

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

ITINERARIO NAPOLI-BARI.

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO.

II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.

1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO - TELESE.

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+655 al km 17+767

Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

IF0H 12 D 11 CL RI0405 001 A

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

File: IF0H12D11CLRIO405001A.doc

n. Elab.:

1L 122

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
 Dott. Ing. Fabrizio Cerrone
 n. 16362 del 11/06/17

INDICE

1.	GENERALITA'	5
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	5
1.2	UNITÀ DI MISURA.....	7
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	8
2.1	ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	8
3.	MATERIALI	9
3.1	CLASSI DI ESPOSIZIONE E COPRIFERRI	9
3.2	CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONI (C 32/40)	11
3.3	CALCESTRUZZO PER FONDAZIONE (C 28/35)	12
3.4	CALCESTRUZZO PER PALI DI FONDAZIONE (C 25/30).....	13
3.5	CALCESTRUZZO MAGRO PER GETTI DI LIVELLAMENTO/SOTTOFONDAZIONI (C12/15)	14
3.6	ACCIAIO IN BARRE D'ARMATURA PER C.A. (B450C)	15
4.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	16
4.1	MODELLO GEOTECNICO DI PROGETTO	16
4.2	CURVE DI PORTANZA DI PROGETTO A CARICO VERTICALE	19
4.3	COEFFICIENTE A.....	25
5.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	26
5.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO.....	27
5.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA.....	27
5.3	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA	28
6.	CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI.....	29
6.1	VERIFICHE ALLO SLU	29
6.1.1	<i>Pressoflessione</i>	29
6.1.2	<i>Taglio</i>	30
6.2	VERIFICA SLE.....	32
6.2.1	<i>Verifiche alle tensioni</i>	32
6.2.2	<i>Verifiche a fessurazione</i>	33
7.	ANALISI DEI CARICHI	34

7.1	PESO PROPRIO (COND. DI CARICO 1).....	34
7.2	PERMANENTI (COND. DI CARICO 2).....	34
7.3	AZIONE DEL SOVRACCARICO A TERGO DEL MURO (COND. DI CARICO 6).....	35
7.4	SPINTA DEL TERRENO IN CONDIZIONI STATICHE (COND. DI CARICO 3).....	37
7.4.1	<i>Spinta del terreno in condizioni statiche (Muro su fondazione diretta)</i>	<i>37</i>
7.4.2	<i>Spinta del terreno in condizioni statiche (Muro su pali).....</i>	<i>38</i>
7.5	SPINTA IN PRESENZA DI FALDA (COND. DI CARICO 4)	39
7.6	SPINTA DEL TERRENO IN CONDIZIONI SISMICHE (COND. DI CARICO 5)	39
7.6.1	<i>Spinta del terreno in condizioni sismiche (Muro su fondazione diretta).....</i>	<i>40</i>
7.6.2	<i>Spinta del terreno in condizioni sismiche (Muro su pali).....</i>	<i>40</i>
7.7	FORZA DI INERZIA (COND. DI CARICO 5)	40
7.8	COEFFICIENTI DI ATTRITO STRUTTURA-TERRENO.....	42
8.	COMBINAZIONI DI CARICO	44
8.1	COMBINAZIONI DI CARICO PER MURI SU FONDAZIONE DIRETTA	48
8.2	COMBINAZIONI DI CARICO PER MURI SU PALI	55
9.	CRITERI GENERALI DI VERIFICA	60
9.1	VERIFICHE DI STABILITA' LOCALE.....	60
9.1.1	<i>Verifiche allo scorrimento.....</i>	<i>60</i>
9.1.2	<i>Verifiche a Ribaltamento.....</i>	<i>60</i>
9.1.3	<i>Verifica di Capacità Portante (Carico Limite fondazioni dirette).....</i>	<i>61</i>
9.2	CRITERI DI VERIFICA DELLE PALIFICATE DI FONDAZIONE	65
9.2.1	<i>Capacità portante dei pali nei confronti dei carichi assiali.....</i>	<i>66</i>
9.2.2	<i>Capacità portante dei pali nei confronti dei carichi orizzontali</i>	<i>69</i>
9.2.2.1	<i>Carico orizzontale limite.....</i>	<i>69</i>
9.2.2.2	<i>Unità a comportamento coesivo.....</i>	<i>69</i>
9.2.2.3	<i>Unità a comportamento incoerente.....</i>	<i>71</i>
9.2.2.4	<i>Carico orizzontale resistente.....</i>	<i>72</i>
9.3	VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE.....	74

9.3.1	VERIFICHE IN FASE SISMICA	75
10.	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO	79
11.	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI	80
11.1	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI TIPO 6	80
11.1.1	Modello di calcolo.....	80
11.1.2	Verifiche strutturali	84
11.1.3	VERIFICHE PALI DI FONDAZIONE	94
11.2	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI TIPO 5	98
11.2.1	Modello di calcolo.....	98
11.2.2	Verifiche strutturali	102
11.2.3	VERIFICHE PALI DI FONDAZIONE	112
11.3	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI TIPO 4	116
11.3.1	Modello di calcolo.....	116
11.3.2	Risultati Analisi Di Stabilita' Globale.....	120
11.3.3	Verifiche strutturali	122

TABULATI DI CALCOLO

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 sull'asse principale del tracciato di progetto in corrispondenza delle pk. 17+656 – 17+767.

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):

Pk (m)	Hparam [m]	Tipo	FONDAZIONE		PALI					SEZ TIPO
			h [m]	Lf [m]	Disp. Pali	n° pali trasv.	i _{trasv} [m]	i _{long} [m]	D [m]	
17+656.00 -17+766.40 (BINARIO DISPARI SX)	4.00	a Mensola	0.80	4.50	NON PREVISTI					Tipo 4
	5.00	a Gradoni	1.00	4.00	Allineati	2	2.40	2.40	0.80	Tipo5
	6.00	a Gradoni	1.20	5.80	Quin-conce 2.4x2.1		4.20	2.40	0.80	Tipo6

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:

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	6 di 257

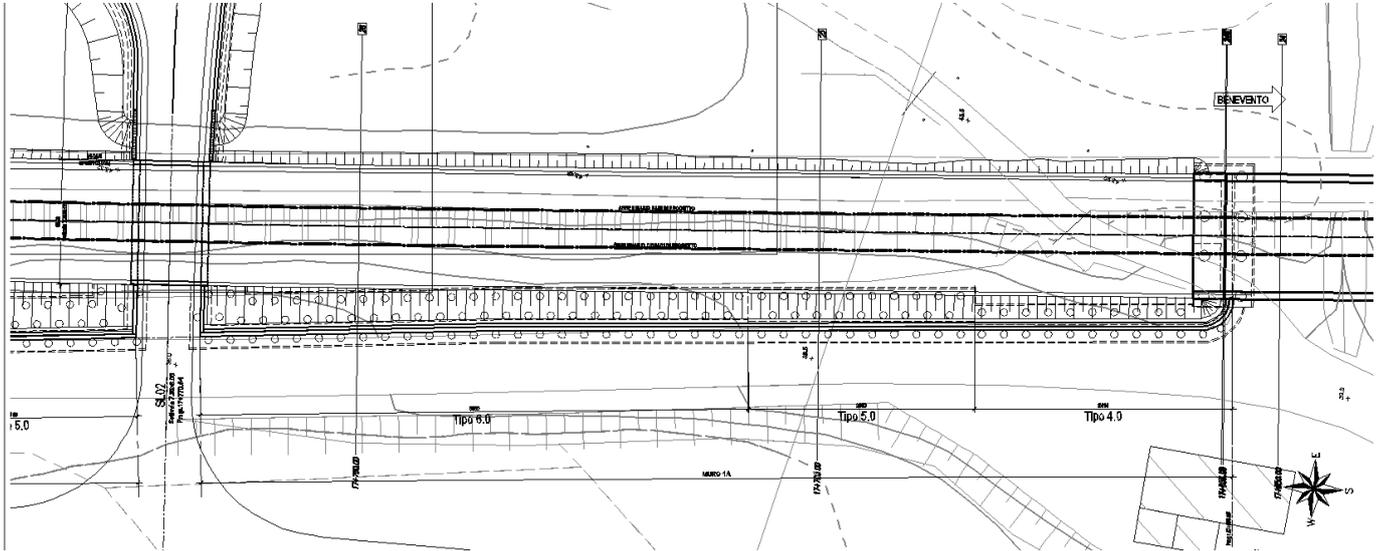


Figura 1 – Inquadramento planimetrico

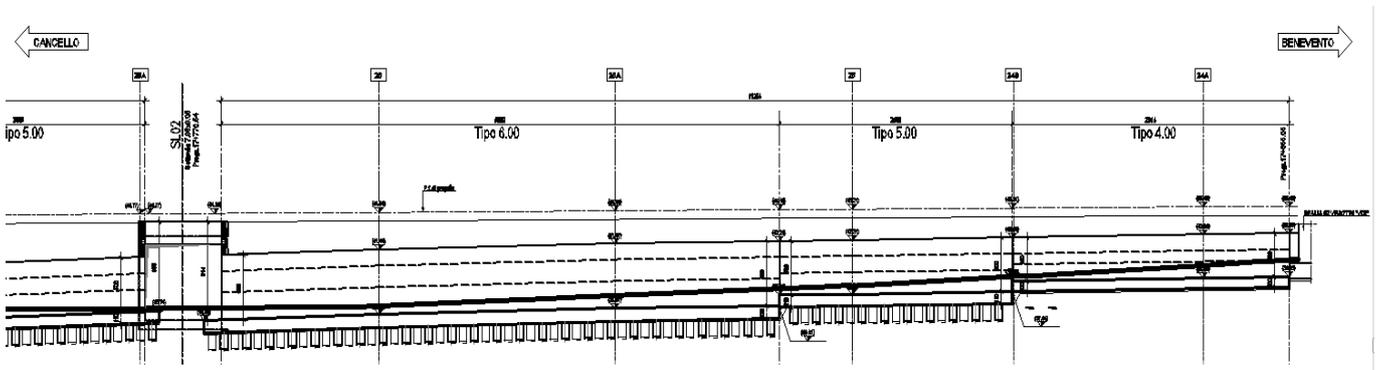


Figura 2 – Sviluppo Longitudinale

Nel seguito della presente relazione è affrontato il dimensionamento strutturale e geotecnico delle opere definite in precedenza.

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	7 di 257

1.2 Unità di misura

Nel seguito si adotteranno le seguenti unità di misura:

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

2. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Di seguito si riporta l'elenco generale delle Normative Nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento, quale riferimento per la redazione degli elaborati tecnici e/o di calcolo dell'intero progetto nell'ambito della quale si inserisce l'opera oggetto della presente relazione:

- Rif. [1] Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»
- Rif. [2] Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008»
- Rif. [3] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 A)
- Rif. [4] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 1 / Ambiente e Geologia (RFI DTC SI AG MA IFS 001 A – rev 30/12/2016)
- Rif. [5] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [6] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [7] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 4 / Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [8] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [9] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 6 / Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [10] Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea
- Rif. [11] Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)
- Rif. [12] UNI 11104: Calcestruzzo : Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

2.1 **Elaborati di riferimento**

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

Muro di sottoscampa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	9 di 257

3. MATERIALI

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

3.1 CLASSI DI ESPOSIZIONE E COPRIFERRI

Con riferimento alle specifiche di cui alla norma UNI EN 206-1-2006, si definiscono di seguito le classe di esposizione del calcestruzzo delle diversi parti della struttura oggetto dei dimensionamenti di cui al presente documento:

- Soletta di Fondazione: XC2;
- Elevazioni: XC4;
- Pali di fondazione: XC2

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 copri ferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi su può considerare che tali condizioni riflettono quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera tra 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 superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.	0,60	C 25/30	
2 a	XC2	Bagnato, raramente asciutto.	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	0,60	C 25/30	
5 a	XC3	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia o in interni con umidità da moderata ad alta.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi 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 alla salinazione marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità di mare.	0,50	C 32/40	
	XS2	Permanentemente sommerso.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua.	0,45	C 35/45	
	XS3	Zone esposte agli spruzzi o alle maree.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.	0,45	C 35/45	
5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti *						
2 b	XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione, ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.	0,50	C 32/40	
3	XF2	Moderata saturazione d'acqua, in presenza di agente disgelante.	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.	0,50	C 25/30	3,0
2 b	XF3	Elevata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.	0,50	C 25/30	3,0
3	XF4	Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.	0,45	C 28/35	3,0
6 Attacco chimico **						
5 a	XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contentori di fanghi e vasche di decantazione. Contentori e vasche per acque reflue.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.	0,50	C 32/40	
5 c	XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contentori di foraggi, mangimi e liquami 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 o acque fluviali.

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	10 di 257

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

M.

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

UNI 11104:2004

	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/lc</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	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	320	340	360
Contenuto minimo in aria (%)													3,0 ³⁾					
Altri requisiti													Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo			È richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati ⁴⁾		

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

Classi di resistenza minima del calcestruzzo secondo UNI – 11104

I copriferri di progetto adottati per le barre di armatura, tengono infine conto inoltre delle prescrizioni di cui alla Tabella C4.1.IV della Circolare n617 del 02-02-09; si è in particolare previsto di adottare i seguenti Copriferri minimi espressi in mm

- Fondazione ed elevazioni: 40 mm
- Pali di fondazione: 60 mm

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	11 di 257

3.2 Calcestruzzo per Elevazioni (C 32/40)

Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica a 28 gg: - -

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

Valore caratteristico della resistenza a compressione cilindrica a 28 gg:

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

Resistenza a compressione cilindrica media:

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

Resistenza a trazione assiale:

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

$$f_{ctk,0.05} = 2.17 \text{ MPa} \quad \text{Valore caratteristico frattile 5\%}$$

Resistenza a trazione per flessione:

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

$$f_{ctk,0.05} = 2.6 \text{ MPa} \quad \text{Valore caratteristico frattile 5\%}$$

Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU:

$$\gamma_c = 1.5$$

Per situazioni di carico eccezionali, tale valore va considerato pari ad 1.0

Resistenza di calcolo a compressione allo SLU:

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

Resistenza di calcolo a trazione diretta allo SLU:

$$f_{ctd} = 1.45 \text{ MPa} \quad (f_{ctk,0.05} / \gamma_s)$$

Resistenza di calcolo a trazione per flessione SLU:

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

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

Modulo di elasticità normale :

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

Modulo di elasticità tangenziale:

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

Modulo di Poisson:

$$\nu = 0.2$$

□

Coefficiente di dilatazione lineare

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

Tensione di aderenza di calcolo acciaio-calcestruzzo

$$\eta = 1.00$$

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

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	12 di 257

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

Tensioni massime per la verifica agli SLE (Prescrizioni Manuale RFI Parte 2-Sezione 2)

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

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

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

3.3 Calcestruzzo per Fondazione (C 28/35)

Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica a 28 gg:

$$R_{\text{ck}} = \boxed{35} \text{ MPa}$$

Valore caratteristico della resistenza a compressione cilindrica a 28 gg:

$$f_{\text{ck}} = \boxed{29.1} \text{ MPa} \quad (0,83 \cdot R_{\text{ck}})$$

Resistenza a compressione cilindrica media:

$$f_{\text{cm}} = 37.1 \text{ MPa} \quad (f_{\text{ck}} + 8)$$

Resistenza a trazione assiale:

$$f_{\text{ctm}} = \boxed{2.83} \text{ MPa} \quad \text{Valore medio}$$

$$f_{\text{ctk},0.05} = \boxed{1.98} \text{ MPa} \quad \text{Valore caratteristico frattile 5\%}$$

Resistenza a trazione per flessione:

$$f_{\text{ctf}} = \boxed{3.4} \text{ MPa} \quad \text{Valore medio}$$

$$f_{\text{ctk},0.05} = \boxed{2.4} \text{ MPa} \quad \text{Valore caratteristico frattile 5\%}$$

Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU:

$$\gamma_{\text{c}} = \mathbf{1.5}$$

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

Resistenza di calcolo a compressione allo SLU:

$$f_{\text{cd}} = \boxed{16.5} \text{ MPa} \quad (0,85 \cdot f_{\text{ck}} / \gamma_{\text{c}})$$

Resistenza di calcolo a trazione diretta allo SLU:

$$f_{\text{ctd}} = \boxed{1.32} \text{ MPa} \quad (f_{\text{ctk},0.05} / \gamma_{\text{c}})$$

Resistenza di calcolo a trazione per flessione SLU:

$$f_{\text{ctd f}} = \boxed{1.59} \text{ MPa} \quad 1,2 \cdot f_{\text{ctd}}$$

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

Modulo di elasticità normale : Modulo di elasticità tangenziale:

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	13 di 257

$$E_{cm} = 32588 \text{ MPa}$$

$$G_{cm} = 13578 \text{ MPa}$$

Modulo di Poisson:

$$\nu = 0.2$$

□

Coefficiente di dilatazione lineare

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

Tensione di aderenza di calcolo acciaio-calcestruzzo

$$\eta = 1.00$$

$$f_{bd} = 2.98 \text{ MPa} \quad (2,25 \cdot f_{ctk} \cdot \eta / \gamma_s)$$

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

Tensioni massime per la verifica agli SLE (Prescrizioni Manuale RFI Parte 2-Sezione 2)

$$\sigma_{\text{cmax QP}} = (0,40 f_{ck}) = 11.62 \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{\text{cmax R}} = (0,55 f_{ck}) = 15.98 \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

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

3.4 Calcestruzzo per Pali di Fondazione (C 25/30)

Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica a 28 gg:

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

Valore caratteristico della resistenza a compressione cilindrica a 28 gg:

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

Resistenza a compressione cilindrica media:

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

Resistenza a trazione assiale:

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

$$f_{ctk,0.05} = 1.79 \text{ MPa} \quad \text{Valore caratteristico frattile 5\%}$$

Resistenza a trazione per flessione:

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

$$f_{ctk,0.05} = 2.1 \text{ MPa} \quad \text{Valore caratteristico frattile 5\%}$$

Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU:

$$\gamma_c = 1.5$$

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

Resistenza di calcolo a compressione allo SLU:

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

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	14 di 257

Resistenza di calcolo a trazione diretta allo SLU:

$$f_{ctd} = 1.19 \text{ MPa} \quad (f_{ctk\ 0.05} / \gamma_S)$$

Resistenza di calcolo a trazione per flessione SLU:

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

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

Modulo di elasticità normale :

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

Modulo di elasticità tangenziale:

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

Modulo di Poisson:

$$\nu = 0.2$$

□

Coefficiente di dilatazione lineare

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

Tensione di aderenza di calcolo acciaio-calcestruzzo

$$\eta = 1.00$$

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

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

Tensioni massime per la verifica agli SLE (Prescrizioni Manuale RFI Parte 2-Sezione 2)

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

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

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

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

Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica a 28 gg:

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

Valore caratteristico della resistenza a compressione cilindrica a 28 gg:

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

Resistenza a compressione cilindrica media:

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

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

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	15 di 257

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

Tensione caratteristica di rottura:

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

Tensione caratteristica allo snervamento:

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

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

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

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

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

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

Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU:

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

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

Resistenza di calcolo allo SLU:

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

Modulo di elasticità :

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

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

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

4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

L'opera in esame ricade tra le chilometriche 17+656,00 - 17+766,40 del tracciato di progetto dell'Asse Principale, nell'ambito del 1° Lotto Funzionale Frasso-Telese, individuato dalle pk 16+500 – 27+700.

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

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

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:

Stratigrafia		
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.	Descrizione
TGC2	0.0÷16	Cenere sabbiosa, sabbioso-limosa (Tufo grigio campano)
MDL3	16.0÷17.0	Argille limose (Unità di Maddaloni)
MDL1	17.0÷25.0	Ghiaia sabbiosa (Unità di Maddaloni)
MDL3	>25	Argille limose (Unità di Maddaloni)
Falda: La quota di falda è situata a circa 5m dal p.c. locale		

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

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	17 di 257

Terreno di Fondazione: Unità TGC2 – Cenere sabbiosa, sabbioso-limosa (Tufo grigio campano)

$\gamma = 18.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 30\div 37^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$N_{spt} = 10\div 60$	numero di colpi da prova SPT
$D_r = 20\div 80\%$	densità relativa
$V_s = 120\div 300 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 40\div 175 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale (a piccole deformazioni)
$E_o = 100\div 450 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

Unità MDL1 – Ghiaia sabbiosa (Unità di Maddaloni)

$\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 38\div 41^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$N_{spt} = 60\div R$	numero di colpi da prova SPT
$D_r = 70\div 85\%$	densità relativa
$V_s = 240\div 600 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 110\div 720 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale (a piccole deformazioni)
$E_o = 290\div 1800 \text{ MPa}$	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
$\varphi' = 23\div 28^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 10\div 20 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 75\div 450 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$N_{spt} = 10\div R$	numero di colpi da prova SPT
$V_s = 200\div 400 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	18 di 257

$G_o = 80 \div 320$ MPa modulo di deformazione a taglio iniziale (a piccole deformazioni)

$E_o = 200 \div 830$ 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 Ferroviario

$\gamma_{nat} = 20$ kN/m ³	peso di volume naturale
$c' = 0$ kPa	coesione drenata
$\varphi' = 38^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$\nu = 0.20$	coefficiente di Poisson
$E_o = 300 \div 400$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale

Riguardo infine il livello di falda, dal profilo geotecnico locale si evince che la superficie piezometrica è situata a circa 5m di profondità rispetto alla quota delle fondazioni dell'opera.

4.2 CURVE DI PORTANZA DI PROGETTO A CARICO VERTICALE

La capacità portante per le fondazioni dei muri è stata valutata per pali di diametro $D=800$ mm considerando l'Approccio 2 (A1+M1+R3) di normativa e quindi con i seguenti coefficienti parziali sulle resistenze di base e laterale:

N. 1 verticali di indagine, da cui $\xi_3 = 1.7$,

FSL = fattore di sicurezza per la portata laterale a compressione ($=\xi_3 \cdot \gamma_s = 2.0$).

FSL,t = fattore di sicurezza per la portata laterale a trazione ($=\xi_3 \cdot \gamma_{st} = 2.1$).

FSB = fattore di sicurezza per la portata di base ($=\xi_3 \cdot \gamma_b = 2.3$).

Quindi per la verifica di capacità portante del palo si dovranno verificare le seguenti due condizioni:

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

Inoltre si è considerato:

- testa palo a 1 m di profondità da p.c.;
- falda a 3 m di profondità da p.c..

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	20 di 257

Tabella 1 – Muri N.1 - Capacità portante palo D=800 mm - A1+M1+R3 compressione

LINEA NAPOLI-BARI TRATTA CANCELLO-BENEVENTO FRASSO-VITULANO

Muri 1 - palo D800mm -SLU A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp	Ql1	Qb1	Wp	Qu	Qd
m	kN	kN	kN	kN	kN
.00	0.	158.	0.	158.	69.
.50	12.	237.	1.	248.	108.
1.00	29.	316.	3.	343.	150.
1.50	51.	395.	4.	443.	194.
2.00	78.	474.	5.	547.	240.
2.50	109.	511.	6.	613.	270.
3.00	141.	547.	8.	681.	301.
3.50	176.	583.	9.	751.	333.
4.00	213.	620.	10.	823.	366.
4.50	253.	656.	11.	897.	400.
5.00	294.	692.	13.	974.	436.
5.50	338.	728.	14.	1053.	472.
6.00	384.	765.	15.	1134.	510.
6.50	433.	801.	16.	1217.	548.
7.00	483.	837.	18.	1303.	588.
7.50	536.	874.	19.	1391.	629.
8.00	591.	910.	20.	1481.	671.
8.50	649.	946.	21.	1574.	714.
9.00	708.	983.	23.	1668.	759.
9.50	770.	1019.	24.	1765.	804.
10.00	834.	1055.	25.	1864.	851.
10.50	900.	1092.	26.	1966.	898.
11.00	969.	1128.	28.	2069.	947.
11.50	1040.	1164.	29.	2175.	997.
12.00	1113.	1201.	30.	2283.	1048.
12.50	1188.	1237.	31.	2394.	1100.
13.00	1266.	1273.	33.	2506.	1154.

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA IF0H	LOTTO 12 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI040 5001	REV. A	FOGLIO 21 di 257
13.50	1346.	1310.	34.	2621.	1208.	
14.00	1428.	1260.	35.	2653.	1227.	
14.50	1512.	1211.	36.	2686.	1246.	
15.00	1598.	1162.	38.	2722.	1266.	
15.50	1687.	1112.	39.	2760.	1288.	
16.00	1779.	1063.	40.	2802.	1311.	
16.50	1879.	1068.	41.	2905.	1362.	
17.00	1979.	1073.	43.	3009.	1413.	
17.50	2081.	1078.	44.	3115.	1465.	
18.00	2193.	1401.	45.	3549.	1660.	
18.50	2309.	1725.	46.	3987.	1858.	
19.00	2428.	2048.	48.	4429.	2057.	
19.50	2550.	2372.	49.	4873.	2257.	
20.00	2675.	2695.	50.	5320.	2459.	
20.50	2803.	2758.	52.	5509.	2549.	
21.00	2933.	2821.	53.	5702.	2640.	
21.50	3067.	2884.	54.	5897.	2733.	
22.00	3204.	2915.	55.	6064.	2814.	
22.50	3343.	2915.	57.	6202.	2883.	
23.00	3486.	2653.	58.	6081.	2839.	
23.50	3631.	2392.	59.	5964.	2796.	
24.00	3780.	2130.	60.	5849.	2755.	
24.50	3931.	1868.	62.	5737.	2716.	
25.00	4085.	1606.	63.	5628.	2678.	
25.50	4236.	1611.	64.	5783.	2754.	
26.00	4387.	1616.	65.	5938.	2831.	
26.50	4538.	1621.	67.	6092.	2907.	
27.00	4689.	1626.	68.	6247.	2983.	
27.50	4839.	1631.	69.	6401.	3060.	
28.00	4990.	1636.	70.	6556.	3136.	
28.50	5141.	1641.	72.	6710.	3212.	
29.00	5292.	1646.	73.	6865.	3289.	
29.50	5443.	1651.	74.	7020.	3365.	
30.00	5593.	1656.	75.	7174.	3441.	
30.50	5744.	1661.	77.	7329.	3518.	
31.00	5895.	1666.	78.	7483.	3594.	

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	22 di 257

31.50	6046.	1671.	79.	7638.	3670.
32.00	6197.	1676.	80.	7792.	3747.
32.50	6347.	1681.	82.	7947.	3823.
33.00	6498.	1686.	83.	8101.	3899.
33.50	6649.	1691.	84.	8256.	3976.
34.00	6800.	1696.	85.	8411.	4052.
34.50	6951.	1701.	87.	8565.	4128.
35.00	7101.	1706.	88.	8720.	4205.
35.50	7252.	1711.	89.	8874.	4281.
36.00	7403.	1716.	90.	9029.	4357.
36.50	7554.	1721.	92.	9183.	4434.
37.00	7705.	1726.	93.	9338.	4510.
37.50	7855.	1731.	94.	9493.	4586.
38.00	8006.	1736.	96.	9647.	4663.
38.50	8157.	1741.	97.	9802.	4739.
39.00	8308.	1746.	98.	9956.	4815.

Lp = Lunghezza utile del palo

Ql1 = Portata laterale limite

Qb1 = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

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

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	23 di 257

Tabella 2 – Capacità portante palo D=800 mm - A1+M1+R3 trazione

LINEA NAPOLI-BARI TRATTA CANCELLO-BENEVENTO FRASSO-VITULANO

Muri 1 - D800 mm -SLU A1+M1+R3 trazione

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp	Q11	Qb1	Wp	Qu	Qd
m	kN	kN	kN	kN	kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	10.	0.	-4.	14.	9.
1.00	24.	0.	-8.	32.	19.
1.50	43.	0.	-11.	54.	32.
2.00	65.	0.	-15.	80.	46.
2.50	90.	0.	-19.	109.	62.
3.00	118.	0.	-23.	140.	79.
3.50	147.	0.	-26.	173.	96.
4.00	178.	0.	-30.	208.	115.
4.50	211.	0.	-34.	245.	134.
5.00	245.	0.	-38.	283.	154.
5.50	282.	0.	-41.	323.	176.
6.00	320.	0.	-45.	366.	198.
6.50	361.	0.	-49.	410.	221.
7.00	403.	0.	-53.	456.	245.
7.50	447.	0.	-57.	503.	269.
8.00	493.	0.	-60.	553.	295.
8.50	541.	0.	-64.	605.	321.
9.00	590.	0.	-68.	658.	349.
9.50	642.	0.	-72.	713.	377.
10.00	695.	0.	-75.	771.	406.
10.50	750.	0.	-79.	830.	436.

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	24 di 257
11.00	808.	0.	-83.	890.	467.	
11.50	867.	0.	-87.	953.	499.	
12.00	927.	0.	-90.	1018.	532.	
12.50	990.	0.	-94.	1084.	566.	
13.00	1055.	0.	-98.	1153.	600.	
13.50	1121.	0.	-102.	1223.	636.	
14.00	1190.	0.	-106.	1295.	672.	
14.50	1260.	0.	-109.	1369.	709.	
15.00	1332.	0.	-113.	1445.	747.	
15.50	1406.	0.	-117.	1523.	786.	
16.00	1485.	0.	-121.	1605.	828.	
16.50	1582.	0.	-124.	1707.	878.	
17.00	1683.	0.	-128.	1811.	930.	
17.50	1782.	0.	-132.	1914.	981.	
18.00	1878.	0.	-136.	2013.	1030.	
18.50	1974.	0.	-139.	2114.	1080.	
19.00	2073.	0.	-143.	2217.	1131.	
19.50	2175.	0.	-147.	2322.	1183.	
20.00	2279.	0.	-151.	2430.	1236.	
20.50	2386.	0.	-155.	2540.	1291.	
21.00	2495.	0.	-158.	2653.	1346.	
21.50	2606.	0.	-162.	2768.	1403.	
22.00	2720.	0.	-166.	2886.	1461.	
22.50	2836.	0.	-170.	3006.	1520.	
23.00	2955.	0.	-173.	3129.	1581.	
23.50	3076.	0.	-177.	3254.	1642.	
24.00	3200.	0.	-181.	3381.	1705.	
24.50	3326.	0.	-185.	3511.	1769.	
25.00	3457.	0.	-188.	3646.	1835.	
25.50	3606.	0.	-192.	3798.	1909.	
26.00	3756.	0.	-196.	3952.	1985.	
26.50	3907.	0.	-200.	4107.	2060.	
27.00	4058.	0.	-204.	4262.	2136.	
27.50	4209.	0.	-207.	4416.	2212.	
28.00	4360.	0.	-211.	4571.	2287.	
28.50	4510.	0.	-215.	4725.	2363.	

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA IF0H	LOTTO 12 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI040 5001	REV. A	FOGLIO 25 di 257
--	------------------	------------------	----------------	-------------------------	-----------	---------------------

29.00	4661.	0.	-219.	4880.	2438.
29.50	4812.	0.	-222.	5034.	2514.
30.00	4963.	0.	-226.	5189.	2589.
30.50	5114.	0.	-230.	5344.	2665.
31.00	5264.	0.	-234.	5498.	2741.
31.50	5415.	0.	-238.	5653.	2816.
32.00	5566.	0.	-241.	5807.	2892.
32.50	5717.	0.	-245.	5962.	2967.
33.00	5868.	0.	-249.	6116.	3043.
33.50	6018.	0.	-253.	6271.	3118.
34.00	6169.	0.	-256.	6426.	3194.
34.50	6320.	0.	-260.	6580.	3270.
35.00	6471.	0.	-264.	6735.	3345.
35.50	6622.	0.	-268.	6889.	3421.
36.00	6772.	0.	-271.	7044.	3496.
36.50	6923.	0.	-275.	7198.	3572.
37.00	7074.	0.	-279.	7353.	3648.
37.50	7225.	0.	-283.	7508.	3723.
38.00	7376.	0.	-287.	7662.	3799.
38.50	7526.	0.	-290.	7817.	3874.
39.00	7677.	0.	-294.	7971.	3950.

Lp = Lunghezza utile del palo

Ql1 = Portata laterale limite

Qb1 = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

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

4.3 COEFFICIENTE α

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

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

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

L'opera in questione rientra in particolare nell'ambito del Progetto di Raddoppio della tratta Ferroviaria Frasso Telesino – Vitulano, che si sviluppa per circa 30Km, da ovest verso est, attraversando il territorio di diverse località tra cui Dugenta/Frasso (BN), Amorosi (BN), Telese(BN), Solopaca(BN), San Lorenzo Maggiore(BN), Ponte(BN), Torrecuso(BN), Vitulano (BN) , Benevento – Località Roseto (BN).

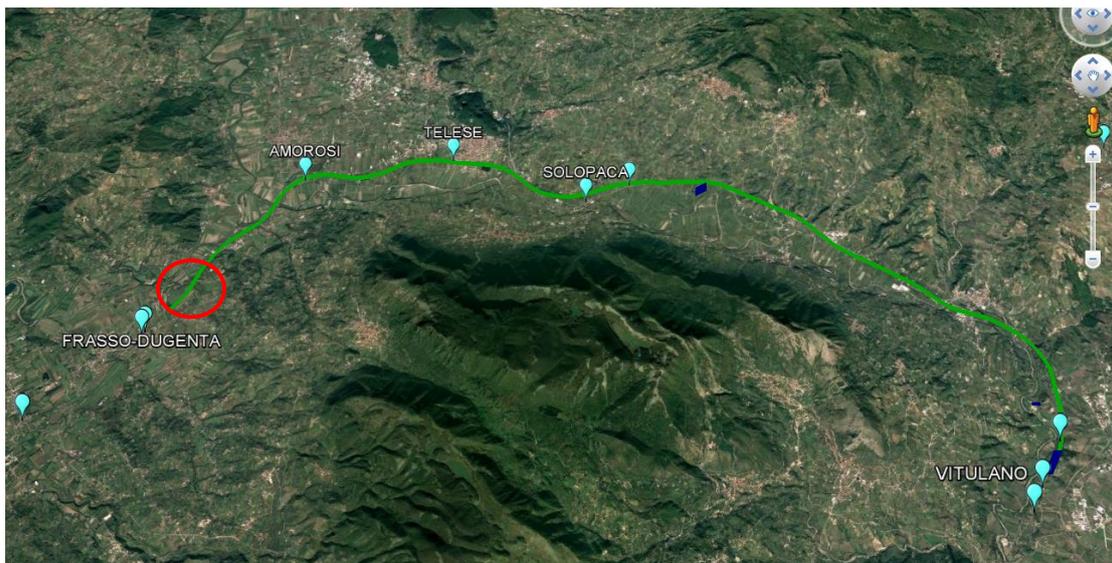


Figura 3 – Configurazione planimetrica tracciato

Nella fattispecie, l'opera ricade tra i comuni di Frasso Dugenta e Amorosi. Nei riguardi della valutazione delle azioni sismiche di progetto, si è fatto riferimento ai parametri di pericolosità sismica del Comune di Melizzano (BN) come esposto nei paragrafi seguenti.

5.1 Vita nominale e classe d'uso

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

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

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

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

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

5.2 Parametri di pericolosità sismica

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

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

Ricerca per comune
 REGIONE
PROVINCIA
COMUNE

Elaborazioni grafiche

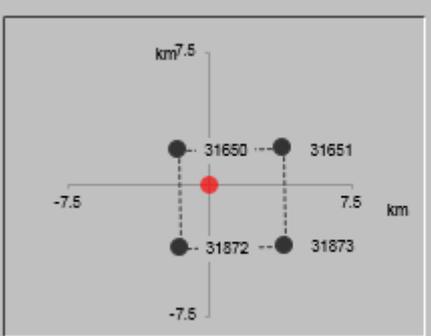
Grafici spettri di risposta

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".

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	68	0.078	2.407	0.324
SLD	113	0.098	2.426	0.340
SLV	1068	0.261	2.376	0.421
SLC	2193	0.342	2.406	0.435

Tabella di riepilogo Parametri di pericolosità sismica

5.3 Categoria di sottosuolo e categoria topografica

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

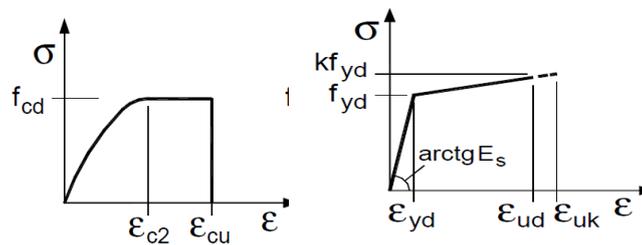
6. CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI

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

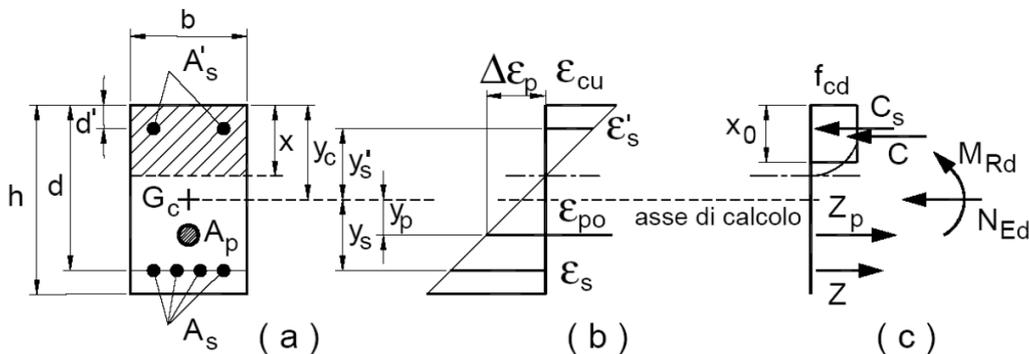
6.1 VERIFICHE ALLO SLU

6.1.1 Pressoflessione

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



Legami costitutivi Calcestruzzo ed Acciaio -



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

La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	30 di 257

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

dove

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

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

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

6.1.2 Taglio

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

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

Dove:

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

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

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

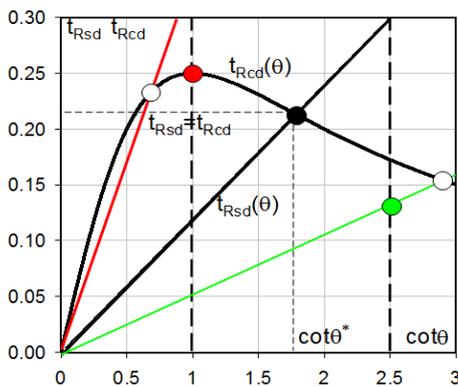
$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{(\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta)}{(1 + \text{ctg}^2 \theta)}$$

Essendo:

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

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

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



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

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

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

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

dove

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

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

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

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

ω_{sw} : Percentuale meccanica di armatura trasversale.

