

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:	PROGETTISTA:	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE
RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI	Ing. Fabio RIZZO	Ing. Piergiorgio GRASSO
		Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

PROGETTO ESECUTIVO

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

FA02 - AREA DI SOCCORSO AL km 22+100

Relazione di calcolo Muri di Sostegno in c.a.

APPALTATORE	SCALA:
IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A. Ditta Tecn. Soluzioni Del Rido IL DIRETTORE TECNICO Ing. S. Del Balzo 23/06/2020 	-

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

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

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	A. Lo Proto	24/02/2020	A. Fernandez	24/02/2020	P. Grasso	24/02/2020	Ing. Fabio Rizzo
B	Revisione a seguito Istruttoria ITF	A. Lo Proto	23/06/2020	A. Fernandez	23/06/2020	P. Grasso	23/06/2020	 23/06/2020

File: IF26.1.2.E.ZZ.CL.FA.02.0.0.001.B.doc

n. Elab.:

Indice

1	GENERALITA'	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
1.2	UNITA' DI MISURA	6
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
2.1	ELABORATI DI RIFERIMENTO	8
3	MATERIALI	9
3.1	CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONE	10
3.2	CALCESTRUZZO PER FONDAZIONE	11
3.3	CALCESTRUZZO MAGRO.....	12
3.4	ACCIAIO IN BARRE A.M.....	12
3.5	CLASSI DI ESPOSIZIONE E COPRIFERRI	13
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	16
4.1	MODELLO GEOTECNICO DI PROGETTO.....	16
4.2	COEFFICIENTE A.....	17
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	18
5.1	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA	21
6	ANALISI DEI CARICHI	22
6.1	PESO PROPRIO (COND. DI CARICO 1)	22
6.2	AZIONE DEL SOVRACCARICO A TERGO DEL MURO (COND. DI CARICO 5)	22
6.3	SPINTA DEL TERRENO IN CONDIZIONI STATICHE (COND. DI CARICO 3).....	22
6.3.1	SPINTA DEL TERRENO IN CONDIZIONI STATICHE (MURO SU FONDAZIONE DIRETTA).....	22
6.4	SPINTA IN PRESENZA DI FALDA (COND. DI CARICO 4).....	23
6.5	SPINTA DEL TERRENO IN CONDIZIONI SISMICHE (COND. DI CARICO 5)	24
6.5.1	SPINTA DEL TERRENO IN CONDIZIONI SISMICHE (MURO SU FONDAZIONE DIRETTA)	24
6.6	FORZA DI INERZIA (COND. DI CARICO 5)	24
6.7	COEFFICIENTI DI ATTRITO STRUTTURA-TERRENO.....	26
7	COMBINAZIONI DI CARICO	26

7.1	COMBINAZIONI DI CARICO PER MURI SU FONDAZIONE DIRETTA.....	30
8	VERIFICHE STRUTTURALI	33
8.1	VERIFICHE SLU.....	33
8.2	VERIFICHE SLE.....	35
9	CRITERI GENERALI DI VERIFICA	38
9.1	VERIFICHE DI STABILITA' LOCALE	38
9.1.1	VERIFICHE ALLO SCORRIMENTO	38
9.1.2	VERIFICHE A RIBALTAMENTO.....	38
9.1.3	VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE (CARICO LIMITE FONDAZIONI DIRETTE).....	39
9.2	VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE	41
9.1.4	VERIFICHE IN FASE SISMICA	42
10	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI.....	44
10.1	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI TIPO A	44
10.1.1	MODELLO DI CALCOLO	44
10.1.2	VERIFICHE GEOTECNICHE	47
10.1.3	VERIFICHE STRUTTURALI	55
10.2	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI TIPO B, H=5.5	57
11.1.1	MODELLO DI CALCOLO	57
11.1.2	VERIFICHE GEOTECNICHE	60
11.1.3	VERIFICHE STRUTTURALI	68

1 GENERALITA'

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

Le Analisi e Verifiche nel seguito esposte fanno in particolare riferimento ai muri di sostegno in c.a previsti nell'area di soccorso al km 22+100 (imbocco galleria artificiale telese lato Frasso).

1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Le opere in questione presentano le principali caratteristiche geometriche riassunte nella tabella seguente (per maggiori dettagli ed una descrizione più completa delle opere si rimanda agli elaborati grafici di progetto):

Hparam [m]	Tipo	FONDAZIONE		PALI					SEZ. TIPO	
		H [m]	Lf [m]	Disp. Pali	n°pali trasv.	i _{trasv} [m]	i _{long} [m]	D [m]		
0.95	a Gradoni	0.50	1.85	NON PREVISTI					Tipo A	
5.50	a Gradoni	1.10	5.80	Quinconce 2.10x2.40			2.10	2.40	0.80	Tipo B

Tabella 1 – Caratteristiche geometriche muri di sostegno.

Di seguito si riportano alcune immagini rappresentative delle opere. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di riferimento:

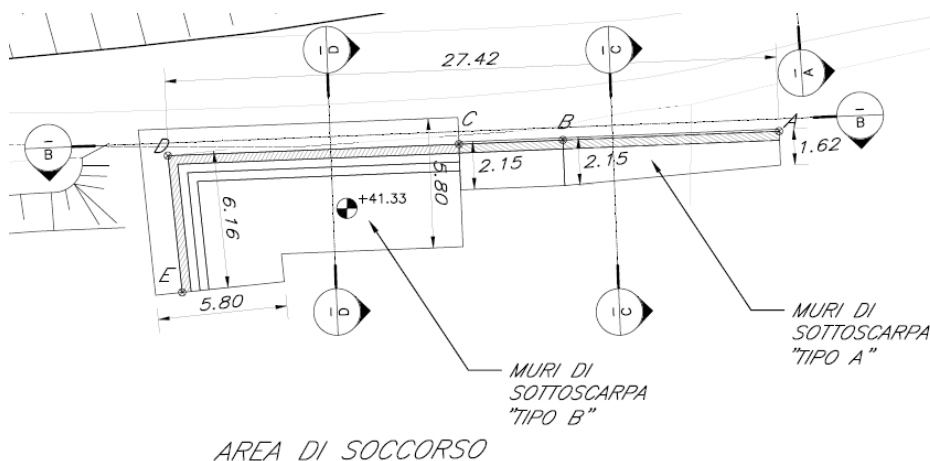


Figura 1 – Inquadramento planimetrico

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	5 di 69

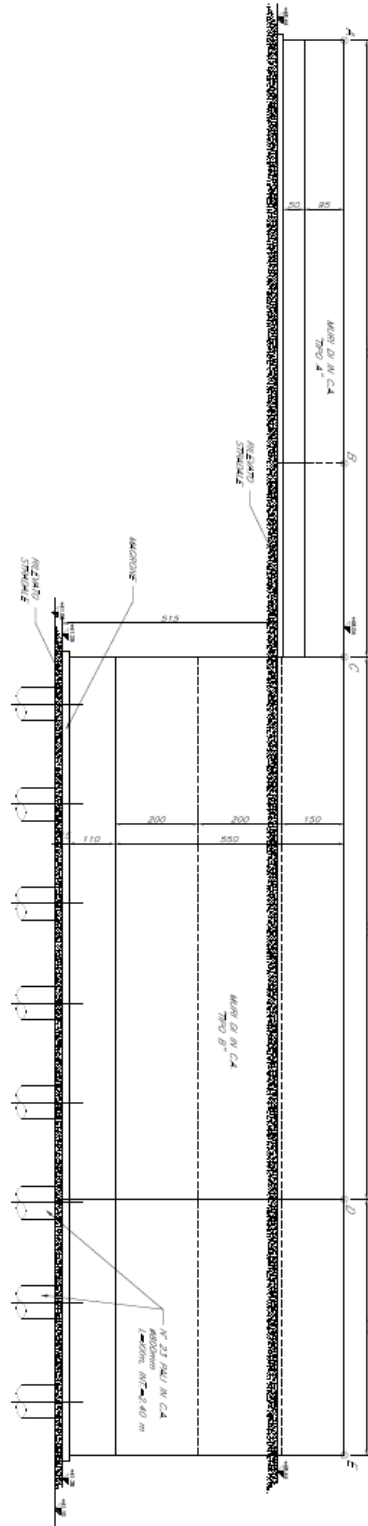


Figura 2 – Sviluppo longitudinale

Nel seguito della presente relazione è affrontato il dimensionamento strutturale e geotecnico dei muri.

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	6 di 69

1.2 UNITA' DI MISURA

Nel seguito si adotteranno le seguenti unità di misura:

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

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	<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>FA0200 001</td> <td>B</td> <td>7 di 69</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	7 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	7 di 69								

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 di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	<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>FA0200 001</td> <td>B</td> <td>8 di 69</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	8 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	8 di 69								

2.1 ELABORATI DI RIFERIMENTO

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

IF26	12EZZP8	FA02	00001	Planimetria generale
IF26	12EZZPA	FA02	00001	Pianta e sezioni piazzale
IF26	12EZZPZ	FA02	00001	Pianta scavi e sezioni longitudinali

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	<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>FA0200 001</td> <td>B</td> <td>9 di 69</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	9 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	9 di 69								

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
Elevazioni	C32/40
Fondazione	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.

3.1 CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONE

Valore Caratteristico Resistenza Cubica a 28gg: $R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$

Valore Caratteristico Resistenza Cilindrica a 28gg: $f_{ck} = 32 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a compressione cilindrica media: $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 40 \text{ N/mm}^2$

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

$f_{ctk,0,05} = 0,70 * f_{ctm} = 2,12 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a trazione per flessione $f_{ctf} = 1,20 * f_{ctm} = 3,63 \text{ N/mm}^2$

$f_{ctk,0,05} = 0,70 * f_{ctf} = 2,54 \text{ N/mm}^2$

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

Resistenza di calcolo a compressione $f_{cd} = 0,85 * f_{ck} / \gamma_c = 18,13 \text{ N/mm}^2$

Resistenza di calcolo a trazione diretta $f_{ctd} = f_{ctk,0,05} / \gamma_c = 1,41 \text{ N/mm}^2$

Resistenza di calcolo a trazione per flessione $f_{ctd,f} = 1,20 * f_{ctd} = 1,69 \text{ N/mm}^2$

Modulo di Young secante: $E_{cm} = 22 * [f_{cm}/10]^{0,3} = 33346 \text{ N/mm}^2$

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

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

Coefficiente di dilatazione lineare: $\alpha = 0,000010 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

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

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

Verifiche agli SLE:

Combinazioni Quasi Permanenti $\sigma_{cmax,QP} = 0,40 * f_{ck} = 12,80 \text{ N/mm}^2$

Combinazioni Caratteristiche $\sigma_{cmax,R} = 0,55 * f_{ck} = 17,60 \text{ N/mm}^2$

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

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0200 001	REV. B	FOGLIO 11 di 69

3.2 CALCESTRUZZO PER FONDAZIONE

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

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

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

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

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

Resistenza a trazione per flessione $f_{cfm} = 1.20 * f_{ctm} = 3,07$ N/mm²

$f_{cfk,0,05} = 0.70 * f_{cfm} = 2,15$ N/mm²

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

Resistenza di calcolo a compressione $f_{cd} = 0,85 * f_{ck} / \gamma_c = 14,17$ N/mm²

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

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

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

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

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

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

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

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

Verifiche agli SLE:

Combinazioni Quasi Permanenti $\sigma_{cmax,QP} = 0,40 * f_{ck} = 10,00$ N/mm²

Combinazioni Caratteristiche $\sigma_{cmax,R} = 0,55 * f_{ck} = 13,75$ N/mm²

Verifiche a Fessurazione $\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 2.13$ N/mm²

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	12 di 69

3.3 CALCESTRUZZO MAGRO

Valore Caratteristico Resistenza Cubica a 28gg:	$R_{ck} =$	12	N/mm ²
Valore Caratteristico Resistenza Cilindrica a 28gg:	$f_{ck} =$	15	N/mm ²
Resistenza a compressione cilindrica media:	$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	23	N/mm ²

3.4 ACCIAIO IN BARRE A.M.

Tensione caratteristica di rottura (frattile 5%)	$f_{tk} =$	540	N/mm ²
Tensione caratteristica di snervamento(frattile 5%)	$f_{yk} =$	450	N/mm ²
Fattore di sovraresistenza	$K = f_{tk}/f_{yk} =$	1,20	N/mm ²

Verifiche agli SLU:

Allungamento a rottura	$\varepsilon_{uk} =$	7,50	%
	$\varepsilon_{ud} = 0,9 * \varepsilon_{uk} =$	6,75	%
Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU:	$\gamma_s =$	1,15	
Resistenza di calcolo allo SLU:	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s =$	391,3	N/mm ²
Modulo di elasticità:	$E_f =$	210000	N/mm ²

Verifiche agli SLE:

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

3.5 CLASSI DI ESPOSIZIONE E COPRIFERRI

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

Tabella 3 – Classi di esposizione per le diversi parti della struttura

Elemento	Classe CLS	Classe di Esp.ne	Ambiente	Diam.Max Aggregati	Max a/c	Min Cemento	Copriferro
				mm		[kg/mc]	[mm]
Elevazioni	C32/40	XC4	aggressivo	32	0.50	340	40
Fondazione	C25/30	XC2	---	32	0.60	300	40
Pali di Fondazione	C25/30	---	---	25	0.60	300	60

Classe esposizione norma UNI 9658	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206-1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco						
1	X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici in ambiente molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.	-	C 12/15	
2 Corrosione indotta da carbonatazione						
Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriraso o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettono quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.						
2 a	XC1	Asciutto o permanentemente bagnato.	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, 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 9658	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206-1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare						
4 a 5 b	XS1	Esposto alle saline marine ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.	0,50	C 32/40	
	XS2	Permanentemente sommerso.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua.	0,45	C 35/45	
	XS3	Zone esposte agli spruzzi o alle maree.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battaglia 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 3 – 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 di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02		COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0200 001	REV. B	FOGLIO 14 di 69

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									
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2
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	0,45	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)}		

*) 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 4 – 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:

Tabella 4 – Definizioni del copriferro secondo le NTC08

Vita Nominale = 50 anni

			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
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

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, come di seguito mostrato.

