/45	
5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti *						
2 b	XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.	0,50	C 32/40	
3	XF2	Moderata saturazione d'acqua, in presenza di agente disgelante.	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.	0,50	C 25/30	3,0
2 b	XF3	Elevata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.	0,50	C 25/30	3,0
3	XF4	Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.	0,45	C 28/35	3,0
6 Attacco chimico**						
5 a	XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contentori di fanghi e vasche di decantazione. Contentori e vasche per acque reflue.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.	0,50	C 32/40	
5 c	XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contentori di foraggi, mangimi e liquame provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi di gas di scarico industriali.	0,45	C 35/45	
*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione: - moderato: occasionalmente gelato in condizione di saturazione; - elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione. **) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.						

Figura 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												
Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori	<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>GA0100 001</td> <td>A</td> <td>12 di 44</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	12 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	12 di 44								

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		
		Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti			XF1		XF2		XF3		XF4		XA1	XA2	XA3
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Massimo rapporto <i>a/c</i>	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	
Minima classe di resistenza ¹⁾	C12/15	C25/30	C28/35	C32/40	C32/40	C35/45	C28/35	C32/40	C35/45	32/40	25/30	28/35	28,35	32/40	35/45			
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³)	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360			
Contenuto minimo in aria (%)													3,0 ^{a)}					
Altri requisiti												Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				È richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati ^{b)}		

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

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:

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

Figura 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**

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	13 di 44

	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

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	14 di 44

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:

Relazione geotecnica generale

I F 2 6 1 2 E Z Z R B G E 0 0 0 5 0 0 1 A

Il livello della falda rilevato è ubicato a profondità maggiori di 15 m dal p.c. e ad una distanza di 10 metri al di sotto delle quote del Piano del Ferro.

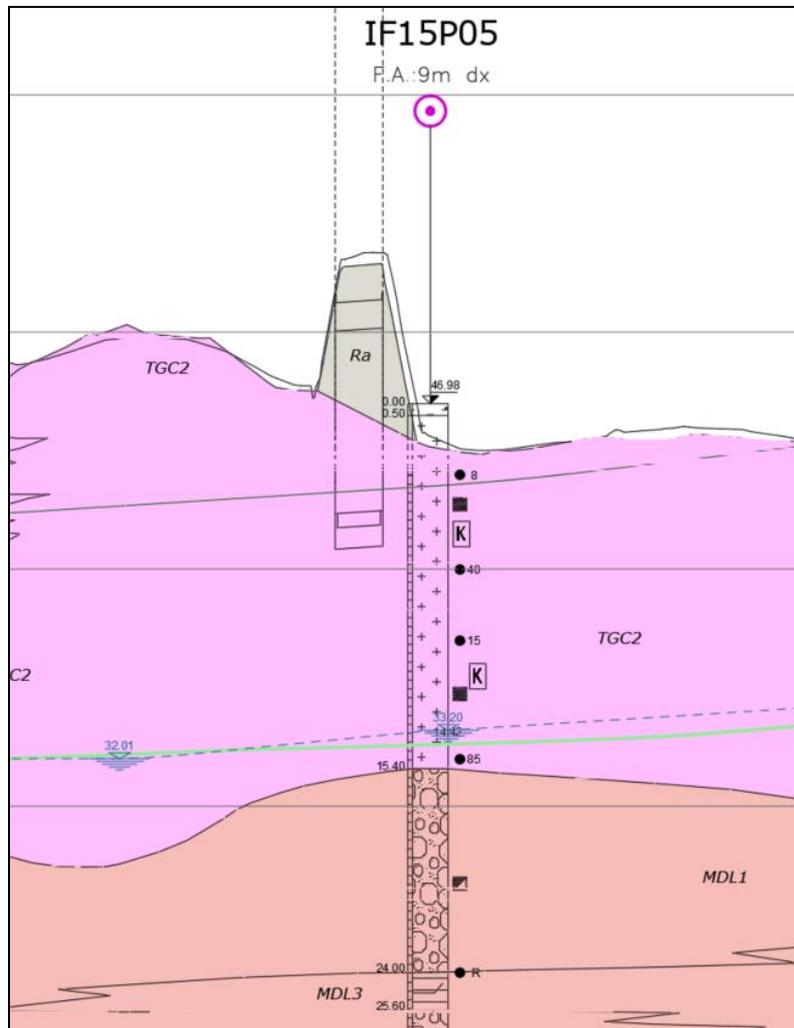


Figura 10: Profilo Geotecnico della Tratta

Si riporta di seguito, altresì, la stratigrafia adottata per la definizione delle azioni sulle strutture; la quota relativa 0.00 coincide con la quota del Piano Campagna (PC).