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	32 di 257

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

6.2 VERIFICA SLE

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

6.2.1 Verifiche alle tensioni

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

Strutture in c.a.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

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

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

Tensioni di trazione nell'acciaio

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

6.2.2 Verifiche a fessurazione

La verifica a fessurazione consiste nel controllo dell'ampiezza massima delle fessure per le combinazioni di carico di esercizio i cui valori limite sono stabiliti, nell'ambito del progetto di opere ferroviarie, nel documento RFI DTC SICS MA IFS 001 A – 2.5.1.8.3.2.4 (*Manuale di progettazione delle opere civili del 30/12/2016*).

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

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

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Tabella 4.1.III – DM 14.01.2008

In definitiva, nel caso in esame, con riferimento alle indicazioni della tabella di cui in precedenza, si adotta il limite **w1=0,20 mm** sia per le parti in elevazione che per quelle in fondazione, in quanto in entrambi i casi trattasi di strutture a permanente contatto col terreno.

7. 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	Permanenti (Ballast + Armamento)
3	Spinta terreno
4	Spinta Falda
5	Azione sismica
6	Sovraccarico Accidentale (Treno SW2)

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

7.1 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. $\gamma_{cls} = 25 \text{ KN/m}^3$.

7.2 Permanenti (cond. di carico 2)

Ove non si eseguano valutazioni più dettagliate, la determinazione dei carichi permanenti portati relativi al peso della massicciata e dell'armamento (sovrastuttura ferroviaria) potrà effettuarsi assumendo, convenzionalmente, per linee in rettilineo, un peso di volume pari a $18,0 \text{ kN/m}^3$ applicato sull'impronta del ballast, per una altezza media fra il piano del ferro (P.F.) e l'estradosso del sub-ballast pari a $0,80 \text{ m}$. Per strutture su linee in curva, oltre al peso convenzionale sopraindicato andrà aggiunto il peso di tutte le

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO - TELESE.					
	Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA IF0H	LOTTO 12 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI040 5001	REV. A

parti di massicciata necessarie per realizzare il sovralzato, valutato con la sua reale distribuzione geometrica e con un peso di volume pari a 20 kN/m³.

Salvo più accurate determinazioni, per le caratteristiche dei rilevati ferroviari si possono assumere i seguenti valori dei parametri geotecnici caratteristici:

- peso di volume $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$;
- angolo di attrito $\varphi' = 38^\circ$;
- coesione efficace $c' = 0$.

Pertanto si ha:

BALLAST+ ARMAMENTO

$\gamma_b = 18.0 \text{ kN/m}^3$ (peso specifico Ballast+Armamento)

$s_b = 0.80 \text{ m}$ (spessore ballast)

* $Q_b = 14.4 \text{ kN/m}^2$ (carico ballast)

*Applicato ad intradosso ballast

7.3 Azione del sovraccarico a tergo del muro (cond. di carico 6)

Per quanto attiene il sovraccarico ferroviario a tergo del muro si applica il carico verticale dovuto al treno SW/2 pari a $150 \cdot 1.0$ (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A par. 3.8.1.3.2.2) definito nella tabella 5.2.1 senza incremento dinamico (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A par. 3.8.1.3.2.4):

“5.2.2.3.1.2. Treno di carico SW

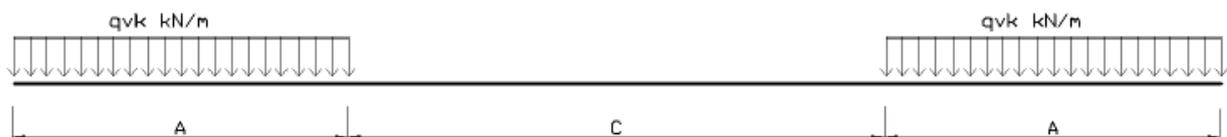


Fig. 5.2.2 Treno di carico SW

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	36 di 257

<i>Tipo di carico</i>	Q_{vk} [kN/m]	<i>A</i> [m]	<i>C</i> [m]
<i>SW/0</i>	<i>133</i>	<i>15,00</i>	<i>5,30</i>
<i>SW/2</i>	<i>150</i>	<i>25,00</i>	<i>7,00</i>

Tab. 5.2.I. caratteristiche treni di carico SW

In accordo al punto 3.8.1.3.2.3 delle RFI DTC SI CS MA IFS 001 A, tale carico v ripartito ipotizzando una larghezza di ripartizione dei carichi ferroviari al livello del piano di regolamento pari alla larghezza della traversa pi la larghezza dovuta alla diffusione del carico all’interno del ballast.

Quest’ultima pu essere assunta pari a 45° su un’altezza di 40 cm, senza tenere conto della presenza o meno di curve. All’interno del rilevato la ripartizione pu essere proseguita con un angolo di diffusione pari all’angolo di attrito interno del terreno.

Pertanto avremo:

$q_{sw2} = 150 \text{ kN/m}^2$
 $\alpha = 1$ (coefficiente di adattamento)
 $\phi_2 = 1$ (coefficiente di incremento dinamico)
 $L_t = 2.40 \text{ m}$ (Larghezza traversina)
 $L_d = 3.20 \text{ m}$ (Larghezza di diffusione del carico nel ballast)

$Q_{sw2} = 46.875 \text{ kN/m}$

Si assume nei calcoli

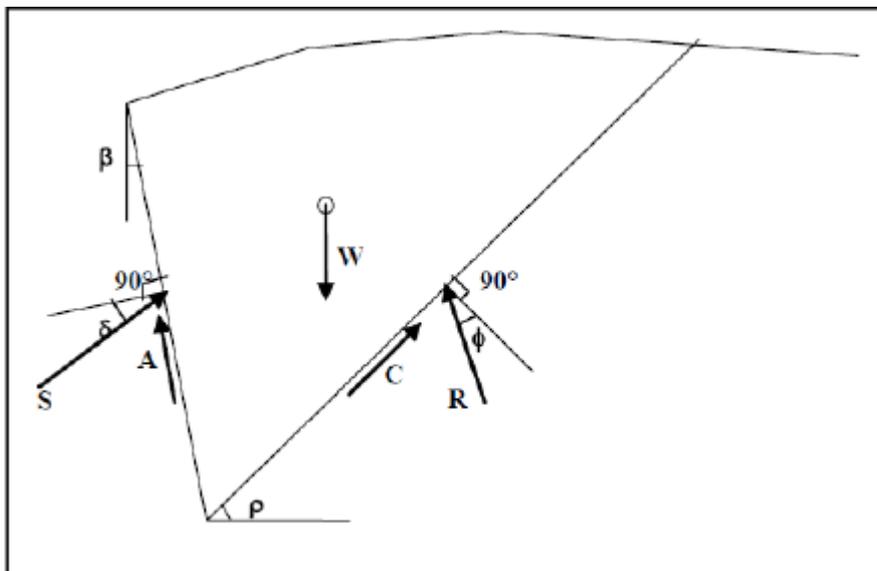
$Q_{sw2} = 50.0 \text{ kN/m}$ (Applicato ad intradosso ballast)

7.4 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).

7.4.1 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 ρ 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.

7.4.2 Spinta del terreno in condizioni statiche (Muro su pali)

Nel caso di muro su pali, in considerazione della ridotta capacità deformativa dell'opera, si è assunto che agisca la spinta calcolata in condizioni di riposo.

L'espressione della spinta esercitata da un terrapieno, di peso di volume γ , su una parete di altezza H , risulta espressa secondo la teoria di Coulomb dalla seguente relazione (per terreno incoerente):

$$S = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_0$$

Il coefficiente di spinta a riposo è espresso dalla relazione:

$$K_0 = 1 - \sin \phi$$

Dove ϕ rappresenta l'angolo d'attrito interno del terreno di rinfiacco.

Quindi la pressione laterale, ad una generica profondità z e la spinta totale sulla parete di altezza H valgono:

$$\sigma = \gamma \cdot z \cdot K_0 + p_v \cdot K_0$$

$$S = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_0 + p_v \cdot K_0 \cdot H$$

dove p_v è la pressione verticale agente in corrispondenza della testa del rilevato (intradosso ballast).

7.5 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.

7.6 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).

7.6.1 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.

7.6.2 Spinta del terreno in condizioni sismiche (Muro su pali)

Analogamente a quanto previsto per il muro su fondazione diretta, in condizioni sismiche si adotta la formulazione di Culmann andando però a considerare la risultante applicata ad H/2 e, come mostrato al paragrafo seguente, un coefficiente sismico raddoppiato rispetto al caso di muro su fondazione diretta.

7.7 Forza di inerzia (cond. di carico 5)

Per la valutazione dell'azione sismica associata ai carichi fissi propri e permanenti /accidentali agenti sulle spalle 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.

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 4 – 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:

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

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

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	42 di 257

Fondazione diretta

ag/g =	0.261
β_m =	0.310
Ss =	1.328
ST =	1.00

Kh =	0.107	coefficiente sismico orizzontale
Kv =	0.054	coefficiente sismico verticale

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

ag/g =	0.261
β_m =	0.310
Ss =	1.328
ST =	1.00

Kh =	0.215	coefficiente sismico orizzontale
Kv =	0.107	coefficiente sismico verticale

7.8 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 ca terra-opera sarà considerata nulla.

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	43 di 257

8. COMBINAZIONI DI CARICO

Per la combinazione dei diversi carichi previsti sulla struttura di cui al precedente paragrafo 7, si è fatto riferimento a quanto specificato in merito al prg 2.5.3 del DM 14.01.08, secondo cui le combinazioni di carico da considerare nei riguardi dei diversi stati limite di verifica SLU, SLE e sisma sono le seguenti:

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

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

Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

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

Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, utilizzata nella verifica a Fessurazione:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

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

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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO - TELESE.					
	Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA IF0H	LOTTO 12 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI040 5001	REV. A

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)

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	46 di 257

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

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

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.
⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

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

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

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

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

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

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
		γ_M		
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_r	1,0	1,0

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO - TELESE.					
Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA IF0H	LOTTO 12 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI040 5001	REV. A	FOGLIO 47 di 257

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 ferroviario, è stato posto :

$\Psi_0 = \Psi_1 = 0.80$ e $\Psi_2 = 0$ (0.2 in Combinazioni SIMICHE)

Si segnala infine che è stato considerato anche il caso di doppio binario carico, ottenuto andando a disporre il carico determinato in precedenza di 50 kPa anche sul binario più lontano dal muro oggetto di dimensionamento. Nelle combinazioni sismiche tale condizione non è presente avendo assunto $\Psi_2 = 0$.

In definitiva, sono state analizzate un totale di 24 Combinazioni di calcolo che diventano 17 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.

8.1 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	Assente	--	FAV - FAV
8	EQU	Assente	--	FAV - FAV
9	STAB	Assente	--	SFAV - SFAV
10	A1-M1	Presente	Verticale negativo	SFAV - SFAV
11	A1-M1	Presente	Verticale positivo	FAV - FAV
12	EQU	Presente	Verticale negativo	FAV - FAV
13	EQU	Presente	Verticale positivo	FAV - FAV
14	STAB	Presente	Verticale positivo	SFAV - SFAV
15	STAB	Presente	Verticale negativo	SFAV - SFAV
16	A1-M1	Presente	Verticale positivo	SFAV - SFAV
17	A1-M1	Presente	Verticale negativo	SFAV - SFAV
18	EQU	Presente	Verticale negativo	FAV - FAV
19	EQU	Presente	Verticale positivo	FAV - FAV
20	STAB	Presente	Verticale positivo	SFAV - SFAV
21	STAB	Presente	Verticale negativo	SFAV - SFAV
22	SLEQ	Assente	--	SFAV - SFAV
23	SLEF	Assente	--	SFAV - SFAV
24	SLER	Assente	--	SFAV - SFAV

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

γ Coefficiente parziale dell'azione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	49 di 257

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	1.30	1.00	1.30
BALL+ARMAM	SFAV	1.30	1.00	1.30

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	1.10	1.00	1.10
BALL+ARMAM	SFAV	1.10	1.00	1.10

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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

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	1.30	1.00	1.30
BALL+ARMAM	SFAV	1.30	1.00	1.30
TRENO	SFAV	1.45	0.80	1.16

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	50 di 257

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
BALL+ARMAM	SFAV	1.10	1.00	1.10
TRENO	SFAV	1.45	0.80	1.16

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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.25	0.80	1.00

Combinazione n° 7 - 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	1.30	1.00	1.30
BALL+ARMAM	SFAV	1.30	1.00	1.30
Doppio Treno	SFAV	1.45	1.00	1.45

Combinazione n° 8 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.10	1.00	1.10
Doppio Treno	SFAV	1.45	1.00	1.45

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	51 di 257

Combinazione n° 9 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
Doppio Treno	SFAV	1.25	1.00	1.25

Combinazione n° 10 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 - Caso A1-M1 (STR) - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 12 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 13 - 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

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	52 di 257

Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 14 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 15 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 16 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 17 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	53 di 257

Combinazione n° 18 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 19 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 20 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 21 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	54 di 257

Combinazione n° 22 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 23 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.80	0.80

Combinazione n° 24 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	1.00	1.00

8.2 Combinazioni di carico per muri su pali

Elenco Combinazioni APPROCCIO 2

Combinazioni generate

Comb n°	Caso	Sisma orizzontale	Sisma verticale	Peso muro / terrapieno
1	A1-M1	Assente	--	FAV - FAV
2	STAB	Assente	--	SFAV - SFAV
3	A1-M1	Assente	--	FAV - FAV
4	STAB	Assente	--	SFAV - SFAV
5	A1-M1	Assente	--	FAV - FAV
6	STAB	Assente	--	SFAV - SFAV
7	A1-M1	Presente	Verticale negativo	SFAV - SFAV
8	A1-M1	Presente	Verticale positivo	FAV - FAV
9	STAB	Presente	Verticale positivo	SFAV - SFAV
10	STAB	Presente	Verticale negativo	SFAV - SFAV
11	A1-M1	Presente	Verticale positivo	SFAV - SFAV
12	A1-M1	Presente	Verticale negativo	SFAV - SFAV
13	STAB	Presente	Verticale positivo	SFAV - SFAV
14	STAB	Presente	Verticale negativo	SFAV - SFAV
15	SLEQ	Assente	--	SFAV - SFAV
16	SLEF	Assente	--	SFAV - SFAV
17	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	1.30	1.00	1.30
BALL+ARMAM	SFAV	1.30	1.00	1.30

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	56 di 257

Combinazione n° 2 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 3 - 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	1.30	1.00	1.30
BALL+ARMAM	SFAV	1.30	1.00	1.30
TRENO	SFAV	1.45	0.80	1.16

Combinazione n° 4 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.25	0.80	1.00

Combinazione n° 5 - 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	1.30	1.00	1.30
BALL+ARMAM	SFAV	1.30	1.00	1.30
Doppio Treno	SFAV	1.45	1.00	1.45

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	57 di 257

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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
Doppio Treno	SFAV	1.25	1.00	1.25

Combinazione n° 7 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 - Caso A1-M1 (STR) - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	58 di 257

Combinazione n° 10 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 12 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 13 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	59 di 257

Combinazione n° 14 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 15 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 16 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.80	0.80

Combinazione n° 17 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	1.00	1.00

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:

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

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 , posto pari a 0.6 φ

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:

$$FS = \frac{M_{STA}}{M_{RIB}} \geq F_{s_{\min}}$$

essendo

M_{RIB} = Risultante momenti ribaltanti

M_{STA} = Risultante momenti stabilizzanti

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

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
- c_a Adesione lungo la base della fondazione ($c_a \leq c$)
- V Azione tagliante
- φ Angolo d'attrito
- δ Angolo di attrito terreno fondazione
- γ Peso specifico del terreno
- K_p Coefficiente di spinta passiva espresso da $K_p = \tan^2(45^\circ + \varphi/2)$
- 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

Muro di sottscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	62 di 257

q_{ult} 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 $\phi = 0$

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

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:

$$N_q = Kp e^{\pi \cdot tg \phi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot ctg \phi$$

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \cdot tg \phi$$

Fattori di forma

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

Fattori di profondità

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

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

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	63 di 257

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 $A_f = B \cdot L'$ (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 η 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 $\phi > 0$
$b_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$	$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$ $b_q = e^{-2.7 m \phi}$ $b_\gamma = e^{-2.7 m \phi}$

Fattori di inclinazione del terreno

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	64 di 257

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:

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

$$\beta \leq \phi$$

$$i_q, i_\gamma > 0$$

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

9.2 Criteri di verifica delle palificate di fondazione

Le verifiche geotecniche delle spalle dell'opera constano del dimensionamento geotecnico della palificata di fondazione, in termini di diametro, lunghezza, numero e disposizione dei pali di fondazione.

In particolare si esegue la seguente procedura di calcolo:

- calcolo della quintupla di azioni (F_x , F_y , F_z , M_x ed M_y) ad intradosso zattera di fondazione, risultanti dalle combinazioni di carico su descritte;
- calcolo dei carichi assiali su ciascun palo;
- dimensionamento dei pali di fondazione ai fini del soddisfacimento delle verifiche di capacità portante degli stessi.

Le opere in oggetto presentano una fondazione indiretta costituita da una platea di fondazione su pali trivellati, il cui valore di progetto R_d della resistenza a carichi assiali dei singoli pali si ottiene a partire dal valore caratteristico R_k applicando i coefficienti parziali γ_R riportati nella tabella successiva:

	Coefficiente Parziale (γ_R)	Pali trivellati		
		R1	R2	R3
Base	γ_b	1.0	1.7	1.35
Laterale in compressione	γ_s	1.0	1.45	1.15
Laterale in trazione	γ_{st}	1.0	1.6	1.25

Tab. 1 - Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze

I coefficienti parziali di sicurezza utilizzati sono: R1 per le combinazioni di carico STR; R2 per le combinazioni di carico GEO; R3 per le combinazioni sismiche.

La resistenza caratteristica R_k del singolo palo è determinata mediante metodi di calcolo analitici, dove R_k è calcolata a partire da valori caratteristici dei parametri geotecnici e/o mediante l'impiego di relazioni empiriche che utilizzano direttamente i risultati di prove in situ. La normativa vigente definisce per tali procedure, il valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ (o $R_{t,k}$) come il valore minore tra quelli

ottenuti applicando alle resistenze calcolate $R_{c,calc}$ ($R_{t,calc}$) i fattori di correlazione ξ riportati nella tabella seguente, in funzione del numero n di verticali di indagini:

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

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

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

Tab. 2 - Fattori di correlazione ξ

La campagna di indagine condotta in fase di progettazione definitiva permette di assumere in sede di calcolo un fattore di correlazione pari a $\xi_3 = \xi_4 = 1.70$.

9.2.1 Capacità portante dei pali nei confronti dei carichi assiali

Il calcolo della capacità portante dei pali di fondazione è condotto con i coefficienti parziali da applicare alla resistenza laterale e alla punta che tengono conto del fattore di correlazione ξ .

In ciascuna combinazione prevista deve risultare:

$$Q_{Rd} \geq Q_{sd}$$

dove:

$$Q_{Rd} = \frac{1}{\xi} \left(\frac{Q_s}{R^s_i} + \frac{Q_b}{R^b_i} \right) - W_{palo}$$

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

$$Q_b = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot q_b;$$

$$Q_s = \pi \cdot D \cdot L \cdot \tau_s;$$

D = diametro del palo;

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	67 di 257

L = lunghezza del palo;

q_b = pressione limite alla base del palo;

τ_s = pressione laterale lungo il palo;

R_i e ξ = coefficienti di abbattimento delle resistenze;

W_{palo} = peso caratteristico del palo al netto del peso del terreno asportato;

– In particolare, per terreni coesivi:

- $q_b = 9 \cdot c_{ub} + \sigma_{v0}$
- $\tau_s = \alpha \cdot c_u$

– per terreni incoerenti:

- $q_b = N_q \cdot \sigma_{v0}$
- $q_s = k_i \cdot \tan \phi' \cdot \sigma_{v0}$

dove:

c_u = coesione non drenata;

c_{ub} = coesione non drenata alla base del palo;

σ_{v0} = tensione litostatica totale;

α = coefficiente empirico;

$k_i = 0.5$;

N_q = fattore di capacità portante, valutato secondo le indicazioni di Berezantzev, di seguito riportate:

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	68 di 257

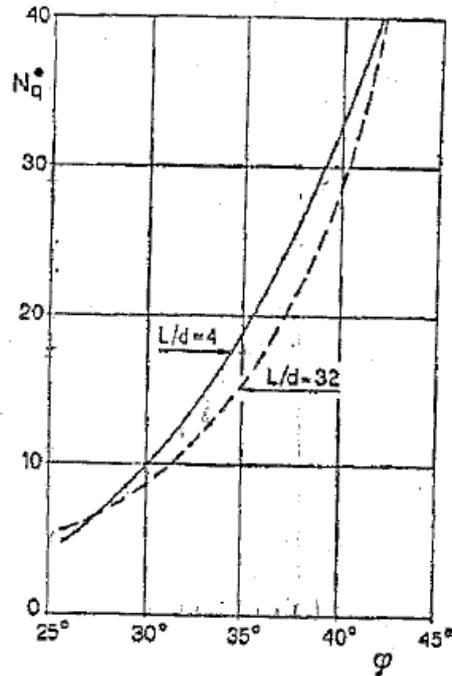


Fig. 5 - COEFFICIENTI N_q^* (BEREZANTZEV, 1965),
CORRISPONDENTI ALL'INSORGERE DELLE DEFORMAZIONI PLASTICHE ALLA PUNTA

Figura 4: Valori del fattore N_q proposti da Berezantzev

Per quanto riguarda il coefficiente empirico α , possono considerarsi i valori della tabella seguente:

c_u (kPa)	α
≤ 25	0.9
Da 25 a 50	0.8
Da 50 a 75	0.6
≥ 75	0.4

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO - TELESE.</p>					
<p>Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo</p>	<p>COMMESSA IF0H</p>	<p>LOTTO 12 D 11</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO RI040 5001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 69 di 257</p>

9.2.2 Capacità portante dei pali nei confronti dei carichi orizzontali

9.2.2.1 Carico orizzontale limite

Il carico orizzontale limite H_{lim} è stato calcolato in accordo alla teoria proposta da Broms (1984).

Le ipotesi assunte da Broms sono le seguenti:

- Terreno omogeneo;
- Comportamento dell'interfaccia palo-terreno di tipo rigido-perfettamente plastico;
- la forma del palo è ininfluenza e l'interazione palo-terreno è determinata solo dalla dimensione caratteristica D della sezione del palo (il diametro per sezioni circolari, il lato per sezioni quadrate, etc.) misurata normalmente alla direzione del movimento;
- il palo ha comportamento rigido-perfettamente plastico, cioè si considerano trascurabili le deformazioni elastiche del palo.

Questa ultima ipotesi comporta che il palo abbia solo moti rigidi finché non si raggiunge il momento di plasticizzazione M_y del palo. A questo punto si ha la formazione di una cerniera plastica in cui la rotazione continua indefinitamente con momento costante.

In accordo alla condizione di vincolo dei pali nei plinti di fondazione, il palo è considerato impedito di ruotare in testa.

9.2.2.2 Unità a comportamento coesivo

Il diagramma di distribuzione della resistenza p offerta dal terreno lungo il fusto del palo è quello riportato in Fig. 1 – (a). Broms adotta al fine delle analisi una distribuzione semplificata (b) con reazione nulla fino a $1.5 \varnothing$ e costante con valore $9 \cdot c_u \cdot \varnothing$ per profondità maggiori.

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	70 di 257

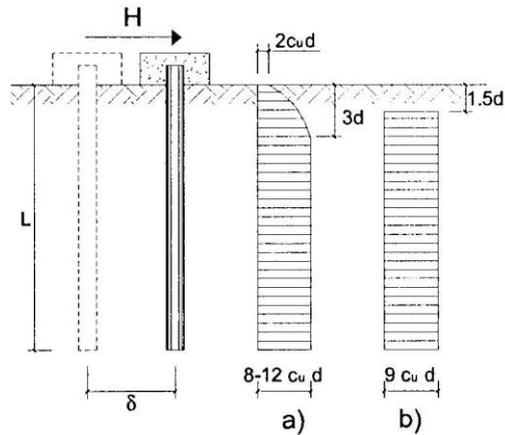


Fig. 1 – distribuzione della resistenza offerta dal terreno a carichi orizzontali per pali impediti di ruotare alla testa (Broms, 1984).

I meccanismi di rottura del complesso palo-terreno sono condizionati dalla lunghezza del palo, dal momento di plasticizzazione della sezione e dalla resistenza esercitata dal terreno. I possibili meccanismi di rottura sono riportati nella figura seguente e sono solitamente indicati come “palo corto”, “intermedio” e “lungo”.

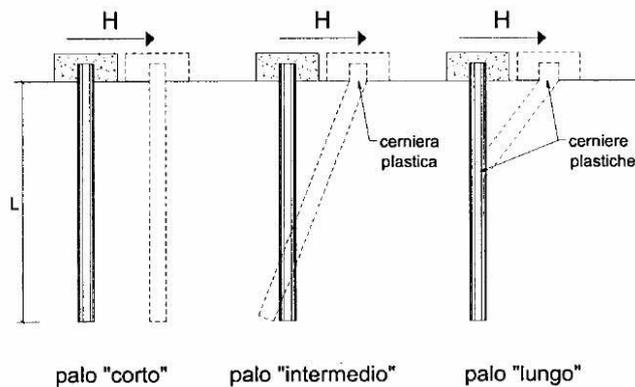


Fig. 2 – meccanismi di rottura del complesso palo-terreno per pali impediti di ruotare alla testa soggetti a carichi orizzontali (Broms, 1984).

Facendo ricorso a semplici equazioni di equilibrio ed imponendo la formazione di una cerniera plastica nelle sezioni che raggiungono un momento pari a M_y , è possibile calcolare il carico limite orizzontale corrispondente ai tre meccanismi di rottura:

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	71 di 257

$$H_{lim} = 9c_u D^2 \left(\frac{L}{D} - 1.5 \right)$$

palo corto

$$H_{lim} = -9c_u D^2 \left(\frac{L}{D} - 1.5 \right) + 9c_u D^2 \sqrt{2 \left(\frac{L}{D} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{My}{c_u D^3} + 4.5}$$

palo intermedio

$$H_{lim} = -13.5c_u D^2 + c_u D^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{My}{c_u D^3}}$$

palo lungo

Con riferimento ai casi in oggetto, il meccanismo di rottura è sempre quello di palo lungo.

Nel caso di palo scalzato e per il caso di palo lungo, il valore di H_{lim} si ottiene risolvendo le seguenti equazioni:

$$H_{lim} = 9c_u D \times (f - 1.5D)$$

$$H_{lim} \times (d_s + f) - 4.5c_u D (f - 1.5D)^2 - 2M_y = 0$$

Essendo:

f la profondità della cerniera plastica dal piano di campagna;

d_s l'altezza della testa del palo rispetto al piano di campagna.

9.2.2.3 Unità a comportamento incoerente

Per un terreno incoerente si assume che la resistenza opposta dal terreno alla traslazione del palo vari linearmente con la profondità con legge:

$$p = 3 k_p \gamma z D$$

essendo:

k_p il coefficiente di spinta passiva;

z la profondità da piano campagna;

γ il peso di volume del terreno, nel caso in cui il terreno sia sotto falda si assume γ' .

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	72 di 257

I valori del carico limite corrispondenti ai diversi meccanismi di rottura sono di seguito riportati:

$$H_{lim} = 1.5k_p \gamma D^3 \left(\frac{L}{D} \right)^2 \quad \text{palo corto}$$

$$H_{lim} = \frac{1}{2} k_p \gamma D^3 \left(\frac{L}{D} \right)^2 + \frac{M_y}{L} \quad \text{palo intermedio}$$

$$H_{lim} = k_p \gamma D^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma D^4} \right)^2} \quad \text{palo lungo}$$

Con riferimento ai casi in oggetto, il meccanismo di rottura è sempre quello di palo lungo.

Nel caso di palo scalzato e per il caso di palo lungo, il valore di H_{lim} si ottiene risolvendo le seguenti equazioni:

$$H_{lim} = 1.5k_p \gamma D f^2$$

$$f^3 + 1.5Df^2 - \left(\frac{2M_y}{\gamma k_p D} \right) = 0$$

Essendo:

f la profondità della cerniera plastica dal piano di campagna;

d_s l'altezza della testa del palo rispetto al piano di campagna.

9.2.2.4 Carico orizzontale resistente

Il valore di progetto R_d della resistenza a carichi assiali dei singoli pali si ottiene a partire dal valore caratteristico R_k applicando i coefficienti parziali γ_R riportati nella tabella successiva:

Coefficiente Parziale		
R1	R2	R3
1.0	1.6	1.3

Tabella 17: Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze

I coefficienti parziali di sicurezza utilizzati sono: R1 per le combinazioni di carico STR; R2 per le combinazioni di carico GEO; R3 per le combinazioni sismiche.

La resistenza caratteristica R_k del singolo palo è determinata mediante metodi di calcolo analitici, dove R_k è calcolata a partire da valori caratteristici dei parametri geotecnici e/o mediante l'impiego di relazioni empiriche che utilizzano direttamente i risultati di prove in situ. La normativa vigente definisce per tali procedure, il valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ (o $R_{t,k}$) come il valore minore tra quelli ottenuti applicando alle resistenze calcolate $R_{c,calc}$ ($R_{t,calc}$) i fattori di correlazione ξ riportati nella tabella seguente, in funzione del numero n di verticali di indagini:

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

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

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

Tab. 3 - Fattori di correlazione ξ

La campagna di indagine condotta in fase di progettazione definitiva permette di assumere in sede di calcolo un fattore di correlazione pari a $\xi_3 = \xi_4 = 1.70$.

9.3 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_r	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

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

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

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

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

9.3.1 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:

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

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

risultando:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g} \quad (7.11.3)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.4)$$

con:

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

Tabella 7.11.I – 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

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	76 di 257

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

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 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.

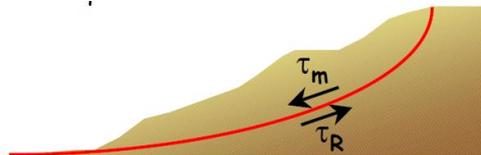
Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	77 di 257

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, Morgenstern-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 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:



$$\eta = \frac{\int_S \tau_{rott}}{\int_S \tau_{mob}}$$

Si procede generalmente suddividendo la massa di terreno coinvolta nella verifica in una serie di conci di dimensione b, interessati da azioni taglienti 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:

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	78 di 257

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

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. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

A riguardo si precisa che i calcoli sono state effettuati, con riferimento ad un modello di muro di lunghezza unitaria, mediante Ausilio del Software commerciale MAX 10.10 prodotto e distribuito dalla Aztec Informatica, con sede in Corso Umberto 43, Casole Bruzio (CS).

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO - TELESE.					
	Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA IF0H	LOTTO 12 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI040 5001	REV. A

11. RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI

Di seguito si riportano i risultati delle analisi dei muri in oggetto per le tipologie definite al paragrafo 1.

11.1 Risultati analisi e verifiche muri di TIPO 6

11.1.1 Modello di calcolo

Le sollecitazioni provenienti dal muro vengono ripartite sui pali restituendo le sollecitazioni nei pali in termini di Taglio, Momento e sforzo normale. Gli scarichi sui pali vengono determinati mediante il metodo delle rigidezze. La piastra di fondazione viene considerata infinitamente rigida (3 gradi di libertà) ed i pali vengono considerati incastrati o incernierati a tale piastra.

Viene effettuata una prima analisi di ogni palo di ciascuna fila (i pali di ogni fila hanno le stesse caratteristiche) per costruire una curva carichi-spostamenti del palo. Questa curva viene costruita considerando il palo elastico. Si tratta, in definitiva, della matrice di rigidezza del palo K_e , costruita imponendo traslazioni e rotazioni unitarie per determinare le corrispondenti sollecitazioni in testa al palo. Nota la matrice di rigidezza di ogni palo si assembla la matrice globale (di dimensioni 3x3) della palificata, K . A questo punto, note le forze agenti in fondazione (N, T, M) si possono ricavare gli spostamenti della piastra (abbassamento, traslazione e rotazione) e le forze che si scaricano su ciascun palo. Infatti indicando con p il vettore dei carichi e con u il vettore degli spostamenti della piastra abbiamo:

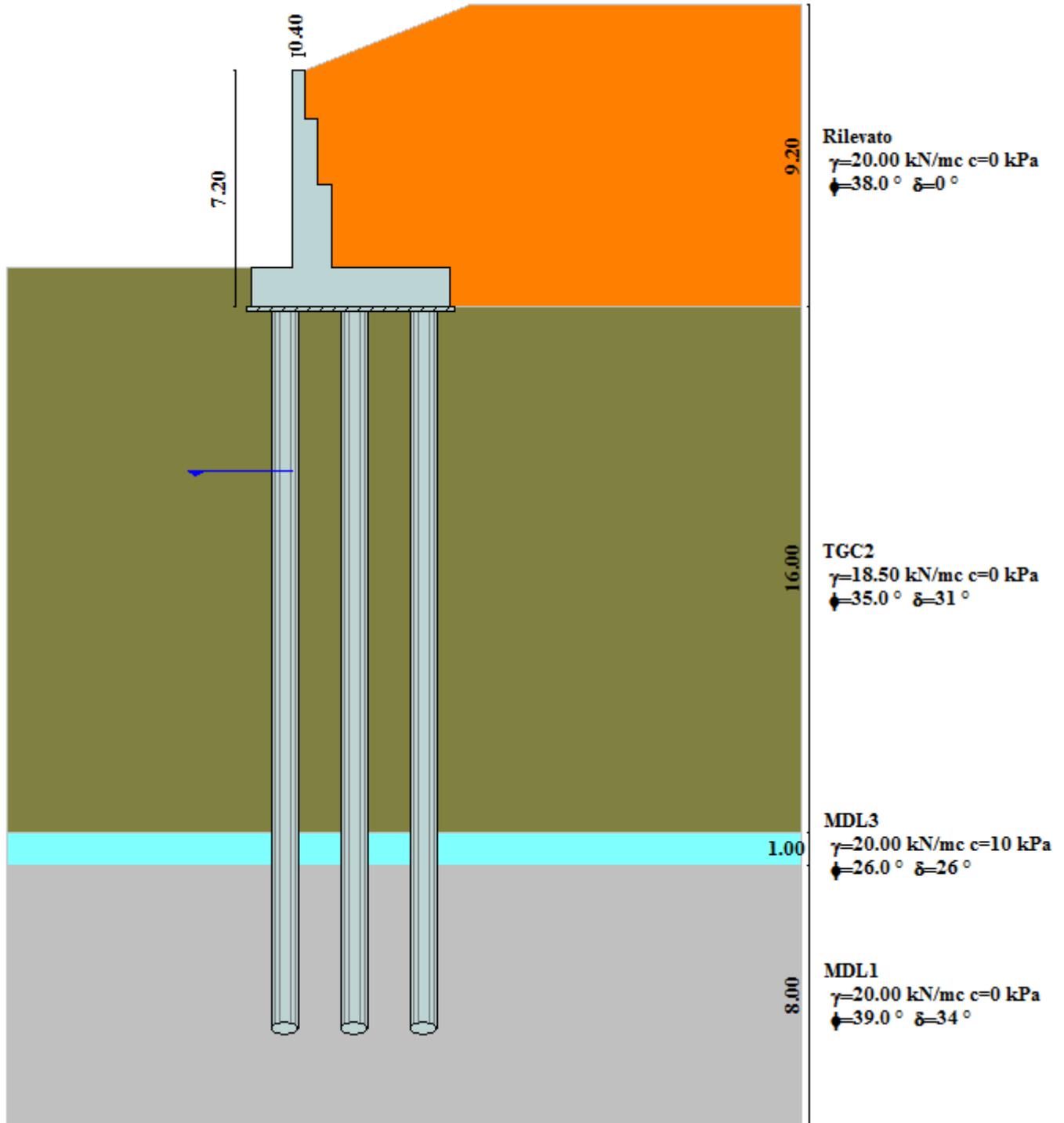
$$u = K^{-1}p$$

Noti gli spostamenti della piastra, e quindi della testa dei pali, abbiamo gli scarichi su ciascun palo. Allora per ciascun palo viene effettuata un'analisi elastoplastica incrementale (tramite il metodo degli elementi finiti) che, tenendo conto della plasticizzazione del terreno, calcola le sollecitazioni in tutte le sezioni del palo., le caratteristiche del terreno (rappresentate da K_h) sono tali che se non è possibile raggiungere l'equilibrio si ha collasso per rottura del terreno. In tale analisi i pali sono considerati incastrati alla fondazione di base. Di seguito si riportano i principali risultati delle analisi svolte sul muro su pali. Per ulteriori dettagli si ribanda ai tabulati in allegato.