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	15 di 69

Elevazioni

$f_{ck} = 32 \text{ N/mm}^2$

AMBIENTE = 2 Aggressivo
Classe di Esposizione = XC4

$C_{min} = 28 \text{ N/mm}^2$

$C_o = 40 \text{ N/mm}^2$

VITA NOMINALE = 75 anni

Copriferro base = 30 mm

Incr. per Resistenza = 0 mm

Incr. per Vita Nominale = 5 mm

Incr. per Controllo Qualità = 0 mm

Copriferro di Calcolo = 35 mm

Copriferro di PE = 40 mm

La scelta di aumentare il copriferro rispetto ai requisiti richiesti dai criteri di durabilità è stata dettata dal soddisfacimento delle verifiche al fuoco come mostrerà il paragrafo specifico.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	<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;">FA0200 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">16 di 69</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	16 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	16 di 69								

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

I muri di sostegno sono ubicati lungo una viabilità esterna, nell'ambito del 1° Lotto Funzionale Frasso - Telese. La definizione del modello geotecnico di sottosuolo di riferimento per il dimensionamento delle strutture di fondazione dell'opera, è trattato diffusamente 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
-------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

4.1 MODELLO GEOTECNICO DI PROGETTO

Le caratteristiche geotecniche del volume di terreno che interagisce con l'opera sono state desunte tenendo conto di quanto risultante nel Profilo Geotecnico dell'opera e della Caratterizzazione dei Litotipi riportata nella Relazione e geotecnica Generale.

Dall'esame di quanto riportato nella relazione geotecnica di riferimento e in relazione alle progressive in esame, emerge la seguente stratigrafia:

Tabella 5 – Definizioni del copriferro secondo le NTC08

Stratigrafia		
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.	Descrizione
b2	0.0+3.0	Limo argilloso deb. Sabbioso
MDL2	3.0+6.0	Sabbia, sabbia limosa (Unità di Maddaloni)
MDL3	6.0+7.5	Argille limose (Unità di Maddaloni)
MDL1	7.50+25	Ghiaia sabbiosa (Unità di Maddaloni)

Falda: La quota di falda è situata a circa 3m dal p.c. locale

Il volume di terreno direttamente interagente con l'opera ha le seguenti proprietà:

Unità b2 – Limo argilloso deb. Sabbioso

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 24^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 60 \div 170 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$V_s = 150 \div 250 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio

Unità MDL1 – Argille limose (Unità di Maddaloni)

$\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 38^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$N_{spt} = 24 \div R$	numero di colpi da prova SPT
$V_s = 325 \div 650 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$E_o = 525 \div 2100 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	<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>FA0200 001</td> <td>B</td> <td>17 di 69</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	17 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	17 di 69								

Unità MDL2 – Argille limose (Unità di Maddaloni)

$\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 32^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$N_{spt} = 15-50$	numero di colpi da prova SPT
$V_s = 250\div 470 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$E_o = 300\div 1100 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

Unità MDL3 – Argille limose (Unità di Maddaloni)

$\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 24^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 10 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 160\div 220 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$N_{spt} = 20\div R$	numero di colpi da prova SPT
$V_s = 240\div 450 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 80\div 320 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale (a piccole deformazioni)
$E_o = 295\div 1035 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

Il terreno di ricoprimento è invece costituito dal riporto stradale avente le seguenti proprietà:

Terreno di Rinfiaccio: Terreno da rilevato Stradale

$\gamma_{sat} = 19 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$\nu = 0.20$	coefficiente di Poisson
$E_o = 300\div 400 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

4.2 COEFFICIENTE α

Nella Relazione Geotecnica Generale già citata in precedenza, è riportata la valutazione del parametro alfa (α) per le varie situazioni stratigrafiche caratteristiche del tracciato, tra cui l'area interessata dalla realizzazione dell'opera in esame; in funzione dei risultati ottenuti si è ritenuto di assumere, ai fini progettuali, un valore del coefficiente α pari a **1.8m**.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0200 001	REV. B	FOGLIO 18 di 69

5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

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

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

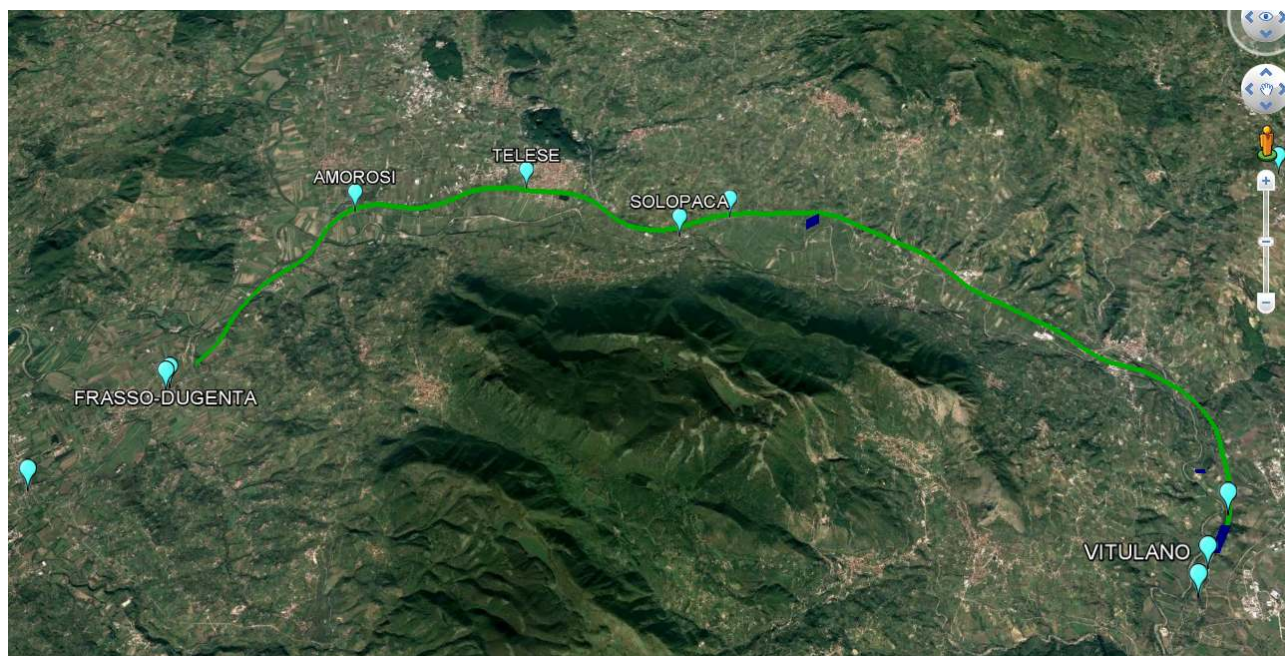


Figura 5 – Configurazione planimetrica tracciato

Amorosi 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												
Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	<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>FA0200 001</td> <td>B</td> <td>19 di 69</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	19 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	19 di 69								

La Categoria di Sottosuolo è valutata in Relazione Geotecnica 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 6 – 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 7 – 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 8 – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
	Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0200 001	REV. B

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

Tabella 6 -

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

Tabella 7 -

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

e riepilogando si assume:

Tabella 8 -

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 di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0200 001	REV. B

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche
 Grafici spettri di risposta →
 Variabilità dei parametri →

Elaborazioni numeriche
 Tabella parametri →

Nodi del reticolo intorno al sito


Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 9 – Località di interesse

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	68	0.078	2.425	0.323
SLD	113	0.099	2.437	0.340
SLV	1068	0.275	2.350	0.418
SLC	2193	0.360	2.395	0.433

Figura 10 – Parametri Sismici per Amorosi (BN)

5.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA

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

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	<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>FA0200 001</td> <td>B</td> <td>22 di 69</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	22 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	22 di 69								

6 ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito si riporta la valutazione dei carichi elementari considerati nel dimensionamento della struttura in esame, riferiti generalmente ad una fascia di struttura di dimensione unitaria.

Le condizioni di carico considerate complessivamente, sono quelle riportate nell'elenco seguente:

CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI	
1	Peso Proprio
2	Spinta terreno
3	Spinta Falda
4	Azione sismica
5	Sovraccarico Accidentale

Nel seguito si andranno ad esporre in dettaglio, le valutazioni di calcolo effettuate per ciascuna delle condizioni citate.

6.1 PESO PROPRIO (COND. DI CARICO 1)

Il peso proprio delle strutture è determinato automaticamente dal programma di calcolo, avendo considerato un peso dell'unità di volume del c.a. $\gamma_{cls} = 25 \text{ KN/m}^3$.

6.2 AZIONE DEL SOVRACCARICO A TERGO DEL MURO (COND. DI CARICO 5)

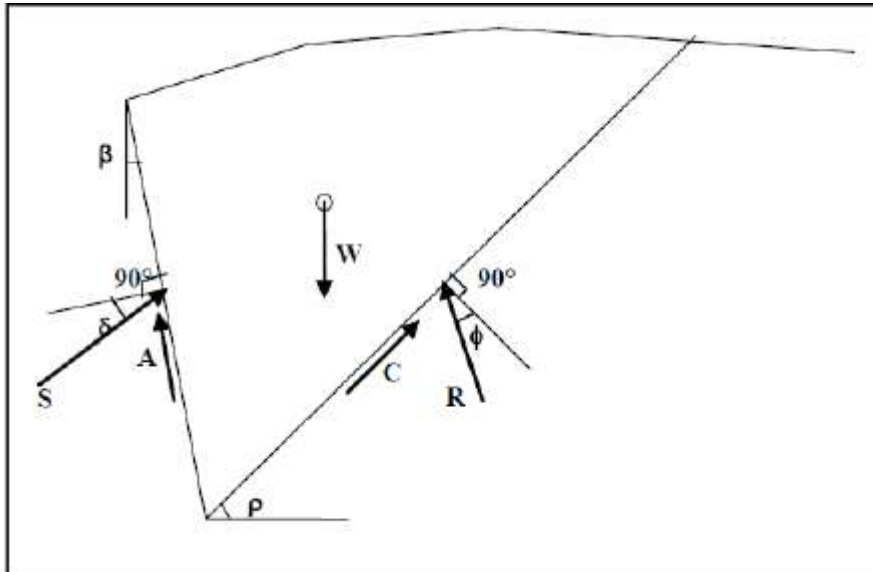
Si assume cautelativamente un sovraccarico accidentale pari a 20 kPa uniformemente distribuito sul pendio a monte dell'opera.

6.3 SPINTA DEL TERRENO IN CONDIZIONI STATICHE (COND. DI CARICO 3)

Per la valutazione delle Spinte del terreno sul muro, si considerano delle condizioni di spinta differenti a seconda se le fondazioni dello stesso siano del tipo diretto o indiretto (su pali).

6.3.1 SPINTA DEL TERRENO IN CONDIZIONI STATICHE (MURO SU FONDAZIONE DIRETTA)

Nel caso di muro su fondazione diretta, la mobilitazione della spinta attiva si può considerare sempre verificata. In tal caso le spinte esercitate dal terrapieno e dagli eventuali carichi presenti su di esso sono state valutate con il metodo di Culmann. Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente.



Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea. I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione β rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima. La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno. Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb. Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

6.4 SPINTA IN PRESENZA DI FALDA (COND. DI CARICO 4)

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni sulla parete risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento:

$$\gamma_a = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

dove γ_{sat} è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e γ_w è il peso di volume dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

Nel caso in esame, in relazione a quanto specificato al paragrafo 4, il regime di spinta non è influenzato dalla presenza della falda.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	<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>FA0200 001</td> <td>B</td> <td>24 di 69</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	24 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	24 di 69								

6.5 SPINTA DEL TERRENO IN CONDIZIONI SISMICHE (COND. DI CARICO 5)

Per la valutazione delle Spinte del terreno sul muro, si considerano delle condizioni di spinta differenti a seconda se le fondazioni dello stesso siano del tipo diretto o indiretto (su pali).

6.5.1 SPINTA DEL TERRENO IN CONDIZIONI SISMICHE (MURO SU FONDAZIONE DIRETTA)

In condizioni sismiche si sempre la formulazione di Culmann inserendo nell'equazione risolutiva la forza di inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata, rispetto all'orizzontale, della corrispondente superficie in assenza di sisma.

6.6 FORZA DI INERZIA (COND. DI CARICO 5)

Per la valutazione dell'azione sismica associata ai carichi fissi propri e permanenti /accidentali agenti si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui il sisma è rappresentato da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k_h (coefficiente sismico orizzontale) o k_v (coefficiente sismico verticale) secondo quanto di seguito indicato:

Forza sismica orizzontale $F_h = k_h W$

Forza sismica verticale $F_v = k_v W$

I valori dei coefficienti sismici orizzontali k_h e verticale k_v , relativi allo stato limite considerato, sono posti pari all'ordinata dello spettro di progetto corrispondente al periodo $T=0$, per la componente orizzontale, ed a quella corrispondente al periodo proprio $T=T_0$, per la componente verticale.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad (7.11.6)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.7)$$

dove

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0200 001	REV. B	FOGLIO 25 di 69

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (7.11.8)$$

dove

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Nella precedente espressione, il coefficiente β_m assume i valori riportati nella Tab. 7.11-II.

Per muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore unitario.

Nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di specifici studi si deve assumere che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

Con riferimento al valore da assegnare al coefficiente β_m , si è fatto riferimento alle indicazioni di cui alla Tabella 7.1.II riportata nella stessa sezione della norma.