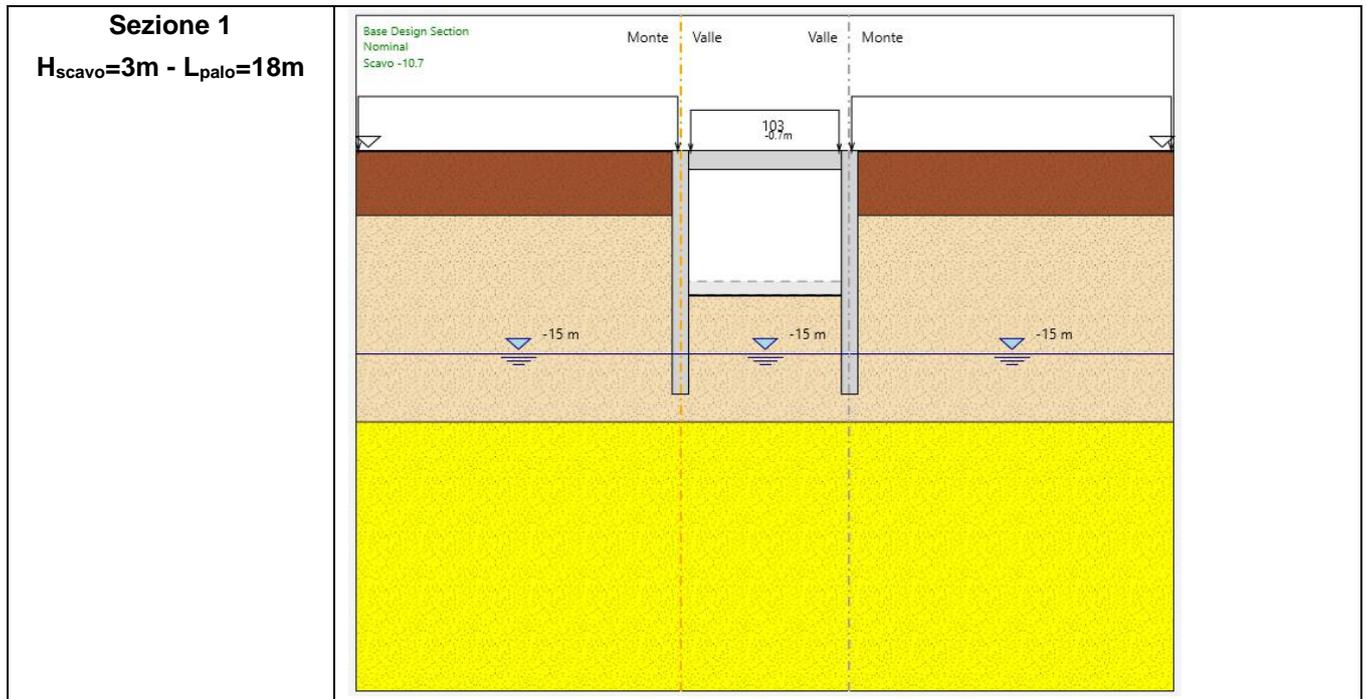
ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	15 di 44

MODELLO GEOTECNICO SEZ. 1 – P.k. 19+407,99							
	Litotipo		Potenza m	γ kN/m ³	c' kN/m ²	φ' °	E' N/mm ²
0	Terreno di Rinfiaccio e di Ricoprimento (Terreno da rilevato Stradale)		Ra	6,6	19	0	35
-10	Tufo Grigio Campano (Cenere sabbiosa, sabbioso-limosa)		TGC2	15,3	18.5	0	33
FALDA -15	Unità di Maddaloni – 1 (Ghiaia sabbiosa)		MDL1	8	20.0	0	38

La sezione di calcolo che rappresenta la tratta viene dunque riportata nella seguente figura:



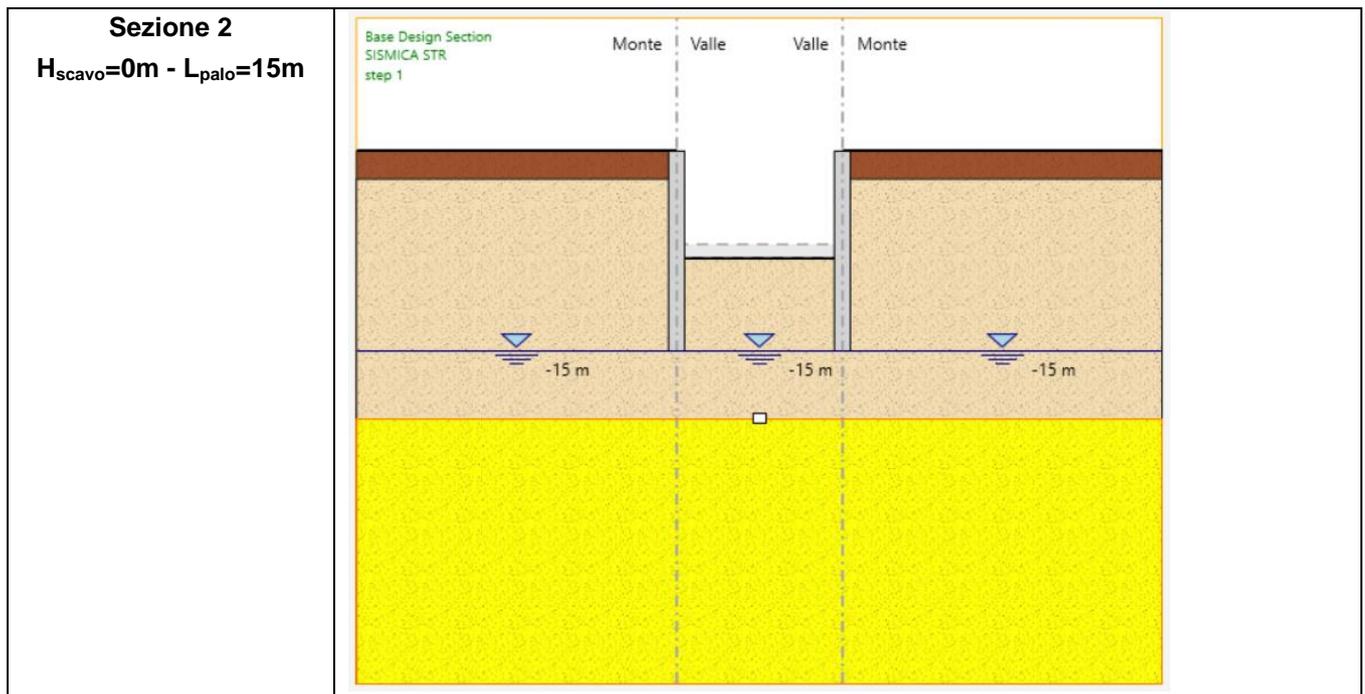
Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	16 di 44

MODELLO GEOTECNICO SEZ. 2 – P.k. 19+423,85

	Litotipo		Potenza m	γ kN/m ³	c' kN/m ²	φ' °	E' N/mm ²
0	Terreno di Rinfiando e di Ricoprimento (Terreno da rilevato Stradale)	Ra	2,2	19	0	35	70
-10	Tufo Grigio Campano (Cenere sabbiosa, sabbioso-limosa)	TGC2	15,3	18.5	0	33	35
FALDA -10,6	Unità di Maddaloni – 1 (Ghiaia sabbiosa)	MDL1	8	20.0	0	38	120

La sezione di calcolo che rappresenta la tratta viene dunque riportata nella seguente figura:



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).