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, sulla fondazione e nei pali.

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 - Relazione di calcolo

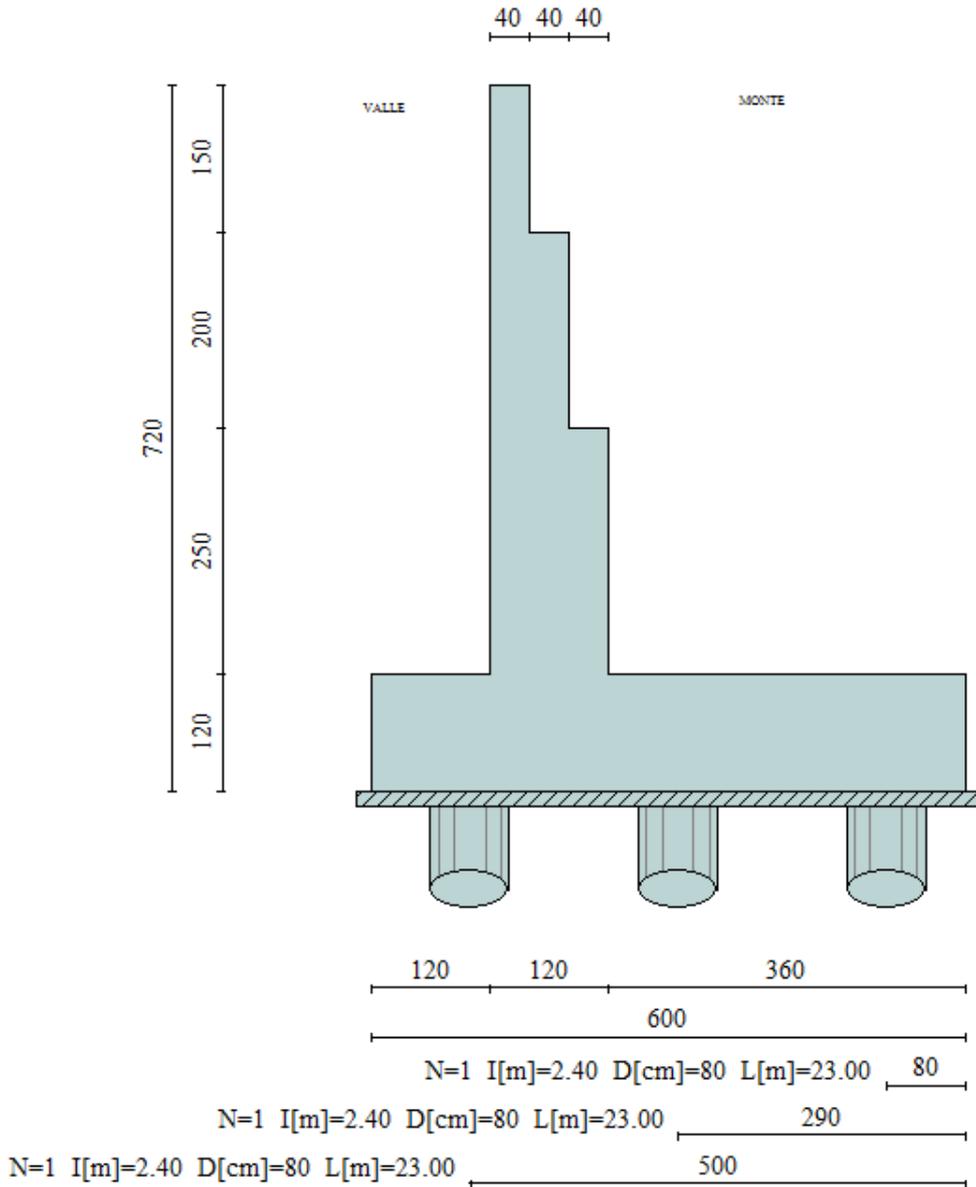
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	81 di 257



Modello di calcolo muro su PALI

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	82 di 257



Geometria muro

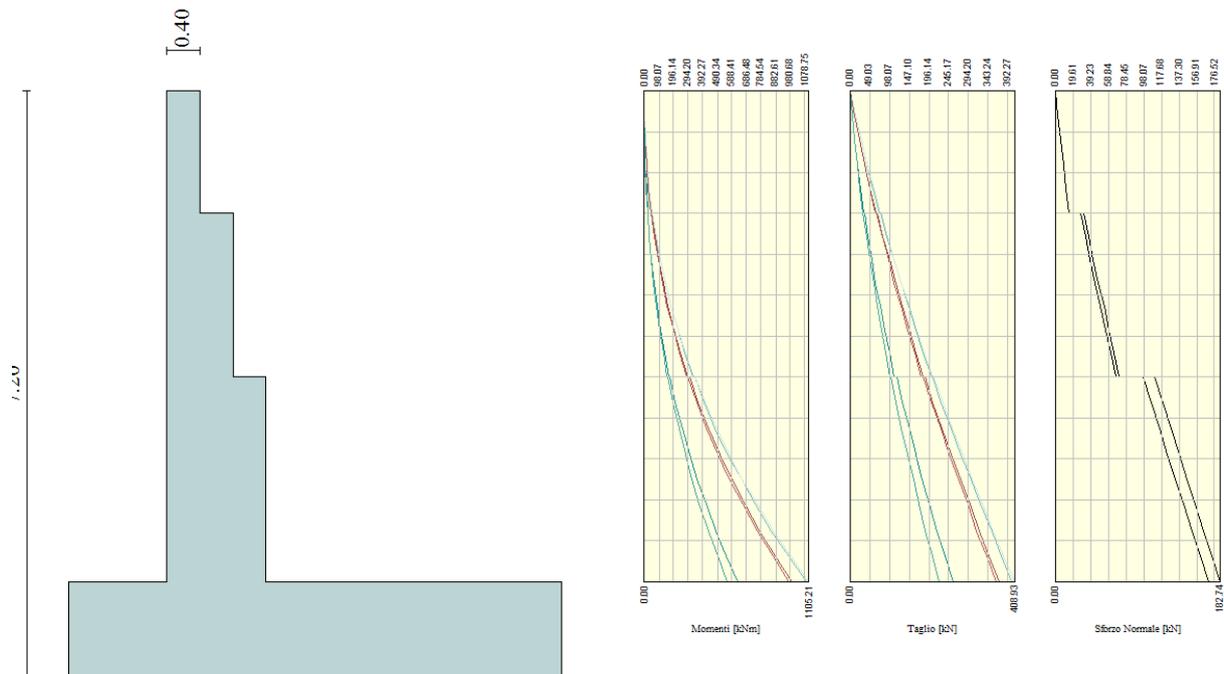
Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	83 di 257

Dettagli coefficienti di sicurezza globali e spinte

Comb.	Tipo comb.	Sisma	FS (ribalt)	FS (scorr)	FS (qult)	FS (stab)	Spinta[kN]	Incr. sism.[kN]
1	A1-M1 - [1]	--	--	--	--	--	453.0853	0.0000
2	STAB - [1]	--	--	--	--	2.99	429.1459	0.0000
3	A1-M1 - [2]	--	--	--	--	--	536.5165	0.0000
4	STAB - [2]	--	--	--	--	2.75	521.9693	0.0000
5	A1-M1 - [3]	--	--	--	--	--	557.5909	0.0000
6	STAB - [3]	--	--	--	--	2.55	545.4693	0.0000
7	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	--	348.5271	155.8588
8	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	--	348.5271	222.5754
9	STAB - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	2.10	429.1459	248.7687
10	STAB - [4]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	2.16	429.1459	166.6005
11	A1-M1 - [5]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	--	362.7542	226.6345
12	A1-M1 - [5]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	--	362.7542	156.4137
13	STAB - [5]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	2.07	447.0097	250.4555
14	STAB - [5]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	2.13	447.0097	164.2496
15	SLEQ - [1]	--	--	--	--	--	348.5271	0.0000
16	SLEF - [1]	--	--	--	--	--	405.9972	0.0000
17	SLEF - [1]	--	--	--	--	--	405.9972	0.0000
18	SLEF - [1]	--	--	--	--	--	420.5310	0.0000

Azioni risultanti sul muro



Inviluppo sollecitazioni sul muro

11.1.2 Verifiche strutturali

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

Elemento	Armatura a flessione		Elemento	Armatura a flessione	
	Lato monte	Lato valle		Lato inferiore	Lato superiore
PARAMENTO	1 ϕ 20/10	1 ϕ 20/20	FONDAZIONE	1 ϕ 26/10	I Strato: 1 ϕ 26/10 II Strato: 1 ϕ 26/20

Ai fini delle verifiche si è fatto riferimento per la parte in elevazione (paramento e fondazione muro) ad un copriferro di calcolo (asse armature) pari a 4 cm, mentre per i pali si è assunto un copriferro di calcolo pari a 8 cm.

Verifiche strutturali per paramento e fondazione

Si segnala che il programma di calcolo utilizzato non consente di differenziare le classi di resistenza del calcestruzzo tra fondazione e paramento. Pertanto a vantaggio di sicurezza è stata considerata la classe di resistenza di calcestruzzo inferiore, ovvero la classe 28/35 delle fondazioni anche per il paramento in luogo della classe C32/40.

Di seguito si riporta l'involuppo delle sollecitazioni nel paramento e nella fondazione ed i risultati delle verifiche strutturali.

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kNm]

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kN]

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	85 di 257

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.30	2.9420	2.9420	0.7767	2.0713	5.3063	13.9097
3	0.60	5.8841	5.8841	3.2605	8.4062	11.3780	28.4207
4	0.90	8.8261	8.8261	7.6755	19.1793	18.1734	43.4915
5	1.20	11.7682	11.7682	14.2357	34.5557	25.6797	59.1090
6	1.50	14.7102	14.7102	23.1544	54.6994	33.8969	75.2735
7	1.50	27.3198	31.1027	24.2699	56.2560	35.8586	76.7971
8	1.79	32.9237	36.7066	35.7639	80.5841	44.7073	93.5827
9	2.07	38.5276	42.3105	49.8783	109.7790	54.2009	110.8643
10	2.36	44.1315	47.9144	66.7973	143.9824	64.3393	128.6419
11	2.64	49.7354	53.5183	86.7050	183.3359	75.1225	146.9155
12	2.93	55.3393	59.1222	109.7859	227.9813	86.5506	165.6852
13	3.21	60.9432	64.7260	136.2240	278.0604	98.6235	184.9508
14	3.50	66.5471	70.3299	166.2036	333.7148	111.3413	204.7126
15	3.50	96.4388	109.1893	172.4228	340.9882	115.7724	208.1211
16	3.81	105.6327	118.3831	210.9322	409.6274	130.8166	231.2686
17	4.13	114.8266	127.5770	254.2635	485.5929	146.6321	255.0095
18	4.44	124.0205	136.7709	302.6576	569.0701	163.2190	279.3437
19	4.75	133.2144	145.9648	356.3558	660.2445	180.5785	304.2714
20	5.06	142.4082	155.1587	415.6003	759.2963	198.7161	329.7410
21	5.38	151.6021	164.3525	480.6301	866.3787	217.5905	355.6593
22	5.69	160.7960	173.5464	551.6632	981.6324	237.1300	382.0456
23	6.00	169.9899	182.7403	628.9039	1105.2086	257.3185	408.9251

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.30	2.9420	2.9420	0.7689	0.7689	5.2264	5.2264
3	0.60	5.8841	5.8841	3.1962	3.1962	11.0542	11.0542
4	0.90	8.8261	8.8261	7.4569	7.4569	17.4416	17.4416

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
				IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	86 di 257
5	1.20	11.7682	11.7682	13.7159	13.7159	24.3759	24.3759		
6	1.50	14.7102	14.7102	22.1371	22.1371	31.8571	31.8571		
7	1.50	27.3198	27.3198	23.6937	23.6937	33.3807	33.3807		
8	1.79	32.9237	32.9237	34.3495	34.3495	41.2924	41.2924		
9	2.07	38.5276	38.5276	47.3366	47.3366	49.7001	49.7001		
10	2.36	44.1315	44.1315	62.7968	62.7968	58.6038	58.6038		
11	2.64	49.7354	49.7354	80.8717	80.8717	68.0036	68.0036		
12	2.93	55.3393	55.3393	101.7032	101.7032	77.8994	77.8994		
13	3.21	60.9432	60.9432	125.4329	125.4329	88.2912	88.2912		
14	3.50	66.5471	66.5471	152.2025	152.2025	99.1790	99.1790		
15	3.50	96.4388	96.4388	159.4760	159.4760	102.5876	102.5876		
16	3.81	105.6327	105.6327	193.5162	193.5162	115.3686	115.3686		
17	4.13	114.8266	114.8266	231.6431	231.6431	128.7429	128.7429		
18	4.44	124.0205	124.0205	274.0423	274.0423	142.7107	142.7107		
19	4.75	133.2144	133.2144	320.8991	320.8991	157.2718	157.2718		
20	5.06	142.4082	142.4082	372.3937	372.3937	172.3749	172.3749		
21	5.38	151.6021	151.6021	428.6794	428.6794	187.9267	187.9267		
22	5.69	160.7960	160.7960	489.8969	489.8969	203.9464	203.9464		
23	6.00	169.9899	169.9899	556.1974	556.1974	220.4594	220.4594		

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ _c	tensione nel calcestruzzo espressa in [MPa]
τ _c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [MPa]
σ _{fs}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [MPa]
σ _{fi}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [MPa]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VR _{cd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	87 di 257

VRsd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]

VRd Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 40	15.71	18.85	0.00	0.00	1000.00	182.79	--	--
2	0.30	100, 40	15.71	18.85	367.63	-258.83	124.96	183.17	--	--
3	0.60	100, 40	15.71	18.85	158.95	-227.07	27.01	183.56	--	--
4	0.90	100, 40	15.71	18.85	100.40	-218.16	11.37	183.95	--	--
5	1.20	100, 40	15.71	18.85	72.87	-213.98	6.19	184.33	--	--
6	1.50	100, 40	15.71	18.85	56.89	-211.54	3.87	184.72	--	--
7	1.50	100, 80	15.71	18.85	258.10	-531.47	9.45	289.78	--	--
8	1.79	100, 80	15.71	18.85	210.55	-515.35	6.40	290.56	--	--
9	2.07	100, 80	15.71	18.85	176.85	-503.92	4.59	291.35	--	--
10	2.36	100, 80	15.71	18.85	151.86	-495.44	3.44	292.14	--	--
11	2.64	100, 80	15.71	18.85	132.64	-488.93	2.67	292.93	--	--
12	2.93	100, 80	15.71	18.85	117.43	-483.77	2.12	293.72	--	--
13	3.21	100, 80	15.71	18.85	105.11	-479.59	1.72	294.50	--	--
14	3.50	100, 80	15.71	18.85	94.95	-476.15	1.43	295.29	--	--
15	3.50	100, 120	28.27	18.85	404.83	-1431.40	4.20	412.27	--	--
16	3.81	100, 120	28.27	18.85	363.78	-1410.70	3.44	413.59	--	--
17	4.13	100, 120	28.27	18.85	329.50	-1393.41	2.87	414.92	--	--
18	4.44	100, 120	28.27	18.85	300.49	-1378.78	2.42	416.24	--	--
19	4.75	100, 120	28.27	18.85	275.67	-1366.27	2.07	417.56	--	--
20	5.06	100, 120	28.27	18.85	254.22	-1355.45	1.79	418.88	--	--
21	5.38	100, 120	28.27	18.85	235.53	-1346.03	1.55	420.20	--	--
22	5.69	100, 120	28.27	18.85	219.13	-1337.76	1.36	421.52	--	--
23	6.00	100, 120	28.27	18.85	204.63	-1330.45	1.20	422.85	--	--

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	88 di 257

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0.00	100, 40	15.71	18.85	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.30	100, 40	15.71	18.85	0.041	0.018	0.720	-0.422
3	0.60	100, 40	15.71	18.85	0.170	0.037	4.709	-1.511
4	0.90	100, 40	15.71	18.85	0.393	0.059	12.429	-3.282
5	1.20	100, 40	15.71	18.85	0.720	0.082	24.205	-5.797
6	1.50	100, 40	15.71	18.85	1.158	0.107	40.366	-9.117
7	1.50	100, 80	15.71	18.85	0.374	0.052	13.689	-4.317
8	1.79	100, 80	15.71	18.85	0.542	0.065	21.675	-6.140
9	2.07	100, 80	15.71	18.85	0.746	0.078	31.784	-8.319
10	2.36	100, 80	15.71	18.85	0.987	0.092	44.145	-10.876
11	2.64	100, 80	15.71	18.85	1.268	0.107	58.886	-13.832
12	2.93	100, 80	15.71	18.85	1.592	0.122	76.134	-17.208
13	3.21	100, 80	15.71	18.85	1.959	0.138	96.020	-21.025
14	3.50	100, 80	15.71	18.85	2.373	0.156	118.672	-25.304
15	3.50	100, 120	28.27	18.85	1.052	0.105	37.818	-13.446
16	3.81	100, 120	28.27	18.85	1.273	0.118	47.570	-16.194
17	4.13	100, 120	28.27	18.85	1.519	0.132	58.672	-19.250
18	4.44	100, 120	28.27	18.85	1.793	0.146	71.188	-22.628
19	4.75	100, 120	28.27	18.85	2.094	0.161	85.176	-26.341
20	5.06	100, 120	28.27	18.85	2.424	0.176	100.698	-30.404
21	5.38	100, 120	28.27	18.85	2.784	0.192	117.803	-34.827
22	5.69	100, 120	28.27	18.85	3.175	0.209	136.539	-39.621
23	6.00	100, 120	28.27	18.85	3.598	0.226	156.954	-44.797

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	89 di 257

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [MPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [MPa]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [MPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [MPa]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V_{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V_{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
V_{Rd}	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 120	18.85	18.85	0.00	-822.77	1013.84	395.31	--	--
2	0.20	100, 120	18.85	18.85	0.00	-822.77	105.81	395.31	--	--
3	0.40	100, 120	18.85	18.85	0.00	-822.77	46.04	395.31	--	--
4	0.60	100, 120	18.85	18.85	0.00	-822.77	13.46	395.31	--	--
5	0.80	100, 120	18.85	18.85	0.00	-822.77	12.61	1574.22	4796.01	1574.22
6	1.00	100, 120	18.85	18.85	0.00	822.77	6.99	395.31	--	--
7	1.20	100, 120	18.85	21.99	0.00	958.01	2.02	395.31	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
8	0.00	100, 120	18.85	18.85	0.003	0.006	0.144	0.215

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
					IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	90 di 257
9	0.20	100, 120	18.85	18.85	0.032	0.014	2.154	1.360		
10	0.40	100, 120	18.85	18.85	0.070	0.030	4.731	3.429		
11	0.60	100, 120	18.85	18.85	0.280	0.067	9.921	18.778		
12	0.80	100, 120	18.85	18.85	0.254	0.159	17.069	16.308		
13	1.00	100, 120	18.85	18.85	0.465	0.376	31.248	-5.319		
14	1.20	100, 120	18.85	21.99	1.869	0.637	114.723	-21.834		

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fr}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 120	18.85	18.85	0.00	822.77	909.16	395.31	--	--
2	0.20	100, 120	18.85	18.85	0.00	-822.77	125.31	395.31	--	--
3	0.40	100, 120	18.85	18.85	0.00	-822.77	35.77	1574.22	4796.01	1574.22
4	0.60	100, 120	18.85	18.85	0.00	-822.77	14.22	1574.22	4796.01	1574.22
5	0.80	100, 120	18.85	18.85	0.00	-822.77	7.47	1574.22	4796.01	1574.22
6	1.00	100, 120	18.85	18.85	0.00	-822.77	4.56	1574.22	4796.01	1574.22
7	1.20	100, 120	18.85	18.85	0.00	-822.77	3.08	1511.25	4796.01	1511.25
8	1.42	100, 120	21.99	28.27	0.00	-958.04	2.52	4359.39	4796.01	4359.39
9	1.63	100, 120	21.99	18.85	0.00	-958.01	1.88	4359.39	4796.01	4359.39
10	1.85	100, 120	21.99	18.85	0.00	-958.01	1.49	4359.39	4796.01	4359.39
11	2.07	100, 120	50.27	18.85	0.00	-2156.96	2.74	4359.39	4796.01	4359.39
12	2.28	100, 120	50.27	18.85	0.00	-2156.96	2.30	4359.39	4796.01	4359.39
13	2.50	100, 120	59.69	28.27	0.00	-2557.23	2.30	4796.01	4796.01	9067.53
14	2.70	100, 120	59.69	18.85	0.00	-2549.23	2.01	4722.67	4796.01	4722.67
15	2.90	100, 120	59.69	18.85	0.00	-2549.23	1.81	4722.67	4796.01	4722.67
16	3.10	100, 120	47.12	18.85	0.00	-2025.36	1.32	4722.67	4796.01	4722.67
17	3.30	100, 120	47.12	18.85	0.00	-2025.36	1.23	4796.01	4796.01	5397.34
18	3.45	100, 120	47.12	18.85	0.00	-2025.36	1.15	4796.01	4796.01	6296.89
19	3.60	100, 120	56.55	18.85	0.00	-2418.90	1.28	4796.01	4796.01	12593.79

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	91 di 257

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
20	0.00	100, 120	18.85	18.85	0.005	0.000	0.334	-0.057
21	0.20	100, 120	18.85	18.85	0.030	0.000	-0.339	1.989
22	0.40	100, 120	18.85	18.85	0.110	0.000	-1.261	7.405
23	0.60	100, 120	18.85	18.85	0.244	0.000	-2.791	16.395
24	0.80	100, 120	18.85	18.85	0.424	0.000	-4.841	28.439
25	1.00	100, 120	18.85	18.85	0.655	0.000	-7.491	44.006
26	1.20	100, 120	18.85	18.85	0.937	0.000	-10.707	62.894
27	1.42	100, 120	21.99	28.27	1.161	0.000	-13.407	74.633
28	1.63	100, 120	21.99	18.85	1.613	0.000	-18.843	99.009
29	1.85	100, 120	21.99	18.85	2.058	0.000	-24.032	126.270
30	2.07	100, 120	50.27	18.85	1.883	0.000	-23.949	70.558
31	2.28	100, 120	50.27	18.85	2.291	0.000	-29.144	85.863
32	2.50	100, 120	59.69	28.27	2.526	0.000	-32.399	88.367
33	2.70	100, 120	59.69	18.85	3.071	0.000	-39.560	103.567
34	2.90	100, 120	59.69	18.85	3.428	0.000	-44.159	115.608
35	3.10	100, 120	47.12	18.85	4.033	0.000	-51.027	157.163
36	3.30	100, 120	47.12	18.85	4.280	0.000	-54.154	166.795
37	3.45	100, 120	47.12	18.85	4.634	0.000	-58.631	180.585
38	3.60	100, 120	56.55	18.85	4.790	0.000	-61.466	167.006

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	92 di 257

Verifica fessurazione paramento

Si riportano i risultati ottenuti per la combinazione Rara

Combinazione n° 17

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
M_{pf}	Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
M	Momento agente nella sezione espressa in [kNm]
ϵ_m	deformazione media espressa in [%]
s_m	Distanza media tra le fessure espressa in [mm]
w	Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ϵ_m	s_m	w
1	0.00	15.71	18.85	-51.91	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	0.30	15.71	18.85	-51.91	-0.77	0.0000	0.00	0.000
3	0.60	15.71	18.85	-51.91	-3.20	0.0000	0.00	0.000
4	0.90	15.71	18.85	-51.91	-7.46	0.0000	0.00	0.000
5	1.20	15.71	18.85	-51.91	-13.72	0.0000	0.00	0.000
6	1.50	15.71	18.85	-51.91	-22.14	0.0000	0.00	0.000
7	1.50	15.71	18.85	-199.19	-23.69	0.0000	0.00	0.000
8	1.79	15.71	18.85	-199.19	-34.35	0.0000	0.00	0.000
9	2.07	15.71	18.85	-199.19	-47.34	0.0000	0.00	0.000
10	2.36	15.71	18.85	-199.19	-62.80	0.0000	0.00	0.000
11	2.64	15.71	18.85	-199.19	-80.87	0.0000	0.00	0.000
12	2.93	15.71	18.85	-199.19	-101.70	0.0000	0.00	0.000
13	3.21	15.71	18.85	-199.19	-125.43	0.0000	0.00	0.000
14	3.50	15.71	18.85	-199.19	-152.20	0.0000	0.00	0.000
15	3.50	28.27	18.85	-455.06	-159.48	0.0000	0.00	0.000
16	3.81	28.27	18.85	-455.06	-193.52	0.0000	0.00	0.000
17	4.13	28.27	18.85	-455.06	-231.64	0.0000	0.00	0.000
18	4.44	28.27	18.85	-455.06	-274.04	0.0000	0.00	0.000
19	4.75	28.27	18.85	-455.06	-320.90	0.0000	0.00	0.000

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA IF0H	LOTTO 12 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI040 5001	REV. A	FOGLIO 93 di 257
--	------------------	------------------	----------------	-------------------------	-----------	---------------------

20	5.06	28.27	18.85	-455.06	-372.39	0.0000	0.00	0.000
21	5.38	28.27	18.85	-455.06	-428.68	0.0000	0.00	0.000
22	5.69	28.27	18.85	-455.06	-489.90	0.0398	142.21	0.096
23	6.00	28.27	18.85	-455.06	-556.20	0.0457	142.21	0.111

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A _{is}	A _{ri}	M _{pr}	M	ε _m	S _m	w
1	-1.60	18.85	18.85	-442.18	-0.44	0.0000	0.00	0.000
2	-1.40	18.85	18.85	442.18	4.40	0.0000	0.00	0.000
3	-1.20	18.85	18.85	442.18	9.66	0.0000	0.00	0.000
4	-1.00	18.85	18.85	-442.18	-38.35	0.0000	0.00	0.000
5	-0.80	18.85	18.85	442.18	34.86	0.0000	0.00	0.000
6	-0.60	18.85	18.85	442.18	63.81	0.0000	0.00	0.000
7	-0.40	18.85	21.99	446.48	272.18	0.0000	0.00	0.000
8	0.80	56.55	18.85	-493.57	-984.72	0.0714	108.46	0.132
9	0.95	47.12	18.85	-480.75	-894.22	0.0756	115.10	0.148
10	1.10	47.12	18.85	-480.75	-825.94	0.0679	115.10	0.133
11	1.30	47.12	18.85	-480.75	-778.24	0.0625	115.10	0.122
12	1.50	59.69	18.85	-497.84	-717.80	0.0434	106.72	0.079
13	1.70	59.69	18.85	-497.84	-643.04	0.0360	106.72	0.065
14	1.90	59.69	28.27	-501.04	-551.86	0.0261	106.72	0.047
15	2.12	50.27	18.85	-485.03	-452.31	0.0000	0.00	0.000
16	2.33	50.27	18.85	-485.03	-371.68	0.0000	0.00	0.000
17	2.55	21.99	18.85	-446.48	-299.57	0.0000	0.00	0.000
18	2.77	21.99	18.85	-446.48	-234.90	0.0000	0.00	0.000
19	2.98	21.99	28.27	-449.45	-177.70	0.0000	0.00	0.000
20	3.20	18.85	18.85	-442.18	-128.44	0.0000	0.00	0.000
21	3.40	18.85	18.85	-442.18	-89.87	0.0000	0.00	0.000
22	3.60	18.85	18.85	-442.18	-58.08	0.0000	0.00	0.000
23	3.80	18.85	18.85	-442.18	-33.15	0.0000	0.00	0.000
24	4.00	18.85	18.85	-442.18	-15.12	0.0000	0.00	0.000
25	4.20	18.85	18.85	-442.18	-4.06	0.0000	0.00	0.000
26	4.40	18.85	18.85	442.18	0.68	0.0000	0.00	0.000

VERIFICHE A TAGLIO

I risultati ottenuti dalle verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate per la struttura in esame sono riepilogati nella seguente tabella.

Verifica a taglio (per metro lineare di sviluppo longitudinale)						
Sezione	V_{Ed}	b	h	V_{Rd}	ESITO	Armatura a taglio
[-]	[kN]	[cm]	[cm]	[kN]	[-]	[-]
Paramento	410	100	120	722	verificato	Spilli $\Phi 12/40 \times 40$
Fondazione	680	100	100	722	verificato	Spilli $\Phi 12/40 \times 40$

11.1.3 VERIFICHE PALI DI FONDAZIONE

Per i pali di fondazione si prevedono le seguenti armature:

- Gabbia superiore $2 \times 20 \phi 24$ e staffa a spirale $\phi 14/10$

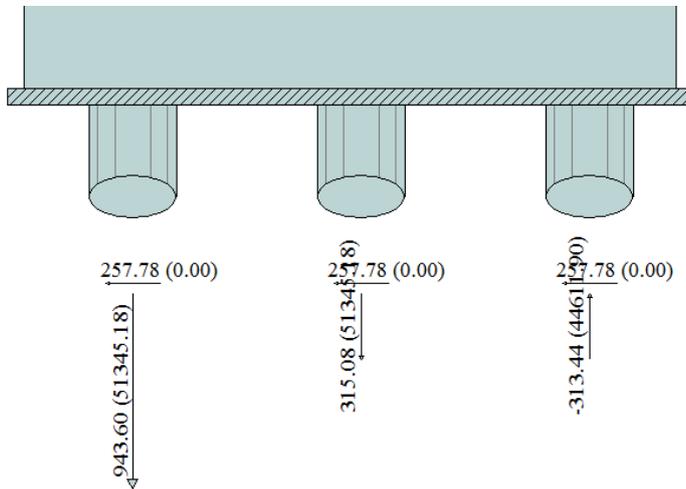
Nota: Ai fini del dimensionamento delle armature è risultata significativa la verifica a carico limite orizzontale riportata nel seguito. Per le verifiche strutturali sarebbe stata sufficiente una armatura inferiore.

VERIFICHE STRUTTURALI PALI

Si riportano i risultati in termini di sollecitazione a metro lineare e verifiche a flessione e taglio. Nota per ottenere le sollecitazioni sul singolo palo bisogna moltiplicare tali azioni per l'interasse longitudinale dei pali che nel caso in esame è di 2,40m.

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	95 di 257



Risultante X = 773.35 [kN]

Risultante Y = 945.23 [kN]

Risultante M = 2545.25 [kNm]

Sollecitazioni massime testa palo (a metro lineare) – SLU

SOLLECITAZIONI MAX PALI SLU				ARMATURA STR		RESISTENZE	
N	V	α	M	Longitudinale	Trasversale (spirale)	Vrd	Mrd
[kN]	[kN]		[kNm]			[kNm]	[kNm]
2230	619	1.8	1114	2x20 ϕ 26	ϕ 14/10	1146	2025

VERIFICHE GEOTECNICHE PALI DI FONDAZIONE

Verifiche capacità portante

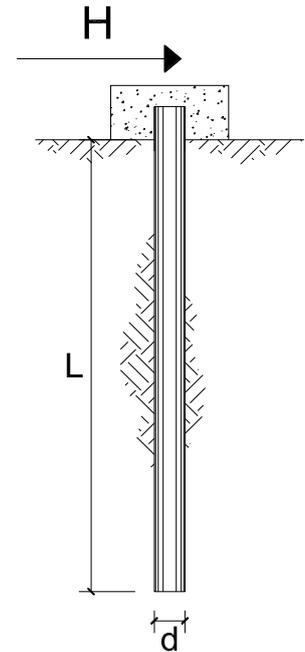
Nel seguito si riportano i risultati riguardanti la valutazione della lunghezza minima dei pali necessaria al soddisfacimento delle verifiche di capacità portante. In particolare da un confronto tra i valori massimi degli sforzi normali massimi attesi e le curve di capacità portante presentate al paragrafo 4.2, con riferimento ai pali di diametro D800 si è ottenuto

$$N_{Ed,Max} = 2265 \text{ kN}; N_{Ed,Min} = -752 \text{ kN}.$$

In definitiva si è assunto $L_{pali} = 23.00\text{m}$.

Verifiche a carico limite orizzontale

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



OPERA:

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_{\phi'}$	γ_T
			γ_G	γ_Q		
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	●	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		○	1.00	1.00	1.00	1.60

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

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

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

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

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	97 di 257

DATI DI INPUT:

Lunghezza reagente del palo	L =	23.00	(m)		
Diametro del palo	d =	0.80	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	My =	2025.00	(kN m)		
Angolo di attrito del terreno	$\varphi'_{med} =$	33.00	(°)	$\varphi'_{min} =$	33.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\varphi'_{med,d} =$	33.00	(°)	$\varphi'_{min,d} =$	33.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ($k_p = (1+\sin\varphi)/(1-\sin\varphi)$)	$k_{p\ med} =$	3.39	(-)	$k_{p\ min} =$	3.39 (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$)	$\gamma =$	10.00	(kN/m ³)		
Carico Orizzontale di progetto (V):	V =	619	(kN)		

Palo corto:

$$H1_{med} = 21533.18 \quad (kN) \qquad H1_{min} = 21533.18 \quad (kN)$$

Palo intermedio:

$$H2_{med} = 7265.77 \quad (kN) \qquad H2_{min} = 7265.77 \quad (kN)$$

Palo lungo:

$$H3_{med} = 1145.66 \quad (kN) \qquad H3_{min} = 1145.66 \quad (kN)$$

$$H_{med} = 1145.66 \quad (kN) \quad \text{palo lungo} \qquad H_{min} = 1145.66 \quad (kN) \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 818.33 \quad (kN)$$

$$H_d = H_k/\gamma_T = 629.48 \quad (kN)$$

$$F_d = 619.00 \quad (kN)$$

$$FS = H_d / F_d = 1.02$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO - TELESE.					
	Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA IF0H	LOTTO 12 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI040 5001	REV. A

11.2 Risultati analisi e verifiche muri di TIPO 5

11.2.1 Modello di calcolo

Le sollecitazioni provenienti dal muro vengono ripartite sui pali restituendo le sollecitazioni nei pali in termini di Taglio, Momento e sforzo normale. Gli scarichi sui pali vengono determinati mediante il metodo delle rigidezze. La piastra di fondazione viene considerata infinitamente rigida (3 gradi di libertà) ed i pali vengono considerati incastrati o incernierati a tale piastra.