Tabella 7.11.II - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_m	β_m
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,31	0,31
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,29	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,18

Figura 11 - Coefficienti sismici (estratto D.M. 14/01/2008 p.to 7.11.6.2.1)

Nelle analisi eseguite con il metodo pseudostatico, i valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali, nelle verifiche allo stato limite ultimo, potranno essere assunti come definito al paragrafo 7.11.6.2.1 delle NTC 2008 anche per i muri su pali, con l'avvertenza di sostituire le relazioni 7.11.6 e 7.11.7 delle stesse norme tecniche con le espressioni di seguito riportate:

$$k_h = 2 \cdot \beta_m \cdot S_T \cdot S_S \cdot \frac{a_g}{g} \qquad k_v = \frac{1}{2} \cdot k_h$$

Pertanto nei due casi sopra citati, ovvero muro su pali e muro su fondazione diretta, si ha:

Fondazione diretta

$a_g/g =$	0.275	
$\beta_m =$	0.310	
$S_s =$	1.251	(cat. C)
$S_T =$	1.00	

$K_h =$	0.107	coefficiente sismico orizzontale
$K_v =$	0.053	coefficiente sismico verticale

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <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;">FA0200 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">26 di 69</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	26 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	26 di 69								

Fondazione su pali (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A_3.10.3.1)

ag/g =	0.275	
β_m =	0.310	
Ss =	1.251	(cat. C)
ST =	1.00	

Kh =	0.214	coefficiente sismico orizzontale
Kv =	0.107	coefficiente sismico verticale

6.7 COEFFICIENTI DI ATTRITO STRUTTURA-TERRENO

Per l'attrito paramento – terreno si utilizza il valore $\delta = 0.6 \phi'$ in fase statica e $\delta = 0$ in fase sismica. Tuttavia, il software di calcolo utilizzato non consente di differenziare il valore del coefficiente di attrito nelle varie fasi di calcolo. Pertanto è stato utilizzato, per la valutazione dei coefficienti di spinta del terreno di rinterro, cautelativamente $\delta=0$ sia in fase statica che in fase sismica. Tale assunzione, peraltro, non risulta essere particolarmente gravosa in quanto nella maggioranza dei casi esaminati la condizione di carico dimensionante è risultata essere quella sismica.

Per quanto riguarda l'attrito fondazione muro – terreno, in funzione dell'angolo d'attrito del terreno, si sono assunti i seguenti valori:

per	$\phi < 30^\circ$	$\mu = \text{tg } \phi'$;
per	$\phi > 35^\circ$	$\mu = 0.85 \text{ tg } \phi'$;
per	$30^\circ \leq \phi \leq 35^\circ$	μ si ricava per interpolazione lineare

Infine l'adesione tra terra-opera sarà considerata nulla.

7 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):

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

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	<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>FA0200 001</td> <td>B</td> <td>27 di 69</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	27 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	27 di 69								

dove:

$$E = \pm 1.00 \times E_y \pm 0.3 \times E_z$$

avendo indicato con E_y e E_z rispettivamente le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica.

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

Approccio 1:

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

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

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

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

Approccio 2:

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

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

essendo:

A1/A2 : coefficienti amplificativi delle azioni

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

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

Tali coefficienti sono definite nelle apposite tabelle definite in normativa e che nel seguito si riportano per completezza espositiva:

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	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

Tablelle coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri di resistenza del terreno (DM 14.01.08)

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
	Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0200 001	REV. B

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

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
Vento q_5	4 (folla)	----	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
	Vento a ponte scarico SLU e SLE Esecuzione	0,6 0,8	0,2 ----	0,0 0,0
Neve q_5	Vento a ponte carico	0,6		
	SLU e SLE esecuzione	0,0 0,8	0,0 0,6	0,0 0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0200 001	REV. B	FOGLIO 29 di 69

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

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

Nel caso in esame si opererà utilizzando l'APPROCCIO 2.

Per quanto riguarda i coefficienti di combinazione Ψ delle azioni accidentali, nel caso in esame quelli legati al sovraccarico stradale, è stato posto :

$\Psi_0 = \Psi_1 = 0.40$ e $\Psi_2 = 0$ (0.20 in condizioni sismiche)

In definitiva, sono state analizzate un totale di 15 Combinazioni di calcolo che diventano 11 nel caso di muri di sostegno su pali in quanto le combinazioni di tipo EQU perdono di significato.

Di seguito, si riporta un dettaglio dei coefficienti parziale e di combinazione considerati per le diverse azioni presenti in ciascuna delle combinazioni di Calcolo esaminate.

7.1 COMBINAZIONI DI CARICO PER MURI SU FONDAZIONE DIRETTA

Elenco Combinazioni APPROCCIO 2

Combinazioni generate					
Comb n°	Caso	Sisma orizzontale	Sisma verticale	Peso muro / terrapieno	
▶ 1	A1-M1	Assente	--	FAV - FAV	
2	EQU	Assente	--	FAV - FAV	
3	STAB	Assente	--	SFAV - SFAV	
4	A1-M1	Assente	--	FAV - FAV	
5	EQU	Assente	--	FAV - FAV	
6	STAB	Assente	--	SFAV - SFAV	
7	A1-M1	Presente	Verticale positivo	SFAV - SFAV	
8	A1-M1	Presente	Verticale negativo	SFAV - SFAV	
9	EQU	Presente	Verticale positivo	FAV - FAV	
10	EQU	Presente	Verticale negativo	FAV - FAV	
11	STAB	Presente	Verticale positivo	SFAV - SFAV	
12	STAB	Presente	Verticale negativo	SFAV - SFAV	
13	SLEQ	Assente	--	SFAV - SFAV	
14	SLEF	Assente	--	SFAV - SFAV	
15	SLER	Assente	--	SFAV - SFAV	

F/S Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)

γ Coefficiente parziale dell'azione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.35	1.00	1.35

Combinazione n° 2 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	0.90	1.00	0.90
Peso proprio terrapieno	FAV	0.90	1.00	0.90
Spinta terreno	SFAV	1.35	1.00	1.35

Combinazione n° 3 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	31 di 69

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.35	1.00	1.35
Sovraccarico	SFAV	1.35	1.00	1.35

Combinazione n° 5 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	0.90	1.00	0.90
Peso proprio terrapieno	FAV	0.90	1.00	0.90
Spinta terreno	SFAV	1.10	1.00	1.10
Sovraccarico	SFAV	1.35	1.00	1.35

Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sovraccarico	SFAV	1.15	1.00	1.15

Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sovraccarico	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 8 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sovraccarico	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 9 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sovraccarico	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 10 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sovraccarico	SFAV	1.00	0.20	0.20

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	32 di 69

Combinazione n° 11 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sovraccarico	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sovraccarico	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 13 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 14 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Sovraccarico	SFAV	1.00	0.40	0.40

Combinazione n° 15 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Sovraccarico	SFAV	1.00	1.00	1.00

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
	Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0200 001	REV. B

8 VERIFICHE STRUTTURALI

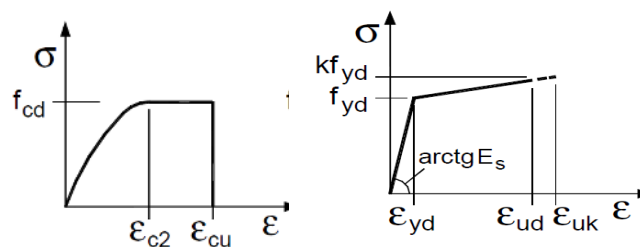
I criteri generali di verifica utilizzati per la valutazione delle capacità resistenti delle sezioni, per la condizione SLU, e per le massime tensioni nei materiali nonché per il controllo della fessurazione, relativamente agli SLE, sono quelli definiti al p.to 4.1.2 del DM 14.01.08.

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

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

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

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

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

Verifica Biella Compressa

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

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

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

$$v_1 = 0.500$$

Verifica Armatura Trasversale

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

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

con la limitazione $1.00 \leq \cotg(\theta) \leq 2.50$

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

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

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

Verifiche a Torsione

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

$$v_1 = 0.500$$

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

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

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

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

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	<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;">FA0200 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">35 di 69</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	35 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	35 di 69								

8.2 VERIFICHE SLE

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

Combinazione		Pali	Fondazione	Elevazione	
	fck	25	25	32	N/mm ²
	Classe di Esp.	XC2	XC2	XC4	N/mm ²
CARATTERISTICHE	sigma_b =	0.55	0.55	0.55	* fck
	sigma_b =	-13.75	-13.75	-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	-10.00	-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 12: 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 di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	<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;">FA0200 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">36 di 69</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	36 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	36 di 69								

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

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:

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

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

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

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

In cui:

$$k_3 = 3.400$$

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

ricoprimento dell'armatura;

$$k_1 = 0.800$$

barre ad aderenza migliorata

$$k_2 = 0.500$$

distribuzione delle deformazioni per flessione

$$k_4 = 0.425$$

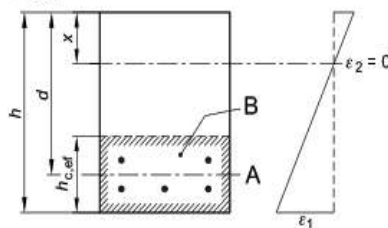
$$\phi_{eq} = \frac{\sum n_i * \phi_i^2}{\sum n_i * \phi_i}$$

diametro equivalente barre in zona tesa

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

Area efficace di calcestruzzo intorno all'armatura tesa

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



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

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	37 di 69

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

$K_t = 0.40$ per carichi di lunga durata

$K_t = 0.60$ per carichi di breve durata ma assunto pari a 0.40 visti i rapporti tra sollecitazioni permanenti e dovuti a carico mobile

$$\alpha e = E_s / E_{cm}$$

$\sigma_s =$ tensione nell'armatura tesa in sezione fessurata

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

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	<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>FA0200 001</td> <td>B</td> <td>38 di 69</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	38 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	38 di 69								

9 CRITERI GENERALI DI VERIFICA

Si descrivono nel seguito i criteri generali seguiti per l'effettuazione delle verifiche di stabilità globale e locale dell'opera di sostegno.

9.1 VERIFICHE DI STABILITA' LOCALE

9.1.1 VERIFICHE ALLO SCORRIMENTO

La verifica allo scorrimento sul piano di posa della Fondazione è condotta rispetto alle combinazioni di SLU del gruppo A2-M2-R2 in condizione statica e 1-M2-R2 in condizione sismica; in particolare è stato verificato il rispetto della seguente condizione:

$$F_s = (c'xB + N_x \tan \mu)/H > 1.0$$

Dove:

N = Risultante delle azioni ortogonali al piano di scorrimento

H = Risultante delle azioni parallele al piano di scorrimento

c' = coesione efficace, posta generalmente pari a zero, salvo particolari condizioni che ne consentano di tenerne conto.

B = Dimensione della Fondazione sul piano di scorrimento.

μ = Coefficiente di attrito fondazione - terreno , vedere par. 6.7

Tale verifica perde di significato nel caso di muro su pali.

9.1.2 VERIFICHE A RIBALTAMENTO

La verifica al ribaltamento rispetto al vertice esterno della fondazione è viene trattata secondo la normativa come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), utilizzando i relativi coefficienti sulle azioni di cui alla tabella 2.6.I delle NTC, adoperando i coefficienti parziali del gruppo (M2) per il calcolo delle spinte.

Nella fattispecie, per ciascuna delle combinazioni di Verifica allo SLU statico e sismico rispetto alle quali è prescritta la verifica al ribaltamento, è stata verificata il rispetto della seguente condizione:

$$F_s = M_{STA}/M_{RIB} > 1.0$$

essendo

M_{RIB} = Risultante momenti ribaltanti

M_{STA} = Risultante momenti stabilizzanti

Tale verifica perde di significato nel caso di muro su pali.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	<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>FA0200 001</td> <td>B</td> <td>39 di 69</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	39 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	39 di 69								

9.1.3 VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE (CARICO LIMITE FONDAZIONI DIRETTE)

Per la valutazione del carico limite delle fondazioni dirette si utilizza il criterio di Brinch-Hansen di cui nel seguito si riporta la relativa trattazione teorica:

Dette:

- c Coesione
- ca Adesione lungo la base della fondazione ($ca \leq c$)
- V Azione tagliante
- φ Angolo d'attrito
- δ Angolo di attrito terreno fondazione
- γ Peso specifico del terreno
- Kp Coefficiente di spinta passiva espresso da $Kp = \tan^2(45^\circ + \varphi/2)$
- B Larghezza della fondazione
- L Lunghezza della fondazione
- D Profondità del piano di posa della fondazione
- η inclinazione piano posa della fondazione
- P Pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione
- qult Carico ultimo della fondazione

Risulta:

Caso generale

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo $\varphi = 0$

$$q_{ult} = 5.14 \cdot c \cdot (1 + s_c + d_c - i_c - g_c - b_c) + q$$

in cui d_c , d_q e d_γ sono i fattori di profondità, s_c , s_q e s_γ sono i fattori di forma, i_c , i_q e i_γ sono i fattori di inclinazione del carico, b_c , b_q e b_γ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa e g_c , g_q e g_γ sono fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori N_c , N_q , N_γ sono espressi come:

$$N_q = Kp e^{\pi \cdot \tan \varphi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \tan \varphi$$

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \cdot \tan \varphi$$

Fattori di forma

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$s_c = 0.2 \frac{B}{L}$	$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L}$
	$s_q = 1 + \frac{B}{L} \text{tg} \phi$
	$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$

Fattori di profondità

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \text{arctg} \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} > 1$$

Fattori inclinazione del carico

Indicando con V e H le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con Af l'area efficace della fondazione ottenuta come $A_f = B' \times L'$ (B' e L' sono legate alle dimensioni effettive della fondazione B, L e all'eccentricità del carico eB, eL dalle relazioni $B' = B - 2e_B$ $L' = L - 2e_L$) con ϕ l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ($\eta=0$ per fondazione orizzontale).