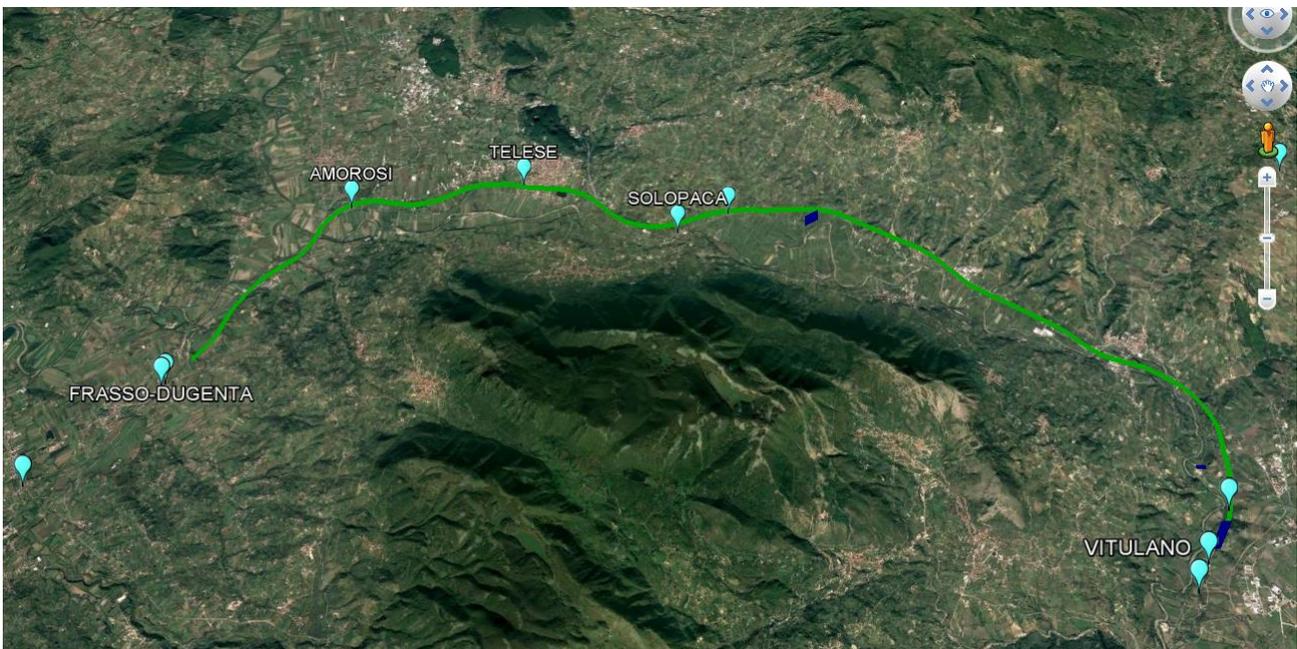


Figura 11: Configurazione planimetrica tracciato.

La Galleria Artificiale Telese, a codice GA01, si sviluppa per circa 27m nei territori del Comune di Amorosi.

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:

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

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

Dal documento si evince che l'opera in esame appartiene al Sottosuolo Tipo C.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori	<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;">GA0100 001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">18 di 44</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	18 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	18 di 44								

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Figura 12: 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 13: 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 14: Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T .

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

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

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	19 di 44

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:

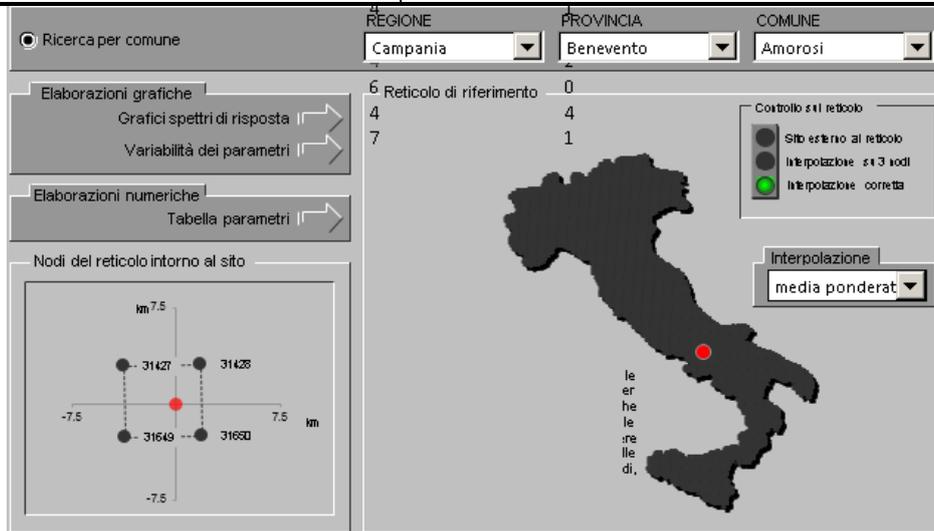
Stato Limite	Pvr	Vn	Cl. d'uso	Cu	$V_r = V_n * C_u$
	%	anni			anni
SLV	10	75	3	1,50	112,50

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

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	20 di 44



SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	68	0.078	2.428	0.324
SLD	113	0.099	2.440	0.340
SLV	1068	0.273	2.352	0.419
SLC	2193	0.357	2.394	0.433