Viene effettuata una prima analisi di ogni palo di ciascuna fila (i pali di ogni fila hanno le stesse caratteristiche) per costruire una curva carichi-spostamenti del palo. Questa curva viene costruita considerando il palo elastico. Si tratta, in definitiva, della matrice di rigidezza del palo K_e , costruita imponendo traslazioni e rotazioni unitarie per determinare le corrispondenti sollecitazioni in testa al palo. Nota la matrice di rigidezza di ogni palo si assembla la matrice globale (di dimensioni 3×3) della palificata, K . A questo punto, note le forze agenti in fondazione (N , T , M) si possono ricavare gli spostamenti della piastra (abbassamento, traslazione e rotazione) e le forze che si scaricano su ciascun palo. Infatti indicando con p il vettore dei carichi e con u il vettore degli spostamenti della piastra abbiamo:

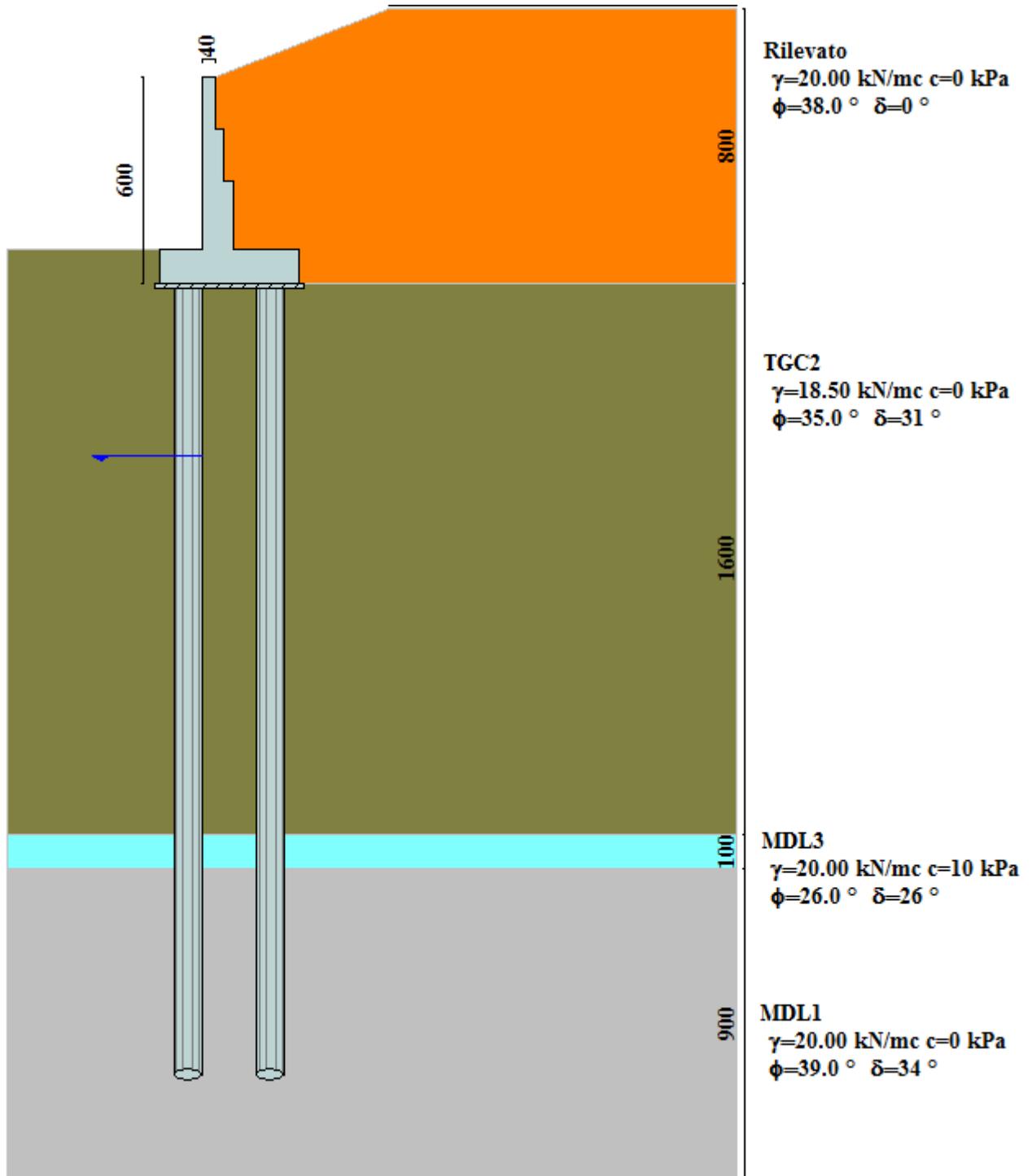
$$u = K^{-1}p$$

Noti gli spostamenti della piastra, e quindi della testa dei pali, abbiamo gli scarichi su ciascun palo. Allora per ciascun palo viene effettuata un'analisi elastoplastica incrementale (tramite il metodo degli elementi finiti) che, tenendo conto della plasticizzazione del terreno, calcola le sollecitazioni in tutte le sezioni del palo., le caratteristiche del terreno (rappresentate da K_h) sono tali che se non è possibile raggiungere l'equilibrio si ha collasso per rottura del terreno. In tale analisi i pali sono considerati incastrati alla fondazione di base. Di seguito si riportano i principali risultati delle analisi svolte sul muro su pali. Per ulteriori dettagli si rimanda ai tabulati in allegato.

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, sulla fondazione e nei pali.

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 - Relazione di calcolo

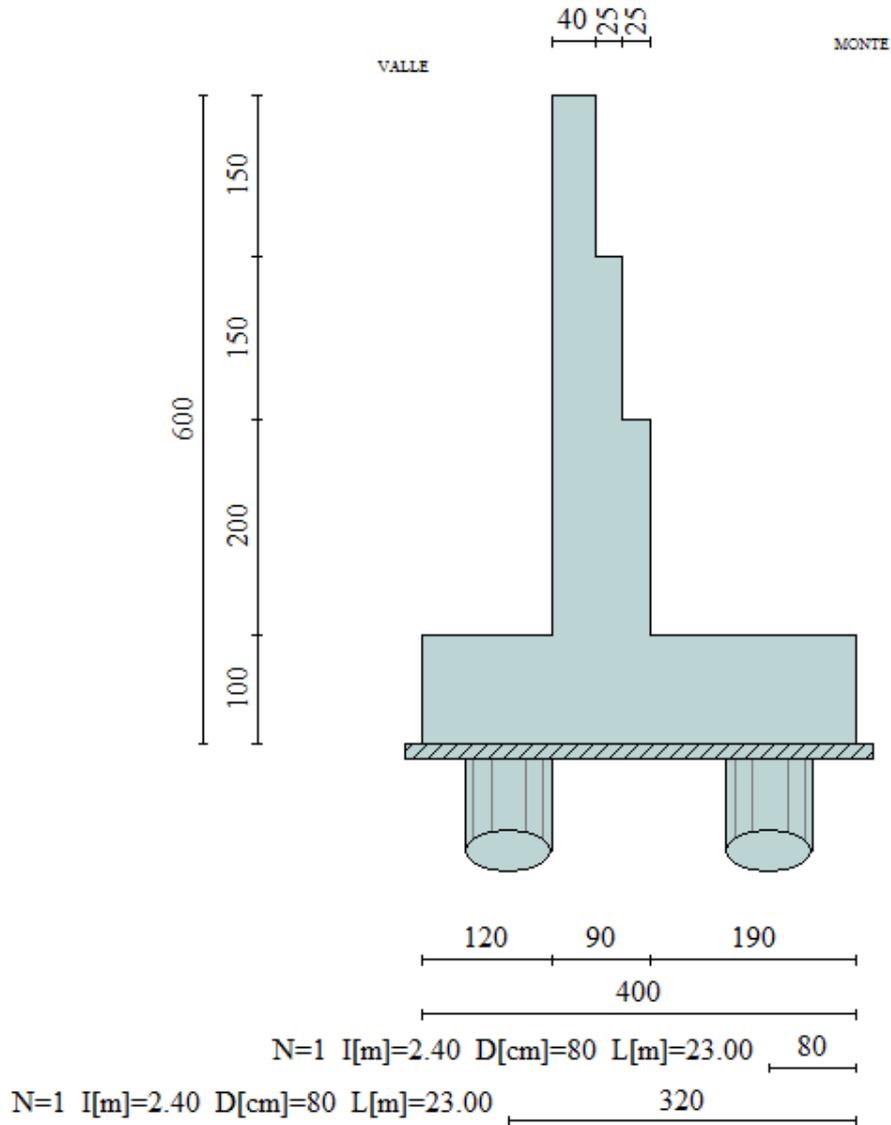
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	99 di 257



Modello di calcolo muro su PALI

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	100 di 257



Geometria muro

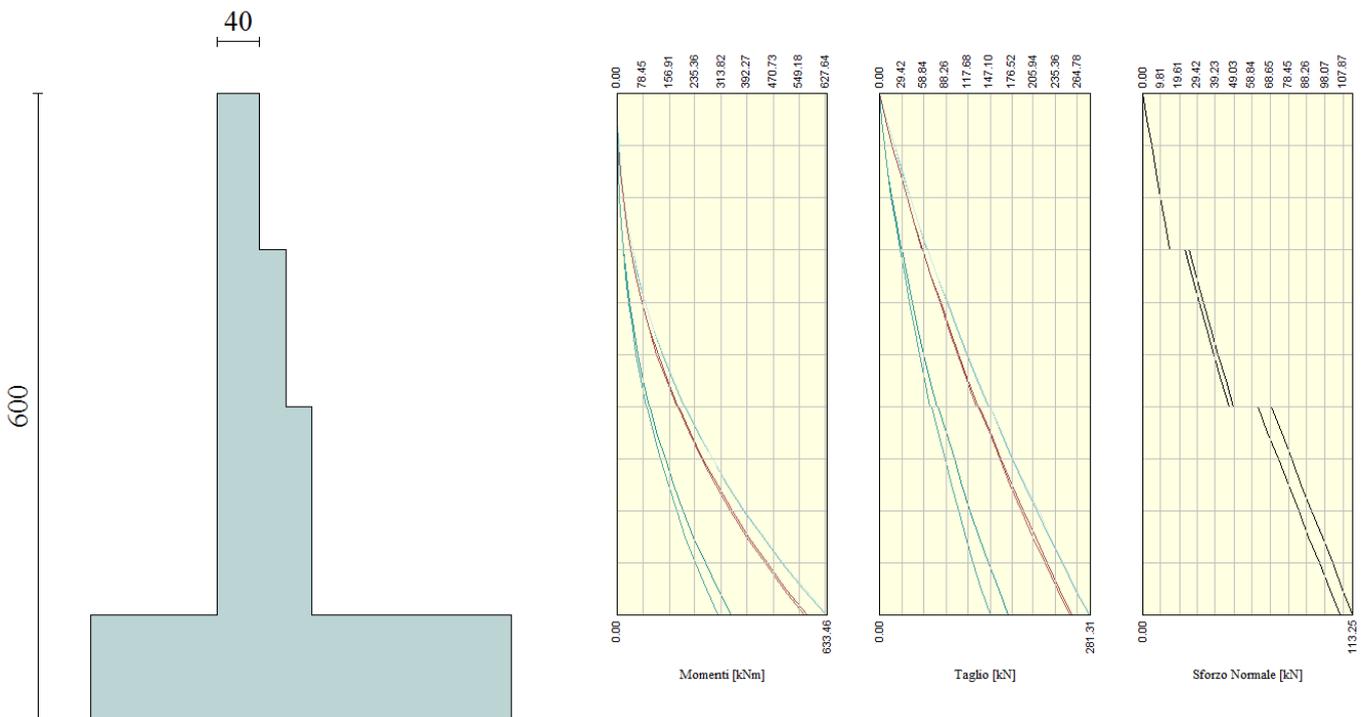
Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	101 di 257

Dettagli coefficienti di sicurezza globali e spinte

Comb.	Tipo comb.	Sisma	FS (ribalt)	FS (scorr)	FS (qult)	FS (stab)	Spinta[kN]	Incr. sism.[kN]
1	A1-M1 - [1]	--	--	--	--	--	300.3652	0.0000
2	STAB - [1]	--	--	--	--	2.90	288.4443	0.0000
3	A1-M1 - [2]	--	--	--	--	--	323.7440	0.0000
4	STAB - [2]	--	--	--	--	2.52	326.9668	0.0000
5	A1-M1 - [3]	--	--	--	--	--	330.8420	0.0000
6	STAB - [3]	--	--	--	--	2.45	337.8310	0.0000
7	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	--	231.0501	116.3260
8	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	--	231.0501	159.6958
9	STAB - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	2.09	288.4443	181.7492
10	STAB - [4]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	2.19	288.4443	127.8073
11	A1-M1 - [5]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	--	234.3433	168.7514
12	A1-M1 - [5]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	--	234.3433	125.2512
13	STAB - [5]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	2.04	295.2244	193.0614
14	STAB - [5]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	2.14	295.2244	135.5279
15	SLEQ - [1]	--	--	--	--	--	231.0501	0.0000
16	SLEF - [1]	--	--	--	--	--	246.8579	0.0000
17	SLER - [1]	--	--	--	--	--	251.6365	0.0000

Azioni risultanti sul muro



Inviluppo sollecitazioni sul muro

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	102 di 257

11.2.2 Verifiche strutturali

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

Elemento	Armatura a flessione		Elemento	Armatura a flessione	
	Lato monte	Lato valle		Lato inferiore	Lato superiore
PARAMENTO	1 ϕ 20/10	1 ϕ 20/20	FONDAZIONE	1 ϕ 20/10	1 ϕ 20/10

Ai fini delle verifiche si è fatto riferimento per la parte in elevazione (paramento e fondazione muro) ad un copriferro di calcolo (asse armature) pari a 4 cm, mentre per i pali si è assunto un copriferro di calcolo pari a 8 cm.

Verifiche strutturali per paramento e fondazione

Si segnala che il programma di calcolo utilizzato non consente di differenziare le classi di resistenza del calcestruzzo tra fondazione e paramento. Pertanto a vantaggio di sicurezza è stata considerata la classe di resistenza di calcestruzzo inferiore, ovvero la classe 28/35 delle fondazioni anche per il paramento in luogo della classe C32/40.

Di seguito si riporta l'involuppo delle sollecitazioni nel paramento e nella fondazione ed i risultati delle verifiche strutturali.

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kNm]

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kN]

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	103 di 257

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.25	2.4517	2.4517	0.4182	1.2078	3.4374	9.7350
3	0.50	4.9034	4.9034	1.7642	4.9035	7.4168	19.8981
4	0.75	7.3551	7.3551	4.1681	11.1888	11.8968	30.4479
5	1.00	9.8068	9.8068	7.7537	20.1590	16.8705	41.3774
6	1.25	12.2585	12.2585	12.6444	31.9091	22.3379	52.6867
7	1.50	14.7102	14.7102	18.9638	46.5341	28.2990	64.3758
8	1.50	22.4411	24.7603	19.7359	47.5680	29.5345	65.3376
9	1.75	26.4251	28.7443	27.9408	65.4634	36.1872	77.8891
10	2.00	30.4091	32.7284	37.8706	86.5442	43.3336	90.8203
11	2.25	34.3931	36.7124	49.6487	110.9052	50.9736	104.1312
12	2.50	38.3771	40.6964	63.3986	138.6414	59.1074	117.8220
13	2.75	42.3611	44.6804	79.2436	169.8478	67.7349	131.8925
14	3.00	46.3452	48.6644	97.3072	204.6193	76.8561	146.3427
15	3.00	62.0766	69.1153	100.2897	208.0275	79.2321	148.1705
16	3.25	67.5930	74.6316	121.3145	246.9766	89.0473	163.4850
17	3.50	73.1093	80.1480	144.8544	289.8015	99.3538	179.1774
18	3.75	78.6256	85.6643	171.0325	336.5969	110.1539	195.2495
19	4.00	84.1419	91.1806	199.9725	387.4579	121.4478	211.7014
20	4.25	89.6583	96.6970	231.7976	442.4793	133.2353	228.5331
21	4.50	95.1746	102.2133	266.6313	501.7561	145.5166	245.7446
22	4.75	100.6909	107.7296	304.5970	565.3833	158.2915	263.3358
23	5.00	106.2072	113.2459	345.8182	633.4557	171.5602	281.3068

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	104 di 257

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.25	2.4517	2.4517	0.4137	0.4137	3.3822	3.3822
3	0.50	4.9034	4.9034	1.7271	1.7271	7.1925	7.1925
4	0.75	7.3551	7.3551	4.0419	4.0419	11.3895	11.3895
5	1.00	9.8068	9.8068	7.4535	7.4535	15.9663	15.9663
6	1.25	12.2585	12.2585	12.0567	12.0567	20.9228	20.9228
7	1.50	14.7102	14.7102	17.9465	17.9465	26.2591	26.2591
8	1.50	22.4411	22.4411	18.9804	18.9804	27.2209	27.2209
9	1.75	26.4251	26.4251	26.5113	26.5113	33.0892	33.0892
10	2.00	30.4091	30.4091	35.5567	35.5567	39.3373	39.3373
11	2.25	34.3931	34.3931	46.2116	46.2116	45.9651	45.9651
12	2.50	38.3771	38.3771	58.5709	58.5709	52.9727	52.9727
13	2.75	42.3611	42.3611	72.7296	72.7296	60.3600	60.3600
14	3.00	46.3452	46.3452	88.7825	88.7825	68.1272	68.1272
15	3.00	62.0766	62.0766	92.1907	92.1907	69.9549	69.9549
16	3.25	67.5930	67.5930	110.7092	110.7092	78.2559	78.2559
17	3.50	73.1093	73.1093	131.3502	131.3502	86.9348	86.9348
18	3.75	78.6256	78.6256	154.2083	154.2083	95.9934	95.9934
19	4.00	84.1419	84.1419	179.3785	179.3785	105.4318	105.4318
20	4.25	89.6583	89.6583	206.9558	206.9558	115.2500	115.2500
21	4.50	95.1746	95.1746	237.0352	237.0352	125.4480	125.4480
22	4.75	100.6909	100.6909	269.7115	269.7115	136.0257	136.0257
23	5.00	106.2072	106.2072	305.0797	305.0797	146.9832	146.9832

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	105 di 257

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ _c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ _c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ _{fs}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]
σ _{fi}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V _{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V _{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
V _{Rd}	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 40	15.71	15.71	0.00	0.00	1000.00	174.83	--	--
2	0.25	100, 40	15.71	15.71	588.32	-289.83	239.96	175.15	--	--
3	0.50	100, 40	15.71	15.71	237.01	-237.02	48.34	175.47	--	--
4	0.75	100, 40	15.71	15.71	146.90	-223.47	19.97	175.79	--	--
5	1.00	100, 40	15.71	15.71	105.70	-217.27	10.78	176.12	--	--
6	1.25	100, 40	15.71	15.71	82.11	-213.73	6.70	176.44	--	--
7	1.50	100, 40	15.71	15.71	66.84	-211.43	4.54	176.76	--	--
8	1.50	100, 65	31.42	15.71	368.92	-782.00	16.44	286.85	--	--
9	1.75	100, 65	31.42	15.71	309.80	-767.47	11.72	287.40	--	--
10	2.00	100, 65	31.42	15.71	265.87	-756.67	8.74	287.95	--	--
11	2.25	100, 65	31.42	15.71	232.08	-748.37	6.75	288.51	--	--
12	2.50	100, 65	31.42	15.71	205.34	-741.80	5.35	289.06	--	--
13	2.75	100, 65	31.42	15.71	183.68	-736.48	4.34	289.61	--	--
14	3.00	100, 65	31.42	15.71	165.81	-732.09	3.58	290.16	--	--
15	3.00	100, 90	31.42	15.71	332.11	-1112.95	5.35	346.38	--	--

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	106 di 257

16	3.25	100, 90	31.42	15.71	301.61	-1102.05	4.46	347.16	--	--
17	3.50	100, 90	31.42	15.71	275.68	-1092.78	3.77	347.94	--	--
18	3.75	100, 90	31.42	15.71	253.40	-1084.82	3.22	348.72	--	--
19	4.00	100, 90	31.42	15.71	234.08	-1077.91	2.78	349.51	--	--
20	4.25	100, 90	31.42	15.71	217.19	-1071.88	2.42	350.29	--	--
21	4.50	100, 90	31.42	15.71	202.31	-1066.56	2.13	351.07	--	--
22	4.75	100, 90	31.42	15.71	189.11	-1061.84	1.88	351.85	--	--
23	5.00	100, 90	31.42	15.71	177.33	-1057.63	1.67	352.63	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fs}	σ _{fi}
1	0.00	100, 40	15.71	15.71	0	0	0	0
2	0.25	100, 40	15.71	15.71	22	11	207	-254
3	0.50	100, 40	15.71	15.71	94	24	2067	-918
4	0.75	100, 40	15.71	15.71	220	38	5988	-1971
5	1.00	100, 40	15.71	15.71	403	54	12137	-3449
6	1.25	100, 40	15.71	15.71	649	70	20705	-5386
7	1.50	100, 40	15.71	15.71	963	88	31882	-7821
8	1.50	100, 65	31.42	15.71	350	53	8101	-4144
9	1.75	100, 65	31.42	15.71	485	65	11956	-5675
10	2.00	100, 65	31.42	15.71	646	77	16702	-7488
11	2.25	100, 65	31.42	15.71	834	90	22396	-9601
12	2.50	100, 65	31.42	15.71	1051	104	29093	-12032
13	2.75	100, 65	31.42	15.71	1300	118	36848	-14798
14	3.00	100, 65	31.42	15.71	1580	134	45719	-17916
15	3.00	100, 90	31.42	15.71	961	97	29151	-11847
16	3.25	100, 90	31.42	15.71	1149	108	35928	-14107
17	3.50	100, 90	31.42	15.71	1358	120	43573	-16612
18	3.75	100, 90	31.42	15.71	1589	133	52126	-19370
19	4.00	100, 90	31.42	15.71	1843	146	61624	-22394
20	4.25	100, 90	31.42	15.71	2120	160	72106	-25693
21	4.50	100, 90	31.42	15.71	2422	174	83612	-29279
22	4.75	100, 90	31.42	15.71	2750	188	96179	-33163
23	5.00	100, 90	31.42	15.71	3104	203	109848	-37355

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	107 di 257

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kPa]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V_{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V_{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
V_{Rd}	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	2454.11	356.09	--	--
2	0.13	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	116.69	356.09	--	--
3	0.27	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	61.29	356.09	--	--
4	0.40	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	34.78	356.09	--	--
5	0.53	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	23.00	356.09	--	--
6	0.67	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	15.90	356.09	--	--
7	0.80	100, 100	31.42	31.42	0.00	1117.30	11.91	356.09	--	--
8	0.93	100, 100	31.42	31.42	0.00	1117.30	8.60	356.09	--	--
9	1.07	100, 100	31.42	31.42	0.00	1117.30	4.23	356.09	--	--
10	1.20	100, 100	31.42	31.42	0.00	1117.30	2.34	356.09	--	--

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	108 di 257

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
11	0.00	100, 100	31.42	31.42	2	11	50	81
12	0.13	100, 100	31.42	31.42	38	18	1808	708
13	0.27	100, 100	31.42	31.42	70	32	3361	1745
14	0.40	100, 100	31.42	31.42	136	54	5630	6504
15	0.53	100, 100	31.42	31.42	183	74	8757	8753
16	0.67	100, 100	31.42	31.42	264	162	12599	4799
17	0.80	100, 100	31.42	31.42	350	246	16717	-4089
18	0.93	100, 100	31.42	31.42	485	327	23183	-5671
19	1.07	100, 100	31.42	31.42	1014	423	48475	-11858
20	1.20	100, 100	31.42	31.42	1858	574	88800	-21723

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 100	31.42	31.42	0.00	1117.30	1000.00	356.09	--	--
2	0.13	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	319.29	356.09	--	--
3	0.27	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	117.17	356.09	--	--
4	0.40	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	50.17	356.09	--	--
5	0.53	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	27.13	356.09	--	--
6	0.67	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	16.77	356.09	--	--
7	0.80	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	11.30	356.09	--	--
8	0.93	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	8.11	356.09	--	--
9	1.07	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	6.10	356.09	--	--
10	1.20	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	4.78	356.09	--	--
11	1.34	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	3.79	356.09	--	--

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	109 di 257

12	1.48	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	3.00	356.09	--	--
13	1.62	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	2.46	356.09	--	--
14	1.76	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	2.06	356.09	--	--
15	1.90	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	1.74	356.09	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fl}	σ_c	τ_c	σ_{fl}	σ_{fs}
16	0.00	100, 100	31.42	31.42	2	0	77	-19
17	0.13	100, 100	31.42	31.42	9	0	-102	415
18	0.27	100, 100	31.42	31.42	37	0	-438	1792
19	0.40	100, 100	31.42	31.42	88	0	-1025	4191
20	0.53	100, 100	31.42	31.42	156	0	-1827	7467
21	0.67	100, 100	31.42	31.42	239	0	-2794	11421
22	0.80	100, 100	31.42	31.42	338	0	-3958	16181
23	0.93	100, 100	31.42	31.42	457	0	-5341	21834
24	1.07	100, 100	31.42	31.42	592	0	-6919	28282
25	1.20	100, 100	31.42	31.42	743	0	-8685	35504
26	1.34	100, 100	31.42	31.42	921	0	-10770	44026
27	1.48	100, 100	31.42	31.42	1121	0	-13109	53587
28	1.62	100, 100	31.42	31.42	1340	0	-15675	64076
29	1.76	100, 100	31.42	31.42	1579	0	-18469	75498
30	1.90	100, 100	31.42	31.42	1838	0	-21498	87880

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	110 di 257

Verifica fessurazione paramento

Si riportano i risultati ottenuti per la combinazione Rara

Combinazione n° 17

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
M_{pf}	Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
M	Momento agente nella sezione espressa in [kNm]
ϵ_m	deformazione media espressa in [%]
s_m	Distanza media tra le fessure espressa in [mm]
w	Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ϵ_m	s_m	w
1	0.00	15.71	15.71	-47.52	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	0.25	15.71	15.71	-47.52	-0.41	0.0000	0.00	0.000
3	0.50	15.71	15.71	-47.52	-1.73	0.0000	0.00	0.000
4	0.75	15.71	15.71	-47.52	-4.04	0.0000	0.00	0.000
5	1.00	15.71	15.71	-47.52	-7.45	0.0000	0.00	0.000
6	1.25	15.71	15.71	-47.52	-12.06	0.0000	0.00	0.000
7	1.50	15.71	15.71	-47.52	-17.95	0.0000	0.00	0.000
8	1.50	31.42	15.71	-131.57	-18.98	0.0000	0.00	0.000
9	1.75	31.42	15.71	-131.57	-26.51	0.0000	0.00	0.000
10	2.00	31.42	15.71	-131.57	-35.56	0.0000	0.00	0.000
11	2.25	31.42	15.71	-131.57	-46.21	0.0000	0.00	0.000
12	2.50	31.42	15.71	-131.57	-58.57	0.0000	0.00	0.000
13	2.75	31.42	15.71	-131.57	-72.73	0.0000	0.00	0.000
14	3.00	31.42	15.71	-131.57	-88.78	0.0000	0.00	0.000
15	3.00	31.42	15.71	-243.41	-92.19	0.0000	0.00	0.000
16	3.25	31.42	15.71	-243.41	-110.71	0.0000	0.00	0.000
17	3.50	31.42	15.71	-243.41	-131.35	0.0000	0.00	0.000
18	3.75	31.42	15.71	-243.41	-154.21	0.0000	0.00	0.000
19	4.00	31.42	15.71	-243.41	-179.38	0.0000	0.00	0.000

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	111 di 257

20	4.25	31.42	15.71	-243.41	-206.96	0.0000	0.00	0.000
21	4.50	31.42	15.71	-243.41	-237.04	0.0000	0.00	0.000
22	4.75	31.42	15.71	-243.41	-269.71	0.0280	135.34	0.064
23	5.00	31.42	15.71	-243.41	-305.08	0.0325	135.34	0.075

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A _{is}	A _{ri}	M _{pr}	M	ε _m	s _m	w
1	-1.60	31.42	31.42	-301.05	-0.22	0.0000	0.00	0.000
2	-1.47	31.42	31.42	301.05	5.00	0.0000	0.00	0.000
3	-1.33	31.42	31.42	301.05	9.30	0.0000	0.00	0.000
4	-1.20	31.42	31.42	-301.05	-17.99	0.0000	0.00	0.000
5	-1.07	31.42	31.42	301.05	24.23	0.0000	0.00	0.000
6	-0.93	31.42	31.42	301.05	34.86	0.0000	0.00	0.000
7	-0.80	31.42	31.42	301.05	46.25	0.0000	0.00	0.000
8	-0.67	31.42	31.42	301.05	64.14	0.0000	0.00	0.000
9	-0.53	31.42	31.42	301.05	134.11	0.0000	0.00	0.000
10	-0.40	31.42	31.42	301.05	245.67	0.0000	0.00	0.000
11	0.50	31.42	31.42	-301.05	-243.13	0.0000	0.00	0.000
12	0.64	31.42	31.42	-301.05	-208.87	0.0000	0.00	0.000
13	0.78	31.42	31.42	-301.05	-177.27	0.0000	0.00	0.000
14	0.92	31.42	31.42	-301.05	-148.25	0.0000	0.00	0.000
15	1.06	31.42	31.42	-301.05	-121.80	0.0000	0.00	0.000
16	1.20	31.42	31.42	-301.05	-98.23	0.0000	0.00	0.000
17	1.33	31.42	31.42	-301.05	-78.25	0.0000	0.00	0.000
18	1.47	31.42	31.42	-301.05	-60.41	0.0000	0.00	0.000
19	1.60	31.42	31.42	-301.05	-44.77	0.0000	0.00	0.000
20	1.73	31.42	31.42	-301.05	-31.38	0.0000	0.00	0.000
21	1.87	31.42	31.42	-301.05	-20.24	0.0000	0.00	0.000
22	2.00	31.42	31.42	-301.05	-11.32	0.0000	0.00	0.000
23	2.13	31.42	31.42	-301.05	-4.90	0.0000	0.00	0.000
24	2.27	31.42	31.42	-301.05	-1.10	0.0000	0.00	0.000
25	2.40	31.42	31.42	301.05	0.21	0.0000	0.00	0.000

VERIFICHE A TAGLIO

I risultati ottenuti dalle verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate per la struttura in esame sono riepilogati nella seguente tabella.

Verifica a taglio (per metro lineare di sviluppo longitudinale)						
Sezione	V_{Ed}	b	h	V_{Rd}	ESITO	Armatura a taglio
[-]	[kN]	[cm]	[cm]	[kN]	[-]	[-]
Paramento	285	100	90	352	verificato	-
Fondazione	630	100	100	1195	verificato	Spilli $\Phi 12/20 \times 40$

11.2.3 VERIFICHE PALI DI FONDAZIONE

Per i pali di fondazione si prevedono le seguenti armature:

- Gabbia superiore $2 \times 20 \phi 24$ e staffa a spirale $\phi 14/10$

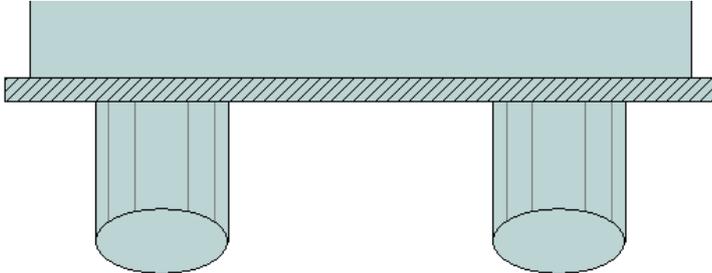
Nota: Ai fini del dimensionamento delle armature è risultata significativa la verifica a carico limite orizzontale riportata nel seguito. Per le verifiche strutturali sarebbe stata sufficiente una armatura inferiore.

VERIFICHE STRUTTURALI PALI

Si riportano i risultati in termini di sollecitazione a metro lineare e verifiche a flessione e taglio. Nota per ottenere le sollecitazioni sul singolo palo bisogna moltiplicare tali azioni per l'interasse longitudinale dei pali che nel caso in esame è di 2,40m.

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

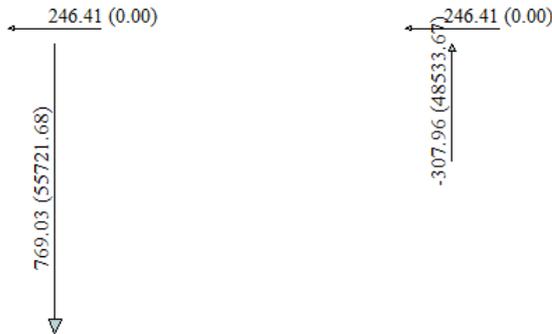
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	113 di 257



Risultante X = 492.83 [kN]

Risultante Y = 461.07 [kN]

Risultante M = 1292.39 [kNm]



Sollecitazioni massime testa palo (a metro lineare) – SLU

SOLLECITAZIONI MAX PALI SLU				ARMATURA STR		RESISTENZE	
N	V	α	M	Longitudinale	Trasversale (spirale)	Vrd	Mrd
[kN]	[kN]		[kNm]			[kNm]	[kNm]
1845.7	591.9	1.8	1065.5	2x20 ϕ 24	ϕ 14/10	1146	2025

VERIFICHE GEOTECNICHE PALI DI FONDAZIONE

Verifiche capacità portante

Nel seguito si riportano i risultati riguardanti la valutazione della lunghezza minima dei pali necessaria al soddisfacimento delle verifiche di capacità portante. In particolare da un confronto tra i valori massimi degli sforzi normali massimi attesi e le curve di capacità portante presentate al paragrafo 4.2, con riferimento ai pali di diametro D800 si è ottenuto

$$N_{Ed,Max} = 1845.7 \text{ kN}; N_{Ed,Min} = -739 \text{ kN}.$$

In definitiva si è assunto $L_{pali} = 23.00\text{m}$.

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	114 di 257

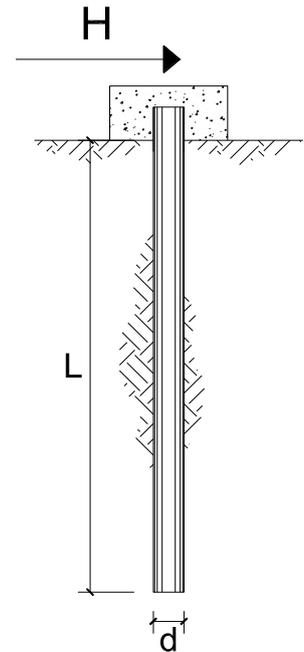
Verifiche a carico limite orizzontale

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

OPERA:

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)



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

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

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

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

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

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	115 di 257

DATI DI INPUT:

Lunghezza reagente del palo	L =	23.00	(m)		
Diametro del palo	d =	0.80	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	My =	2025.00	(kN m)		
Angolo di attrito del terreno	$\varphi'_{med} =$	33.00	(°)	$\varphi'_{min} =$	33.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\varphi'_{med,d} =$	33.00	(°)	$\varphi'_{min,d} =$	33.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ($k_p = (1+\sin\varphi)/(1-\sin\varphi)$)	$k_{p\ med} =$	3.39	(-)	$k_{p\ min} =$	3.39 (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$)	$\gamma =$	10.00	(kN/m ³)		
Carico Orizzontale di progetto (V):	V =	595	(kN)		

Palo corto:

$$H1_{med} = 21533.18 \quad (kN) \qquad H1_{min} = 21533.18 \quad (kN)$$

Palo intermedio:

$$H2_{med} = 7265.77 \quad (kN) \qquad H2_{min} = 7265.77 \quad (kN)$$

Palo lungo:

$$H3_{med} = 1145.66 \quad (kN) \qquad H3_{min} = 1145.66 \quad (kN)$$

$$H_{med} = 1145.66 \quad (kN) \quad \text{palo lungo} \qquad H_{min} = 1145.66 \quad (kN) \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 818.33 \quad (kN)$$

$$H_d = H_k/\gamma_T = 629.48 \quad (kN)$$

$$F_d = 595.00 \quad (kN)$$

$$FS = H_d / F_d = 1.06$$

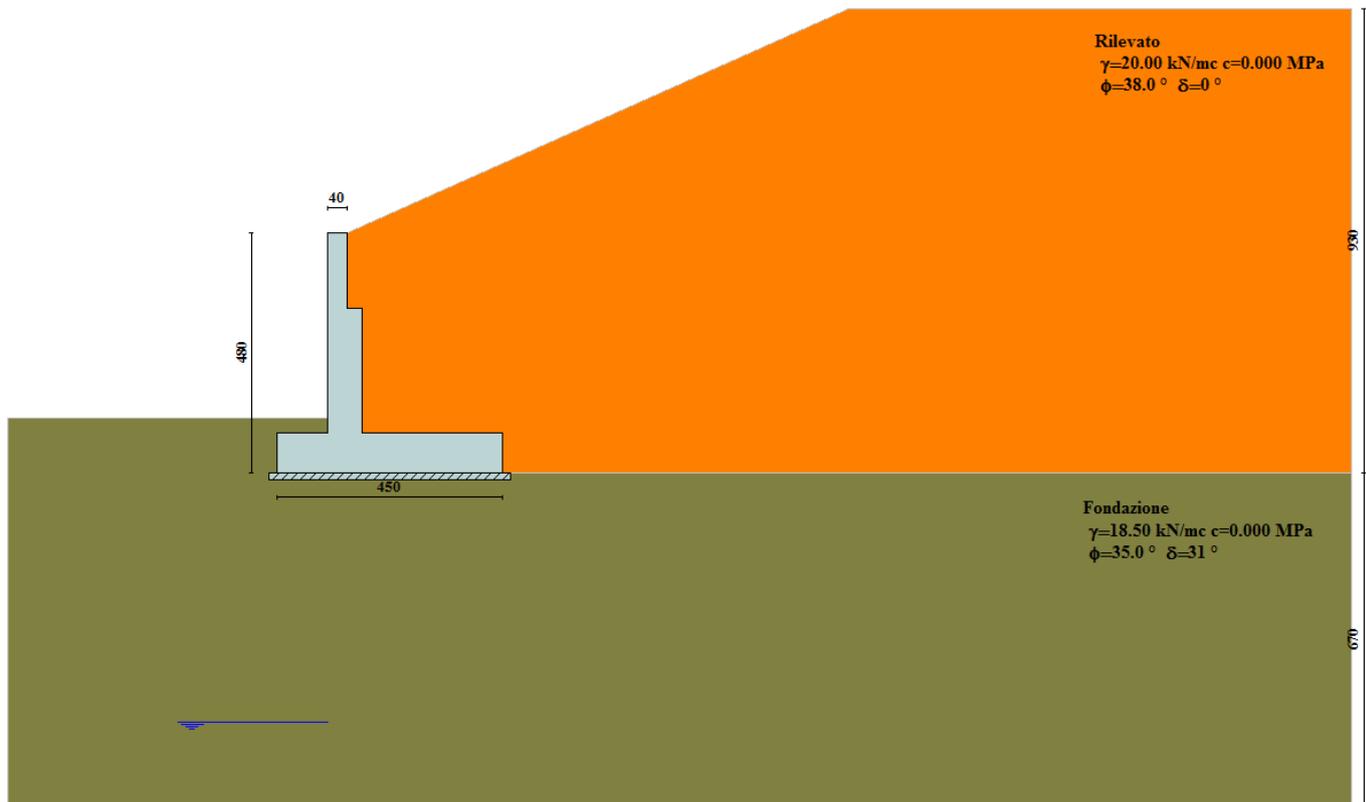
Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	116 di 257