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$	
$i_c = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}} \right)$	$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$	
	$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$	
	Per $\eta = 0$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$
	Per $\eta > 0$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ / 450^\circ)H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$

Fattori inclinazione del piano di posa della fondazione

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$b_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$	$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$
	$b_q = e^{-2.7\eta\phi}$
	$b_\gamma = e^{-2.7\eta\phi}$

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	41 di 69

Fattori di inclinazione del terreno

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$g_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$	$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$ $g_q = g_\gamma = (1 - 0.5tg\beta)^\delta$

Per poter applicare la formula di Hansen devono risultare verificate le seguenti condizioni:

$$H < V \operatorname{tg}(\delta) + A_r \text{ ca}$$

$$\beta \leq \phi$$

$$i_q, i_\gamma > 0$$

$$\beta + \eta \leq 90^\circ$$

9.2 VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE

Il punto 6.8 delle NTC e relativa circolare applicativa, tratta l'argomento della verifica di Stabilità di Materiali Sciolti e fronti di scavo, nella fattispecie, al punto 6.8.2 "Verifiche di Sicurezza (SLU)" viene prescritto quanto di seguito:

Le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1-Combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.

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

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

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

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

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

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

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0200 001	REV. B	FOGLIO 42 di 69

Secondo la normativa quindi i parametri di resistenza del terreno devono essere abbattuti a mezzo dei coefficienti parziali M2, risultando pertanto:

$$c'_d = c' / 1.25;$$

$$\varphi'_d = \arctan (1 / 1.25 \cdot \tan \varphi').$$

Il coefficiente di sicurezza Fs minimo da garantire in questo caso è pari ad 1.1 (γ_R).

9.1.4 VERIFICHE IN FASE SISMICA

Per ciò che concerne le verifiche in condizioni sismiche, la normativa fornisce al punto 7.11.3.5 indicazioni circa le azioni aggiuntive da considerare nell'ambito delle verifiche di Stabilità di Pendii in occasione di eventi sismici; nella fattispecie, si specifica che L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici, di riferimento per le analisi esposte nel seguito del documento, l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio

e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tali forze possono esprimersi come:

$F_h = k_h \times W$ (azione sismica orizzontale)

$F_v = k_v \times W$ (azione sismica verticale)

risultando:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} \tag{7.11.3}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \tag{7.11.4}$$

con:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, come da indicazioni Tab 7.11.1 ;

Tabella 7.11.1 – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$ (accelerazione massima attesa al sito)

S_S : coefficiente di amplificazione stratigrafica

S_T : coefficiente di amplificazione topografica

Relativamente alla combinazione degli effetti sismici con le altre azioni e relative verifiche di sicurezza. ancora la circolare 617 , per il caso dei **Pendii Naturali**, specificano al punto C 7.11.3.5 “Stabilità dei Pendii” viene specificato che le verifiche di sicurezza devono essere effettuate utilizzando i valori caratteristici delle proprietà meccaniche dei terreni; nei metodi pseudostatici la condizione di stato limite ultimo viene riferita al cinematismo di

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA0200 001	REV. B	FOGLIO 43 di 69

collasso critico, caratterizzato dal più basso valore del coefficiente di sicurezza, FS, definito come rapporto tra resistenza al taglio disponibile e sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento (effettiva o potenziale)

In definitiva, per le verifiche sismiche si è ritenuto accettabile un coefficiente di sicurezza unitario

Per quanto riguarda invece il caso dei **Fronti di Scavo e Rilevati**, al punto 7.11.4 “Fronti di Scavo e Rilevati”, si specifica che Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali. Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni impiegando i coefficienti parziali di cui al § 7.11.1

7.11.1 REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE

Sotto l'effetto dell'azione sismica di progetto, definita al Cap. 3, le opere e i sistemi geotecnici devono rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1, con i requisiti di sicurezza indicati nel § 7.1.

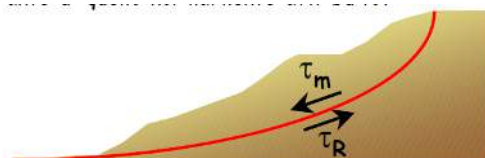
Le verifiche agli stati limite ultimi devono essere effettuate ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e impiegando i parametri geotecnici e le resistenze di progetto, con i valori dei coefficienti parziali indicati nel Cap. 6.

La circolare applicativa n617 specifica ulteriormente al C7.11.4 che, Le verifiche pseudostatiche di sicurezza dei fronti di scavo e dei rilevati si eseguono con la combinazione di coefficienti parziali di cui al § 6.8.2: (A2+M2+R2), utilizzando valori unitari per i coefficienti parziali A2 come specificato al § 7.11.1.

In definitiva, per il caso dei Fronti di Scavo e Rilevati, anche in fase sismica, il coefficiente di sicurezza minimo prescritto dalla Normativa è pari ad $R_2=1.1$ (γ_R).

Per la analisi di stabilità globale presentate nel seguito del presente documento, si è fatto riferimento ai metodi dell'equilibrio limite, messi a punto da diversi autori tra cui, Fellenius, Bishop, Janbu, Morgestern-Price, ecc.

In generale, ciascuno metodo va alla ricerca del potenziali superfici di scivolamento, generalmente di forma circolare, in qualche caso anche di forma diversa, rispetto a cui effettuare un equilibrio alla rotazione (o roto-traslazione) della potenziale massa di terreno coinvolta nel possibile movimento e quindi alla determinazione di un coefficiente di sicurezza disponibile, espresso in via generale tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie, ovvero:



Si procede generalmente suddividendo la massa di terreno coinvolta nella verifica in una serie di conci di dimensione b, interessati da azioni taglianti e normali sulle superfici di delimitazione dello stesso come di seguito rappresentato.

Nel caso in esame, è stata utilizzato in particolare il metodo di **Bishop**, di cui nel seguito si riporta la relativa trattazione teorica:

Il coefficiente di sicurezza si esprime mediante la relazione:

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02	<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>FA0200 001</td> <td>B</td> <td>44 di 69</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	44 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	44 di 69								

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{b_i c_i + W_i \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

con

$$m = \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha_i \operatorname{tg} \phi_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

dove n è il numero delle strisce considerate, bi ed ci sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i-esima rispetto all'orizzontale, Wi è il peso della striscia i-esima e ci e φi sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia. L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η.

Quindi essa va risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare fino a quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

10 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI

Si riepilogano di seguito le armature disposte nelle sezioni notevoli dell'Opera le cui verifiche sono più estesamente riportate nei paragrafi successivi e, per esteso, negli allegati.

10.1 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI TIPO A

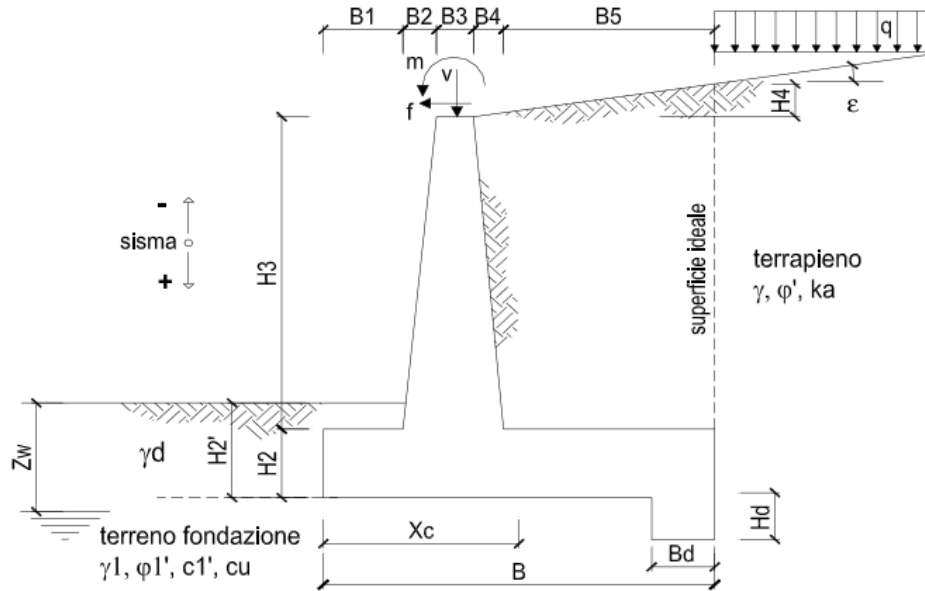
10.1.1 MODELLO DI CALCOLO

Si riportano di seguito in forma tabellare i valori delle spinte di natura statica e sismica per le combinazioni analizzate, gli involucri delle sollecitazioni nel muro e sulla fondazione:

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	45 di 69



DATI DI PROGETTO:

Geometria del Muro

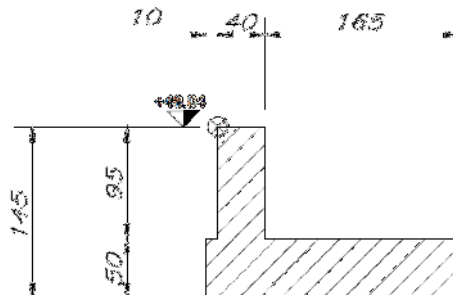
Elevazione	H3 =	0.95	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.00	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	1.85	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	0.50	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.10	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	1.35	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	0.93	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo	γ_{cls} =	25.00	(kN/m ³)
---------------------------------	------------------	-------	----------------------

Modello di calcolo muro



181-215

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	46 di 69

Geometria muro

		valori caratteristici		valori di progetto	
		SLE		STR/GEO	EQU
Dati Geotecnici					
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno (*)	ϕ'	35.00	35.00	29.26
	Peso Unità di Volume del terrapieno (kN/m ³)	γ	19.00	19.00	19.00
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale (*)	δ	0.00	0.00	0.00
Condizioni <input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate					
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione (kPa)	$c1'$	0.00	0.00	0.00
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione (*)	$\phi1'$	24.00	24.00	19.61
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione (kN/m ³)	$\gamma1$	19.00	19.00	19.00
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione (kN/m ³)	γd	19.00	19.00	19.00
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B) (m)	Hs	4.00		
	Modulo di deformazione (kN/m ²)	E	50000		

Dati Sismici	Accelerazione sismica	a/g	0.275	(-)
	Coefficiente Amplificazione Stratigrafico	S_s	1.251	(-)
	Coefficiente Amplificazione Topografico	S_T	1	(-)
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	β_s	0.31	(-)
	Coefficiente sismico orizzontale	kh	0.10664775	(-)
	Coefficiente sismico verticale	kv	0.0533	(-)
	Muro libero di traslare o ruotare		<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no	

		SLE		STR/GEO		EQU	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva Statico	ka	0.271	0.271		0.343	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma +	kas+	0.329	0.329		0.409	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma -	kas-	0.336	0.336		0.417	
	Coeff. Di Spinta Passiva	kp	2.371	2.371		2.010	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma +	kps+	2.208	2.208		1.857	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma -	kps-	2.189	2.189		1.839	

		valori caratteristici		valori di progetto	
		SLE - sisma		STR/GEO	EQU
Carichi Agenti					
Carichi permanenti	Sovraccarico permanente	(kN/m ²)	qp	0.00	0.00
	Sovraccarico su zattera di monte <input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no				
	Forza Orizzontale in Testa permanente (kN/m)	fp	0.00	0.00	0.00
	Forza Verticale in Testa permanente (kN/m)	vp	0.00	0.00	0.00
	Momento in Testa permanente (kNm/m)	mp	0.00	0.00	0.00
Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche (kN/m ²)	q	20.00	30.00	30.00
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni statiche (kN/m)	f	0.00	0.00	0.00
	Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni statiche (kN/m)	v	0.00	0.00	0.00
	Momento in Testa accidentale in condizioni statiche (kNm/m)	m	0.00	0.00	0.00
	Coefficienti di combinazione <input type="radio"/> condizione frequente $\Psi1$ <input checked="" type="radio"/> condizione quasi permanente $\Psi2$		0.40		0.00
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche (kN/m ²)	qs	4.00		
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni sismiche (kN/m)	fs	0.00		
	Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni sismiche (kN/m)	vs	0.00		
	Momento in Testa accidentale in condizioni sismiche (kNm/m)	ms	0.00		

Dati di input

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	47 di 69

Dettaglio coefficienti di sicurezza globali e spinte

Comb.	Tipo comb.	Sisma	FS (ribalt)	FS (scorr)	FS (quilt)	FS (stab)	Spinta [kN]	Incr. Sisma [kN]
1	A1-M1 - [1]	--	--	--	--	--	7.30	0.00
2	EQU - [1]	--	--	--	--	--	10.19	0.00
3	STAB - [1]	--	--	--	--	--	7.55	0.00
4	A1-M1 - [2]	--	--	1.35	2.05	--	17.91	0.00
5	EQU - [2]	--	3.29	--	--	--	28.47	0.00
6	STAB - [2]	--	--	--	--	4.06	24.73	0.00
7	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	--	3.15	--	5.41	3.41
8	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	1.67	--	--	5.41	2.88
9	EQU - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	--	6.86	4.11
10	EQU - [3]	SismaH + SismaV negativo	4.22	--	--	--	6.86	3.44
11	STAB - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	--	6.86	4.11
12	STAB - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	2.39	6.86	3.44
13	SLEQ - [1]	--	--	--	--	--	5.41	0.00
14	SLEF - [1]	--	--	--	--	--	8.55	0.00
15	SLER - [1]	--	--	--	--	--	13.27	0.00

Azioni risultanti sul muro

10.1.2 VERIFICHE GEOTECNICHE

FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

		SLE	STR/GEO	EQU
Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	0.00	0.00	0.00
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	9.50	9.50	8.55
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	0.00	0.00	0.00
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	23.13	23.13	20.81
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	0.00	0.00	0.00
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	32.63	32.63	29.36

- Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt)