Figura 15: Tabella Parametri Parametri di pericolosità sismica Amorosi

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**

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	21 di 44

Parametri di Spettro Elastico (q=1.00) Componente Orizzontale

Sito				per	q = 1
Regione Campania				T	Sd_h
Provincia Benevento					
Comune Amorosi				0.000	0.359
Latitudine				Tb	0.195 0.844
Longitudine				Tc	0.586 0.844
				0.687	0.721
Stato Limite				0.787	0.629
				0.887	0.558
Vn = 75 anni				0.987	0.501
Cu = 1,50				1.088	0.455
				1.188	0.417
Vr = 112,5 anni				1.288	0.384
				1.388	0.356
Tr = 1 067,8 anni				1.489	0.332
Pvr =: 10 %				1.589	0.311
				1.689	0.293
Suolo	Ss'	Ss	Cc	1.790	0.277
				1.890	0.262
A	1.000	1.000	1.000	1.990	0.249
B	1.143	1.143	1.309	2.090	0.237
C	1.315	1.315	1.399	2.191	0.226
D	1.437	1.437	1.931	2.291	0.216
E	1.294	1.294	1.777	2.391	0.207
				2.491	0.199
Cat, Suolo C				2.592	0.191
Ss = 1,315				Td	2.692 0.184
Cc = 1,399				2.754	0.176
				2.817	0.168
Cat, Topogr, T1				2.879	0.161
St = 1,000				2.941	0.154
				3.003	0.148
				3.066	0.142
				3.128	0.136
ah = 0.273 g				3.190	0.131
Fo = 2.352 >= 2,200				3.253	0.126
Tc* = 0.419 s				3.315	0.121
				3.377	0.117
qo = 1,000				3.439	0.113

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

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	22 di 44

Kr =	1,000		3.502	0.109
			3.564	0.105
q =	1.000		3.626	0.101
S =	1.315		3.689	0.098
h o 1/q=	1.000		3.751	0.095
Tb =	0.195 s		3.813	0.092
Tc =	0.586 s		3.875	0.089
Td =	2.692 s		3.938	0.086
0,20 * a =	0.055		4.000	0.083
			10.000	0.083
dg =	0.0142 m	d_suolo		
vg =	0.0337 m/s	V_suolo		