11.3 Risultati analisi e verifiche muri di TIPO 4

11.3.1 Modello di calcolo

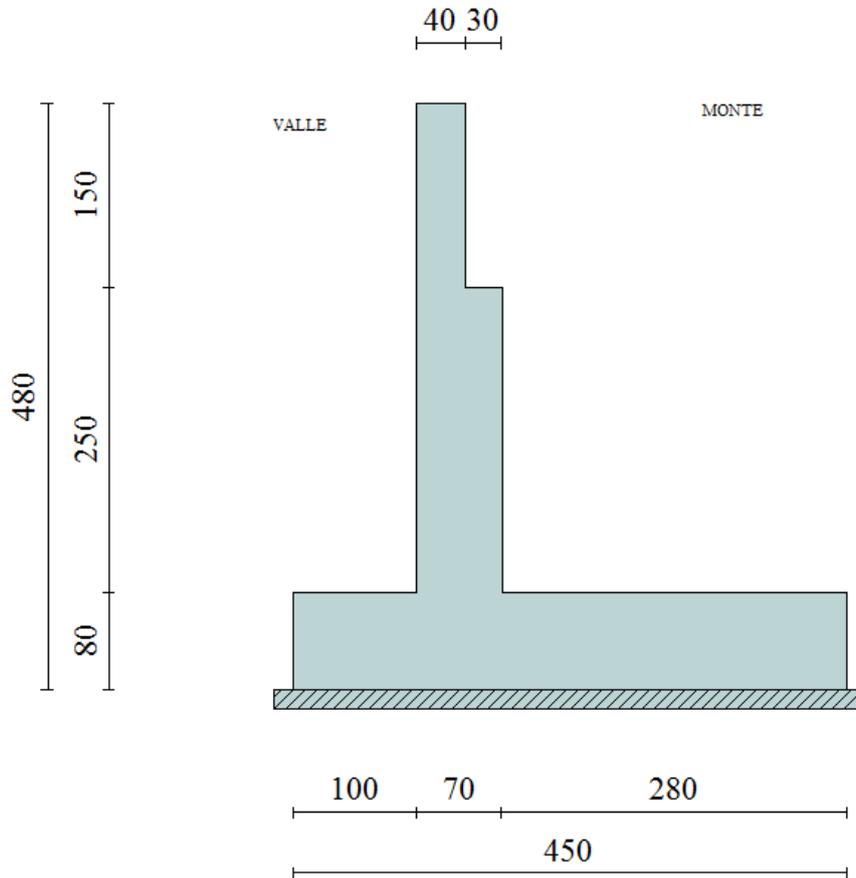
Si riportano di seguito in forma tabellare i valori delle spinte di natura statica e sismica per le combinazioni analizzate, gli involuipi delle sollecitazioni nel muro e sulla fondazione:



Modello di calcolo muro

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	117 di 257



Geometria muro

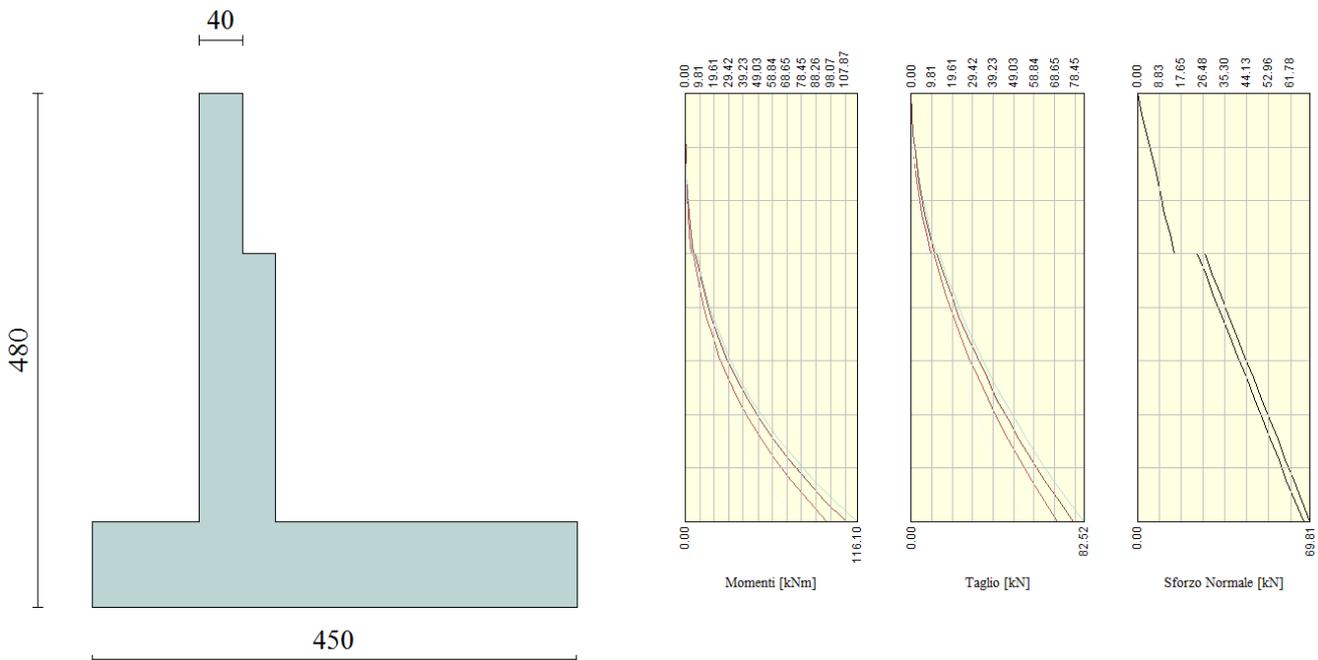
Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	118 di 257

Dettagli coefficienti di sicurezza globali e spinte

Comb.	Tipo comb.	Sisma	FS (ribalt)	FS (scorr)	FS (quilt)	FS (stab)	Spinta[kN]	Incr. sism.[kN]
1	A1-M1 - [1]	--	--	1.61	6.67	--	157.6377	0.0000
2	EQU - [1]	--	2.65	--	--	--	187.3276	0.0000
3	STAB - [1]	--	--	--	--	1.64	170.2978	0.0000
4	A1-M1 - [2]	--	--	1.61	6.67	--	157.6377	0.0000
5	EQU - [2]	--	2.63	--	--	--	194.0088	0.0000
6	STAB - [2]	--	--	--	--	1.64	175.7231	0.0000
7	A1-M1 - [3]	--	--	1.61	6.67	--	157.6377	0.0000
8	EQU - [3]	--	2.61	--	--	--	197.7741	0.0000
9	STAB - [3]	--	--	--	--	1.64	178.8671	0.0000
10	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV negativo	--	1.16	3.47	--	121.2598	40.5760
11	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	1.22	3.53	--	121.2598	52.5994
12	EQU - [4]	SismaH + SismaV negativo	1.78	--	--	--	170.2978	53.1004
13	EQU - [4]	SismaH + SismaV positivo	1.96	--	--	--	170.2978	70.5878
14	STAB - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	1.37	170.2978	70.5878
15	STAB - [4]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	1.35	170.2978	53.1004
16	A1-M1 - [5]	SismaH + SismaV positivo	--	1.22	3.53	--	121.2598	52.5994
17	A1-M1 - [5]	SismaH + SismaV negativo	--	1.15	3.46	--	121.2598	40.9134
18	EQU - [5]	SismaH + SismaV negativo	1.76	--	--	--	170.2978	57.5046
19	EQU - [5]	SismaH + SismaV positivo	1.93	--	--	--	170.2978	74.8515
20	STAB - [5]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	1.37	170.2978	74.8515
21	STAB - [5]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	1.35	170.2978	57.5046
22	SLEQ - [1]	--	--	2.09	9.84	--	121.2598	0.0000
23	SLEF - [1]	--	--	2.09	9.84	--	121.2598	0.0000
24	SLER - [1]	--	--	2.09	9.84	--	121.2598	0.0000

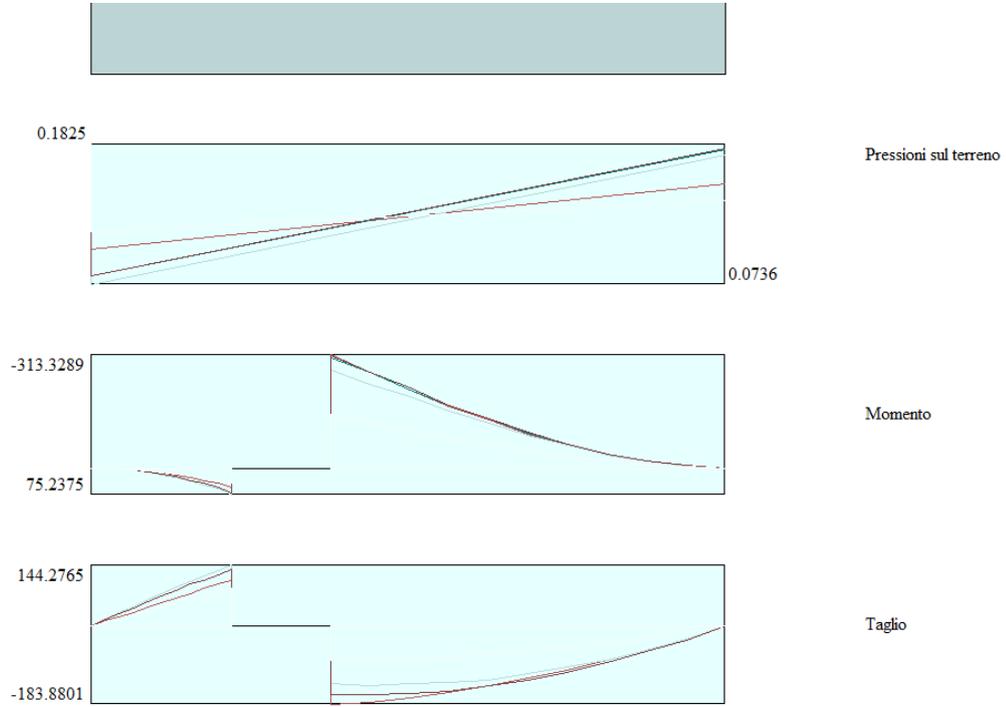
Azioni risultanti sul muro



Involuppo sollecitazioni sul muro

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	119 di 257



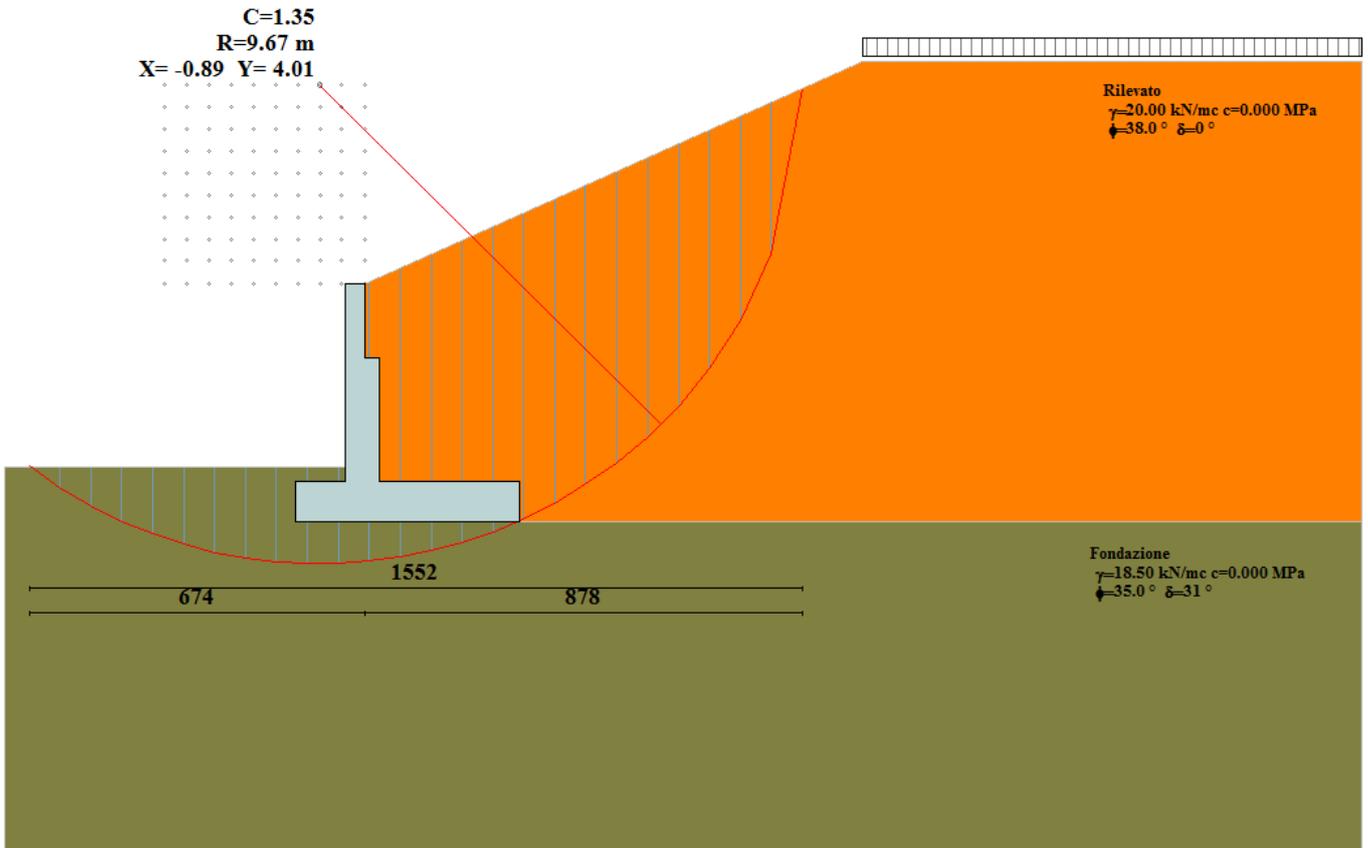
Inviluppo sollecitazioni in fondazione

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	120 di 257

11.3.2 Risultati Analisi Di Stabilita' Globale

L'analisi di stabilità globale condotta secondo il metodo di Bishop semplificato ha portato alla seguente superficie di scorrimento:



Combinazione n° 15

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

- W peso della striscia espresso in [kN]
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
- ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]
- b larghezza della striscia espressa in [m]
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	121 di 257

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.89 Y[m]= 4.01

Raggio del cerchio R[m]= 9.67

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -6.74

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 8.78

Larghezza della striscia dx[m]= 0.62

Coefficiente di sicurezza C= 1.35

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	ϕ	c	u
1	19.0678	79.50	18.7486	0.0334	32.01	0.000	0.000
2	44.6677	65.00	40.4831	0.0144	32.01	0.000	0.000
3	55.4559	57.24	46.6372	0.0113	32.01	0.000	0.000
4	62.7234	50.92	48.6923	0.0097	32.01	0.000	0.000
5	67.9059	45.38	48.3380	0.0087	32.01	0.000	0.000
6	71.6159	40.35	46.3689	0.0080	32.01	0.000	0.000
7	74.1858	35.67	43.2612	0.0075	32.01	0.000	0.000
8	75.8201	31.26	39.3397	0.0071	32.01	0.000	0.000
9	76.6545	27.04	34.8459	0.0068	32.01	0.000	0.000
10	78.6172	22.97	30.6862	0.0066	29.70	0.000	0.000
11	78.2524	19.03	25.5160	0.0064	29.26	0.000	0.000
12	77.0007	15.18	20.1610	0.0063	29.26	0.000	0.000
13	75.2335	11.40	14.8653	0.0062	29.26	0.000	0.000
14	75.4812	7.66	10.0655	0.0061	29.26	0.000	0.000
15	70.4020	3.96	4.8659	0.0061	29.26	0.000	0.000
16	26.0728	0.28	0.1273	0.0061	29.26	0.000	0.000
17	24.3233	-3.40	-1.4437	0.0061	29.26	0.000	0.000

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA IF0H	LOTTO 12 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI040 5001	REV. A	FOGLIO 122 di 257
---	------------------	------------------	----------------	-------------------------	-----------	----------------------

18	22.6518	-7.10	-2.7995	0.0061	29.26	0.000	0.000
19	21.5256	-10.83	-4.0431	0.0062	29.26	0.000	0.000
20	19.9146	-14.60	-5.0198	0.0063	29.26	0.000	0.000
21	17.7964	-18.44	-5.6292	0.0064	29.26	0.000	0.000
22	15.1396	-22.37	-5.7615	0.0066	29.26	0.000	0.000
23	11.7579	-26.41	-5.2301	0.0068	32.00	0.000	0.000
24	7.5624	-30.60	-3.8499	0.0071	32.01	0.000	0.000
25	2.5836	-34.99	-1.4814	0.0074	32.01	0.000	0.000

$$\Sigma W_i = 1172.4120 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 437.7438 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 694.5158 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 7.69$$

11.3.3 Verifiche strutturali

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

Armatura a flessione			Armatura a flessione		
Elemento	Lato monte	Lato valle	Elemento	Lato inferiore	Lato superiore
PARAMENTO	1 ϕ 18/20	1 ϕ 16/20	FONDAZIONE	1 ϕ 18/20	1 ϕ 18/20

Ai fini delle verifiche si è fatto riferimento per la parte in elevazione (paramento e fondazione muro) ad un copriferro di calcolo (asse armature) pari a 4 cm.

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	123 di 257

Verifiche strutturali per paramento e fondazione

Si segnala che il programma di calcolo utilizzato non consente di differenziare le classi di resistenza del calcestruzzo tra fondazione e paramento. Pertanto a vantaggio di sicurezza è stata considerata la classe di resistenza di calcestruzzo inferiore, ovvero la classe 28/35 delle fondazioni anche per il paramento in luogo della classe C32/40.

Di seguito si riporta l'inviluppo delle sollecitazioni nel paramento e nella fondazione ed i risultati delle verifiche strutturali.

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kNm]

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.19	1.8388	1.8388	0.0088	0.0342	0.1409	0.4167
3	0.38	3.6776	3.6776	0.0707	0.1758	0.5680	1.1460
4	0.56	5.5163	5.5163	0.2399	0.4837	1.2844	2.1901
5	0.75	7.3551	7.3551	0.5705	1.0168	2.2901	3.5490
6	0.94	9.1939	9.1939	1.1167	1.8342	3.5851	5.2227
7	1.13	11.0327	11.0327	1.9330	2.9950	5.1695	7.2112
8	1.31	12.8714	12.8714	3.0734	4.5581	7.0432	9.5145
9	1.50	14.7102	14.7102	4.5922	6.5825	9.2062	12.1320
10	1.50	24.0890	26.9027	5.5789	7.8507	10.8683	13.4105
11	1.69	27.3894	30.2031	7.9266	10.7442	13.5995	16.7379
12	1.88	30.6898	33.5034	10.8291	14.3097	16.6368	20.3982
13	2.08	33.9901	36.8038	14.3449	18.6109	19.9784	24.3897
14	2.27	37.2905	40.1042	18.5326	23.7115	23.6244	28.7123
15	2.46	40.5909	43.4045	23.4507	29.6753	27.5748	33.3661
16	2.65	43.8912	46.7049	29.1578	36.5659	31.8295	38.3510

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	124 di 257

17	2.85	47.1916	50.0053	35.7123	44.4469	36.3885	43.6671
18	3.04	50.4920	53.3056	43.1729	53.3821	41.2519	49.3143
19	3.23	53.7923	56.6060	51.5980	63.4352	46.4197	55.2926
20	3.42	57.0927	59.9064	61.0461	74.6698	51.8918	61.6021
21	3.62	60.3931	63.2067	71.5759	87.1495	57.6683	68.2427
22	3.81	63.6934	66.5071	83.2458	100.9382	63.7492	75.2145
23	4.00	66.9938	69.8075	96.1143	116.0994	70.1344	82.5174

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.19	1.8388	1.8388	0.0068	0.0068	0.1084	0.1084
3	0.38	3.6776	3.6776	0.0544	0.0544	0.4369	0.4369
4	0.56	5.5163	5.5163	0.1845	0.1845	0.9880	0.9880
5	0.75	7.3551	7.3551	0.4388	0.4388	1.7616	1.7616
6	0.94	9.1939	9.1939	0.8590	0.8590	2.7578	2.7578
7	1.13	11.0327	11.0327	1.4869	1.4869	3.9765	3.9765
8	1.31	12.8714	12.8714	2.3641	2.3641	5.4178	5.4178
9	1.50	14.7102	14.7102	3.5325	3.5325	7.0817	7.0817
10	1.50	24.0890	24.0890	4.8007	4.8007	8.3602	8.3602
11	1.69	27.3894	27.3894	6.6066	6.6066	10.4612	10.4612
12	1.88	30.6898	30.6898	8.8393	8.8393	12.7975	12.7975
13	2.08	33.9901	33.9901	11.5437	11.5437	15.3680	15.3680
14	2.27	37.2905	37.2905	14.7651	14.7651	18.1726	18.1726
15	2.46	40.5909	40.5909	18.5482	18.5482	21.2114	21.2114
16	2.65	43.8912	43.8912	22.9383	22.9383	24.4842	24.4842
17	2.85	47.1916	47.1916	27.9802	27.9802	27.9912	27.9912
18	3.04	50.4920	50.4920	33.7191	33.7191	31.7323	31.7323
19	3.23	53.7923	53.7923	40.2000	40.2000	35.7075	35.7075
20	3.42	57.0927	57.0927	47.4678	47.4678	39.9168	39.9168
21	3.62	60.3931	60.3931	55.5676	55.5676	44.3603	44.3603
22	3.81	63.6934	63.6934	64.5444	64.5444	49.0378	49.0378
23	4.00	66.9938	66.9938	74.4433	74.4433	53.9495	53.9495

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	125 di 257

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di valle

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.10	0.5795	0.8082	11.5596	16.1012
3	0.20	2.3056	3.2079	22.9307	31.8306
4	0.30	5.1594	7.1619	34.1134	47.1880
5	0.40	9.1220	12.6331	45.1076	62.1735
6	0.50	14.1747	19.5842	55.9134	76.7871
7	0.60	20.2984	27.9781	66.5308	91.0288
8	0.70	27.4745	37.7776	76.9597	104.8986
9	0.80	35.6841	48.9454	87.2002	118.3965
10	0.90	44.9083	61.4445	97.2523	131.5224
11	1.00	55.1283	75.2375	107.1159	144.2765

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.10	0.4699	0.4699	9.3827	9.3827
3	0.20	1.8735	1.8735	18.6758	18.6758
4	0.30	4.2021	4.2021	27.8795	27.8795
5	0.40	7.4465	7.4465	36.9937	36.9937
6	0.50	11.5978	11.5978	46.0184	46.0184
7	0.60	16.6472	16.6472	54.9536	54.9536
8	0.70	22.5856	22.5856	63.7993	63.7993
9	0.80	29.4041	29.4041	72.5556	72.5556
10	0.90	37.0937	37.0937	81.2223	81.2223
11	1.00	45.6455	45.6455	89.7996	89.7996

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	126 di 257

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di monte

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.28	-4.5806	-4.1394	-32.1227	-29.1681
3	0.56	-17.6550	-16.1105	-60.6694	-55.6584
4	0.84	-38.2218	-35.0648	-85.6402	-78.0545
5	1.12	-65.2797	-59.6329	-107.0349	-96.8285
6	1.40	-97.8275	-88.9507	-124.8535	-111.9804
7	1.68	-134.8639	-122.0039	-139.0962	-123.5101
8	1.96	-175.3876	-157.7783	-153.8696	-131.4178
9	2.24	-218.3974	-195.2598	-166.2687	-135.7034
10	2.52	-262.8919	-233.4342	-176.2722	-136.3669
11	2.80	-313.3289	-271.2872	-183.8801	-133.4083

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.28	-2.0446	-2.0446	-14.3697	-14.3697
3	0.56	-7.9156	-7.9156	-27.3314	-27.3314
4	0.84	-17.2188	-17.2188	-38.8853	-38.8853
5	1.12	-29.5600	-29.5600	-49.0312	-49.0312
6	1.40	-44.5449	-44.5449	-57.7693	-57.7693
7	1.68	-61.7793	-61.7793	-65.0994	-65.0994
8	1.96	-80.8691	-80.8691	-71.0216	-71.0216
9	2.24	-101.4200	-101.4200	-75.5359	-75.5359
10	2.52	-123.0378	-123.0378	-78.6423	-78.6423
11	2.80	-145.3283	-145.3283	-80.3408	-80.3408

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	127 di 257

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ _c	tensione nel calcestruzzo espressa in [MPa]
τ _c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [MPa]
σ _{fs}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [MPa]
σ _{fi}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [MPa]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V _{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V _{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
V _{Rd}	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 40	12.72	10.05	0.00	0.00	1000.00	162.97	--	--
2	0.19	100, 40	12.72	10.05	5963.20	-29.24	3243.03	163.21	--	--
3	0.38	100, 40	12.72	10.05	5501.28	-114.59	1495.91	163.45	--	--
4	0.56	100, 40	12.72	10.05	4302.94	-245.49	780.04	163.69	--	--
5	0.75	100, 40	12.72	10.05	3188.95	-355.61	433.57	163.94	--	--
6	0.94	100, 40	12.72	10.05	2123.02	-423.55	230.92	164.18	--	--
7	1.13	100, 40	12.72	10.05	1292.07	-350.75	117.11	164.42	--	--
8	1.31	100, 40	12.72	10.05	817.17	-289.38	63.49	164.66	--	--
9	1.50	100, 40	12.72	10.05	558.90	-250.10	37.99	164.90	--	--
10	1.50	100, 70	12.72	10.05	3408.77	-1110.93	141.51	243.94	--	--
11	1.69	100, 70	12.72	10.05	2414.95	-947.32	88.17	244.40	--	--
12	1.88	100, 70	12.72	10.05	1689.15	-787.60	55.04	244.86	--	--
13	2.08	100, 70	12.72	10.05	1212.34	-663.80	35.67	245.32	--	--
14	2.27	100, 70	12.72	10.05	902.10	-573.61	24.19	245.78	--	--
15	2.46	100, 70	12.72	10.05	707.03	-516.90	17.42	246.24	--	--

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	128 di 257

16	2.65	100,70	12.72	10.05	574.04	-478.24	13.08	246.70	--	--
17	2.85	100,70	12.72	10.05	478.18	-450.37	10.13	247.16	--	--
18	3.04	100,70	12.72	10.05	406.19	-429.44	8.04	247.62	--	--
19	3.23	100,70	12.72	20.11	351.94	-415.03	6.54	248.08	--	--
20	3.42	100,70	15.71	20.11	376.49	-492.40	6.59	248.54	--	--
21	3.62	100,70	15.71	10.05	330.83	-477.39	5.48	249.00	--	--
22	3.81	100,70	15.71	10.05	294.72	-467.05	4.63	249.46	--	--
23	4.00	100,70	15.71	10.05	264.51	-458.40	3.95	249.92	--	--

Involuppo SLE

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fs}	σ _{fi}
1	0.00	100,40	12.72	10.05	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.19	100,40	12.72	10.05	0.005	0.000	-0.060	-0.067
3	0.38	100,40	12.72	10.05	0.010	0.001	-0.105	-0.149
4	0.56	100,40	12.72	10.05	0.019	0.003	-0.120	-0.262
5	0.75	100,40	12.72	10.05	0.032	0.006	-0.090	-0.421
6	0.94	100,40	12.72	10.05	0.051	0.009	0.032	-0.652
7	1.13	100,40	12.72	10.05	0.085	0.013	0.500	-1.018
8	1.31	100,40	12.72	10.05	0.138	0.018	1.657	-1.539
9	1.50	100,40	12.72	10.05	0.211	0.024	3.660	-2.194
10	1.50	100,70	12.72	10.05	0.093	0.015	0.411	-1.256
11	1.69	100,70	12.72	10.05	0.129	0.019	1.067	-1.704
12	1.88	100,70	12.72	10.05	0.178	0.023	2.269	-2.290
13	2.08	100,70	12.72	10.05	0.240	0.028	4.165	-3.009
14	2.27	100,70	12.72	10.05	0.316	0.033	6.827	-3.851
15	2.46	100,70	12.72	10.05	0.405	0.038	10.291	-4.815
16	2.65	100,70	12.72	10.05	0.507	0.044	14.596	-5.903
17	2.85	100,70	12.72	10.05	0.624	0.051	19.782	-7.123
18	3.04	100,70	12.72	10.05	0.757	0.057	25.899	-8.483
19	3.23	100,70	12.72	20.11	0.844	0.065	32.589	-9.184
20	3.42	100,70	15.71	20.11	0.931	0.072	33.489	-10.308
21	3.62	100,70	15.71	10.05	1.166	0.080	41.442	-12.957
22	3.81	100,70	15.71	10.05	1.353	0.089	49.914	-14.895
23	4.00	100,70	15.71	10.05	1.559	0.098	59.366	-17.016

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	129 di 257

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [MPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [MPa]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [MPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [MPa]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V_{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V_{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 80	12.72	12.72	0.00	0.00	1000.00	266.97	--	--
2	0.10	100, 80	12.72	12.72	0.00	360.28	445.80	266.97	--	--
3	0.20	100, 80	12.72	12.72	0.00	360.28	112.31	266.97	--	--
4	0.30	100, 80	12.72	12.72	0.00	360.28	50.31	266.97	--	--
5	0.40	100, 80	12.72	12.72	0.00	360.28	28.52	266.97	--	--
6	0.50	100, 80	12.72	12.72	0.00	360.28	18.40	266.97	--	--
7	0.60	100, 80	12.72	12.72	0.00	360.28	12.88	266.97	--	--
8	0.70	100, 80	12.72	12.72	0.00	360.28	9.54	266.97	--	--
9	0.80	100, 80	12.72	12.72	0.00	360.28	7.36	266.97	--	--
10	0.90	100, 80	12.72	12.72	0.00	360.28	5.86	266.97	--	--
11	1.00	100, 80	12.72	12.72	0.00	360.28	4.79	266.97	--	--

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	130 di 257

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
12	0.00	100, 80	12.72	12.72	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.10	100, 80	12.72	12.72	0.008	0.015	0.526	-0.078
14	0.20	100, 80	12.72	12.72	0.032	0.029	2.096	-0.312
15	0.30	100, 80	12.72	12.72	0.072	0.044	4.700	-0.700
16	0.40	100, 80	12.72	12.72	0.128	0.058	8.329	-1.240
17	0.50	100, 80	12.72	12.72	0.200	0.072	12.973	-1.931
18	0.60	100, 80	12.72	12.72	0.287	0.086	18.621	-2.772
19	0.70	100, 80	12.72	12.72	0.389	0.100	25.263	-3.761
20	0.80	100, 80	12.72	12.72	0.506	0.114	32.890	-4.896
21	0.90	100, 80	12.72	12.72	0.639	0.127	41.492	-6.176
22	1.00	100, 80	12.72	12.72	0.786	0.141	51.058	-7.600

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 80	12.72	12.72	0.00	0.00	1000.00	266.97	--	--
2	0.28	100, 80	12.72	12.72	0.00	-360.28	78.65	266.97	--	--
3	0.56	100, 80	12.72	12.72	0.00	-360.28	20.41	266.97	--	--
4	0.84	100, 80	12.72	12.72	0.00	-360.28	9.43	266.97	--	--
5	1.12	100, 80	12.72	12.72	0.00	-360.28	5.52	266.97	--	--
6	1.40	100, 80	12.72	12.72	0.00	-360.28	3.68	266.97	--	--
7	1.68	100, 80	12.72	12.72	0.00	-360.28	2.67	266.97	--	--
8	1.96	100, 80	12.72	12.72	0.00	-360.28	2.05	266.97	--	--
9	2.24	100, 80	12.72	12.72	0.00	-360.28	1.65	266.97	--	--
10	2.52	100, 80	12.72	12.72	0.00	-360.28	1.37	266.97	--	--
11	2.80	100, 80	12.72	12.72	0.00	-360.28	1.15	266.97	--	--

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	131 di 257

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
12	0.00	100, 80	12.72	12.72	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.28	100, 80	12.72	12.72	0.035	-0.023	-0.340	2.287
14	0.56	100, 80	12.72	12.72	0.136	-0.043	-1.318	8.854
15	0.84	100, 80	12.72	12.72	0.296	-0.061	-2.867	19.260
16	1.12	100, 80	12.72	12.72	0.509	-0.077	-4.922	33.065
17	1.40	100, 80	12.72	12.72	0.767	-0.091	-7.417	49.826
18	1.68	100, 80	12.72	12.72	1.064	-0.102	-10.286	69.104
19	1.96	100, 80	12.72	12.72	1.393	-0.111	-13.465	90.458
20	2.24	100, 80	12.72	12.72	1.746	-0.118	-16.887	113.445
21	2.52	100, 80	12.72	12.72	2.119	-0.123	-20.486	137.626
22	2.80	100, 80	12.72	12.72	2.502	-0.126	-24.197	162.560

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	132 di 257

Verifica fessurazione paramento

Si riportano i risultati ottenuti per la combinazione Rara

Combinazione n° 24

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
M_{pf}	Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
M	Momento agente nella sezione espressa in [kNm]
ϵ_m	deformazione media espressa in [%]
s_m	Distanza media tra le fessure espressa in [mm]
w	Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ϵ_m	s_m	w
1	0.00	12.72	10.05	-46.28	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	0.19	12.72	10.05	-46.28	-0.01	0.0000	0.00	0.000
3	0.38	12.72	10.05	-46.28	-0.05	0.0000	0.00	0.000
4	0.56	12.72	10.05	-46.28	-0.18	0.0000	0.00	0.000
5	0.75	12.72	10.05	-46.28	-0.44	0.0000	0.00	0.000
6	0.94	12.72	10.05	-46.28	-0.86	0.0000	0.00	0.000
7	1.13	12.72	10.05	-46.28	-1.49	0.0000	0.00	0.000
8	1.31	12.72	10.05	-46.28	-2.36	0.0000	0.00	0.000
9	1.50	12.72	10.05	-46.28	-3.53	0.0000	0.00	0.000
10	1.50	12.72	10.05	-137.83	-4.80	0.0000	0.00	0.000
11	1.69	12.72	10.05	-137.83	-6.61	0.0000	0.00	0.000
12	1.88	12.72	10.05	-137.83	-8.84	0.0000	0.00	0.000
13	2.08	12.72	10.05	-137.83	-11.54	0.0000	0.00	0.000
14	2.27	12.72	10.05	-137.83	-14.77	0.0000	0.00	0.000
15	2.46	12.72	10.05	-137.83	-18.55	0.0000	0.00	0.000
16	2.65	12.72	10.05	-137.83	-22.94	0.0000	0.00	0.000
17	2.85	12.72	10.05	-137.83	-27.98	0.0000	0.00	0.000

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	133 di 257

18	3.04	12.72	10.05	-137.83	-33.72	0.0000	0.00	0.000
19	3.23	12.72	20.11	-139.24	-40.20	0.0000	0.00	0.000
20	3.42	15.71	20.11	-141.28	-47.47	0.0000	0.00	0.000
21	3.62	15.71	10.05	-139.86	-55.57	0.0000	0.00	0.000
22	3.81	15.71	10.05	-139.86	-64.54	0.0000	0.00	0.000
23	4.00	15.71	10.05	-139.86	-74.44	0.0000	0.00	0.000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A _{fs}	A _{fi}	M _{pr}	M	ε _m	S _m	w
1	-1.40	12.72	12.72	-179.27	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	-1.30	12.72	12.72	179.27	0.47	0.0000	0.00	0.000
3	-1.20	12.72	12.72	179.27	1.87	0.0000	0.00	0.000
4	-1.10	12.72	12.72	179.27	4.20	0.0000	0.00	0.000
5	-1.00	12.72	12.72	179.27	7.45	0.0000	0.00	0.000
6	-0.90	12.72	12.72	179.27	11.60	0.0000	0.00	0.000
7	-0.80	12.72	12.72	179.27	16.65	0.0000	0.00	0.000
8	-0.70	12.72	12.72	179.27	22.59	0.0000	0.00	0.000
9	-0.60	12.72	12.72	179.27	29.40	0.0000	0.00	0.000
10	-0.50	12.72	12.72	179.27	37.09	0.0000	0.00	0.000
11	-0.40	12.72	12.72	179.27	45.65	0.0000	0.00	0.000
12	0.30	12.72	12.72	-179.27	-145.33	0.0000	0.00	0.000
13	0.58	12.72	12.72	-179.27	-123.04	0.0000	0.00	0.000
14	0.86	12.72	12.72	-179.27	-101.42	0.0000	0.00	0.000
15	1.14	12.72	12.72	-179.27	-80.87	0.0000	0.00	0.000
16	1.42	12.72	12.72	-179.27	-61.78	0.0000	0.00	0.000
17	1.70	12.72	12.72	-179.27	-44.54	0.0000	0.00	0.000
18	1.98	12.72	12.72	-179.27	-29.56	0.0000	0.00	0.000
19	2.26	12.72	12.72	-179.27	-17.22	0.0000	0.00	0.000
20	2.54	12.72	12.72	-179.27	-7.92	0.0000	0.00	0.000
21	2.82	12.72	12.72	-179.27	-2.04	0.0000	0.00	0.000
22	3.10	12.72	12.72	-179.27	0.00	0.0000	0.00	0.000

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	134 di 257

VERIFICHE A TAGLIO

I risultati ottenuti dalle verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate per la struttura in esame sono riepilogati nella seguente tabella.

Verifica a taglio (per metro lineare di sviluppo longitudinale)						
Sezione	V_{Ed}	b	h	V_{Rd}	ESITO	Armatura a taglio
[-]	[kN]	[cm]	[cm]	[kN]	[-]	[-]
Paramento	83	100	70	267	verificato	-
Fondazione	184	100	80	257	verificato	-

le verifiche a taglio sono condotte con riferimento ad elementi in c.a non armati a taglio.