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma')$	24.37	24.37	21.93
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma')$	0.00	0.00	0.00
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma')/2$	0.00	0.00	0.00
Sovr =	$qp \cdot (B4 + B5)$	0.00	0.00	0.00
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr	24.37	24.37	21.93

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	48 di 69

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

Sovr acc. Stat	$q^* (B4+B5)$	(kN/m)	27	40.5
Sovr acc. Sism	$qs^* (B4+B5)$	(kN/m)	5.4	

MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

- Muro (Mm)

			SLE	STR/GEO	EQU
Mm1 =	$Pm1^*(B1+2/3 B2)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mm2 =	$Pm2^*(B1+B2+0,5*B3)$	(kNm/m)	2.85	2.85	2.57
Mm3 =	$Pm3^*(B1+B2+B3+1/3 B4)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mm4 =	$Pm4^*(B/2)$	(kNm/m)	21.39	21.39	19.25
Mm5 =	$Pm5^*(B - Bd/2)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	(kNm/m)	24.24	24.24	21.82

- Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro

Mt1 =	$Pt1^*(B1+B2+B3+B4+0,5*B5)$	(kNm/m)	28.63	28.63	25.77
Mt2 =	$Pt2^*(B1+B2+B3+2/3*(B4+B5))$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mt3 =	$Pt3^*(B1+B2+B3+2/3*B4)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Msovr =	$Sovr^*(B1+B2+B3+1/2*(B4+B5))$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr$	(kNm/m)	28.63	28.63	25.77

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

Sovr acc. Stat	$^*(B1+B2+B3+1/2*(B4+B5))$	(kNm/m)	31.725	47.5875
Sovr acc. Sism	$^*(B1+B2+B3+1/2*(B4+B5))$	(kNm/m)	6.345	

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)

Ps h =	Pm^*kh	(kN/m)	3.48
Ps v =	Pm^*kv	(kN/m)	1.74

- Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

Ptsh =	Pt^*kh	(kN/m)	2.60
Ptsh =	Pt^*kv	(kN/m)	1.30

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs h)

MPs1 h =	$kh^*Pm1^*(H2+H3/3)$	(kNm/m)	0.00
MPs2 h =	$kh^*Pm2^*(H2 + H3/2)$	(kNm/m)	0.99
MPs3 h =	$kh^*Pm3^*(H2+H3/3)$	(kNm/m)	0.00
MPs4 h =	$kh^*Pm4^*(H2/2)$	(kNm/m)	0.62
MPs5 h =	$-kh^*Pm5^*(Hd/2)$	(kNm/m)	0.00
MPs h =	$MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5$	(kNm/m)	1.60

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs v)

MPs1 v =	$kv^*Pm1^*(B1+2/3*B2)$	(kNm/m)	0.00
MPs2 v =	$kv^*Pm2^*(B1+B2+B3/2)$	(kNm/m)	0.15
MPs3 v =	$kv^*Pm3^*(B1+B2+B3+B4/3)$	(kNm/m)	0.00
MPs4 v =	$kv^*Pm4^*(B/2)$	(kNm/m)	1.14
MPs5 v =	$kv^*Pm5^*(B-Bd/2)$	(kNm/m)	0.00
MPs v =	$MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5$	(kNm/m)	1.29

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts h)

MPts1 h =	$kh^*Pt1^*(H2 + H3/2)$	(kNm/m)	2.53
MPts2 h =	$kh^*Pt2^*(H2 + H3 + H4/3)$	(kNm/m)	0.00
MPts3 h =	$kh^*Pt3^*(H2+H3*2/3)$	(kNm/m)	0.00
MPts h =	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	2.53

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts v)

MPts1 v =	$kv^*Pt1^*((H2 + H3/2) - (B - B5/2)*0.5)$	(kNm/m)	1.53
MPts2 v =	$kv^*Pt2^*((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3)*0.5)$	(kNm/m)	0.00
MPts3 v =	$kv^*Pt3^*((H2+H3*2/3)-(B1+B2+B3+2/3*B4)*0.5)$	(kNm/m)	0.00
MPts v =	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	1.53

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	49 di 69

CONDIZIONE STATICA

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

	(kN/m)	SLE	STR/GEO	EQU
St = $0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$		5.41	7.04	7.55
Sq perm = $q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$		0.00	0.00	0.00
Sq acc = $q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$		7.86	11.79	14.94

- Componente orizzontale condizione statica

Sth = $St \cdot \cos \delta$	(kN/m)	5.41	7.04	7.55
Sqh perm = $Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Sqh acc = $Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	7.86	11.79	14.94

- Componente verticale condizione statica

Stv = $St \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Sqv perm = $Sq \text{ perm} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Sqv acc = $Sq \text{ acc} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Spinta passiva sul dente

Sp = $\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot 1 \cdot H_d^2 \cdot k \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot H_d^2 \cdot k_p + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_2) \cdot H_d$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
---	--------	------	------	------

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

	(kNm/m)	SLE	STR/GEO	EQU
MSt1 = $Sth \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$		2.62	3.40	3.65
MSt2 = $Stv \cdot B$		0.00	0.00	0.00
MSq1 perm = $Sqh \text{ perm} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$		0.00	0.00	0.00
MSq1 acc = $Sqh \text{ acc} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$		5.70	8.55	10.83
MSq2 perm = $Sqv \text{ perm} \cdot B$		0.00	0.00	0.00
MSq2 acc = $Sqv \text{ acc} \cdot B$		0.00	0.00	0.00
MSP = $\gamma_1 \cdot H_d^3 \cdot k_p / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_2) \cdot H_d^2 / 2$		0.00	0.00	0.00

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

Mfext1 = $mp + m$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mfext2 = $(fp + f) \cdot (H_3 + H_2)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mfext3 = $(vp + v) \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

N = $P_m + P_t + v + Stv + Sqv \text{ perm} + Sqv \text{ acc}$	56.99	(kN/m)	
--	-------	--------	--

Risultante forze orizzontali (T)

T = $Sth + Sqh + f$	18.82	(kN/m)	
---------------------	-------	--------	--

Coefficiente di attrito alla base (f)

f = $\tan \phi_1'$	0.45	(-)	
--------------------	------	-----	--

Fs scorr.	$(N \cdot f + Sp) / T$	1.35	>	1.1
------------------	------------------------	-------------	---	------------

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)

Momento stabilizzante (Ms)

Ms = $M_m + M_t + M_{fext3}$	47.59	(kNm/m)	
------------------------------	-------	---------	--

Momento ribaltante (Mr)

Mr = $M_{St} + M_{Sq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp}$	14.48	(kNm/m)	
---	-------	---------	--

Fs ribaltamento	Ms / Mr	3.29	>	1
------------------------	-----------	-------------	---	----------

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	50 di 69

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax	
N =	$P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv} (+ \text{Sovr acc})$	56.99	97.49	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
T =	$S_{th} + S_{qh} + f - S_p$	18.82	18.82	(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
MM =	ΣM	40.93	88.51	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
M =	$X_c * N - MM$	11.79	1.67	(kNm/m)

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c' * N_c * i_c + q_0 * N_q * i_q + 0,5 * \gamma_1 * B * N_\gamma * i_\gamma$$

c1'	coesione terreno di fondaz.	0.00		(kPa)
ϕ_1'	angolo di attrito terreno di fondaz.	24.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.00		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d * H_2'$	sovraccarico stabilizzante	11.40		(kN/m ²)
e = M / N	eccentricità	0.21	0.02	(m)
B* = B - 2e	larghezza equivalente	1.44	1.82	(m)

I valori di Nc, Nq e Ng sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi'/2) * e^{(\pi * \text{tg}(\phi'))}$	(1 in cond. nd)	9.60		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi')$	(2+ π in cond. nd)	19.32		(-)
$N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \text{tg}(\phi')$	(0 in cond. nd)	9.44		(-)

I valori di ic, iq e i γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B * c' * \text{cotg}(\phi')))^m$	(1 in cond. nd)	0.45	0.65	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.38	0.38	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B * c' * \text{cotg}(\phi')))^{m+1}$		0.30	0.30	(-)

(fondazione nastriforme m = 2)

q _{lim}	(carico limite unitario)	87.79	109.97	(kN/m ²)
------------------	--------------------------	-------	--------	----------------------

FS carico limite	F = q_{lim} * B* / N	Nmin	2.21	>	1.4
		Nmax	2.05	>	

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	51 di 69

CONDIZIONE SISMICA +

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica +

		SLE	STR/GEO	EQU
Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma' \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$	(kN/m)	5.41	5.41	6.86
Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma' \cdot (1 + k_v) \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_{as} - Sst1 \text{ stat}$	(kN/m)	1.50	1.50	1.74
Ssq1 perm = $q_p \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1 acc = $q_s \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}$	(kN/m)	1.91	1.91	2.37

- Componente orizzontale condizione sismica +

Sst1h stat = Sst1 stat * cos δ	(kN/m)	5.41	5.41	6.86
Sst1h sism = Sst1 sism * cos δ	(kN/m)	1.50	1.50	1.74
Ssq1h perm = Ssq1 perm * cos δ	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1h acc = Ssq1 acc * cos δ	(kN/m)	1.91	1.91	2.37

- Componente verticale condizione sismica +

Sst1v stat = Sst1 stat * sen δ	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Sst1v sism = Sst1 sism * sen δ	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1v perm = Ssq1 perm * sen δ	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1v acc = Ssq1 acc * sen δ	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Spinta passiva sul dente

$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1' \cdot (1 + k_v) \cdot H_d^2 \cdot k_{ps} + (2 \cdot c_1' \cdot k_{ps}^{0.5} + \gamma_1' \cdot (1 + k_v) \cdot k_{ps} \cdot H_2) \cdot H_d$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
--	--------	------	------	------

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica +

		SLE	STR/GEO	EQU
MSst1 stat = Sst1h stat * ((H ₂ +H ₃ +H ₄ +hd)/3-hd)	(kNm/m)	2.62	2.62	3.32
MSst1 sism = Sst1h sism * ((H ₂ +H ₃ +H ₄ +Hd)/3-Hd)	(kNm/m)	0.72	0.72	0.84
MSst2 stat = Sst1v stat * B	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSst2 sism = Sst1v sism * B	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSsq1 = Ssq1h * ((H ₂ +H ₃ +H ₄ +Hd)/2-Hd)	(kNm/m)	1.38	1.38	1.72
MSsq2 = Ssq1v * B	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSp = $\gamma_1' \cdot H_d^3 \cdot k_{ps} / 3 + (2 \cdot c_1' \cdot k_{ps}^{0.5} + \gamma_1' \cdot k_{ps} \cdot H_2) \cdot H_d^2 / 2$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

Mfext1 = mp+ms	(kNm/m)		0.00	
Mfext2 = (fp+fs)*(H3 + H2)	(kNm/m)		0.00	
Mfext3 = (vp+vs)*(B1 + B2 + B3/2)	(kNm/m)		0.00	

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

N = Pm + Ft + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv	60.03	(kN/m)	
---	-------	--------	--

Risultante forze orizzontali (T)

T = Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Pts h	14.90	(kN/m)	
--	-------	--------	--

Coefficiente di attrito alla base (f)

f = tg ϕ_1'	0.45	(-)	
------------------	------	-----	--

Fs = (N * f + Sp) / T	1.79	>	1.1
-----------------------	------	---	-----

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

Ms = Mm + Mt + Mfext3	52.87	(kNm/m)	
-----------------------	-------	-----------	--

Momento ribaltante (Mr)

Mr = MSst+MSsq+Mfext1+Mfext2+MSp+MPs+Mpts	7.19	(kNm/m)	
---	------	-----------	--

Fr = Ms / Mr	7.35	>	1
--------------	------	---	---

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	52 di 69

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax	
$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (Sovr\ acc)$		60.03	65.43	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$		14.90		(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
$MM = \Sigma M$		46.83	53.18	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
$M = X_c \cdot N - MM$		8.70	7.35	(kNm/m)

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c' N_c i_c + q_0 N_q i_q + 0,5 \gamma_1 B' N_\gamma i_\gamma$$

c'	coesione terreno di fondaz.	0.00		(kN/mq)
ϕ_1'	angolo di attrito terreno di fondaz.	24.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.00		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d' H_2'$	sovraccarico stabilizzante	11.40		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.14	0.11	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	1.56	1.63	(m)

I valori di N_c , N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \phi')}$	(1 in cond. nd)	9.60		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \tan(\phi')$	(2+π in cond. nd)	19.32		(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan(\phi')$	(0 in cond. nd)	9.44		(-)

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi'))^m$	(1 in cond. nd)	0.57	0.60	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.51	0.55	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi'))^{m+1}$		0.43	0.43	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	121.38	127.28	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	$F = q_{lim} \cdot B^* / N$	Nmin	3.15	>	1.4
		Nmax	3.16	>	

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	53 di 69

CONDIZIONE SISMICA -

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica -

		SLE	STR/GEO	EQU
Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$	(kN/m)	5.41	5.41	6.88
Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas - Sst1 \text{ stat}$	(kN/m)	0.93	0.93	1.02
Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas$	(kN/m)	1.95	1.95	2.42

- Componente orizzontale condizione sismica -

Sst1h stat = $Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	5.41	5.41	6.88
Sst1h sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	0.93	0.93	1.02
Ssq1h perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1h acc = $Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	1.95	1.95	2.42

- Componente verticale condizione sismica -

Sst1v stat = $Sst1 \text{ stat} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Sst1v sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1v perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1v acc = $Ssq1 \text{ acc} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Spinta passiva sul dente

$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot (1-kv) \cdot Hd^2 \cdot kps + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{0.5} + \gamma_1 \cdot (1-kv) \cdot kps \cdot H2) \cdot Hd$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
---	--------	------	------	------