L'accelerazione verticale vale,

$$av = ag * Fv / Fo = 1,35 * ah^{3/2} = 1,35 * 0.273^{3/2} = 0.156$$

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

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	23 di 44

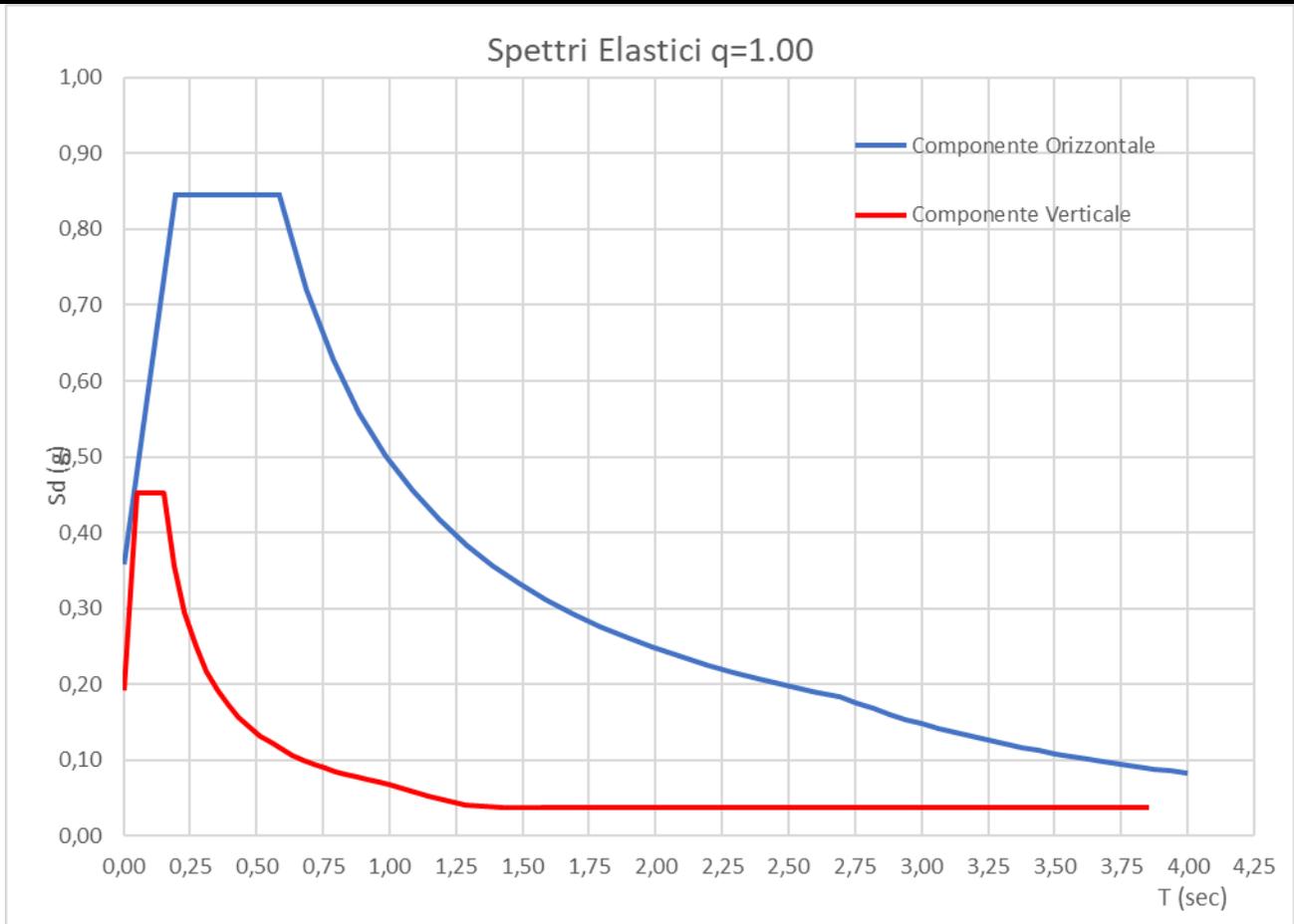


Figura 16 – Spettri elastici del sito

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".

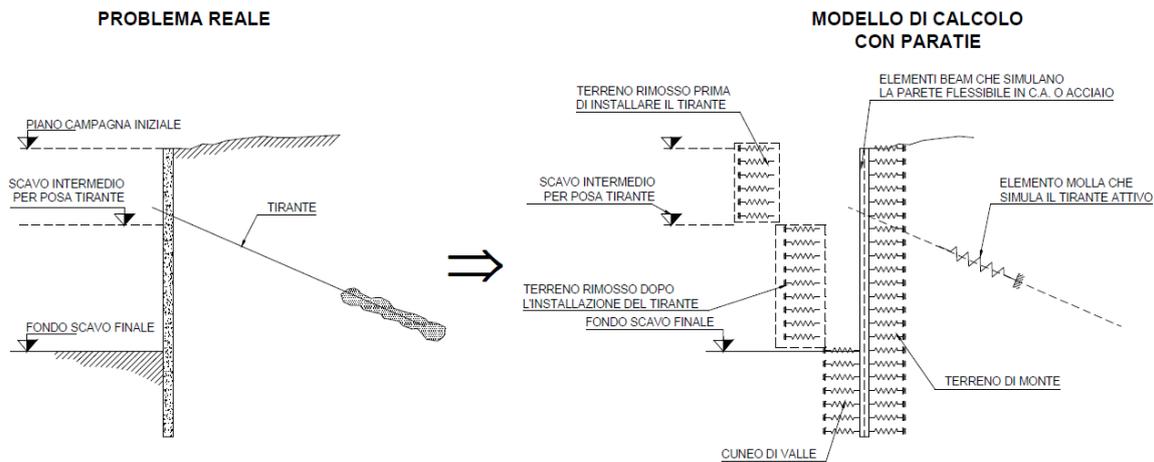


Figura 17: Modello di calcolo con Paratie Plus.

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												
Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0100 001</td> <td>A</td> <td>25 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	25 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	25 di 44								

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).

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:

$$K_0 = K_0^{nc} \cdot OCR^m$$

dove:

- k_0^{nc} è il coefficiente di spinta a riposo per terreni normal-consolidati che secondo Jaky [1936] può essere posto pari a $K_0 = (1 - \sin \varphi)$;
- 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:

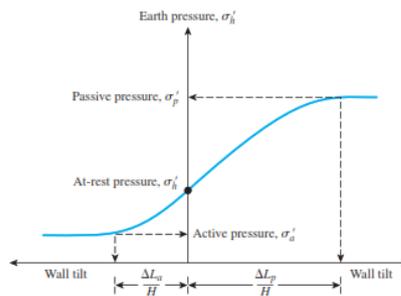


Figure 13.2 Variation of the magnitude of lateral earth pressure with wall tilt

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:

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

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

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	27 di 44

dove:

- K_a = coefficiente di spinta attiva;
- $\sigma'v$ = tensione verticale efficace alla generica profondità;
- c' = coesione efficace.