ALLEGATO 1

TABULATI DI CALCOLO MURO TIPO 6

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	136 di 257

Geometria muro e fondazione

Descrizione

Muro a gradoni in c.a.

Descrizione dei gradoni

Simbologia adottata

Nr.	numero d'ordine del gradone (a partire dall'alto)
Bs	base superiore del gradone espressa in [m]
Bi	base inferiore del gradone espressa in [m]
Hg	altezza del gradone espressa in [m]
α_e	inclinazione esterna del gradone espressa in [°]
α_i	inclinazione interna del gradone espressa in [°]

Nr.	Bs	Bi	Hg	α_e	α_i
1	0.40	0.40	1.50	0.00	0.00
2	0.80	0.80	2.00	0.00	0.00
3	1.20	1.20	2.50	0.00	0.00

Altezza del paramento 6.00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	1.20 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	3.60 [m]
Lunghezza totale fondazione	6.00 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	1.20 [m]
Spessore magrone	0.15 [m]

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	137 di 257

Descrizione pali di fondazione

Pali in c.a.

Numero di file di pali	3
Vincolo pali/fondazione	Cerniera
Tipo di portanza	Portanza laterale e portanza di punta

Simbologia adottata

N	numero d'ordine della fila
X	ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
nr.	Numero di pali della fila
D	diametro dei pali della fila espresso in [cm]
L	lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
alfa	inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
ALL	allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

N	X	Nr.	D	L	alfa	ALL
1	0.80	1	80.00	23.00	0.00	Centrati
2	2.90	1	80.00	23.00	0.00	Centrati
3	5.00	1	80.00	23.00	0.00	Centrati

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	138 di 257

Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

Peso specifico	24.517 [kN/mc]
Classe di Resistenza	C32/40
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	40.00 [MPa]
Modulo elastico E	33642.648 [MPa]

Acciaio

Tipo	B450C
Tensione di snervamento σ_{fa}	449.94 [MPa]

Calcestruzzo utilizzato per i pali

Classe di Resistenza	C25/30
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	30000 [kPa]
Modulo elastico E	31447048 [kPa]

Acciaio utilizzato per i pali

Tipo	B450C
Tensione ammissibile σ_{fa}	449936 [kPa]
Tensione di snervamento σ_{fa}	449936 [kPa]

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	139 di 257

N	X	Y	A
1	0.01	0.00	0.00
2	5.00	2.00	21.84
3	15.00	2.00	0.00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.00 [°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0.00 [m]

Falda

Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione -5.00 [m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [MPa]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [MPa]

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	140 di 257

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Rilevato	20.00	20.00	38.00	0.00	0.0000	0.0000
TGC2	18.50	18.50	35.00	31.00	0.0000	0.0000
MDL3	20.00	20.00	26.00	26.00	0.0100	0.0050
MDL1	20.00	20.00	39.00	34.00	0.0000	0.0000

Parametri medi

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Rilevato	20.00	20.00	40.00	25.00	0.0000	0.0000
TGC2	18.50	18.50	37.00	35.00	0.0000	0.0000
MDL3	20.00	20.00	28.00	28.00	0.0200	0.0100
MDL1	20.00	20.00	41.00	35.00	0.0000	0.0000

Parametri minimi

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Rilevato	20.00	20.00	40.00	10.00	0.0000	0.0000
TGC2	18.50	18.50	30.00	30.00	0.0000	0.0000
MDL3	20.00	20.00	23.00	23.00	0.0100	0.0050
MDL1	20.00	20.00	38.00	32.00	0.0000	0.0000

Stratigrafia

Simbologia adottata

N	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [°]
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	141 di 257

Terreno

Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	7.20	0.00	0.20	50.00	Rilevato
2	16.00	0.00	26.22	50.00	TGC2
3	1.00	0.00	15.92	50.00	MDL3
4	9.00	0.00	30.00	50.00	MDL1

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	142 di 257

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F_x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F_y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X_i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X_f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q_i	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m]
Q_f	Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN/m]
D/C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (BALL+ARMAM)

D	Profilo	$X_i=5.00$	$X_f=15.00$	$Q_i=14.4000$	$Q_f=14.4000$
---	---------	------------	-------------	---------------	---------------

Condizione n° 2 (TRENO)

D	Profilo	$X_i=6.00$	$X_f=9.20$	$Q_i=50.0000$	$Q_f=50.0000$
---	---------	------------	------------	---------------	---------------

Condizione n° 3 (Doppio Treno)

D	Profilo	$X_i=6.00$	$X_f=9.20$	$Q_i=50.0000$	$Q_f=50.0000$
D	Profilo	$X_i=10.20$	$X_f=13.40$	$Q_i=50.0000$	$Q_f=50.0000$

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	143 di 257

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

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

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

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	1.30	1.00	1.30
BALL+ARMAM	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 2 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 3 - 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	1.30	1.00	1.30
BALL+ARMAM	SFAV	1.30	1.00	1.30
TRENO	SFAV	1.45	0.80	1.16

Combinazione n° 4 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
-----	----------	--------	-----------------

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	144 di 257

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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.25	0.80	1.00

Combinazione n° 5 - 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	1.30	1.00	1.30
BALL+ARMAM	SFAV	1.30	1.00	1.30
Doppio Treno	SFAV	1.45	1.00	1.45

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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
Doppio Treno	SFAV	1.25	1.00	1.25

Combinazione n° 7 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 - Caso A1-M1 (STR) - 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

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	145 di 257

Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 12 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	146 di 257

Combinazione n° 13 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 14 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 15 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 16 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.80	0.80

Combinazione n° 17 - Rara (SLE)

S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
-----	----------	--------	-----------------

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	147 di 257

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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	1.00	1.00

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	148 di 257

Impostazioni analisi pali

Numero elementi palo 1
Tipo carico palo Distribuito
Calcolo della portanza metodo di Berezantzev

Criterio di rottura del sistema terreno-palo

Pressione limite passiva con moltiplicatore pari a 1.00

Andamento pressione verticale

Geostatica

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali

Aggressive

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	149 di 257

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica Fessurazione

Sensibilità delle armature

Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure

$w_1 = 0.10$

$w_2 = 0.15$

$w_3 = 0.20$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

Circ. Min. 252 (15/10/1996)

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara $\sigma_c < 0.55 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.75 f_{yk}$

Quasi permanente $\sigma_c < 0.40 f_{ck}$

Impostazioni avanzate

Terreno a monte a elevata permeabilità

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	150 di 257

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
CS_{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
CS_{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
CS_{QLM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
CS_{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{SCO}	CS_{RIB}	CS_{QLM}	CS_{STAB}
1	A1-M1 - [1]	--	--	--	--	--
2	STAB - [1]	--	--	--	--	2.99
3	A1-M1 - [2]	--	--	--	--	--
4	STAB - [2]	--	--	--	--	2.75
5	A1-M1 - [3]	--	--	--	--	--
6	STAB - [3]	--	--	--	--	2.55
7	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	--
8	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	--
9	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	2.10
10	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	2.16
11	A1-M1 - [5]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	--
12	A1-M1 - [5]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	--
13	STAB - [5]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	2.07
14	STAB - [5]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	2.13
15	SLEQ - [1]	--	--	--	--	--
16	SLEF - [1]	--	--	--	--	--
17	SLER - [1]	--	--	--	--	--

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	151 di 257

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo della stabilità globale	metodo di Bishop
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta a riposo

Sisma

Identificazione del sito

Latitudine	41.163611
Longitudine	14.505333
Comune	Melizzano
Provincia	Benevento
Regione	Campania
Punti di interpolazione del reticolo	31650 - 31872 - 31873 - 31651

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera ordinaria
---------------------	-----------------

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	152 di 257

Vita nominale	75 anni
Classe d'uso	III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose
Vita di riferimento	113 anni

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	2.57 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.33
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.62
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 21.56$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 10.78$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.00 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.50
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.00$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.00$

Forma diagramma incremento sismico	Rettangolare
------------------------------------	--------------

Partecipazione spinta passiva (percento)	0.0
Lunghezza del muro	2.40 [m]

Peso muro	304.0110 [kN]
Baricentro del muro	X=0.85 Y=-5.34

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 4.40 Y = -7.20
--------------------------------------	--------------------

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	153 di 257

Punto superiore superficie di spinta	X = 4.40	Y = 1.76
Altezza della superficie di spinta	8.96	[m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0.00	[°]

COMBINAZIONE n° 17

Valore della spinta statica	420.5310	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	420.5310	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	0.0000	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 4.40	[m]	Y = -3.63	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	0.00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	62.50	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 4.40	[m]	Y = -7.20	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	549.2429	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 2.49	[m]	Y = -2.38	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	420.5310	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	853.2539	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	853.2539	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	420.5310	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	1.25	[m]
Lunghezza fondazione reagente	5.24	[m]
Risultante in fondazione	951.2563	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	26.24	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	1069.1913	[kNm]

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	154 di 257

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 17

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.30	2.9420	0.7689	5.2264
3	0.60	5.8841	3.1962	11.0542
4	0.90	8.8261	7.4569	17.4416
5	1.20	11.7682	13.7159	24.3759
6	1.50	14.7102	22.1371	31.8571
7	1.50	27.3198	23.6937	33.3807
8	1.79	32.9237	34.3495	41.2924
9	2.07	38.5276	47.3366	49.7001
10	2.36	44.1315	62.7968	58.6038
11	2.64	49.7354	80.8717	68.0036
12	2.93	55.3393	101.7032	77.8994
13	3.21	60.9432	125.4329	88.2912
14	3.50	66.5471	152.2025	99.1790
15	3.50	96.4388	159.4760	102.5876
16	3.81	105.6327	193.5162	115.3686
17	4.13	114.8266	231.6431	128.7429
18	4.44	124.0205	274.0423	142.7107
19	4.75	133.2144	320.8991	157.2718
20	5.06	142.4082	372.3937	172.3749
21	5.38	151.6021	428.6794	187.9267

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	155 di 257

22	5.69	160.7960	489.8969	203.9464
23	6.00	169.9899	556.1974	220.4594

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	156 di 257

Involuppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 17

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 2.40 Altezza(m) = 6.00

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M _{ymin}	M _{ymin}	T _{ymin}	T _{ymin}
1	0.00	-0.4401	0.2943	-7.9025	15.3547
2	0.20	-2.7781	4.3988	-51.3817	31.3207
3	0.40	-7.0018	9.6610	-116.6216	56.0534
4	0.60	-38.3484	20.2602	-121.0770	110.4071
5	0.80	-33.3037	34.8575	0.0000	281.7155
6	1.00	0.0000	63.8131	-22.4857	835.0467
7	1.20	0.0000	272.1782	-24.1568	1363.0589
8	2.40	-984.7214	0.0000	-540.1378	0.0000
9	2.55	-894.2214	0.0000	-518.3338	0.0000
10	2.70	-825.9369	0.0000	-426.1354	0.0000
11	2.90	-778.2415	0.0000	-384.5455	0.0000
12	3.10	-717.8000	0.0000	-382.0660	0.0000
13	3.30	-643.0420	0.0000	-444.8696	0.0000
14	3.50	-551.8641	0.0000	-552.2881	0.0000
15	3.72	-452.3130	0.0000	-464.9017	0.0000
16	3.93	-371.6847	0.0000	-394.4983	0.0000
17	4.15	-299.5733	0.0000	-340.5765	0.0000
18	4.37	-234.8961	0.0000	-294.1234	0.0000

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	157 di 257

19	4.58	-177.6988	0.0000	-251.3973	0.0000
20	4.80	-128.4401	0.0000	-210.3432	0.0000
21	5.00	-89.8672	0.0000	-178.4642	0.0000
22	5.20	-58.0772	0.0000	-145.6705	0.0000
23	5.40	-33.1537	0.0000	-112.2137	0.0000
24	5.60	-15.1226	0.0000	-79.1578	0.0000
25	5.80	-4.0602	0.0000	-39.5597	0.0000
26	6.00	0.0000	0.6830	-6.0497	0.0000

Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M_{xmin}	M_{xmax}	T_{xmin}	T_{xmax}
1	0.00	-0.2478	1.3498	-4.2674	81.2038
2	0.27	-1.1668	8.9939	-45.2585	124.6318
3	0.53	-4.6620	13.8102	-152.5348	146.1291
4	0.80	-16.9882	2.9878	-373.2406	144.4897
5	1.00	-33.8243	0.0000	-161.5867	150.6518
6	1.20	-38.2692	0.0000	-69.9858	69.9858
7	1.40	-33.8243	0.0000	-150.6518	161.5867
8	1.60	-16.9882	2.9878	-144.4897	373.2406
9	1.87	-4.6620	13.8102	-146.1291	152.5348
10	2.13	-1.1668	8.9939	-124.6318	45.2585
11	2.40	-0.2478	1.3498	-81.2038	4.2674

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 17

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	158 di 257

H altezza della sezione espressa in [cm]
 A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
 A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
 σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [MPa]
 τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [MPa]
 σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [MPa]
 σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [MPa]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0.00	100, 40	15.71	18.85	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.30	100, 40	15.71	18.85	0.041	0.018	0.720	-0.422
3	0.60	100, 40	15.71	18.85	0.170	0.037	4.709	-1.511
4	0.90	100, 40	15.71	18.85	0.393	0.059	12.429	-3.282
5	1.20	100, 40	15.71	18.85	0.720	0.082	24.205	-5.797
6	1.50	100, 40	15.71	18.85	1.158	0.107	40.366	-9.117
7	1.50	100, 80	15.71	18.85	0.374	0.052	13.689	-4.317
8	1.79	100, 80	15.71	18.85	0.542	0.065	21.675	-6.140
9	2.07	100, 80	15.71	18.85	0.746	0.078	31.784	-8.319
10	2.36	100, 80	15.71	18.85	0.987	0.092	44.145	-10.876
11	2.64	100, 80	15.71	18.85	1.268	0.107	58.886	-13.832
12	2.93	100, 80	15.71	18.85	1.592	0.122	76.134	-17.208
13	3.21	100, 80	15.71	18.85	1.959	0.138	96.020	-21.025
14	3.50	100, 80	15.71	18.85	2.373	0.156	118.672	-25.304
15	3.50	100, 120	28.27	18.85	1.052	0.105	37.818	-13.446
16	3.81	100, 120	28.27	18.85	1.273	0.118	47.570	-16.194
17	4.13	100, 120	28.27	18.85	1.519	0.132	58.672	-19.250
18	4.44	100, 120	28.27	18.85	1.793	0.146	71.188	-22.628
19	4.75	100, 120	28.27	18.85	2.094	0.161	85.176	-26.341
20	5.06	100, 120	28.27	18.85	2.424	0.176	100.698	-30.404
21	5.38	100, 120	28.27	18.85	2.784	0.192	117.803	-34.827
22	5.69	100, 120	28.27	18.85	3.175	0.209	136.539	-39.621
23	6.00	100, 120	28.27	18.85	3.598	0.226	156.954	-44.797

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	159 di 257

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	160 di 257

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 17

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [MPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [MPa]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [MPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [MPa]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 120	18.85	18.85	0.003	0.006	0.144	0.215
2	0.20	100, 120	18.85	18.85	0.032	0.014	2.154	1.360
3	0.40	100, 120	18.85	18.85	0.070	-0.037	4.731	3.429
4	0.60	100, 120	18.85	18.85	0.280	0.067	9.921	18.778
5	0.80	100, 120	18.85	18.85	0.254	0.159	17.069	16.308
6	1.00	100, 120	18.85	18.85	0.465	0.376	31.248	-5.319
7	1.20	100, 120	18.85	21.99	1.869	0.637	114.723	-21.834

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	161 di 257

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
1	0.00	100, 120	18.85	18.85	0.005	-0.004	0.334	-0.057
2	0.20	100, 120	18.85	18.85	0.030	-0.037	-0.338	1.988
3	0.40	100, 120	18.85	18.85	0.110	-0.076	-1.261	7.405
4	0.60	100, 120	18.85	18.85	0.242	-0.111	-2.764	16.235
5	0.80	100, 120	18.85	18.85	0.424	-0.146	-4.841	28.439
6	1.00	100, 120	18.85	18.85	0.655	-0.180	-7.491	44.006
7	1.20	100, 120	18.85	18.85	0.937	-0.214	-10.707	62.894
8	1.42	100, 120	21.99	28.27	1.161	-0.253	-13.407	74.633
9	1.63	100, 120	21.99	18.85	1.613	-0.292	-18.843	99.009
10	1.85	100, 120	21.99	18.85	2.058	-0.330	-24.032	126.270
11	2.07	100, 120	50.27	18.85	1.883	-0.367	-23.949	70.558
12	2.28	100, 120	50.27	18.85	2.291	-0.403	-29.144	85.863
13	2.50	100, 120	59.69	28.27	2.526	-0.435	-32.399	88.367
14	2.70	100, 120	59.69	18.85	3.071	-0.392	-39.560	103.567
15	2.90	100, 120	59.69	18.85	3.428	-0.349	-44.159	115.608
16	3.10	100, 120	47.12	18.85	4.033	-0.305	-51.027	157.163
17	3.30	100, 120	47.12	18.85	4.280	-0.267	-54.154	166.795
18	3.45	100, 120	47.12	18.85	4.634	-0.292	-58.631	180.585
19	3.60	100, 120	56.55	18.85	4.790	-0.316	-61.466	167.006

Armature e tensioni piastre

Combinazione n° 17

X ascissa sezione espressa in [m]

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	162 di 257

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
 A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
 N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]
 M_u momento ultimo espresso in [kNm]
CS coefficiente sicurezza sezione

Piastra fondazione monte

Nr.	X	A_{fs}	A_{fi}	σ_{fs}	σ_{fi}	σ_c	τ_c
1	-1.20	3.85	3.85	-0.171	3.149	0.021	0.026
2	-0.93	3.85	3.85	2.722	20.398	0.139	0.023
3	-0.67	3.85	3.85	10.878	18.648	0.127	-0.026
4	-0.40	3.85	3.85	39.537	-2.150	0.270	-0.041
5	-0.20	3.85	3.85	78.922	-4.291	0.538	-0.023
6	0.00	3.85	3.85	89.293	-4.855	0.609	0.013
7	0.20	3.85	3.85	78.922	-4.291	0.538	0.023
8	0.40	3.85	3.85	39.537	-2.150	0.270	0.041
9	0.67	3.85	3.85	10.878	18.648	0.127	0.026
10	0.93	3.85	3.85	2.722	20.398	0.139	-0.023
11	1.20	3.85	3.85	-0.171	3.149	0.021	-0.026

Piastra fondazione valle

Nr.	X	A_{fs}	A_{fi}	σ_{fs}	σ_{fi}	σ_c	τ_c
1	-1.20	3.85	3.85	0.578	1.727	0.012	0.042
2	-0.93	3.85	3.85	-1.141	20.985	0.143	0.051
3	-0.67	3.85	3.85	6.973	32.223	0.220	0.110
4	-0.40	3.85	3.85	39.638	6.971	0.270	-0.128
5	-0.20	3.85	3.85	78.276	-4.256	0.534	0.073
6	0.00	3.85	3.85	88.758	-4.826	0.605	-0.049
7	0.20	3.85	3.85	78.276	-4.256	0.534	-0.073

Muro di sottscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	163 di 257

8	0.40	3.85	3.85	39.638	6.971	0.270	0.128
9	0.67	3.85	3.85	6.973	32.223	0.220	-0.110
10	0.93	3.85	3.85	-1.141	20.985	0.143	-0.051
11	1.20	3.85	3.85	0.578	1.727	0.012	-0.042

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 17

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
M_{pf}	Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
M	Momento agente nella sezione espressa in [kNm]
ϵ_m	deformazione media espressa in [%]
s_m	Distanza media tra le fessure espressa in [mm]
w	Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ϵ_m	s_m	w
1	0.00	15.71	18.85	-51.91	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	0.30	15.71	18.85	-51.91	-0.77	0.0000	0.00	0.000
3	0.60	15.71	18.85	-51.91	-3.20	0.0000	0.00	0.000
4	0.90	15.71	18.85	-51.91	-7.46	0.0000	0.00	0.000
5	1.20	15.71	18.85	-51.91	-13.72	0.0000	0.00	0.000
6	1.50	15.71	18.85	-51.91	-22.14	0.0000	0.00	0.000
7	1.50	15.71	18.85	-199.19	-23.69	0.0000	0.00	0.000
8	1.79	15.71	18.85	-199.19	-34.35	0.0000	0.00	0.000
9	2.07	15.71	18.85	-199.19	-47.34	0.0000	0.00	0.000
10	2.36	15.71	18.85	-199.19	-62.80	0.0000	0.00	0.000
11	2.64	15.71	18.85	-199.19	-80.87	0.0000	0.00	0.000
12	2.93	15.71	18.85	-199.19	-101.70	0.0000	0.00	0.000

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
					IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	164 di 257
13	3.21	15.71	18.85	-199.19	-125.43	0.0000	0.00	0.000		
14	3.50	15.71	18.85	-199.19	-152.20	0.0000	0.00	0.000		
15	3.50	28.27	18.85	-455.06	-159.48	0.0000	0.00	0.000		
16	3.81	28.27	18.85	-455.06	-193.52	0.0000	0.00	0.000		
17	4.13	28.27	18.85	-455.06	-231.64	0.0000	0.00	0.000		
18	4.44	28.27	18.85	-455.06	-274.04	0.0000	0.00	0.000		
19	4.75	28.27	18.85	-455.06	-320.90	0.0000	0.00	0.000		
20	5.06	28.27	18.85	-455.06	-372.39	0.0000	0.00	0.000		
21	5.38	28.27	18.85	-455.06	-428.68	0.0000	0.00	0.000		
22	5.69	28.27	18.85	-455.06	-489.90	0.0398	142.21	0.096		
23	6.00	28.27	18.85	-455.06	-556.20	0.0457	142.21	0.111		

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A _{fs}	A _{fi}	M _{pr}	M	ε _m	s _m	w
1	-1.60	18.85	18.85	-442.18	-0.44	0.0000	0.00	0.000
2	-1.40	18.85	18.85	442.18	4.40	0.0000	0.00	0.000
3	-1.20	18.85	18.85	442.18	9.66	0.0000	0.00	0.000
4	-1.00	18.85	18.85	-442.18	-38.35	0.0000	0.00	0.000
5	-0.80	18.85	18.85	442.18	34.86	0.0000	0.00	0.000
6	-0.60	18.85	18.85	442.18	63.81	0.0000	0.00	0.000
7	-0.40	18.85	21.99	446.48	272.18	0.0000	0.00	0.000
8	0.80	56.55	18.85	-493.57	-984.72	0.0714	108.46	0.132
9	0.95	47.12	18.85	-480.75	-894.22	0.0756	115.10	0.148
10	1.10	47.12	18.85	-480.75	-825.94	0.0679	115.10	0.133
11	1.30	47.12	18.85	-480.75	-778.24	0.0625	115.10	0.122
12	1.50	59.69	18.85	-497.84	-717.80	0.0434	106.72	0.079
13	1.70	59.69	18.85	-497.84	-643.04	0.0360	106.72	0.065
14	1.90	59.69	28.27	-501.04	-551.86	0.0261	106.72	0.047
15	2.12	50.27	18.85	-485.03	-452.31	0.0000	0.00	0.000
16	2.33	50.27	18.85	-485.03	-371.68	0.0000	0.00	0.000
17	2.55	21.99	18.85	-446.48	-299.57	0.0000	0.00	0.000

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	
		IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	165 di 257	
18	2.77	21.99	18.85	-446.48	-234.90	0.0000	0.00	0.000
19	2.98	21.99	28.27	-449.45	-177.70	0.0000	0.00	0.000
20	3.20	18.85	18.85	-442.18	-128.44	0.0000	0.00	0.000
21	3.40	18.85	18.85	-442.18	-89.87	0.0000	0.00	0.000
22	3.60	18.85	18.85	-442.18	-58.08	0.0000	0.00	0.000
23	3.80	18.85	18.85	-442.18	-33.15	0.0000	0.00	0.000
24	4.00	18.85	18.85	-442.18	-15.12	0.0000	0.00	0.000
25	4.20	18.85	18.85	-442.18	-4.06	0.0000	0.00	0.000
26	4.40	18.85	18.85	442.18	0.68	0.0000	0.00	0.000

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	166 di 257

Analisi dei pali

Combinazione n° 17

Risultanti sulla base della fondazione (per metro lineare di muro)

Orizzontale [kN] 420.531
 Verticale [kN] 853.254
 Momento [kNm] -1069.191

Spostamenti della piastra di fondazione

Orizzontale [cm] 0.01422
 Verticale [cm] 0.10864
 Rotazione [°] -0.02739

Scarichi in testa ai pali

Fila nr.	N.pali	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	1	22.88	336.42	0.00
2	1	682.60	336.42	0.00
3	1	1342.33	336.42	0.00

Sollecitazioni nei pali e verifiche delle sezioni

Combinazione n° 17

Nr. numero d'ordine della sezione a partire dall'attacco palo-fondazione
 Y ordinata della sezione a partire dall'attacco palo-fondazione positiva verso il basso (in [m])
 M momento flettente espresso in [kNm]

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	167 di 257

N sforzo normale espresso in [kN]
T taglio espresso in [kN]
 A_f area di armatura espressa in [cmq]
 σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [MPa]
 σ_f tensione nell'acciaio espressa in [MPa]
 τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [MPa]
 σ_{af} tensione nelle staffe espressa in [MPa]

Sollecitazioni e tensioni per la fila di pali nr. 1

Nr.	Y	M	N	T	A_f	σ_c	σ_f
1	0.00	0.00	22.88	336.42	273.44	0.025	0.376
2	23.00	0.00	20.49	0.00	273.44	0.022	0.337

Sollecitazioni e tensioni per la fila di pali nr. 2

Nr.	Y	M	N	T	A_f	σ_c	σ_f
1	0.00	0.00	682.60	336.42	273.44	0.748	11.217
2	23.00	0.00	64.63	0.00	273.44	0.071	1.062

Sollecitazioni e tensioni per la fila di pali nr. 3

Nr.	Y	M	N	T	A_f	σ_c	σ_f
1	0.00	0.00	1342.33	336.42	273.44	1.471	22.058
2	23.00	0.00	108.77	0.00	273.44	0.119	1.787

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	168 di 257

Inviluppo Sollecitazioni paramento

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kNm]

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.30	2.9420	2.9420	0.7767	2.0713	5.3063	13.9097
3	0.60	5.8841	5.8841	3.2605	8.4062	11.3780	28.4207
4	0.90	8.8261	8.8261	7.6755	19.1793	18.1734	43.4915
5	1.20	11.7682	11.7682	14.2357	34.5557	25.6797	59.1090
6	1.50	14.7102	14.7102	23.1544	54.6994	33.8969	75.2735
7	1.50	27.3198	31.1027	24.2699	56.2560	35.8586	76.7971
8	1.79	32.9237	36.7066	35.7639	80.5841	44.7073	93.5827
9	2.07	38.5276	42.3105	49.8783	109.7790	54.2009	110.8643
10	2.36	44.1315	47.9144	66.7973	143.9824	64.3393	128.6419
11	2.64	49.7354	53.5183	86.7050	183.3359	75.1225	146.9155
12	2.93	55.3393	59.1222	109.7859	227.9813	86.5506	165.6852
13	3.21	60.9432	64.7260	136.2240	278.0604	98.6235	184.9508
14	3.50	66.5471	70.3299	166.2036	333.7148	111.3413	204.7126
15	3.50	96.4388	109.1893	172.4228	340.9882	115.7724	208.1211
16	3.81	105.6327	118.3831	210.9322	409.6274	130.8166	231.2686
17	4.13	114.8266	127.5770	254.2635	485.5929	146.6321	255.0095
18	4.44	124.0205	136.7709	302.6576	569.0701	163.2190	279.3437
19	4.75	133.2144	145.9648	356.3558	660.2445	180.5785	304.2714
20	5.06	142.4082	155.1587	415.6003	759.2963	198.7161	329.7410
21	5.38	151.6021	164.3525	480.6301	866.3787	217.5905	355.6593

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	169 di 257

22	5.69	160.7960	173.5464	551.6632	981.6324	237.1300	382.0456
23	6.00	169.9899	182.7403	628.9039	1105.2086	257.3185	408.9251

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.30	2.9420	2.9420	0.7689	0.7689	5.2264	5.2264
3	0.60	5.8841	5.8841	3.1962	3.1962	11.0542	11.0542
4	0.90	8.8261	8.8261	7.4569	7.4569	17.4416	17.4416
5	1.20	11.7682	11.7682	13.7159	13.7159	24.3759	24.3759
6	1.50	14.7102	14.7102	22.1371	22.1371	31.8571	31.8571
7	1.50	27.3198	27.3198	23.6937	23.6937	33.3807	33.3807
8	1.79	32.9237	32.9237	34.3495	34.3495	41.2924	41.2924
9	2.07	38.5276	38.5276	47.3366	47.3366	49.7001	49.7001
10	2.36	44.1315	44.1315	62.7968	62.7968	58.6038	58.6038
11	2.64	49.7354	49.7354	80.8717	80.8717	68.0036	68.0036
12	2.93	55.3393	55.3393	101.7032	101.7032	77.8994	77.8994
13	3.21	60.9432	60.9432	125.4329	125.4329	88.2912	88.2912
14	3.50	66.5471	66.5471	152.2025	152.2025	99.1790	99.1790
15	3.50	96.4388	96.4388	159.4760	159.4760	102.5876	102.5876
16	3.81	105.6327	105.6327	193.5162	193.5162	115.3686	115.3686
17	4.13	114.8266	114.8266	231.6431	231.6431	128.7429	128.7429
18	4.44	124.0205	124.0205	274.0423	274.0423	142.7107	142.7107
19	4.75	133.2144	133.2144	320.8991	320.8991	157.2718	157.2718
20	5.06	142.4082	142.4082	372.3937	372.3937	172.3749	172.3749
21	5.38	151.6021	151.6021	428.6794	428.6794	187.9267	187.9267
22	5.69	160.7960	160.7960	489.8969	489.8969	203.9464	203.9464
23	6.00	169.9899	169.9899	556.1974	556.1974	220.4594	220.4594

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	170 di 257

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ _c	tensione nel calcestruzzo espressa in [MPa]
τ _c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [MPa]
σ _{fs}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [MPa]
σ _{fi}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [MPa]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V _{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V _{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
V _{Rd}	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 40	15.71	18.85	0.00	0.00	1000.00	182.79	--	--
2	0.30	100, 40	15.71	18.85	367.63	-258.83	124.96	183.17	--	--
3	0.60	100, 40	15.71	18.85	158.95	-227.07	27.01	183.56	--	--
4	0.90	100, 40	15.71	18.85	100.40	-218.16	11.37	183.95	--	--
5	1.20	100, 40	15.71	18.85	72.87	-213.98	6.19	184.33	--	--
6	1.50	100, 40	15.71	18.85	56.89	-211.54	3.87	184.72	--	--
7	1.50	100, 80	15.71	18.85	258.10	-531.47	9.45	289.78	--	--
8	1.79	100, 80	15.71	18.85	210.55	-515.35	6.40	290.56	--	--
9	2.07	100, 80	15.71	18.85	176.85	-503.92	4.59	291.35	--	--
10	2.36	100, 80	15.71	18.85	151.86	-495.44	3.44	292.14	--	--
11	2.64	100, 80	15.71	18.85	132.64	-488.93	2.67	292.93	--	--
12	2.93	100, 80	15.71	18.85	117.43	-483.77	2.12	293.72	--	--

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
					IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	171 di 257
13	3.21	100, 80	15.71	18.85	105.11	-479.59	1.72	294.50	--	--
14	3.50	100, 80	15.71	18.85	94.95	-476.15	1.43	295.29	--	--
15	3.50	100, 120	28.27	18.85	404.83	-1431.40	4.20	412.27	--	--
16	3.81	100, 120	28.27	18.85	363.78	-1410.70	3.44	413.59	--	--
17	4.13	100, 120	28.27	18.85	329.50	-1393.41	2.87	414.92	--	--
18	4.44	100, 120	28.27	18.85	300.49	-1378.78	2.42	416.24	--	--
19	4.75	100, 120	28.27	18.85	275.67	-1366.27	2.07	417.56	--	--
20	5.06	100, 120	28.27	18.85	254.22	-1355.45	1.79	418.88	--	--
21	5.38	100, 120	28.27	18.85	235.53	-1346.03	1.55	420.20	--	--
22	5.69	100, 120	28.27	18.85	219.13	-1337.76	1.36	421.52	--	--
23	6.00	100, 120	28.27	18.85	204.63	-1330.45	1.20	422.85	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fl}	σ _c	τ _c	σ _{fs}	σ _{fl}
1	0.00	100, 40	15.71	18.85	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.30	100, 40	15.71	18.85	0.041	0.018	0.720	-0.422
3	0.60	100, 40	15.71	18.85	0.170	0.037	4.709	-1.511
4	0.90	100, 40	15.71	18.85	0.393	0.059	12.429	-3.282
5	1.20	100, 40	15.71	18.85	0.720	0.082	24.205	-5.797
6	1.50	100, 40	15.71	18.85	1.158	0.107	40.366	-9.117
7	1.50	100, 80	15.71	18.85	0.374	0.052	13.689	-4.317
8	1.79	100, 80	15.71	18.85	0.542	0.065	21.675	-6.140
9	2.07	100, 80	15.71	18.85	0.746	0.078	31.784	-8.319
10	2.36	100, 80	15.71	18.85	0.987	0.092	44.145	-10.876
11	2.64	100, 80	15.71	18.85	1.268	0.107	58.886	-13.832
12	2.93	100, 80	15.71	18.85	1.592	0.122	76.134	-17.208
13	3.21	100, 80	15.71	18.85	1.959	0.138	96.020	-21.025
14	3.50	100, 80	15.71	18.85	2.373	0.156	118.672	-25.304
15	3.50	100, 120	28.27	18.85	1.052	0.105	37.818	-13.446
16	3.81	100, 120	28.27	18.85	1.273	0.118	47.570	-16.194
17	4.13	100, 120	28.27	18.85	1.519	0.132	58.672	-19.250
18	4.44	100, 120	28.27	18.85	1.793	0.146	71.188	-22.628
19	4.75	100, 120	28.27	18.85	2.094	0.161	85.176	-26.341

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	172 di 257

20	5.06	100,120	28.27	18.85	2.424	0.176	100.698	-30.404
21	5.38	100,120	28.27	18.85	2.784	0.192	117.803	-34.827
22	5.69	100,120	28.27	18.85	3.175	0.209	136.539	-39.621
23	6.00	100,120	28.27	18.85	3.598	0.226	156.954	-44.797

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	173 di 257

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [MPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [MPa]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [MPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [MPa]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V_{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V_{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 120	18.85	18.85	0.00	-822.77	1013.84	395.31	--	--
2	0.20	100, 120	18.85	18.85	0.00	-822.77	105.81	395.31	--	--
3	0.40	100, 120	18.85	18.85	0.00	-822.77	46.04	395.31	--	--
4	0.60	100, 120	18.85	18.85	0.00	-822.77	13.46	395.31	--	--
5	0.80	100, 120	18.85	18.85	0.00	-822.77	12.61	1574.22	4796.01	1574.22
6	1.00	100, 120	18.85	18.85	0.00	822.77	6.99	395.31	--	--
7	1.20	100, 120	18.85	21.99	0.00	958.01	2.02	395.31	--	--

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	174 di 257

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
8	0.00	100, 120	18.85	18.85	0.003	0.006	0.144	0.215
9	0.20	100, 120	18.85	18.85	0.032	0.014	2.154	1.360
10	0.40	100, 120	18.85	18.85	0.070	0.030	4.731	3.429
11	0.60	100, 120	18.85	18.85	0.280	0.067	9.921	18.778
12	0.80	100, 120	18.85	18.85	0.254	0.159	17.069	16.308
13	1.00	100, 120	18.85	18.85	0.465	0.376	31.248	-5.319
14	1.20	100, 120	18.85	21.99	1.869	0.637	114.723	-21.834

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 120	18.85	18.85	0.00	822.77	909.16	395.31	--	--
2	0.20	100, 120	18.85	18.85	0.00	-822.77	125.31	395.31	--	--
3	0.40	100, 120	18.85	18.85	0.00	-822.77	35.77	1574.22	4796.01	1574.22
4	0.60	100, 120	18.85	18.85	0.00	-822.77	14.22	1574.22	4796.01	1574.22
5	0.80	100, 120	18.85	18.85	0.00	-822.77	7.47	1574.22	4796.01	1574.22
6	1.00	100, 120	18.85	18.85	0.00	-822.77	4.56	1574.22	4796.01	1574.22
7	1.20	100, 120	18.85	18.85	0.00	-822.77	3.08	1511.25	4796.01	1511.25
8	1.42	100, 120	21.99	28.27	0.00	-958.04	2.52	4359.39	4796.01	4359.39
9	1.63	100, 120	21.99	18.85	0.00	-958.01	1.88	4359.39	4796.01	4359.39
10	1.85	100, 120	21.99	18.85	0.00	-958.01	1.49	4359.39	4796.01	4359.39
11	2.07	100, 120	50.27	18.85	0.00	-2156.96	2.74	4359.39	4796.01	4359.39
12	2.28	100, 120	50.27	18.85	0.00	-2156.96	2.30	4359.39	4796.01	4359.39
13	2.50	100, 120	59.69	28.27	0.00	-2557.23	2.30	4796.01	4796.01	9067.53
14	2.70	100, 120	59.69	18.85	0.00	-2549.23	2.01	4722.67	4796.01	4722.67