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica -

		SLE	STR/GEO	EQU
MSst1 stat = $Sst1h \text{ stat} \cdot ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$	(kNm/m)	2.62	2.62	3.32
MSst1 sism = $Sst1h \text{ sism} \cdot ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$	(kNm/m)	0.45	0.45	0.49
MSst2 stat = $Sst1v \text{ stat} \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSst2 sism = $Sst1v \text{ sism} \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSsq1 = $Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4+hd)/2-Hd)$	(kNm/m)	1.41	1.41	1.75
MSsq2 = $Ssq1v \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSp = $\gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kps^2 / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{0.5} + \gamma_1 \cdot kps \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

Mfext1 = $mp+ms$	(kNm/m)		0.00	
Mfext2 = $(fp+fs) \cdot (H3 + H2)$	(kNm/m)		0.00	
Mfext3 = $(vp+vs) \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m)		0.00	

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$N = Pm + Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv$	53.95	(kN/m)	
---	-------	--------	--

Risultante forze orizzontali (T)

$T = Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Ptsh$	14.37	(kN/m)	
---	-------	--------	--

Coefficiente di attrito alla base (f)

$f = \tan \phi_1$	0.45	(-)	
-------------------	------	-----	--

$Fs = (N \cdot f + Sp) / T$	1.67	>	1.1
-----------------------------	------	---	-----

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$Ms = Mm + Mt + Mfext3$	52.87	(kNm/m)	
-------------------------	-------	---------	--

Momento ribaltante (Mr)

$Mr = MSst+MSsq+Mfext1+Mfext2+MSp+MPs+Mpts$	12.52	(kNm/m)	
---	-------	---------	--

$Fr = Ms / Mr$	4.22	>	1
----------------	------	---	---

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	54 di 69

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax	
N =	$P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsh}$	53.95	59.35	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
T =	$S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$	14.37		(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
MM =	ΣM	41.44	47.78	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
M =	$X_c \cdot N - MM$	8.47	7.12	(kNm/m)

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma$$

c1'	coesione terreno di fondaz.	0.00		(kN/mq)
$\varphi 1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	24.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.00		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	11.40		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.16	0.12	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	1.54	1.61	(m)

I valori di N_c , N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \text{tg}^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\varphi'))}$	(1 in cond. nd)	9.60		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi')$	($2 + \pi$ in cond. nd)	19.32		(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\varphi')$	(0 in cond. nd)	9.44		(-)

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg} \varphi'))^m$	(1 in cond. nd)	0.54	0.57	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.48	0.52	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg} \varphi'))^{m+1}$		0.39	0.39	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	113.32	119.90	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	F = $q_{lim} \cdot B^* / N$	Nmin	3.23	>	1.4
		Nmax	3.25	>	

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	55 di 69

VERIFICA STABILITÀ GLOBALE

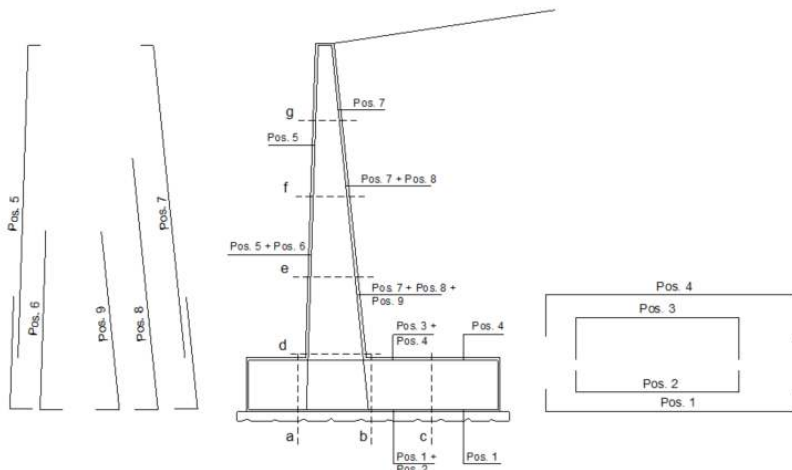
FS_{STAB} (STATICO) = 4.059

FS_{STAB} (SISMICO) = 2.388

10.1.3 VERIFICHE STRUTTURALI

VERIFICA SLU

SCHEMA DELLE ARMATURE



ARMATURE

pos	n°/ml	φ	II strato	pos	n°/ml	φ	II strato
1	4.0	16		5	4.0	16	
2	0.0	24	<input type="checkbox"/>	6	0.0	16	<input type="checkbox"/>
3	0.0	16	<input type="checkbox"/>	7	4.0	16	
4	4.0	16		8	0.0	20	<input type="checkbox"/>
				9	0.0	12	<input type="checkbox"/>

Calcola

Sez.	M	N	h	Af	A'f	Mu
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)
a - a	0.22	0.00	0.50	8.04	8.04	140.61
b - b	-9.44	0.00	0.50	8.04	8.04	140.61
c - c	-3.51	0.00	0.50	8.04	8.04	140.61
d - d	4.62	9.50	0.40	8.04	8.04	110.62
e - e	2.47	7.13	0.40	8.04	8.04	110.25
f - f	1.04	4.75	0.40	8.04	8.04	109.88
g - g	0.24	2.38	0.40	8.04	8.04	109.51

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

Sez.	V _{Ed}	h	V _{rd}	σ staffe	i orizz.	i vert.	θ	V _{Rsd}	
(-)	(kN)	(m)	(kN)	(mm)	(cm)	(cm)	(°)	(kN)	
a - a	4.34	0.50	179.32	14	20	20	21.8	1524.74	Armatura a taglio non necessaria
b - b	11.67	0.50	179.32	14	20	20	21.8	1524.74	Armatura a taglio non necessaria
c - c	8.69	0.50	179.32	14	20	20	21.8	1524.74	Armatura a taglio non necessaria
d - d	10.74	0.40	152.07	14	20	20	21.8	1185.91	Armatura a taglio non necessaria
e - e	7.49	0.40	151.76	14	20	20	21.8	1185.91	Armatura a taglio non necessaria
f - f	4.62	0.40	151.45	14	20	20	21.8	1185.91	Armatura a taglio non necessaria
g - g	2.12	0.40	151.14	14	20	20	21.8	1185.91	Armatura a taglio non necessaria

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	56 di 69

VERIFICA SLE – FESSURAZIONE

condizione Frequente

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk	w _{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	0.14	0.00	0.50	8.04	8.04	0.01	0.41	0.001	0.200
b - b	-3.66	0.00	0.50	8.04	8.04	0.18	10.86	0.018	0.200
c - c	-1.37	0.00	0.50	8.04	8.04	0.07	4.08	0.007	0.200
d - d	1.71	9.50	0.40	8.04	8.04	0.11	1.58	0.002	0.200
e - e	0.86	7.13	0.40	8.04	8.04	0.05	0.24	0.000	0.200
f - f	0.34	4.75	0.40	8.04	8.04	0.02	-0.04	0.000	0.200
g - g	0.07	2.38	0.40	8.04	8.04	0.00	-	-	0.200

sez. compressa

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

condizione Quasi Permanente

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk	w _{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	0.11	0.00	0.50	8.04	8.04	0.01	0.33	0.001	0.200
b - b	-1.79	0.00	0.50	8.04	8.04	0.09	5.31	0.009	0.200
c - c	-0.69	0.00	0.50	8.04	8.04	0.03	2.04	0.003	0.200
d - d	0.74	9.50	0.40	8.04	8.04	0.05	-0.05	0.000	0.200
e - e	0.31	7.13	0.40	8.04	8.04	0.00	-	-	0.200
f - f	0.09	4.75	0.40	8.04	8.04	0.00	-	-	0.200
g - g	0.01	2.38	0.40	8.04	8.04	0.00	-	-	0.200

sez. compressa
sez. compressa
sez. compressa

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

VERIFICA SLE – TENSIONE

Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
a - a	0.18	0.00	0.50	8.04	8.04	0.01	0.52
b - b	-6.46	0.00	0.50	8.04	8.04	0.31	19.20
c - c	-2.41	0.00	0.50	8.04	8.04	0.12	7.16
d - d	3.18	9.50	0.40	8.04	8.04	0.23	6.69
e - e	1.69	7.13	0.40	8.04	8.04	0.11	2.48
f - f	0.70	4.75	0.40	8.04	8.04	0.04	0.39
g - g	0.16	2.38	0.40	8.04	8.04	0.01	-0.02

Condizione Sismica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
a - a	0.18	0.00	0.50	8.04	8.04	0.01	0.54
b - b	-7.67	0.00	0.50	8.04	8.04	0.37	22.79
c - c	-2.82	0.00	0.50	8.04	8.04	0.14	8.37
d - d	2.14	8.91	0.40	8.04	8.04	0.15	3.22
e - e	1.07	6.68	0.40	8.04	8.04	0.07	0.74
f - f	0.41	4.46	0.40	8.04	8.04	0.03	0.02
g - g	0.09	2.23	0.40	8.04	8.04	0.01	-

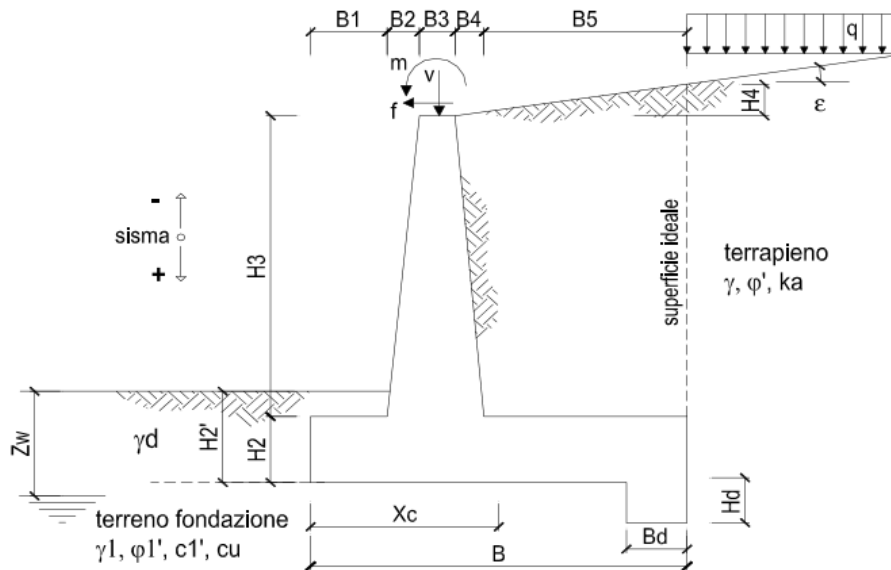
sez. compressa

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

10.2 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI TIPO B, H=5.5

11.1.1 MODELLO DI CALCOLO

Si riportano di seguito in forma tabellare i valori delle spinte di natura statica e sismica per le combinazioni analizzate, gli involuipi delle sollecitazioni nel muro e sulla fondazione:



DATI DI PROGETTO:

Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	5.50	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.65	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.00	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	6.70	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.10	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	1.20	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	4.85	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	3.35	(m)

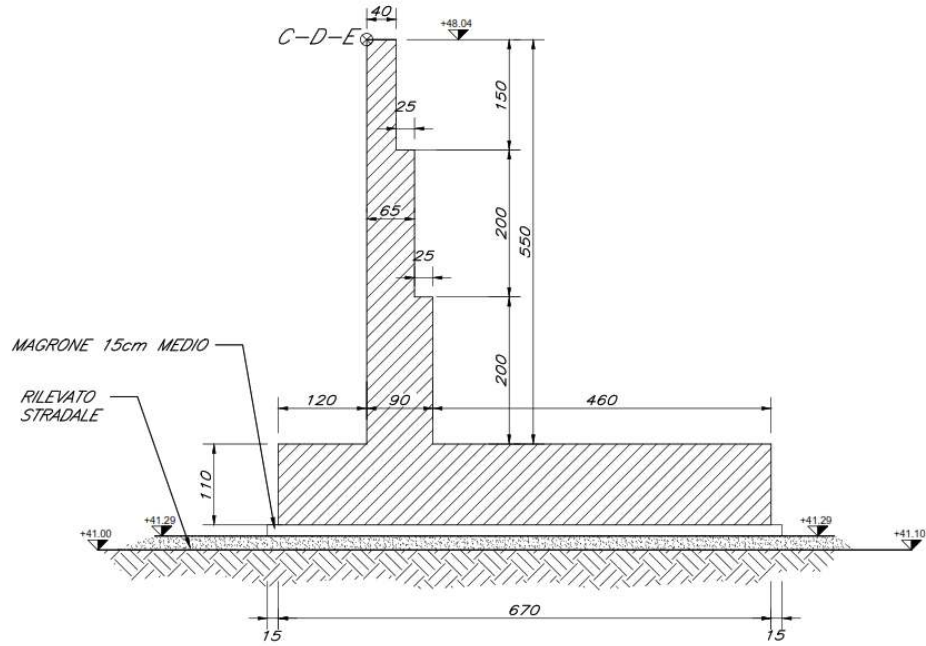
Peso Specifico del Calcestruzzo	γ_{cls} =	25.00	(kN/m ³)
---------------------------------	------------------	-------	----------------------

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	58 di 69

Modello di calcolo muro

SEZIONE B-B
MURI DI SOTTOSCARPA IN C.A. "TIPO B"
Scala 1:50



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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	59 di 69

Geometria muro

Dati Geotecnici		valori caratteristici		valori di progetto	
		SLE		STR/GEO	EQU
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	(°)	ϕ'	35.00	35.00 29.26
	Peso Unità di Volume del terrapieno	(kN/m ³)	γ	19.00	19.00 19.00
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	(°)	δ	0.00	0.00 0.00
Dati Terreno Fondazione	Condizioni		<input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate		
	Coesione Terreno di Fondazione	(kPa)	$c1'$	0.00	0.00 0.00
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	(°)	$\phi1'$	24.00	24.00 19.61
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	(kN/m ³)	$\gamma1$	19.00	19.00 19.00
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	(kN/m ³)	γd	19.00	19.00 19.00
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B)	(m)	Hs	7.00	
Modulo di deformazione	(kN/m ²)	E	50000		

Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	0.275	(-)
	Coefficiente Amplificazione Stratigrafico	S_s	1.251	(-)
	Coefficiente Amplificazione Topografico	S_T	1	(-)
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	β_s	0.31	(-)
	Coefficiente sismico orizzontale	kh	0.10664775	(-)
	Coefficiente sismico verticale	kv	0.0533	(-)
	Muro libero di traslare o ruotare		<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no	

		SLE		STR/GEO		EQU	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva Statico	ka	0.271	0.271	0.343		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma +	kas+	0.329	0.329	0.409		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma -	kas-	0.336	0.336	0.417		
	Coeff. Di Spinta Passiva	kp	2.371	2.371	2.010		
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma +	kps+	2.208	2.208	1.857		
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma -	kps-	2.189	2.189	1.839		

Carichi Agenti		valori caratteristici		valori di progetto	
		SLE - sisma		STR/GEO	EQU
Carichi permanenti	Sovraccarico permanente	(kN/m ²)	qp	0.00	0.00 0.00
	Sovraccarico su zattera di monte	<input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no			
	Forza Orizzontale in Testa permanente	(kN/m)	fp	0.00	0.00 0.00
	Forza Verticale in Testa permanente	(kN/m)	vp	0.00	0.00 0.00
Condizioni Statiche	Momento in Testa permanente	(kNm/m)	mp	0.00	0.00 0.00
	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	(kN/m ²)	q	20.00	30.00 30.00
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni statiche	(kN/m)	f	0.00	0.00 0.00
	Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni statiche	(kN/m)	v	0.00	0.00 0.00
	Momento in Testa accidentale in condizioni statiche	(kNm/m)	m	0.00	0.00 0.00
Condizioni Sismiche	Coefficienti di combinazione	condizione frequente $\Psi1$	0.40	condizione quasi permanente $\Psi2$	0.00
	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	(kN/m ²)	qs	4.00	
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kN/m)	fs	0.00	
	Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kN/m)	vs	0.00	
Momento in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kNm/m)	ms	0.00		

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	60 di 69

Dati di input

Dettaglio coefficienti di sicurezza globali e spinte

Comb.	Tipo comb.	Sisma	FS (ribalt)	FS (scorr)	FS (qult)	FS (stab)	Spinta [kN]	Incr. Sisma [kN]
1	A1-M1 - [1]	--	--	--	--	--	151.39	0.00
2	EQU - [1]	--	--	--	--	--	211.06	0.00
3	STAB - [1]	--	--	--	--	--	156.34	0.00
4	A1-M1 - [2]	--	--	1.74	1.96	--	199.68	0.00
5	EQU - [2]	--	4.62	--	--	--	263.77	0.00
6	STAB - [2]	--	--	--	--	1.67	234.54	0.00
7	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	--	1.71	--	112.14	39.73
8	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	1.47	--	--	112.14	28.22
9	EQU - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	--	142.12	46.75
10	EQU - [3]	SismaH + SismaV negativo	3.62	--	--	--	142.12	32.12
11	STAB - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	--	142.12	46.75
12	STAB - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	1.38	142.12	32.12
13	SLEQ - [1]	--	--	--	--	--	112.14	0.00
14	SLEF - [1]	--	--	--	--	--	126.45	0.00
15	SLER - [1]	--	--	--	--	--	147.91	0.00

Azioni risultanti sul muro

11.1.2 VERIFICHE GEOTECNICHE

FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

		SLE	STR/GEO	EQU
Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	0.00	0.00	0.00
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	89.38	89.38	80.44
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	0.00	0.00	0.00
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	184.25	184.25	165.83
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	0.00	0.00	0.00
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	273.63	273.63	246.26

- Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt)

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma')$	506.83	506.83	456.14
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma')$	0.00	0.00	0.00
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma')/2$	0.00	0.00	0.00
Sovr =	$qp \cdot (B4 + B5)$	0.00	0.00	0.00
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr	506.83	506.83	456.14

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	61 di 69

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

Sovr acc. Stat	$q^*(B4+B5)$	(kN/m)	97	145.5
Sovr acc. Sism	$qs^*(B4+B5)$	(kN/m)	19.4	

MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

- Muro (Mm)

			SLE	STR/GEO	EQU
Mm1 =	$Pm1^*(B1+2/3 B2)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mm2 =	$Pm2^*(B1+B2+0,5*B3)$	(kNm/m)	136.30	136.30	122.67
Mm3 =	$Pm3^*(B1+B2+B3+1/3 B4)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mm4 =	$Pm4^*(B/2)$	(kNm/m)	617.24	617.24	555.51
Mm5 =	$Pm5^*(B - Bd/2)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	(kNm/m)	753.53	753.53	678.18

- Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro

Mt1 =	$Pt1^*(B1+B2+B3+B4+0,5*B5)$	(kNm/m)	2166.68	2166.68	1950.01
Mt2 =	$Pt2^*(B1+B2+B3+2/3*(B4+B5))$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mt3 =	$Pt3^*(B1+B2+B3+2/3*B4)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Msovr =	$Sovr^*(B1+B2+B3+1/2*(B4+B5))$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr$	(kNm/m)	2166.68	2166.68	1950.01

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

Sovr acc. Stat	$*(B1+B2+B3+1/2*(B4+B5))$	(kNm/m)	414.675	622.0125
Sovr acc. Sism	$*(B1+B2+B3+1/2*(B4+B5))$	(kNm/m)	82.935	

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)

Ps h =	$Pm*kh$	(kN/m)	29.18
Ps v =	$Pm*kv$	(kN/m)	14.59

- Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

Ptsh =	$Pt*kh$	(kN/m)	54.05
Ptshv =	$Pt*kv$	(kN/m)	27.03

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs h)

MPs1 h =	$kh^2*Pm1^*(H2+H3/3)$	(kNm/m)	0.00
MPs2 h =	$kh^2*Pm2^*(H2 + H3/2)$	(kNm/m)	36.70
MPs3 h =	$kh^2*Pm3^*(H2+H3/3)$	(kNm/m)	0.00
MPs4 h =	$kh^2*Pm4^*(H2/2)$	(kNm/m)	10.81
MPs5 h =	$-kh^2*Pm5^*(Hd/2)$	(kNm/m)	0.00
MPs h =	$MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5$	(kNm/m)	47.50

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs v)

MPs1 v =	$kv^2*Pm1^*(B1+2/3*B2)$	(kNm/m)	0.00
MPs2 v =	$kv^2*Pm2^*(B1+B2+B3/2)$	(kNm/m)	7.27
MPs3 v =	$kv^2*Pm3^*(B1+B2+B3+B4/3)$	(kNm/m)	0.00
MPs4 v =	$kv^2*Pm4^*(B/2)$	(kNm/m)	32.91
MPs5 v =	$kv^2*Pm5^*(B-Bd/2)$	(kNm/m)	0.00
MPs v =	$MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5$	(kNm/m)	40.18

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts h)

MPts1 h =	$kh^2*Pt1^*(H2 + H3/2)$	(kNm/m)	208.10
MPts2 h =	$kh^2*Pt2^*(H2 + H3 + H4/3)$	(kNm/m)	0.00
MPts3 h =	$kh^2*Pt3^*(H2+H3^2/3)$	(kNm/m)	0.00
MPts h =	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	208.10

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts v)

MPts1 v =	$kv^2*Pt1^*((H2 + H3/2) - (B - B5/2)*0.5)$	(kNm/m)	115.54
MPts2 v =	$kv^2*Pt2^*((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3)*0.5)$	(kNm/m)	0.00
MPts3 v =	$kv^2*Pt3^*((H2+H3^2/3)-(B1+B2+B3+2/3*B4)*0.5)$	(kNm/m)	0.00
MPts v =	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	115.54

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	62 di 69

CONDIZIONE STATICA

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

	(kN/m)	SLE	STR/GEO	EQU
St = $0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$	112.14	112.14	145.78	156.34
Sq perm = $q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$	0.00	0.00	0.00	0.00
Sq acc = $q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$	35.77	35.77	53.66	68.00

- Componente orizzontale condizione statica

Sth = $St \cdot \cos \delta$	112.14	112.14	145.78	156.34
Sqh perm = $Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$	0.00	0.00	0.00	0.00
Sqh acc = $Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$	35.77	35.77	53.66	68.00

- Componente verticale condizione statica

Stv = $St \cdot \sin \delta$	0.00	0.00	0.00	0.00
Sqv perm = $Sq \text{ perm} \cdot \sin \delta$	0.00	0.00	0.00	0.00
Sqv acc = $Sq \text{ acc} \cdot \sin \delta$	0.00	0.00	0.00	0.00

- Spinta passiva sul dente

Sp = $\frac{1}{2} \cdot g_1 \cdot H_d^2 \cdot k \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot H_d^2 \cdot k_p + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_d^2) \cdot H_d$	0.00	0.00	0.00	0.00
--	------	------	------	------

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

	(kNm/m)	SLE	STR/GEO	EQU
MSt1 = $Sth \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$	246.71	246.71	320.72	343.94
MSt2 = $Stv \cdot B$	0.00	0.00	0.00	0.00
MSq1 perm = $Sqh \text{ perm} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$	0.00	0.00	0.00	0.00
MSq1 acc = $Sqh \text{ acc} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$	118.04	118.04	177.06	224.40
MSq2 perm = $Sqv \text{ perm} \cdot B$	0.00	0.00	0.00	0.00
MSq2 acc = $Sqv \text{ acc} \cdot B$	0.00	0.00	0.00	0.00
MSp = $\gamma_1 \cdot H_d^3 \cdot k_p / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_d^2) \cdot H_d^2 / 2$	0.00	0.00	0.00	0.00

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

Mfext1 = $mp + m$	0.00	0.00	0.00	0.00
Mfext2 = $(fp + f) \cdot (H_3 + H_2)$	0.00	0.00	0.00	0.00
Mfext3 = $(vp + v) \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2)$	0.00	0.00	0.00	0.00

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

N = $P_m + P_t + v + Stv + Sqv \text{ perm} + Sqv \text{ acc}$	780.45	(kN/m)
--	--------	--------

Risultante forze orizzontali (T)

T = $Sth + Sqh + f$	199.44	(kN/m)
---------------------	--------	--------

Coefficiente di attrito alla base (f)

f = $\tan \phi_1'$	0.45	(-)
--------------------	------	-----

Fs scorr.	(N * f + Sp) / T	1.74	>	1.1
------------------	-------------------------	-------------	-------------	------------

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)

Momento stabilizzante (Ms)

Ms = $M_m + M_t + M_{fext3}$	2628.19	(kNm/m)
------------------------------	---------	---------

Momento ribaltante (Mr)

Mr = $M_{St} + M_{Sq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp}$	568.34	(kNm/m)
---	--------	---------

Fs ribaltamento	Ms / Mr	4.62	>	1
------------------------	----------------	-------------	-------------	----------

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	63 di 69

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax	
$N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv} (+ \text{Sovr acc})$		780.45	925.95	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p$		199.44	199.44	(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
$MM = \Sigma M$		2422.42	3044.44	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
$M = X_c \cdot N - MM$		192.08	57.50	(kNm/m)

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot B^* \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma$$

c'	coesione terreno di fondaz.	0.00		(kPa)
ϕ_1'	angolo di attrito terreno di fondaz.	24.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	11.69		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	22.80		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.25	0.06	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	6.21	6.58	(m)

I valori di N_c , N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\phi'))}$	(1 in cond. nd)	9.60		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi')$	(2+ π in cond. nd)	19.32		(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\phi')$	(0 in cond. nd)	9.44		(-)

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \text{cotg}(\phi')))^m$	(1 in cond. nd)	0.55	0.62	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.50	0.50	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \text{cotg}(\phi')))^{m+1}$		0.41	0.41	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	262.66	276.10	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	$F = q_{lim} \cdot B^* / N$	Nmin	2.09	>	1.4
		Nmax	1.96	>	

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	64 di 69

CONDIZIONE SISMICA +

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica +

		SLE	STR/GEO	EQU
Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$	(kN/m)	112.14	112.14	142.12
Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma \cdot (1+kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^* - Sst1 \text{ stat}$	(kN/m)	31.06	31.06	35.98
Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^*$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^*$	(kN/m)	8.67	8.67	10.79

- Componente orizzontale condizione sismica +

Sst1h stat = $Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	112.14	112.14	142.12
Sst1h sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	31.06	31.06	35.98
Ssq1h perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1h acc = $Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	8.67	8.67	10.79

- Componente verticale condizione sismica +

Sst1v stat = $Sst1 \text{ stat} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Sst1v sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1v perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1v acc = $Ssq1 \text{ acc} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Spinta passiva sul dente

$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot (1+kv) \cdot Hd^2 \cdot kps^* + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{*0.5} + \gamma_1 \cdot (1+kv) \cdot kps^* \cdot H2) \cdot Hd$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
--	--------	------	------	------

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica +

		SLE	STR/GEO	EQU
MSst1 stat = $Sst1h \text{ stat} \cdot ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$	(kNm/m)	246.71	246.71	312.67
MSst1 sism = $Sst1h \text{ sism} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$	(kNm/m)	68.32	68.32	79.11
MSst2 stat = $Sst1v \text{ stat} \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSst2 sism = $Sst1v \text{ sism} \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSsq1 = $Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$	(kNm/m)	28.62	28.62	35.59
MSsq2 = $Ssq1v \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSp = $\gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kps^*/3 + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{*0.5} + \gamma_1 \cdot kps^* \cdot H2) \cdot Hd^2/2$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

Mfext1 = $mp+ms$	(kNm/m)		0.00	
Mfext2 = $(fp+fs) \cdot (H3 + H2)$	(kNm/m)		0.00	
Mfext3 = $(vp+vs) \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m)		0.00	