In condizioni statiche, K_a è funzione dell'angolo di attrito efficace dello scheletro solido ϕ' , dell'angolo di attrito fra struttura e terreno δ dell'inclinazione β del paramento di monte della struttura di sostegno e dell'inclinazione i del terrapieno a tergo dell'opera. Fra le varie formulazioni proposte per il calcolo di K_a , di seguito, si è fatto riferimento a quella di Coulomb, [1773] assumendo, per l'attrito terreno-struttura il valore

$$\delta \cong 0,60 * \phi'$$

La tensione $\sigma'h$ "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]

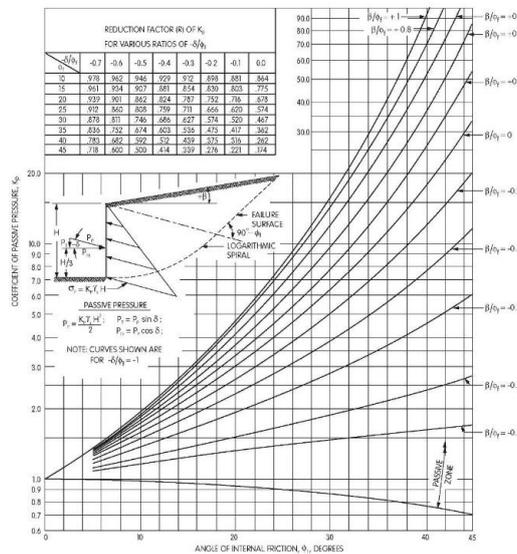


Figura 18: Coefficiente K_p [Caquot – Kerisel, 1948]

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:

- $\delta' \cong 0.60 * \phi'$ in condizioni statiche
- $\delta' \cong 0.00 * \phi'$ in condizioni sismiche

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori	<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>GA0100 001</td> <td>A</td> <td>28 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	28 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	28 di 44								

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 rigidezze 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					
Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 001	REV. A	FOGLIO 29 di 44

7.3 CAPACITA 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:

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

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

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	30 di 44

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:

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

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

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

- 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
 - b = 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:

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

- dove
- $N_c = (N_q - 1) / \tan(\phi')$
 - c = coesione drenata
 - σ_v' = tensione verticale efficace
 - N_q = coefficiente di capacità portante secondo Berezantzev funzione di ϕ'

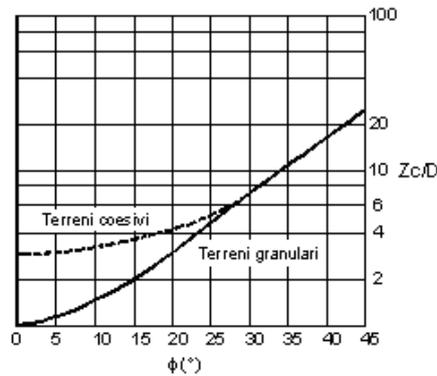
ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	31 di 44

f	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_{bcf} 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_{bcf} sono interamente mobilitati ad una profondità critica z_c , secondo l'espressione $z_c = m \cdot D$ 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.

x4	g_base	g_later.	x*g_p	x*g_l	
1.34	1.35	1.15	1.81	1.54	A Compressione A Trazione
1.34		1.30		1.74	

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

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

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori	<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>GA0100 001</td> <td>A</td> <td>32 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	32 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	32 di 44								

7.4 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.