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	175 di 257

15	2.90	100, 120	59.69	18.85	0.00	-2549.23	1.81	4722.67	4796.01	4722.67
16	3.10	100, 120	47.12	18.85	0.00	-2025.36	1.32	4722.67	4796.01	4722.67
17	3.30	100, 120	47.12	18.85	0.00	-2025.36	1.23	4796.01	4796.01	5397.34
18	3.45	100, 120	47.12	18.85	0.00	-2025.36	1.15	4796.01	4796.01	6296.89
19	3.60	100, 120	56.55	18.85	0.00	-2418.90	1.28	4796.01	4796.01	12593.79

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fl}	σ _c	τ _c	σ _{fl}	σ _{fs}
20	0.00	100, 120	18.85	18.85	0.005	0.000	0.334	-0.057
21	0.20	100, 120	18.85	18.85	0.030	0.000	-0.339	1.989
22	0.40	100, 120	18.85	18.85	0.110	0.000	-1.261	7.405
23	0.60	100, 120	18.85	18.85	0.244	0.000	-2.791	16.395
24	0.80	100, 120	18.85	18.85	0.424	0.000	-4.841	28.439
25	1.00	100, 120	18.85	18.85	0.655	0.000	-7.491	44.006
26	1.20	100, 120	18.85	18.85	0.937	0.000	-10.707	62.894
27	1.42	100, 120	21.99	28.27	1.161	0.000	-13.407	74.633
28	1.63	100, 120	21.99	18.85	1.613	0.000	-18.843	99.009
29	1.85	100, 120	21.99	18.85	2.058	0.000	-24.032	126.270
30	2.07	100, 120	50.27	18.85	1.883	0.000	-23.949	70.558
31	2.28	100, 120	50.27	18.85	2.291	0.000	-29.144	85.863
32	2.50	100, 120	59.69	28.27	2.526	0.000	-32.399	88.367
33	2.70	100, 120	59.69	18.85	3.071	0.000	-39.560	103.567
34	2.90	100, 120	59.69	18.85	3.428	0.000	-44.159	115.608
35	3.10	100, 120	47.12	18.85	4.033	0.000	-51.027	157.163
36	3.30	100, 120	47.12	18.85	4.280	0.000	-54.154	166.795
37	3.45	100, 120	47.12	18.85	4.634	0.000	-58.631	180.585
38	3.60	100, 120	56.55	18.85	4.790	0.000	-61.466	167.006

Inviluppo armature e tensioni piastre

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	176 di 257

X ascissa sezione espressa in [m]
A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u momento ultimo espresso in [kNm]
CS coefficiente sicurezza sezione

Piastra fondazione monte

Nr.	X	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS
1	-1.20	3.85	3.85	0.00	171.04	109.52
2	-0.93	3.85	3.85	0.00	-171.04	13.24
3	-0.67	3.85	3.85	0.00	171.04	7.67
4	-0.40	3.85	3.85	0.00	-171.04	3.63
5	-0.20	3.85	3.85	0.00	-171.04	2.36
6	0.00	3.85	3.85	0.00	-171.04	2.14
7	0.20	3.85	3.85	0.00	-171.04	2.36
8	0.40	3.85	3.85	0.00	-171.04	3.63
9	0.67	3.85	3.85	0.00	171.04	7.67
10	0.93	3.85	3.85	0.00	-171.04	13.24
11	1.20	3.85	3.85	0.00	171.04	109.52

Piastra fondazione valle

Nr.	X	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS
1	-1.20	3.85	3.85	0.00	171.04	151.93
2	-0.93	3.85	3.85	0.00	171.04	11.33
3	-0.67	3.85	3.85	0.00	-171.04	7.35
4	-0.40	3.85	3.85	0.00	-171.04	5.97

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
					IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	177 di 257
5	-0.20	3.85	3.85	0.00						
6	0.00	3.85	3.85	0.00						
7	0.20	3.85	3.85	0.00						
8	0.40	3.85	3.85	0.00						
9	0.67	3.85	3.85	0.00						
10	0.93	3.85	3.85	0.00						
11	1.20	3.85	3.85	0.00						

Inviluppo sollecitazioni nei pali e verifiche delle sezioni

Nr.	numero d'ordine della sezione a partire dall'attacco palo-fondazione
Y	ordinata della sezione a partire dall'attacco palo-fondazione positiva verso il basso (in [m])
M	momento flettente espresso in [kNm]
N	sforzo normale espresso in [kN]
T	taglio espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
T _u	taglio ultimo espresso in [kN]
CS	coefficiente di sicurezza

Inviluppo sollecitazioni fila di pali nr. 1

Nr.	Y	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax	Nmin	Nmax
1	0.00	0.0000	0.0000	278.8217	618.6766	-762.5726	153.3655
2	23.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	20.4933	589.5071

Inviluppo verifiche fila di pali nr. 1

Nr.	Y	A _r	M _u	N _u	T _u	CS
1	0.00	273.44	0.00	-10698.48	553.27	0.89
2	23.00	273.44	0.00	15335.43	564.45	26.01

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	178 di 257

Inviluppo sollecitazioni fila di pali nr. 2

Nr.	Y	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax	Nmin	Nmax
1	0.00	0.0000	0.0000	278.8217	618.6766	609.0203	756.1859
2	23.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-609.5009	64.6297

Inviluppo verifiche fila di pali nr. 2

Nr.	Y	A _r	M _u	N _u	T _u	CS
1	0.00	273.44	0.00	15335.43	642.76	1.04
2	23.00	273.44	0.00	-10698.48	553.27	17.55

Inviluppo sollecitazioni fila di pali nr. 3

Nr.	Y	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax	Nmin	Nmax
1	0.00	0.0000	0.0000	278.8217	618.6766	1211.8407	2264.6304
2	23.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-1493.8534	108.7660

Inviluppo verifiche fila di pali nr. 3

Nr.	Y	A _r	M _u	N _u	T _u	CS
1	0.00	273.44	0.00	15335.43	663.93	1.07
2	23.00	273.44	0.00	-10698.48	553.27	7.16

ALLEGATO 2

TABULATI DI CALCOLO MURO TIPO 5

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	180 di 257

Geometria muro e fondazione

Descrizione

Muro a gradoni in c.a.

Descrizione dei gradoni

Simbologia adottata

Nr.	numero d'ordine del gradone (a partire dall'alto)
Bs	base superiore del gradone espressa in [m]
Bi	base inferiore del gradone espressa in [m]
Hg	altezza del gradone espressa in [m]
α_e	inclinazione esterna del gradone espressa in [°]
α_i	inclinazione interna del gradone espressa in [°]

Nr.	Bs	Bi	Hg	α_e	α_i
1	0.40	0.40	1.50	0.00	0.00
2	0.65	0.65	1.50	0.00	0.00
3	0.90	0.90	2.00	0.00	0.00

Altezza del paramento 5.00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	1.20 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	1.90 [m]
Lunghezza totale fondazione	4.00 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	1.00 [m]
Spessore magrone	0.15 [m]

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	181 di 257

Descrizione pali di fondazione

Pali in c.a.

Numero di file di pali	2
Vincolo pali/fondazione	Cerniera
Tipo di portanza	Portanza laterale e portanza di punta

Simbologia adottata

N	numero d'ordine della fila
X	ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
nr.	Numero di pali della fila
D	diametro dei pali della fila espresso in [cm]
L	lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
alfa	inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
ALL	allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

N	X	Nr.	D	L	alfa	ALL
1	0.80	1	80.00	23.00	0.00	Centrati
2	3.20	1	80.00	23.00	0.00	Centrati

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	182 di 257

Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

Peso specifico	24.517 [kN/mc]
Classe di Resistenza	C28/35
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	35000 [kPa]
Modulo elastico E	32587986 [kPa]

Acciaio

Tipo	B450C
Tensione di snervamento σ_{fa}	449936 [kPa]

Calcestruzzo utilizzato per i pali

Classe di Resistenza	C25/30
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	30000 [kPa]
Modulo elastico E	31447048 [kPa]

Acciaio utilizzato per i pali

Tipo	B450C
Tensione ammissibile σ_{fa}	449936 [kPa]
Tensione di snervamento σ_{fa}	449936 [kPa]

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	183 di 257

N	X	Y	A
1	0.01	0.00	0.00
2	5.00	2.00	21.84
3	15.00	2.00	0.00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.00 [°]

Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0.00 [m]

Falda

Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione -5.00 [m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

Nr. Indice del terreno

Descrizione Descrizione terreno

γ Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]

γ_s Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]

ϕ Angolo d'attrito interno espresso in [°]

δ Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]

c Coesione espressa in [kPa]

c_a Adesione terra-muro espressa in [kPa]

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	184 di 257

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Rilevato	20.00	20.00	38.00	0.00	0.0	0.0
TGC2	18.50	18.50	35.00	31.00	0.0	0.0
MDL3	20.00	20.00	26.00	26.00	10.0	5.0
MDL1	20.00	20.00	39.00	34.00	0.0	0.0

Parametri medi

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Rilevato	20.00	20.00	40.00	25.00	0.0	0.0
TGC2	18.50	18.50	37.00	35.00	0.0	0.0
MDL3	20.00	20.00	28.00	28.00	20.0	10.0
MDL1	20.00	20.00	41.00	35.00	0.0	0.0

Parametri minimi

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Rilevato	20.00	20.00	40.00	10.00	0.0	0.0
TGC2	18.50	18.50	30.00	30.00	0.0	0.0
MDL3	20.00	20.00	23.00	23.00	10.0	5.0
MDL1	20.00	20.00	38.00	32.00	0.0	0.0

Stratigrafia

Simbologia adottata

N	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [°]
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	185 di 257

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	6.00	0.00	0.20	50.00	Rilevato
2	16.00	0.00	26.22	50.00	TGC2
3	1.00	0.00	15.92	50.00	MDL3
4	9.00	0.00	30.00	50.00	MDL1

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]

F_x Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]

F_y Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]

M Momento espresso in [kNm]

X_i Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]

X_f Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]

Q_i Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m]

Q_f Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN/m]

D/C Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (BALL+ARMAM)

D	Profilo	$X_i=5.00$	$X_f=15.00$	$Q_i=14.4000$	$Q_f=14.4000$
---	---------	------------	-------------	---------------	---------------

Condizione n° 2 (TRENO)

D	Profilo	$X_i=6.00$	$X_f=9.20$	$Q_i=50.0000$	$Q_f=50.0000$
---	---------	------------	------------	---------------	---------------

Condizione n° 3 (Doppio Treno)

D	Profilo	$X_i=6.00$	$X_f=9.20$	$Q_i=50.0000$	$Q_f=50.0000$
---	---------	------------	------------	---------------	---------------

D	Profilo	$X_i=10.20$	$X_f=13.40$	$Q_i=50.0000$	$Q_f=50.0000$
---	---------	-------------	-------------	---------------	---------------

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	186 di 257

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

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

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

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	1.30	1.00	1.30
BALL+ARMAM	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 2 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 3 - 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	1.30	1.00	1.30
BALL+ARMAM	SFAV	1.30	1.00	1.30
TRENO	SFAV	1.45	0.80	1.16

Combinazione n° 4 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

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

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	187 di 257

Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.25	0.80	1.00

Combinazione n° 5 - 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	1.30	1.00	1.30
BALL+ARMAM	SFAV	1.30	1.00	1.30
Doppio Treno	SFAV	1.45	1.00	1.45

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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
Doppio Treno	SFAV	1.25	1.00	1.25

Combinazione n° 7 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 - Caso A1-M1 (STR) - 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

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	188 di 257

BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
------------	------	------	------	------

Combinazione n° 9 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 12 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 13 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	189 di 257

	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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 14 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 15 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 16 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.80	0.80

Combinazione n° 17 - Rara (SLE)

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

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	190 di 257

Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	1.00	1.00

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	191 di 257

Impostazioni analisi pali

Numero elementi palo 1
Tipo carico palo Distribuito
Calcolo della portanza metodo di Berezantzev

Criterio di rottura del sistema terreno-palo

Pressione limite passiva con moltiplicatore pari a 1.00

Andamento pressione verticale

Geostatica

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali

Aggressive

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	192 di 257

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature

Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure

$w_1 = 0.10$

$w_2 = 0.15$

$w_3 = 0.20$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

Circ. Min. 252 (15/10/1996)

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara $\sigma_c < 0.55 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.75 f_{yk}$

Quasi permanente $\sigma_c < 0.40 f_{ck}$

Impostazioni avanzate

Terreno a monte a elevata permeabilità

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	193 di 257

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
CS_{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
CS_{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
CS_{QLM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
CS_{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{SCO}	CS_{RIB}	CS_{QLM}	CS_{STAB}
1	A1-M1 - [1]	--	--	--	--	--
2	STAB - [1]	--	--	--	--	2.90
3	A1-M1 - [2]	--	--	--	--	--
4	STAB - [2]	--	--	--	--	2.52
5	A1-M1 - [3]	--	--	--	--	--
6	STAB - [3]	--	--	--	--	2.45
7	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	--
8	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	--
9	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	2.09
10	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	2.19
11	A1-M1 - [5]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	--
12	A1-M1 - [5]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	--
13	STAB - [5]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	2.04
14	STAB - [5]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	2.14
15	SLEQ - [1]	--	--	--	--	--
16	SLEF - [1]	--	--	--	--	--
17	SLER - [1]	--	--	--	--	--

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	194 di 257

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo della stabilità globale	metodo di Bishop
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta a riposo

Sisma

Identificazione del sito

Latitudine	41.163611
Longitudine	14.505333
Comune	Melizzano
Provincia	Benevento
Regione	Campania
Punti di interpolazione del reticolo	31650 - 31872 - 31873 - 31651

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera ordinaria
---------------------	-----------------

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	195 di 257

Vita nominale	75 anni
Classe d'uso	III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose
Vita di riferimento	113 anni

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	2.57 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.33
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.62
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 21.56$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 10.78$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.00 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.50
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.00$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.00$

Forma diagramma incremento sismico	Rettangolare
------------------------------------	--------------

Partecipazione spinta passiva (percento)	0.0
Lunghezza del muro	2.40 [m]

Peso muro	180.8130 [kN]
Baricentro del muro	X=0.20 Y=-4.32

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 2.40 Y = -6.00
--------------------------------------	--------------------

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	196 di 257

Punto superiore superficie di spinta	X = 2.40	Y = 0.96
Altezza della superficie di spinta	6.96	[m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0.00	[°]

COMBINAZIONE n° 17

Valore della spinta statica	251.6365	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	251.6365	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	0.0000	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.40	[m]	Y = -3.33	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	0.00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58.44	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 2.40	[m]	Y = -6.00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	235.3942	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.35	[m]	Y = -2.11	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	251.6365	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	416.2072	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	416.2072	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	251.6365	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	1.16	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.52	[m]
Risultante in fondazione	486.3634	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	31.16	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	482.7046	[kNm]

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	197 di 257

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 17

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.25	2.4517	0.4137	3.3822
3	0.50	4.9034	1.7271	7.1925
4	0.75	7.3551	4.0419	11.3895
5	1.00	9.8068	7.4535	15.9663
6	1.25	12.2585	12.0567	20.9228
7	1.50	14.7102	17.9465	26.2591
8	1.50	22.4411	18.9804	27.2209
9	1.75	26.4251	26.5113	33.0892
10	2.00	30.4091	35.5567	39.3373
11	2.25	34.3931	46.2116	45.9651
12	2.50	38.3771	58.5709	52.9727
13	2.75	42.3611	72.7296	60.3600
14	3.00	46.3452	88.7825	68.1272
15	3.00	62.0766	92.1907	69.9549
16	3.25	67.5930	110.7092	78.2559
17	3.50	73.1093	131.3502	86.9348
18	3.75	78.6256	154.2083	95.9934
19	4.00	84.1419	179.3785	105.4318
20	4.25	89.6583	206.9558	115.2500
21	4.50	95.1746	237.0352	125.4480

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	198 di 257

22	4.75	100.6909	269.7115	136.0257
23	5.00	106.2072	305.0797	146.9832

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	199 di 257

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 17

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 2.40 Altezza(m) = 4.00

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M _{ymin}	M _{ymin}	T _{ymin}	T _{ymin}
1	0.00	-0.2249	0.1395	-7.7811	22.8586
2	0.13	-1.9600	5.0022	-42.1749	32.0948
3	0.27	-4.8269	9.2992	-83.9450	48.4191
4	0.40	-17.9950	15.5759	-92.1286	66.9910
5	0.53	-24.2148	24.2263	0.0000	108.9226
6	0.67	-13.2782	34.8559	0.0000	192.1721
7	0.80	0.0000	46.2493	0.0000	348.9887
8	0.93	0.0000	64.1384	0.0000	513.5169
9	1.07	0.0000	134.1115	-31.7532	752.7932
10	1.20	0.0000	245.6741	-33.0549	946.1771
11	2.10	-243.1306	0.0000	-255.0665	0.0000
12	2.24	-208.8726	0.0000	-237.0272	0.0000
13	2.38	-177.2729	0.0000	-217.2777	0.0000
14	2.52	-148.2535	0.0000	-198.5618	0.0000
15	2.66	-121.8032	0.0000	-180.0324	0.0000
16	2.80	-98.2258	0.0000	-161.6696	0.0000
17	2.93	-78.2454	0.0000	-144.1586	0.0000
18	3.07	-60.4052	0.0000	-126.7738	0.0000

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	200 di 257

19	3.20	-44.7668	0.0000	-109.5918	0.0000
20	3.33	-31.3776	0.0000	-92.8315	0.0000
21	3.47	-20.2385	0.0000	-76.2556	0.0000
22	3.60	-11.3240	0.0000	-59.7132	0.0000
23	3.73	-4.8952	0.0000	-39.7233	0.0000
24	3.87	-1.0973	0.0000	-19.9566	0.0000
25	4.00	0.0000	0.2128	-0.9231	0.0000

Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M _{xmin}	M _{xmax}	T _{xmin}	T _{xmax}
1	0.00	-0.1882	0.8635	-2.2751	99.9162
2	0.27	-0.7199	8.2686	-42.3207	127.0008
3	0.53	-1.8723	9.5835	-130.2581	160.1875
4	0.80	-19.7316	1.7296	-264.4391	158.9613
5	1.00	-34.3589	0.0000	-102.9454	154.7586
6	1.20	-39.4475	0.0000	-58.4372	58.4372
7	1.40	-34.3589	0.0000	-154.7586	102.9454
8	1.60	-19.7316	1.7296	-158.9613	264.4391
9	1.87	-1.8723	9.5835	-160.1875	130.2581
10	2.13	-0.7199	8.2686	-127.0008	42.3207
11	2.40	-0.1882	0.8635	-99.9162	2.2751

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 17

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_s area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	201 di 257

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]

τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]

σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]

σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0.00	100, 40	15.71	15.71	0	0	0	0
2	0.25	100, 40	15.71	15.71	22	11	207	-254
3	0.50	100, 40	15.71	15.71	94	24	2067	-918
4	0.75	100, 40	15.71	15.71	220	38	5988	-1971
5	1.00	100, 40	15.71	15.71	403	54	12137	-3449
6	1.25	100, 40	15.71	15.71	649	70	20705	-5386
7	1.50	100, 40	15.71	15.71	963	88	31882	-7821
8	1.50	100, 65	31.42	15.71	350	53	8101	-4144
9	1.75	100, 65	31.42	15.71	485	65	11956	-5675
10	2.00	100, 65	31.42	15.71	646	77	16702	-7488
11	2.25	100, 65	31.42	15.71	834	90	22396	-9601
12	2.50	100, 65	31.42	15.71	1051	104	29093	-12032
13	2.75	100, 65	31.42	15.71	1300	118	36848	-14798
14	3.00	100, 65	31.42	15.71	1580	134	45719	-17916
15	3.00	100, 90	31.42	15.71	961	97	29151	-11847
16	3.25	100, 90	31.42	15.71	1149	108	35928	-14107
17	3.50	100, 90	31.42	15.71	1358	120	43573	-16612
18	3.75	100, 90	31.42	15.71	1589	133	52126	-19370
19	4.00	100, 90	31.42	15.71	1843	146	61624	-22394
20	4.25	100, 90	31.42	15.71	2120	160	72106	-25693
21	4.50	100, 90	31.42	15.71	2422	174	83612	-29279
22	4.75	100, 90	31.42	15.71	2750	188	96179	-33163
23	5.00	100, 90	31.42	15.71	3104	203	109848	-37355

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	202 di 257

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 17

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kPa]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 100	31.42	31.42	2	11	50	81
2	0.13	100, 100	31.42	31.42	38	18	1808	708
3	0.27	100, 100	31.42	31.42	70	-33	3361	1745
4	0.40	100, 100	31.42	31.42	136	54	5630	6504
5	0.53	100, 100	31.42	31.42	183	74	8757	8753
6	0.67	100, 100	31.42	31.42	264	162	12599	4799
7	0.80	100, 100	31.42	31.42	350	246	16717	-4089
8	0.93	100, 100	31.42	31.42	485	327	23183	-5671
9	1.07	100, 100	31.42	31.42	1014	423	48475	-11858
10	1.20	100, 100	31.42	31.42	1858	574	88800	-21723

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	203 di 257

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 100	31.42	31.42	2	-1	77	-19
2	0.13	100, 100	31.42	31.42	8	-23	-97	397
3	0.27	100, 100	31.42	31.42	37	-47	-433	1769
4	0.40	100, 100	31.42	31.42	86	-70	-1001	4093
5	0.53	100, 100	31.42	31.42	153	-92	-1790	7315
6	0.67	100, 100	31.42	31.42	237	-113	-2774	11342
7	0.80	100, 100	31.42	31.42	338	-135	-3958	16181
8	0.93	100, 100	31.42	31.42	457	-156	-5341	21834
9	1.07	100, 100	31.42	31.42	592	-177	-6919	28282
10	1.20	100, 100	31.42	31.42	743	-197	-8685	35504
11	1.34	100, 100	31.42	31.42	921	-221	-10770	44026
12	1.48	100, 100	31.42	31.42	1121	-244	-13109	53587
13	1.62	100, 100	31.42	31.42	1340	-267	-15675	64076
14	1.76	100, 100	31.42	31.42	1579	-289	-18469	75498
15	1.90	100, 100	31.42	31.42	1838	-312	-21498	87880

Armature e tensioni piastre

Combinazione n° 17

X ascissa sezione espressa in [m]
A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	204 di 257

N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M_u momento ultimo espresso in [kNm]

CS coefficiente sicurezza sezione

Piastra fondazione monte

Nr.	X	A_{fs}	A_{fi}	σ_{fs}	σ_{fi}	σ_c	τ_c
1	-1.20	3.85	3.85	-133	2447	18	-1
2	-0.93	3.85	3.85	186	2340	18	-2
3	-0.67	3.85	3.85	109	1476	11	-2
4	-0.40	3.85	3.85	1957	411	15	-3
5	-0.20	3.85	3.85	3531	-192	27	-2
6	0.00	3.85	3.85	3988	-217	30	-1
7	0.20	3.85	3.85	3531	-192	27	2
8	0.40	3.85	3.85	1957	411	15	3
9	0.67	3.85	3.85	109	1476	11	2
10	0.93	3.85	3.85	186	2340	18	2
11	1.20	3.85	3.85	-133	2447	18	1

Piastra fondazione valle

Nr.	X	A_{fs}	A_{fi}	σ_{fs}	σ_{fi}	σ_c	τ_c
1	-1.20	3.85	3.85	533	2072	16	53
2	-0.93	3.85	3.85	2040	23434	177	59
3	-0.67	3.85	3.85	5306	27161	205	116
4	-0.40	3.85	3.85	55921	4902	422	-123
5	-0.20	3.85	3.85	97376	-5308	734	71
6	0.00	3.85	3.85	111798	-6094	843	-43
7	0.20	3.85	3.85	97376	-5308	734	-71
8	0.40	3.85	3.85	55921	4902	422	123
9	0.67	3.85	3.85	5306	27161	205	-116

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA IF0H	LOTTO 12 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI040 5001	REV. A	FOGLIO 205 di 257
--	------------------	------------------	----------------	-------------------------	-----------	----------------------

10	0.93	3.85	3.85	2040	23434	177	-59
11	1.20	3.85	3.85	533	2072	16	-53

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 17

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M_{pf} Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kNm]

ϵ_m deformazione media espressa in [%]

s_m Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ϵ_m	s_m	w
1	0.00	15.71	15.71	-47.52	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	0.25	15.71	15.71	-47.52	-0.41	0.0000	0.00	0.000
3	0.50	15.71	15.71	-47.52	-1.73	0.0000	0.00	0.000
4	0.75	15.71	15.71	-47.52	-4.04	0.0000	0.00	0.000
5	1.00	15.71	15.71	-47.52	-7.45	0.0000	0.00	0.000
6	1.25	15.71	15.71	-47.52	-12.06	0.0000	0.00	0.000
7	1.50	15.71	15.71	-47.52	-17.95	0.0000	0.00	0.000
8	1.50	31.42	15.71	-131.57	-18.98	0.0000	0.00	0.000
9	1.75	31.42	15.71	-131.57	-26.51	0.0000	0.00	0.000
10	2.00	31.42	15.71	-131.57	-35.56	0.0000	0.00	0.000
11	2.25	31.42	15.71	-131.57	-46.21	0.0000	0.00	0.000
12	2.50	31.42	15.71	-131.57	-58.57	0.0000	0.00	0.000
13	2.75	31.42	15.71	-131.57	-72.73	0.0000	0.00	0.000
14	3.00	31.42	15.71	-131.57	-88.78	0.0000	0.00	0.000

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
				IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	206 di 257
15	3.00	31.42	15.71	-243.41	-92.19	0.0000	0.00	0.000	
16	3.25	31.42	15.71	-243.41	-110.71	0.0000	0.00	0.000	
17	3.50	31.42	15.71	-243.41	-131.35	0.0000	0.00	0.000	
18	3.75	31.42	15.71	-243.41	-154.21	0.0000	0.00	0.000	
19	4.00	31.42	15.71	-243.41	-179.38	0.0000	0.00	0.000	
20	4.25	31.42	15.71	-243.41	-206.96	0.0000	0.00	0.000	
21	4.50	31.42	15.71	-243.41	-237.04	0.0000	0.00	0.000	
22	4.75	31.42	15.71	-243.41	-269.71	0.0280	135.34	0.064	
23	5.00	31.42	15.71	-243.41	-305.08	0.0325	135.34	0.075	

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A _{fs}	A _{fi}	M _{pr}	M	ε _m	s _m	w
1	-1.60	31.42	31.42	-301.05	-0.22	0.0000	0.00	0.000
2	-1.47	31.42	31.42	301.05	5.00	0.0000	0.00	0.000
3	-1.33	31.42	31.42	301.05	9.30	0.0000	0.00	0.000
4	-1.20	31.42	31.42	-301.05	-17.99	0.0000	0.00	0.000
5	-1.07	31.42	31.42	301.05	24.23	0.0000	0.00	0.000
6	-0.93	31.42	31.42	301.05	34.86	0.0000	0.00	0.000
7	-0.80	31.42	31.42	301.05	46.25	0.0000	0.00	0.000
8	-0.67	31.42	31.42	301.05	64.14	0.0000	0.00	0.000
9	-0.53	31.42	31.42	301.05	134.11	0.0000	0.00	0.000
10	-0.40	31.42	31.42	301.05	245.67	0.0000	0.00	0.000
11	0.50	31.42	31.42	-301.05	-243.13	0.0000	0.00	0.000
12	0.64	31.42	31.42	-301.05	-208.87	0.0000	0.00	0.000
13	0.78	31.42	31.42	-301.05	-177.27	0.0000	0.00	0.000
14	0.92	31.42	31.42	-301.05	-148.25	0.0000	0.00	0.000
15	1.06	31.42	31.42	-301.05	-121.80	0.0000	0.00	0.000
16	1.20	31.42	31.42	-301.05	-98.23	0.0000	0.00	0.000
17	1.33	31.42	31.42	-301.05	-78.25	0.0000	0.00	0.000
18	1.47	31.42	31.42	-301.05	-60.41	0.0000	0.00	0.000
19	1.60	31.42	31.42	-301.05	-44.77	0.0000	0.00	0.000

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
				IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	207 di 257
20	1.73	31.42	31.42	-301.05	-31.38	0.0000	0.00	0.000	
21	1.87	31.42	31.42	-301.05	-20.24	0.0000	0.00	0.000	
22	2.00	31.42	31.42	-301.05	-11.32	0.0000	0.00	0.000	
23	2.13	31.42	31.42	-301.05	-4.90	0.0000	0.00	0.000	
24	2.27	31.42	31.42	-301.05	-1.10	0.0000	0.00	0.000	
25	2.40	31.42	31.42	301.05	0.21	0.0000	0.00	0.000	

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	208 di 257

Analisi dei pali

Combinazione n° 17

Risultanti sulla base della fondazione (per metro lineare di muro)

Orizzontale [kN] 251.636
 Verticale [kN] 416.207
 Momento [kNm] -482.705

Spostamenti della piastra di fondazione

Orizzontale [cm] 0.01277
 Verticale [cm] 0.07567
 Rotazione [°] -0.03492

Scarichi in testa ai pali

Fila nr.	N.pali	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	1	16.74	301.96	0.00
2	1	982.15	301.96	0.00

Sollecitazioni nei pali e verifiche delle sezioni

Combinazione n° 17

Nr. numero d'ordine della sezione a partire dall'attacco palo-fondazione
 Y ordinata della sezione a partire dall'attacco palo-fondazione positiva verso il basso (in [m])
 M momento flettente espresso in [kNm]
 N sforzo normale espresso in [kN]

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	209 di 257

T taglio espresso in [kN]
 A_f area di armatura espressa in [cmq]
 σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
 σ_f tensione nell'acciaio espressa in [kPa]
 τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
 σ_{sar} tensione nelle staffe espressa in [kPa]

Sollecitazioni e tensioni per la fila di pali nr. 1

Nr.	Y	M	N	T	A_f	σ_c	σ_f
1	0.00	0.00	16.74	301.96	273.44	18	275
2	23.00	0.00	20.08	0.00	273.44	22	330

Sollecitazioni e tensioni per la fila di pali nr. 2

Nr.	Y	M	N	T	A_f	σ_c	σ_f
1	0.00	0.00	982.15	301.96	273.44	1076	16139
2	23.00	0.00	84.67	0.00	273.44	93	1391

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	210 di 257

Inviluppo Sollecitazioni paramento

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kNm]

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.25	2.4517	2.4517	0.4182	1.2078	3.4374	9.7350
3	0.50	4.9034	4.9034	1.7642	4.9035	7.4168	19.8981
4	0.75	7.3551	7.3551	4.1681	11.1888	11.8968	30.4479
5	1.00	9.8068	9.8068	7.7537	20.1590	16.8705	41.3774
6	1.25	12.2585	12.2585	12.6444	31.9091	22.3379	52.6867
7	1.50	14.7102	14.7102	18.9638	46.5341	28.2990	64.3758
8	1.50	22.4411	24.7603	19.7359	47.5680	29.5345	65.3376
9	1.75	26.4251	28.7443	27.9408	65.4634	36.1872	77.8891
10	2.00	30.4091	32.7284	37.8706	86.5442	43.3336	90.8203
11	2.25	34.3931	36.7124	49.6487	110.9052	50.9736	104.1312
12	2.50	38.3771	40.6964	63.3986	138.6414	59.1074	117.8220
13	2.75	42.3611	44.6804	79.2436	169.8478	67.7349	131.8925
14	3.00	46.3452	48.6644	97.3072	204.6193	76.8561	146.3427
15	3.00	62.0766	69.1153	100.2897	208.0275	79.2321	148.1705
16	3.25	67.5930	74.6316	121.3145	246.9766	89.0473	163.4850
17	3.50	73.1093	80.1480	144.8544	289.8015	99.3538	179.1774
18	3.75	78.6256	85.6643	171.0325	336.5969	110.1539	195.2495
19	4.00	84.1419	91.1806	199.9725	387.4579	121.4478	211.7014
20	4.25	89.6583	96.6970	231.7976	442.4793	133.2353	228.5331
21	4.50	95.1746	102.2133	266.6313	501.7561	145.5166	245.7446

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA IF0H	LOTTO 12 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI040 5001	REV. A	FOGLIO 211 di 257
--	------------------	------------------	----------------	-------------------------	-----------	----------------------

22	4.75	100.6909	107.7296	304.5970	565.3833	158.2915	263.3358
23	5.00	106.2072	113.2459	345.8182	633.4557	171.5602	281.3068

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.25	2.4517	2.4517	0.4137	0.4137	3.3822	3.3822
3	0.50	4.9034	4.9034	1.7271	1.7271	7.1925	7.1925
4	0.75	7.3551	7.3551	4.0419	4.0419	11.3895	11.3895
5	1.00	9.8068	9.8068	7.4535	7.4535	15.9663	15.9663
6	1.25	12.2585	12.2585	12.0567	12.0567	20.9228	20.9228
7	1.50	14.7102	14.7102	17.9465	17.9465	26.2591	26.2591
8	1.50	22.4411	22.4411	18.9804	18.9804	27.2209	27.2209
9	1.75	26.4251	26.4251	26.5113	26.5113	33.0892	33.0892
10	2.00	30.4091	30.4091	35.5567	35.5567	39.3373	39.3373
11	2.25	34.3931	34.3931	46.2116	46.2116	45.9651	45.9651
12	2.50	38.3771	38.3771	58.5709	58.5709	52.9727	52.9727
13	2.75	42.3611	42.3611	72.7296	72.7296	60.3600	60.3600
14	3.00	46.3452	46.3452	88.7825	88.7825	68.1272	68.1272
15	3.00	62.0766	62.0766	92.1907	92.1907	69.9549	69.9549
16	3.25	67.5930	67.5930	110.7092	110.7092	78.2559	78.2559
17	3.50	73.1093	73.1093	131.3502	131.3502	86.9348	86.9348
18	3.75	78.6256	78.6256	154.2083	154.2083	95.9934	95.9934
19	4.00	84.1419	84.1419	179.3785	179.3785	105.4318	105.4318
20	4.25	89.6583	89.6583	206.9558	206.9558	115.2500	115.2500
21	4.50	95.1746	95.1746	237.0352	237.0352	125.4480	125.4480
22	4.75	100.6909	100.6909	269.7115	269.7115	136.0257	136.0257
23	5.00	106.2072	106.2072	305.0797	305.0797	146.9832	146.9832

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	212 di 257

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ _c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ _c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ _{fs}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]
σ _{fi}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VR _{cd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VR _{sd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VR _d	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 40	15.71	15.71	0.00	0.00	1000.00	174.83	--	--
2	0.25	100, 40	15.71	15.71	588.32	-289.83	239.96	175.15	--	--
3	0.50	100, 40	15.71	15.71	237.01	-237.02	48.34	175.47	--	--
4	0.75	100, 40	15.71	15.71	146.90	-223.47	19.97	175.79	--	--
5	1.00	100, 40	15.71	15.71	105.70	-217.27	10.78	176.12	--	--
6	1.25	100, 40	15.71	15.71	82.11	-213.73	6.70	176.44	--	--
7	1.50	100, 40	15.71	15.71	66.84	-211.43	4.54	176.76	--	--
8	1.50	100, 65	31.42	15.71	368.92	-782.00	16.44	286.85	--	--
9	1.75	100, 65	31.42	15.71	309.80	-767.47	11.72	287.40	--	--
10	2.00	100, 65	31.42	15.71	265.87	-756.67	8.74	287.95	--	--
11	2.25	100, 65	31.42	15.71	232.08	-748.37	6.75	288.51	--	--
12	2.50	100, 65	31.42	15.71	205.34	-741.80	5.35	289.06	--	--

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
					IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	213 di 257
13	2.75	100,65	31.42	15.71	183.68	-736.48	4.34	289.61	--	--
14	3.00	100,65	31.42	15.71	165.81	-732.09	3.58	290.16	--	--
15	3.00	100,90	31.42	15.71	332.11	-1112.95	5.35	346.38	--	--
16	3.25	100,90	31.42	15.71	301.61	-1102.05	4.46	347.16	--	--
17	3.50	100,90	31.42	15.71	275.68	-1092.78	3.77	347.94	--	--
18	3.75	100,90	31.42	15.71	253.40	-1084.82	3.22	348.72	--	--
19	4.00	100,90	31.42	15.71	234.08	-1077.91	2.78	349.51	--	--
20	4.25	100,90	31.42	15.71	217.19	-1071.88	2.42	350.29	--	--
21	4.50	100,90	31.42	15.71	202.31	-1066.56	2.13	351.07	--	--
22	4.75	100,90	31.42	15.71	189.11	-1061.84	1.88	351.85	--	--
23	5.00	100,90	31.42	15.71	177.33	-1057.63	1.67	352.63	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fl}	σ _c	τ _c	σ _{fs}	σ _{fl}
1	0.00	100,40	15.71	15.71	0	0	0	0
2	0.25	100,40	15.71	15.71	22	11	207	-254
3	0.50	100,40	15.71	15.71	94	24	2067	-918
4	0.75	100,40	15.71	15.71	220	38	5988	-1971
5	1.00	100,40	15.71	15.71	403	54	12137	-3449
6	1.25	100,40	15.71	15.71	649	70	20705	-5386
7	1.50	100,40	15.71	15.71	963	88	31882	-7821
8	1.50	100,65	31.42	15.71	350	53	8101	-4144
9	1.75	100,65	31.42	15.71	485	65	11956	-5675
10	2.00	100,65	31.42	15.71	646	77	16702	-7488
11	2.25	100,65	31.42	15.71	834	90	22396	-9601
12	2.50	100,65	31.42	15.71	1051	104	29093	-12032
13	2.75	100,65	31.42	15.71	1300	118	36848	-14798
14	3.00	100,65	31.42	15.71	1580	134	45719	-17916
15	3.00	100,90	31.42	15.71	961	97	29151	-11847
16	3.25	100,90	31.42	15.71	1149	108	35928	-14107
17	3.50	100,90	31.42	15.71	1358	120	43573	-16612
18	3.75	100,90	31.42	15.71	1589	133	52126	-19370
19	4.00	100,90	31.42	15.71	1843	146	61624	-22394