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$N = Pm + Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv$	822.07	(kN/m)
---	--------	--------

Risultante forze orizzontali (T)

$T = Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Ptsh$	235.10	(kN/m)
---	--------	--------

Coefficiente di attrito alla base (f)

$f = \tan \varphi_1'$	0.45	(-)
-----------------------	------	-----

$Fs = (N \cdot f + Sp) / T$	1.56	>	1.1
-----------------------------	-------------	---	------------

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$Ms = Mm + Mt + Mfext3$	2920.21	(kNm/m)
-------------------------	---------	---------

Momento ribaltante (Mr)

$Mr = MSst + MSsq + Mfext1 + Mfext2 + MSp + MPp + Mpts$	527.27	(kNm/m)
---	--------	---------

$Fr = Ms / Mr$	5.54	>	1
----------------	-------------	---	----------

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	65 di 69

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax	
N =	$P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (Sovr\ acc)$	822.07	841.47	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
T =	$S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$	235.10		(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
MM =	ΣM	2476.67	2559.60	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
M =	$X_c \cdot N - MM$	277.25	259.31	(kNm/m)

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c' N_c i_c + q_0 N_q i_q + 0,5 \gamma_1 B' N_\gamma i_\gamma$$

c'	coesione terreno di fondaz.	0.00		(kN/mq)
ϕ_1'	angolo di attrito terreno di fondaz.	24.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	11.69		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d' H_2'$	sovraccarico stabilizzante	22.80		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.34	0.31	(m)
$B' = B - 2e$	larghezza equivalente	6.03	6.08	(m)

I valori di N_c , N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan(\phi'))}$	(1 in cond. nd)	9.60		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \tan(\phi')$	(2+π in cond. nd)	19.32		(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan(\phi')$	(0 in cond. nd)	9.44		(-)

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B' \cdot c' \cdot \cot(\phi')))^m$	(1 in cond. nd)	0.51	0.52	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.45	0.46	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B' \cdot c' \cdot \cot(\phi')))^{m+1}$		0.36	0.36	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	232.64	235.88	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	$F = q_{lim} \cdot B' / N$	Nmin	1.71	>	1.4
		Nmax	1.71	>	

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	66 di 69

CONDIZIONE SISMICA -

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica -

	SLE	STR/GEO	EQU
Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$	(kN/m) 112.14	112.14	142.12
Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma \cdot (1 - k_v) \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_{as} - Sst1 \text{ stat}$	(kN/m) 19.36	19.36	21.12
Ssq1 perm = $q_p \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}$	(kN/m) 0.00	0.00	0.00
Ssq1 acc = $q_s \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}$	(kN/m) 8.86	8.86	11.00

- Componente orizzontale condizione sismica -

Sst1h stat = Sst1 stat * cos δ	(kN/m) 112.14	112.14	142.12
Sst1h sism = Sst1 sism * cos δ	(kN/m) 19.36	19.36	21.12
Ssq1h perm = Ssq1 perm * cos δ	(kN/m) 0.00	0.00	0.00
Ssq1h acc = Ssq1 acc * cos δ	(kN/m) 8.86	8.86	11.00

- Componente verticale condizione sismica -

Sst1v stat = Sst1 stat * sen δ	(kN/m) 0.00	0.00	0.00
Sst1v sism = Sst1 sism * sen δ	(kN/m) 0.00	0.00	0.00
Ssq1v perm = Ssq1 perm * sen δ	(kN/m) 0.00	0.00	0.00
Ssq1v acc = Ssq1 acc * sen δ	(kN/m) 0.00	0.00	0.00

- Spinta passiva sul dente

$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot (1 - k_v) \cdot H_d^2 \cdot k_{ps} + (2 \cdot c_1 \cdot k_{ps}^{0.5} + \gamma_1 \cdot (1 - k_v) \cdot k_{ps} \cdot H_2) \cdot H_d$	(kN/m) 0.00	0.00	0.00
---	-------------	------	------

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica -

	SLE	STR/GEO	EQU
MSst1 stat = Sst1h stat * ((H ₂ +H ₃ +H ₄ +H _d)/3-H _d)	(kNm/m) 246.71	246.71	312.67
MSst1 sism = Sst1h sism * ((H ₂ +H ₃ +H ₄ +H _d)/3-H _d)	(kNm/m) 42.58	42.58	46.47
MSst2 stat = Sst1v stat * B	(kNm/m) 0.00	0.00	0.00
MSst2 sism = Sst1v sism * B	(kNm/m) 0.00	0.00	0.00
MSsq1 = Ssq1h * ((H ₂ +H ₃ +H ₄ +H _d)/2-H _d)	(kNm/m) 29.24	29.24	36.30
MSsq2 = Ssq1v * B	(kNm/m) 0.00	0.00	0.00
MSp = $\gamma_1 \cdot H_d^3 \cdot k_{ps} / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_{ps}^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_{ps} \cdot H_2) \cdot H_d^2 / 2$	(kNm/m) 0.00	0.00	0.00

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

Mfext1 = mp+ms	(kNm/m)	0.00
Mfext2 = (fp+fs)*(H ₃ + H ₂)	(kNm/m)	0.00
Mfext3 = (vp+vs)*(B ₁ + B ₂ + B ₃ /2)	(kNm/m)	0.00

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

N = P _m + P _t + v _p + v _s + Sst1v + Ssq1v + P _s v + P _t sv	738.83	(kN/m)
--	--------	--------

Risultante forze orizzontali (T)

T = Sst1h + Ssq1h + f _p + f _s + P _s h + P _t sh	223.59	(kN/m)
--	--------	--------

Coefficiente di attrito alla base (f)

f = tg ϕ_1	0.45	(-)
-----------------	------	-----

F _s = (N * f + Sp) / T	1.47	>	1.1
-----------------------------------	------	---	-----

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (M_s)

M _s = M _m + M _t + Mfext3	2920.21	(kNm/m)
---	---------	---------

Momento ribaltante (M_r)

M _r = MSst+MSsq+Mfext1+Mfext2+MSp+MPs+Mpts	808.78	(kNm/m)
---	--------	---------

Fr = M _s / M _r	3.62	>	1
--------------------------------------	------	---	---

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	67 di 69

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)
 $N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv}$

Nmin	Nmax	
738.83	758.23	(kN/m)

Risultante forze orizzontali (T)
 $T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$

223.59	(kN/m)
--------	--------

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)
 $MM = \Sigma M$

2190.36	2273.29	(kNm/m)
---------	---------	---------

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)
 $M = X_c \cdot N - MM$

284.74	266.79	(kNm/m)
--------	--------	---------

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c' N_c i_c + q_0 N_q i_q + 0,5 \gamma_1 B^* N \gamma i_\gamma$$

c'	coesione terreno di fondaz.	0.00	(kN/mq)
ϕ_1'	angolo di attrito terreno di fondaz.	24.00	(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	11.69	(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d H^2$	sovraccarico stabilizzante	22.80	(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.39	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	5.93	(m)

I valori di N_c , N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi'/2) e^{(\pi \text{tg}(\phi'))}$	(1 in cond. nd)	9.60	(-)
$N_c = (N_q - 1) \text{tg}(\phi')$	(2+π in cond. nd)	19.32	(-)
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \text{tg}(\phi')$	(0 in cond. nd)	9.44	(-)

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T/(N + B^* c' \cot \phi'))^m$	(1 in cond. nd)	0.49	0.50	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_q - 1)$		0.43	0.44	(-)
$i_\gamma = (1 - T/(N + B^* c' \cot \phi'))^{m+1}$		0.34	0.34	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim} (carico limite unitario) 217.43 221.06 (kN/m²)

FS carico limite $F = q_{lim} \cdot B^* / N$

Nmin	1.74	>	1.4
Nmax	1.75	>	

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	68 di 69

VERIFICA STABILITÀ GLOBALE

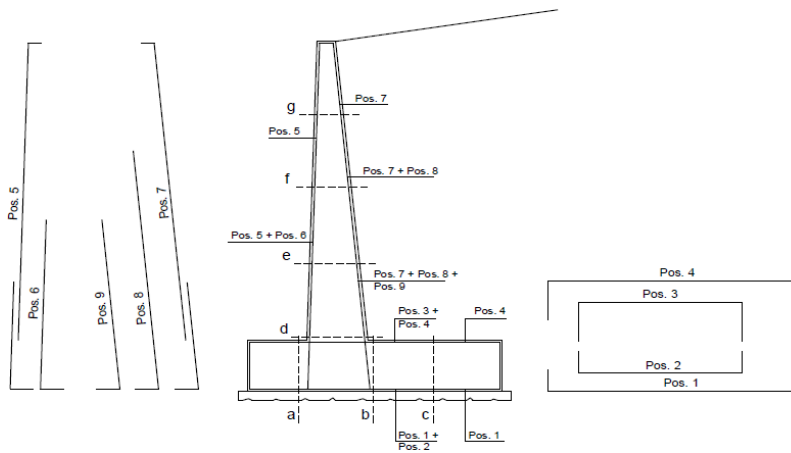
FS_{STAB} (STATICO) = 1.672

FS_{STAB} (SISMICO) = 1.381

11.1.3 VERIFICHE STRUTTURALI

VERIFICA SLU

SCHEMA DELLE ARMATURE



ARMATURE

pos	n°/ml	ϕ	II strato	pos	n°/ml	ϕ	II strato
1	4.0	20		5	4.0	20	
2	4.0	20	□	6	0.0	16	□
3	4.0	20	□	7	4.0	26	
4	4.0	20		8	0.0	20	□
				9	0.0	12	□

Sez.	M	N	h	Af	A'f	Mu
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)
a - a	92.60	0.00	1.10	25.13	25.13	999.86
b - b	-418.62	0.00	1.10	25.13	25.13	999.86
c - c	-130.72	0.00	1.10	12.57	12.57	507.49
d - d	308.57	89.38	0.65	21.24	12.57	497.94
e - e	147.47	67.03	0.65	21.24	12.57	491.83
f - f	53.94	44.69	0.65	21.24	12.57	485.72
g - g	10.59	22.34	0.65	21.24	12.57	479.59

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

Sez.	V _{Ed}	h	V _{rd}	ø staffe	i orizz.	i vert.	θ	V _{Rsd}	
(-)	(kN)	(m)	(kN)	(mm)	(cm)	(cm)	(°)	(kN)	
a - a	148.85	1.10	341.24	10	20	20	21.8	1815.17	Armatura a taglio non necessaria
b - b	132.07	1.10	341.24	10	20	20	21.8	1815.17	Armatura a taglio non necessaria
c - c	96.97	1.10	334.78	10	20	20	21.8	1815.17	Armatura a taglio non necessaria
d - d	145.95	0.65	256.32	10	20	20	21.8	1037.24	Armatura a taglio non necessaria
e - e	90.48	0.65	253.23	10	20	20	21.8	1037.24	Armatura a taglio non necessaria
f - f	47.67	0.65	250.13	10	20	20	21.8	1037.24	Armatura a taglio non necessaria
g - g	17.51	0.65	247.04	10	20	20	21.8	1037.24	Armatura a taglio non necessaria

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

Relazione di Calcolo Muri di Sostegno in c.a. FA02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	FA0200 001	B	69 di 69

VERIFICA SLE – FESSURAZIONE

condizione Frequente

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk	w _{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	64.20	0.00	1.10	25.13	25.13	0.47	26.04	0.023	0.200
b - b	-172.90	0.00	1.10	25.13	25.13	1.26	70.13	0.061	0.200
c - c	-42.11	0.00	1.10	12.57	12.57	0.43	33.70	0.046	0.200
d - d	175.56	89.38	0.65	21.24	12.57	3.64	131.62	0.145	0.200
e - e	78.68	67.03	0.65	21.24	12.57	1.65	53.39	0.059	0.200
f - f	26.04	44.69	0.65	21.24	12.57	0.56	13.29	0.015	0.200
g - g	4.28	22.34	0.65	21.24	12.57	0.09	0.38	0.000	0.200

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

condizione Quasi Permanente

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk	w _{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	59.07	0.00	1.10	25.13	25.13	0.43	23.96	0.021	0.200
b - b	-134.49	0.00	1.10	25.13	25.13	0.98	54.55	0.048	0.200
c - c	-28.03	0.00	1.10	12.57	12.57	0.29	22.43	0.030	0.200
d - d	142.77	89.38	0.65	21.24	12.57	2.97	103.54	0.114	0.200
e - e	60.23	67.03	0.65	21.24	12.57	1.28	37.70	0.042	0.200
f - f	17.85	44.69	0.65	21.24	12.57	0.38	6.68	0.007	0.200
g - g	2.23	22.34	0.65	21.24	12.57	0.00	-	-	0.200

sez. compressa

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

VERIFICA SLE – TENSIONE

Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
a - a	71.89	0.00	1.10	25.13	25.13	0.52	29.16
b - b	-230.50	0.00	1.10	25.13	25.13	1.67	93.50
c - c	-63.23	0.00	1.10	12.57	12.57	0.65	50.60
d - d	224.75	89.38	0.65	21.24	12.57	4.63	173.78
e - e	106.34	67.03	0.65	21.24	12.57	2.22	77.03
f - f	38.34	44.69	0.65	21.24	12.57	0.81	23.60
g - g	7.35	22.34	0.65	21.24	12.57	0.16	2.17

Condizione Sismica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
a - a	91.55	0.00	1.10	25.13	25.13	0.66	37.13
b - b	-418.62	0.00	1.10	25.13	25.13	3.04	169.80
c - c	-130.72	0.00	1.10	12.57	12.57	1.34	104.61
d - d	228.40	84.61	0.65	21.24	12.57	4.70	177.93
e - e	102.84	63.46	0.65	21.24	12.57	2.14	74.77
f - f	34.31	42.30	0.65	21.24	12.57	0.73	20.66
g - g	5.73	21.15	0.65	21.24	12.57	0.12	1.22

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)