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	33 di 44

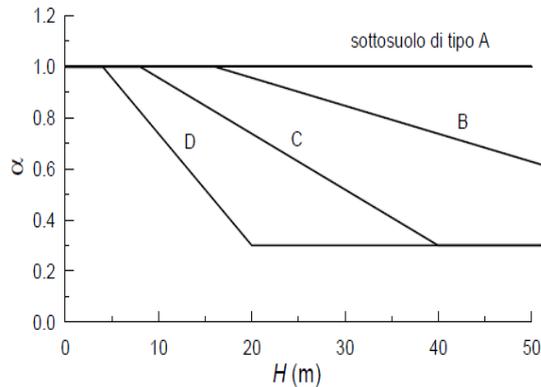


Figura 7.11.2 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α

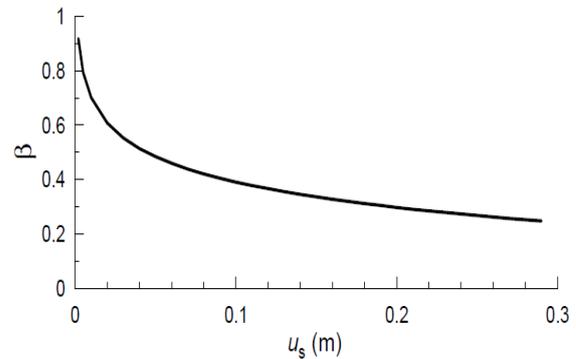


Figura 7.11.3 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β .

Figura 19: 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**

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	34 di 44

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

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} .

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

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	35 di 44

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

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano 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⁾ I componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

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

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

Figura 20: Tabella 5.2.V – NTC 2008

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

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	36 di 44

SLU Opere Stradali:

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

		Coefficiente	FQU ⁽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 21: 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	gr_1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr_2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr_3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr_4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

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

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

Figura 22: 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												
Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori	<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;">GA0100 001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">37 di 44</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	37 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	37 di 44								

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

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

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

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

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

Figura 23: 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			
	SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
Neve q_s	Vento a ponte carico	0,6		
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

Figura 24: Tabella 5.1.VI – NTC 2008

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

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

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	39 di 44

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):

Approccio 1:

Fase Statica: A1+M1+R1 Combinazioni per le verifiche STR
 A2+M2+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 25: 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 26: Tabella 6.5.I

8 VERIFICHE STRUTTURALI

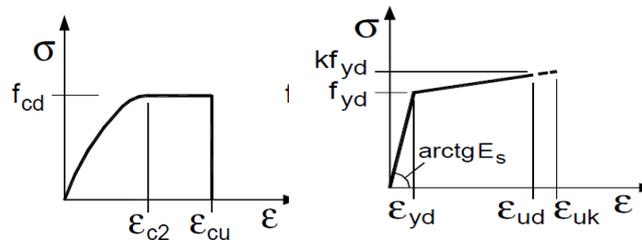
I criteri generali di verifica utilizzati per la valutazione delle capacità resistenti delle sezioni, per la condizione SLU, e per le massime tensioni nei materiali nonché per il controllo della fessurazione, relativamente agli SLE, sono quelli definiti al p.to 4.1.2 del DM 14.01.08.

8.1 VERIFICHE 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

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

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

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

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

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

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	41 di 44

Verifica Biella Compressa

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

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

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

$$v_1 = 0.500$$

Verifica Armatura Trasversale

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

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

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:

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

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

Verifiche a Torsione

$$T_{rzd} = 2 \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot A \cdot t \cdot \text{cotg}(\text{teta}) / [1 + \text{cotg}^2(\text{teta})]$$

$$v_1 = 0.500$$

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

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

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

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

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori	<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>GA0100 001</td> <td>A</td> <td>42 di 44</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	42 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	42 di 44								

8.2 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	mm
QUASI PERM.	sigma_b =	0.40	0.40	0.40	* fck
	sigma_b =	-10.00	-12.00	-12.80	N/mm ²
	w =	0.200	0.200	0.200	mm
FORM. FESS.	sigma_b =	NA	NA	NA	N/mm ²

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

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

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

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Figura 27: 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

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

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	43 di 44

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

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:

$$k_3 = 3.400$$

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

ricoprimento dell'armatura;

$$k_1 = 0.800$$

barre ad aderenza migliorata

$$k_2 = 0.500$$

distribuzione delle deformazioni per flessione

$$k_4 = 0.425$$

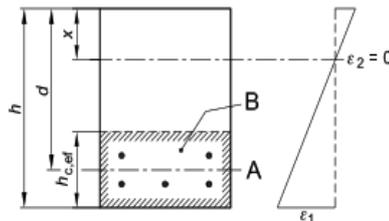
$$\phi_{eq} = \frac{\sum n_i * \phi_i^2}{\sum n_i * \phi_i}$$

diametro equivalente barre in zona tesa

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

Area efficace di calcestruzzo intorno all'armatura tesa

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



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

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

Relazione tecnica e di calcolo scatolare e muri andatori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	GA0100 001	A	44 di 44

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

$K_t = 0.40$ 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

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