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	214 di 257

20	4.25	100,90	31.42	15.71	2120	160	72106	-25693
21	4.50	100,90	31.42	15.71	2422	174	83612	-29279
22	4.75	100,90	31.42	15.71	2750	188	96179	-33163
23	5.00	100,90	31.42	15.71	3104	203	109848	-37355

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	215 di 257

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kPa]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V_{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V_{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	2454.11	356.09	--	--
2	0.13	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	116.69	356.09	--	--
3	0.27	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	61.29	356.09	--	--
4	0.40	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	34.78	356.09	--	--
5	0.53	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	23.00	356.09	--	--
6	0.67	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	15.90	356.09	--	--
7	0.80	100, 100	31.42	31.42	0.00	1117.30	11.91	356.09	--	--

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	216 di 257

8	0.93	100, 100	31.42	31.42	0.00	1117.30	8.60	356.09	--	--
9	1.07	100, 100	31.42	31.42	0.00	1117.30	4.23	356.09	--	--
10	1.20	100, 100	31.42	31.42	0.00	1117.30	2.34	356.09	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
11	0.00	100, 100	31.42	31.42	2	11	50	81
12	0.13	100, 100	31.42	31.42	38	18	1808	708
13	0.27	100, 100	31.42	31.42	70	32	3361	1745
14	0.40	100, 100	31.42	31.42	136	54	5630	6504
15	0.53	100, 100	31.42	31.42	183	74	8757	8753
16	0.67	100, 100	31.42	31.42	264	162	12599	4799
17	0.80	100, 100	31.42	31.42	350	246	16717	-4089
18	0.93	100, 100	31.42	31.42	485	327	23183	-5671
19	1.07	100, 100	31.42	31.42	1014	423	48475	-11858
20	1.20	100, 100	31.42	31.42	1858	574	88800	-21723

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 100	31.42	31.42	0.00	1117.30	1000.00	356.09	--	--
2	0.13	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	319.29	356.09	--	--
3	0.27	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	117.17	356.09	--	--
4	0.40	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	50.17	356.09	--	--
5	0.53	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	27.13	356.09	--	--
6	0.67	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	16.77	356.09	--	--
7	0.80	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	11.30	356.09	--	--
8	0.93	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	8.11	356.09	--	--

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	217 di 257

9	1.07	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	6.10	356.09	--	--
10	1.20	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	4.78	356.09	--	--
11	1.34	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	3.79	356.09	--	--
12	1.48	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	3.00	356.09	--	--
13	1.62	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	2.46	356.09	--	--
14	1.76	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	2.06	356.09	--	--
15	1.90	100, 100	31.42	31.42	0.00	-1117.30	1.74	356.09	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
16	0.00	100, 100	31.42	31.42	2	0	77	-19
17	0.13	100, 100	31.42	31.42	9	0	-102	415
18	0.27	100, 100	31.42	31.42	37	0	-438	1792
19	0.40	100, 100	31.42	31.42	88	0	-1025	4191
20	0.53	100, 100	31.42	31.42	156	0	-1827	7467
21	0.67	100, 100	31.42	31.42	239	0	-2794	11421
22	0.80	100, 100	31.42	31.42	338	0	-3958	16181
23	0.93	100, 100	31.42	31.42	457	0	-5341	21834
24	1.07	100, 100	31.42	31.42	592	0	-6919	28282
25	1.20	100, 100	31.42	31.42	743	0	-8685	35504
26	1.34	100, 100	31.42	31.42	921	0	-10770	44026
27	1.48	100, 100	31.42	31.42	1121	0	-13109	53587
28	1.62	100, 100	31.42	31.42	1340	0	-15675	64076
29	1.76	100, 100	31.42	31.42	1579	0	-18469	75498
30	1.90	100, 100	31.42	31.42	1838	0	-21498	87880

Inviluppo armature e tensioni piastre

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	218 di 257

X ascissa sezione espressa in [m]
 A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
 A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
 N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]
 M_u momento ultimo espresso in [kNm]
 CS coefficiente sicurezza sezione

Piastra fondazione monte

Nr.	X	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS
1	-1.20	3.85	3.85	0.00	141.03	131.25
2	-0.93	3.85	3.85	0.00	141.03	21.85
3	-0.67	3.85	3.85	0.00	141.03	9.03
4	-0.40	3.85	3.85	0.00	141.03	3.81
5	-0.20	3.85	3.85	0.00	141.03	2.39
6	0.00	3.85	3.85	0.00	141.03	2.14
7	0.20	3.85	3.85	0.00	141.03	2.39
8	0.40	3.85	3.85	0.00	141.03	3.81
9	0.67	3.85	3.85	0.00	141.03	9.03
10	0.93	3.85	3.85	0.00	141.03	21.85
11	1.20	3.85	3.85	0.00	141.03	131.25

Piastra fondazione valle

Nr.	X	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS
1	-1.20	3.85	3.85	0.00	141.03	112.10
2	-0.93	3.85	3.85	0.00	141.03	9.12
3	-0.67	3.85	3.85	0.00	-141.03	7.85
4	-0.40	3.85	3.85	0.00	-141.03	3.80
5	-0.20	3.85	3.85	0.00	-141.03	2.18
6	0.00	3.85	3.85	0.00	-141.03	1.90

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	219 di 257

7	0.20	3.85	3.85	0.00	-141.03	2.18
8	0.40	3.85	3.85	0.00	-141.03	3.80
9	0.67	3.85	3.85	0.00	-141.03	7.85
10	0.93	3.85	3.85	0.00	141.03	9.12
11	1.20	3.85	3.85	0.00	141.03	112.10

Inviluppo sollecitazioni nei pali e verifiche delle sezioni

Nr.	numero d'ordine della sezione a partire dall'attacco palo-fondazione
Y	ordinata della sezione a partire dall'attacco palo-fondazione positiva verso il basso (in [m])
M	momento flettente espresso in [kNm]
N	sforzo normale espresso in [kN]
T	taglio espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
T _u	taglio ultimo espresso in [kN]
CS	coefficiente di sicurezza

Inviluppo sollecitazioni fila di pali nr. 1

Nr.	Y	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax	Nmin	Nmax
1	0.00	0.0000	0.0000	277.2602	591.3922	-739.1032	39.6845
2	23.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	20.0829	346.9563

Inviluppo verifiche fila di pali nr. 1

Nr.	Y	A _r	M _u	N _u	T _u	CS
1	0.00	273.44	0.00	-10698.48	564.17	0.95
2	23.00	273.44	0.00	15426.78	601.29	44.46

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	220 di 257

Inviluppo sollecitazioni fila di pali nr. 2

Nr.	Y	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax	Nmin	Nmax
1	0.00	0.0000	0.0000	277.2602	591.3922	959.2127	1845.6789
2	23.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-1248.2356	84.6699

Inviluppo verifiche fila di pali nr. 2

Nr.	Y	A _r	M _u	N _u	T _u	CS
1	0.00	273.44	0.00	15426.78	677.00	1.14
2	23.00	273.44	0.00	-10698.48	564.17	8.57

ALLEGATO 3

TABULATI DI CALCOLO MURO TIPO 4

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	222 di 257

Geometria muro e fondazione

Descrizione

Muro a gradoni in c.a.

Descrizione dei gradoni

Simbologia adottata

Nr.	numero d'ordine del gradone (a partire dall'alto)
Bs	base superiore del gradone espressa in [m]
Bi	base inferiore del gradone espressa in [m]
Hg	altezza del gradone espressa in [m]
α_e	inclinazione esterna del gradone espressa in [°]
α_i	inclinazione interna del gradone espressa in [°]

Nr.	Bs	Bi	Hg	α_e	α_i
1	0.40	0.40	1.50	0.00	0.00
2	0.70	0.70	2.50	0.00	0.00

Altezza del paramento 4.00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	1.00 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	2.80 [m]
Lunghezza totale fondazione	4.50 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.80 [m]
Spessore magrone	0.15 [m]

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	223 di 257

Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

Peso specifico	24.517 [kN/mc]
Classe di Resistenza	C28/35
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	35.00 [MPa]
Modulo elastico E	32587.986 [MPa]

Acciaio

Tipo	B450C
Tensione di snervamento σ_{fa}	449.94 [MPa]

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	0.01	0.00	0.00
2	10.00	4.50	24.25
3	20.00	4.50	0.00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.00 [°]

Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0.30 [m]

Muro di sottoscampa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	224 di 257

Falda

Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione -5.00 [m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

Nr. Indice del terreno

Descrizione Descrizione terreno

γ Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
 γ_s Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
 ϕ Angolo d'attrito interno espresso in [°]
 δ Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
 c Coesione espressa in [MPa]
 c_a Adesione terra-muro espressa in [MPa]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Rilevato	20.00	20.00	38.00	0.00	0.0000	0.0000
Fondazione	18.50	18.50	35.00	31.00	0.0000	0.0000

Stratigrafia

Simbologia adottata

N Indice dello strato

H Spessore dello strato espresso in [m]

a Inclinazione espressa in [°]

K_w Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm

K_s Coefficiente di spinta

Terreno Terreno dello strato

Nr.	H	a	K_w	K_s	Terreno
1	4.80	0.00	0.20	50.00	Rilevato
2	6.70	0.00	8.23	50.00	Fondazione

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	225 di 257

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F_x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F_y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X_i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X_f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q_i	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m]
Q_f	Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN/m]
D/C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (BALL+ARMAM)

D	Profilo	$X_i=10.00$	$X_f=20.00$	$Q_i=14.4000$	$Q_f=14.4000$
---	---------	-------------	-------------	---------------	---------------

Condizione n° 2 (TRENO)

D	Profilo	$X_i=11.00$	$X_f=14.20$	$Q_i=50.0000$	$Q_f=50.0000$
---	---------	-------------	-------------	---------------	---------------

Condizione n° 3 (Doppio Treno)

D	Profilo	$X_i=11.00$	$X_f=14.20$	$Q_i=50.0000$	$Q_f=50.0000$
---	---------	-------------	-------------	---------------	---------------

D	Profilo	$X_i=16.00$	$X_f=19.20$	$Q_i=50.0000$	$Q_f=50.0000$
---	---------	-------------	-------------	---------------	---------------

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	226 di 257

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

F/S	Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
γ	Coefficiente di partecipazione della condizione
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	1.30	1.00	1.30
BALL+ARMAM	SFAV	1.30	1.00	1.30

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	1.10	1.00	1.10
BALL+ARMAM	SFAV	1.10	1.00	1.10

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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA IF0H	LOTTO 12 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI040 5001	REV. A	FOGLIO 227 di 257
--	------------------	------------------	----------------	-------------------------	-----------	----------------------

Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
BALL+ARMAM	SFAV	1.30	1.00	1.30
TRENO	SFAV	1.45	0.80	1.16

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
BALL+ARMAM	SFAV	1.10	1.00	1.10
TRENO	SFAV	1.45	0.80	1.16

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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.25	0.80	1.00

Combinazione n° 7 - 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	1.30	1.00	1.30
BALL+ARMAM	SFAV	1.30	1.00	1.30
Doppio Treno	SFAV	1.45	1.00	1.45

Combinazione n° 8 - 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

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	228 di 257

Spinta terreno	SFAV	1.10	1.00	1.10
BALL+ARMAM	SFAV	1.10	1.00	1.10
Doppio Treno	SFAV	1.45	1.00	1.45

Combinazione n° 9 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
Doppio Treno	SFAV	1.25	1.00	1.25

Combinazione n° 10 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 - Caso A1-M1 (STR) - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 12 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	229 di 257

Combinazione n° 13 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 14 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 15 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 16 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 17 - 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

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	230 di 257

Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 18 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 19 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 20 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 21 - 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

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	231 di 257

BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 22 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 23 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	0.80	0.80

Combinazione n° 24 - 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
BALL+ARMAM	SFAV	1.00	1.00	1.00
TRENO	SFAV	1.00	1.00	1.00

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	232 di 257

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Aggressive

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure $w_1 = 0.10$

$w_2 = 0.15$

$w_3 = 0.20$

Metodo di calcolo aperture delle fessure Circ. Min. 252 (15/10/1996)

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico Rara $\sigma_c < 0.55 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.75 f_{yk}$

Quasi permanente $\sigma_c < 0.40 f_{ck}$

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1.00

Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1.00

Impostazioni avanzate

Terreno a monte a elevata permeabilità

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	233 di 257

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS_{SCO}</i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS_{RIB}</i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<i>CS_{QLM}</i>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<i>CS_{STAB}</i>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{SCO}	CS_{RIB}	CS_{QLM}	CS_{STAB}
1	A1-M1 - [1]	--	1.61	--	6.67	--
2	EQU - [1]	--	--	2.65	--	--
3	STAB - [1]	--	--	--	--	1.64
4	A1-M1 - [2]	--	1.61	--	6.67	--
5	EQU - [2]	--	--	2.63	--	--
6	STAB - [2]	--	--	--	--	1.64
7	A1-M1 - [3]	--	1.61	--	6.67	--
8	EQU - [3]	--	--	2.61	--	--
9	STAB - [3]	--	--	--	--	1.64
10	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	1.16	--	3.47	--
11	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	1.22	--	3.53	--
12	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	1.78	--	--
13	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	1.96	--	--
14	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1.37
15	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1.35
16	A1-M1 - [5]	Orizzontale + Verticale positivo	1.22	--	3.53	--
17	A1-M1 - [5]	Orizzontale + Verticale negativo	1.15	--	3.46	--
18	EQU - [5]	Orizzontale + Verticale negativo	--	1.76	--	--
19	EQU - [5]	Orizzontale + Verticale positivo	--	1.93	--	--
20	STAB - [5]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1.37
21	STAB - [5]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1.35
22	SLEQ - [1]	--	2.09	--	9.84	--
23	SLEF - [1]	--	2.09	--	9.84	--

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	234 di 257

24 SLER - [1] -- 2.09 -- 9.84 --

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Meyerhof
Calcolo della stabilità globale	metodo di Bishop
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Identificazione del sito

Latitudine	41.163611
Longitudine	14.505333
Comune	Melizzano
Provincia	Benevento
Regione	Campania
Punti di interpolazione del reticolo	31650 - 31872 - 31873 - 31651

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	235 di 257

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera ordinaria
Vita nominale	75 anni
Classe d'uso	III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose
Vita di riferimento	113 anni

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	2.57 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.33
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.31
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 10.78$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 5.39$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.00 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.50
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.00$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.00$

Forma diagramma incremento sismico Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento)	0.0
Lunghezza del muro	2.40 [m]
Peso muro	145.8762 [kN]
Baricentro del muro	X=0.48 Y=-3.55

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	236 di 257

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 3.10	Y = -4.80
Punto superiore superficie di spinta	X = 3.10	Y = 1.39
Altezza della superficie di spinta	6.19	[m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0.00	[°]

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 15

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.89 Y[m]= 4.01

Raggio del cerchio R[m]= 9.67

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -6.74

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 8.78

Larghezza della striscia dx[m]= 0.62

Coefficiente di sicurezza C= 1.35

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	237 di 257

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	ϕ	c	u
1	19.0678	79.50	18.7486	0.0334	32.01	0.000	0.000
2	44.6677	65.00	40.4831	0.0144	32.01	0.000	0.000
3	55.4559	57.24	46.6372	0.0113	32.01	0.000	0.000
4	62.7234	50.92	48.6923	0.0097	32.01	0.000	0.000
5	67.9059	45.38	48.3380	0.0087	32.01	0.000	0.000
6	71.6159	40.35	46.3689	0.0080	32.01	0.000	0.000
7	74.1858	35.67	43.2612	0.0075	32.01	0.000	0.000
8	75.8201	31.26	39.3397	0.0071	32.01	0.000	0.000
9	76.6545	27.04	34.8459	0.0068	32.01	0.000	0.000
10	78.6172	22.97	30.6862	0.0066	29.70	0.000	0.000
11	78.2524	19.03	25.5160	0.0064	29.26	0.000	0.000
12	77.0007	15.18	20.1610	0.0063	29.26	0.000	0.000
13	75.2335	11.40	14.8653	0.0062	29.26	0.000	0.000
14	75.4812	7.66	10.0655	0.0061	29.26	0.000	0.000
15	70.4020	3.96	4.8659	0.0061	29.26	0.000	0.000
16	26.0728	0.28	0.1273	0.0061	29.26	0.000	0.000
17	24.3233	-3.40	-1.4437	0.0061	29.26	0.000	0.000
18	22.6518	-7.10	-2.7995	0.0061	29.26	0.000	0.000
19	21.5256	-10.83	-4.0431	0.0062	29.26	0.000	0.000
20	19.9146	-14.60	-5.0198	0.0063	29.26	0.000	0.000
21	17.7964	-18.44	-5.6292	0.0064	29.26	0.000	0.000
22	15.1396	-22.37	-5.7615	0.0066	29.26	0.000	0.000
23	11.7579	-26.41	-5.2301	0.0068	32.00	0.000	0.000
24	7.5624	-30.60	-3.8499	0.0071	32.01	0.000	0.000
25	2.5836	-34.99	-1.4814	0.0074	32.01	0.000	0.000

$$\Sigma W_i = 1172.4120 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 437.7438 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 694.5158 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 7.69$$

COMBINAZIONE n° 24

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	238 di 257

Valore della spinta statica	121.2598	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	121.2598	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	0.0000	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 3.10	[m]	Y = -2.73	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	0.00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58.13	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 3.10	[m]	Y = -4.80	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	276.0095	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.71	[m]	Y = -1.58	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	121.2598	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	421.8857	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	421.8857	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	121.2598	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.16	[m]
Lunghezza fondazione reagente	4.50	[m]
Risultante in fondazione	438.9664	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16.04	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	67.9566	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	4149.8575	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4.50	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.11389	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.07362	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante

$N_c = 46.12$

$N_q = 33.30$

$N_\gamma = 37.15$

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	239 di 257

Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.68$	$i_q = 0.68$	$i_\gamma = 0.29$
Fattori profondità	$d_c = 1.09$	$d_q = 1.05$	$d_\gamma = 1.05$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 34.08$	$N'_q = 23.54$	$N'_\gamma = 11.42$
----------------	----------------	---------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.09
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	9.84

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	240 di 257

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 24

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.19	1.8388	0.0068	0.1084
3	0.38	3.6776	0.0544	0.4369
4	0.56	5.5163	0.1845	0.9880
5	0.75	7.3551	0.4388	1.7616
6	0.94	9.1939	0.8590	2.7578
7	1.13	11.0327	1.4869	3.9765
8	1.31	12.8714	2.3641	5.4178
9	1.50	14.7102	3.5325	7.0817
10	1.50	24.0890	4.8007	8.3602
11	1.69	27.3894	6.6066	10.4612
12	1.88	30.6898	8.8393	12.7975
13	2.08	33.9901	11.5437	15.3680
14	2.27	37.2905	14.7651	18.1726
15	2.46	40.5909	18.5482	21.2114
16	2.65	43.8912	22.9383	24.4842
17	2.85	47.1916	27.9802	27.9912
18	3.04	50.4920	33.7191	31.7323
19	3.23	53.7923	40.2000	35.7075
20	3.42	57.0927	47.4678	39.9168
21	3.62	60.3931	55.5676	44.3603

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	241 di 257

22	3.81	63.6934	64.5444	49.0378
23	4.00	66.9938	74.4433	53.9495

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 24

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.10	0.4699	9.3827
3	0.20	1.8735	18.6758
4	0.30	4.2021	27.8795
5	0.40	7.4465	36.9937
6	0.50	11.5978	46.0184
7	0.60	16.6472	54.9536
8	0.70	22.5856	63.7993
9	0.80	29.4041	72.5556
10	0.90	37.0937	81.2223
11	1.00	45.6455	89.7996

Sollecitazioni fondazione di monte

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	242 di 257

Combinazione n° 24

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.28	-2.0446	-14.3697
3	0.56	-7.9156	-27.3314
4	0.84	-17.2188	-38.8853
5	1.12	-29.5600	-49.0312
6	1.40	-44.5449	-57.7693
7	1.68	-61.7793	-65.0994
8	1.96	-80.8691	-71.0216
9	2.24	-101.4200	-75.5359
10	2.52	-123.0378	-78.6423
11	2.80	-145.3283	-80.3408

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 24

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fv}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [MPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [MPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [MPa]
σ_{fv}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [MPa]

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	243 di 257

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fs}	σ _{fi}
1	0.00	100, 40	12.72	10.05	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.19	100, 40	12.72	10.05	0.005	0.000	-0.060	-0.067
3	0.38	100, 40	12.72	10.05	0.010	0.001	-0.105	-0.149
4	0.56	100, 40	12.72	10.05	0.019	0.003	-0.120	-0.262
5	0.75	100, 40	12.72	10.05	0.032	0.006	-0.090	-0.421
6	0.94	100, 40	12.72	10.05	0.051	0.009	0.032	-0.652
7	1.13	100, 40	12.72	10.05	0.085	0.013	0.500	-1.018
8	1.31	100, 40	12.72	10.05	0.138	0.018	1.657	-1.539
9	1.50	100, 40	12.72	10.05	0.211	0.024	3.660	-2.194
10	1.50	100, 70	12.72	10.05	0.093	0.015	0.411	-1.256
11	1.69	100, 70	12.72	10.05	0.129	0.019	1.067	-1.704
12	1.88	100, 70	12.72	10.05	0.178	0.023	2.269	-2.290
13	2.08	100, 70	12.72	10.05	0.240	0.028	4.165	-3.009
14	2.27	100, 70	12.72	10.05	0.316	0.033	6.827	-3.851
15	2.46	100, 70	12.72	10.05	0.405	0.038	10.291	-4.815
16	2.65	100, 70	12.72	10.05	0.507	0.044	14.596	-5.903
17	2.85	100, 70	12.72	10.05	0.624	0.051	19.782	-7.123
18	3.04	100, 70	12.72	10.05	0.757	0.057	25.899	-8.483
19	3.23	100, 70	12.72	20.11	0.844	0.065	32.589	-9.184
20	3.42	100, 70	15.71	20.11	0.931	0.072	33.489	-10.308
21	3.62	100, 70	15.71	10.05	1.166	0.080	41.442	-12.957
22	3.81	100, 70	15.71	10.05	1.353	0.089	49.914	-14.895
23	4.00	100, 70	15.71	10.05	1.559	0.098	59.366	-17.016

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	244 di 257

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 24

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [MPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [MPa]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [MPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [MPa]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 80	12.72	12.72	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.10	100, 80	12.72	12.72	0.008	0.015	0.526	-0.078
3	0.20	100, 80	12.72	12.72	0.032	0.029	2.096	-0.312
4	0.30	100, 80	12.72	12.72	0.072	0.044	4.700	-0.700
5	0.40	100, 80	12.72	12.72	0.128	0.058	8.329	-1.240
6	0.50	100, 80	12.72	12.72	0.200	0.072	12.973	-1.931
7	0.60	100, 80	12.72	12.72	0.287	0.086	18.621	-2.772
8	0.70	100, 80	12.72	12.72	0.389	0.100	25.263	-3.761
9	0.80	100, 80	12.72	12.72	0.506	0.114	32.890	-4.896
10	0.90	100, 80	12.72	12.72	0.639	0.127	41.492	-6.176
11	1.00	100, 80	12.72	12.72	0.786	0.141	51.058	-7.600

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	245 di 257

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
1	0.00	100, 80	12.72	12.72	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.28	100, 80	12.72	12.72	0.035	-0.023	-0.340	2.287
3	0.56	100, 80	12.72	12.72	0.136	-0.043	-1.318	8.854
4	0.84	100, 80	12.72	12.72	0.296	-0.061	-2.867	19.260
5	1.12	100, 80	12.72	12.72	0.509	-0.077	-4.922	33.065
6	1.40	100, 80	12.72	12.72	0.767	-0.091	-7.417	49.826
7	1.68	100, 80	12.72	12.72	1.064	-0.102	-10.286	69.104
8	1.96	100, 80	12.72	12.72	1.393	-0.111	-13.465	90.458
9	2.24	100, 80	12.72	12.72	1.746	-0.118	-16.887	113.445
10	2.52	100, 80	12.72	12.72	2.119	-0.123	-20.486	137.626
11	2.80	100, 80	12.72	12.72	2.502	-0.126	-24.197	162.560

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 24

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M_{pf} Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kNm]

ε_m deformazione media espressa in [%]

s_m Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	246 di 257

N°	Y	A _{fs}	A _{fi}	M _{pr}	M	ε _m	S _m	w
1	0.00	12.72	10.05	-46.28	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	0.19	12.72	10.05	-46.28	-0.01	0.0000	0.00	0.000
3	0.38	12.72	10.05	-46.28	-0.05	0.0000	0.00	0.000
4	0.56	12.72	10.05	-46.28	-0.18	0.0000	0.00	0.000
5	0.75	12.72	10.05	-46.28	-0.44	0.0000	0.00	0.000
6	0.94	12.72	10.05	-46.28	-0.86	0.0000	0.00	0.000
7	1.13	12.72	10.05	-46.28	-1.49	0.0000	0.00	0.000
8	1.31	12.72	10.05	-46.28	-2.36	0.0000	0.00	0.000
9	1.50	12.72	10.05	-46.28	-3.53	0.0000	0.00	0.000
10	1.50	12.72	10.05	-137.83	-4.80	0.0000	0.00	0.000
11	1.69	12.72	10.05	-137.83	-6.61	0.0000	0.00	0.000
12	1.88	12.72	10.05	-137.83	-8.84	0.0000	0.00	0.000
13	2.08	12.72	10.05	-137.83	-11.54	0.0000	0.00	0.000
14	2.27	12.72	10.05	-137.83	-14.77	0.0000	0.00	0.000
15	2.46	12.72	10.05	-137.83	-18.55	0.0000	0.00	0.000
16	2.65	12.72	10.05	-137.83	-22.94	0.0000	0.00	0.000
17	2.85	12.72	10.05	-137.83	-27.98	0.0000	0.00	0.000
18	3.04	12.72	10.05	-137.83	-33.72	0.0000	0.00	0.000
19	3.23	12.72	20.11	-139.24	-40.20	0.0000	0.00	0.000
20	3.42	15.71	20.11	-141.28	-47.47	0.0000	0.00	0.000
21	3.62	15.71	10.05	-139.86	-55.57	0.0000	0.00	0.000
22	3.81	15.71	10.05	-139.86	-64.54	0.0000	0.00	0.000
23	4.00	15.71	10.05	-139.86	-74.44	0.0000	0.00	0.000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A _{fs}	A _{fi}	M _{pr}	M	ε _m	S _m	w
1	-1.40	12.72	12.72	-179.27	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	-1.30	12.72	12.72	179.27	0.47	0.0000	0.00	0.000
3	-1.20	12.72	12.72	179.27	1.87	0.0000	0.00	0.000

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
				IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	247 di 257
4	-1.10	12.72	12.72	179.27	4.20	0.0000	0.00	0.000	
5	-1.00	12.72	12.72	179.27	7.45	0.0000	0.00	0.000	
6	-0.90	12.72	12.72	179.27	11.60	0.0000	0.00	0.000	
7	-0.80	12.72	12.72	179.27	16.65	0.0000	0.00	0.000	
8	-0.70	12.72	12.72	179.27	22.59	0.0000	0.00	0.000	
9	-0.60	12.72	12.72	179.27	29.40	0.0000	0.00	0.000	
10	-0.50	12.72	12.72	179.27	37.09	0.0000	0.00	0.000	
11	-0.40	12.72	12.72	179.27	45.65	0.0000	0.00	0.000	
12	0.30	12.72	12.72	-179.27	-145.33	0.0000	0.00	0.000	
13	0.58	12.72	12.72	-179.27	-123.04	0.0000	0.00	0.000	
14	0.86	12.72	12.72	-179.27	-101.42	0.0000	0.00	0.000	
15	1.14	12.72	12.72	-179.27	-80.87	0.0000	0.00	0.000	
16	1.42	12.72	12.72	-179.27	-61.78	0.0000	0.00	0.000	
17	1.70	12.72	12.72	-179.27	-44.54	0.0000	0.00	0.000	
18	1.98	12.72	12.72	-179.27	-29.56	0.0000	0.00	0.000	
19	2.26	12.72	12.72	-179.27	-17.22	0.0000	0.00	0.000	
20	2.54	12.72	12.72	-179.27	-7.92	0.0000	0.00	0.000	
21	2.82	12.72	12.72	-179.27	-2.04	0.0000	0.00	0.000	
22	3.10	12.72	12.72	-179.27	0.00	0.0000	0.00	0.000	

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	248 di 257

Inviluppo Sollecitazioni paramento

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kNm]

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.19	1.8388	1.8388	0.0088	0.0342	0.1409	0.4167
3	0.38	3.6776	3.6776	0.0707	0.1758	0.5680	1.1460
4	0.56	5.5163	5.5163	0.2399	0.4837	1.2844	2.1901
5	0.75	7.3551	7.3551	0.5705	1.0168	2.2901	3.5490
6	0.94	9.1939	9.1939	1.1167	1.8342	3.5851	5.2227
7	1.13	11.0327	11.0327	1.9330	2.9950	5.1695	7.2112
8	1.31	12.8714	12.8714	3.0734	4.5581	7.0432	9.5145
9	1.50	14.7102	14.7102	4.5922	6.5825	9.2062	12.1320
10	1.50	24.0890	26.9027	5.5789	7.8507	10.8683	13.4105
11	1.69	27.3894	30.2031	7.9266	10.7442	13.5995	16.7379
12	1.88	30.6898	33.5034	10.8291	14.3097	16.6368	20.3982
13	2.08	33.9901	36.8038	14.3449	18.6109	19.9784	24.3897
14	2.27	37.2905	40.1042	18.5326	23.7115	23.6244	28.7123
15	2.46	40.5909	43.4045	23.4507	29.6753	27.5748	33.3661
16	2.65	43.8912	46.7049	29.1578	36.5659	31.8295	38.3510
17	2.85	47.1916	50.0053	35.7123	44.4469	36.3885	43.6671
18	3.04	50.4920	53.3056	43.1729	53.3821	41.2519	49.3143
19	3.23	53.7923	56.6060	51.5980	63.4352	46.4197	55.2926
20	3.42	57.0927	59.9064	61.0461	74.6698	51.8918	61.6021
21	3.62	60.3931	63.2067	71.5759	87.1495	57.6683	68.2427

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	249 di 257

22	3.81	63.6934	66.5071	83.2458	100.9382	63.7492	75.2145
23	4.00	66.9938	69.8075	96.1143	116.0994	70.1344	82.5174

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.19	1.8388	1.8388	0.0068	0.0068	0.1084	0.1084
3	0.38	3.6776	3.6776	0.0544	0.0544	0.4369	0.4369
4	0.56	5.5163	5.5163	0.1845	0.1845	0.9880	0.9880
5	0.75	7.3551	7.3551	0.4388	0.4388	1.7616	1.7616
6	0.94	9.1939	9.1939	0.8590	0.8590	2.7578	2.7578
7	1.13	11.0327	11.0327	1.4869	1.4869	3.9765	3.9765
8	1.31	12.8714	12.8714	2.3641	2.3641	5.4178	5.4178
9	1.50	14.7102	14.7102	3.5325	3.5325	7.0817	7.0817
10	1.50	24.0890	24.0890	4.8007	4.8007	8.3602	8.3602
11	1.69	27.3894	27.3894	6.6066	6.6066	10.4612	10.4612
12	1.88	30.6898	30.6898	8.8393	8.8393	12.7975	12.7975
13	2.08	33.9901	33.9901	11.5437	11.5437	15.3680	15.3680
14	2.27	37.2905	37.2905	14.7651	14.7651	18.1726	18.1726
15	2.46	40.5909	40.5909	18.5482	18.5482	21.2114	21.2114
16	2.65	43.8912	43.8912	22.9383	22.9383	24.4842	24.4842
17	2.85	47.1916	47.1916	27.9802	27.9802	27.9912	27.9912
18	3.04	50.4920	50.4920	33.7191	33.7191	31.7323	31.7323
19	3.23	53.7923	53.7923	40.2000	40.2000	35.7075	35.7075
20	3.42	57.0927	57.0927	47.4678	47.4678	39.9168	39.9168
21	3.62	60.3931	60.3931	55.5676	55.5676	44.3603	44.3603
22	3.81	63.6934	63.6934	64.5444	64.5444	49.0378	49.0378
23	4.00	66.9938	66.9938	74.4433	74.4433	53.9495	53.9495

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	250 di 257

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di valle

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.10	0.5795	0.8082	11.5596	16.1012
3	0.20	2.3056	3.2079	22.9307	31.8306
4	0.30	5.1594	7.1619	34.1134	47.1880
5	0.40	9.1220	12.6331	45.1076	62.1735
6	0.50	14.1747	19.5842	55.9134	76.7871
7	0.60	20.2984	27.9781	66.5308	91.0288
8	0.70	27.4745	37.7776	76.9597	104.8986
9	0.80	35.6841	48.9454	87.2002	118.3965
10	0.90	44.9083	61.4445	97.2523	131.5224
11	1.00	55.1283	75.2375	107.1159	144.2765

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.10	0.4699	0.4699	9.3827	9.3827
3	0.20	1.8735	1.8735	18.6758	18.6758
4	0.30	4.2021	4.2021	27.8795	27.8795
5	0.40	7.4465	7.4465	36.9937	36.9937
6	0.50	11.5978	11.5978	46.0184	46.0184
7	0.60	16.6472	16.6472	54.9536	54.9536

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	251 di 257

8	0.70	22.5856	22.5856	63.7993	63.7993
9	0.80	29.4041	29.4041	72.5556	72.5556
10	0.90	37.0937	37.0937	81.2223	81.2223
11	1.00	45.6455	45.6455	89.7996	89.7996

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di monte

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.28	-4.5806	-4.1394	-32.1227	-29.1681
3	0.56	-17.6550	-16.1105	-60.6694	-55.6584
4	0.84	-38.2218	-35.0648	-85.6402	-78.0545
5	1.12	-65.2797	-59.6329	-107.0349	-96.8285
6	1.40	-97.8275	-88.9507	-124.8535	-111.9804
7	1.68	-134.8639	-122.0039	-139.0962	-123.5101
8	1.96	-175.3876	-157.7783	-153.8696	-131.4178
9	2.24	-218.3974	-195.2598	-166.2687	-135.7034
10	2.52	-262.8919	-233.4342	-176.2722	-136.3669
11	2.80	-313.3289	-271.2872	-183.8801	-133.4083

Inviluppo combinazioni SLE

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	252 di 257

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.28	-2.0446	-2.0446	-14.3697	-14.3697
3	0.56	-7.9156	-7.9156	-27.3314	-27.3314
4	0.84	-17.2188	-17.2188	-38.8853	-38.8853
5	1.12	-29.5600	-29.5600	-49.0312	-49.0312
6	1.40	-44.5449	-44.5449	-57.7693	-57.7693
7	1.68	-61.7793	-61.7793	-65.0994	-65.0994
8	1.96	-80.8691	-80.8691	-71.0216	-71.0216
9	2.24	-101.4200	-101.4200	-75.5359	-75.5359
10	2.52	-123.0378	-123.0378	-78.6423	-78.6423
11	2.80	-145.3283	-145.3283	-80.3408	-80.3408

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fv}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [MPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [MPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [MPa]
σ_{fv}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [MPa]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km
17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	253 di 257

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 40	12.72	10.05	0.00	0.00	1000.00	162.97	--	--
2	0.19	100, 40	12.72	10.05	5963.20	-29.24	3243.03	163.21	--	--
3	0.38	100, 40	12.72	10.05	5501.28	-114.59	1495.91	163.45	--	--
4	0.56	100, 40	12.72	10.05	4302.94	-245.49	780.04	163.69	--	--
5	0.75	100, 40	12.72	10.05	3188.95	-355.61	433.57	163.94	--	--
6	0.94	100, 40	12.72	10.05	2123.02	-423.55	230.92	164.18	--	--
7	1.13	100, 40	12.72	10.05	1292.07	-350.75	117.11	164.42	--	--
8	1.31	100, 40	12.72	10.05	817.17	-289.38	63.49	164.66	--	--
9	1.50	100, 40	12.72	10.05	558.90	-250.10	37.99	164.90	--	--
10	1.50	100, 70	12.72	10.05	3408.77	-1110.93	141.51	243.94	--	--
11	1.69	100, 70	12.72	10.05	2414.95	-947.32	88.17	244.40	--	--
12	1.88	100, 70	12.72	10.05	1689.15	-787.60	55.04	244.86	--	--
13	2.08	100, 70	12.72	10.05	1212.34	-663.80	35.67	245.32	--	--
14	2.27	100, 70	12.72	10.05	902.10	-573.61	24.19	245.78	--	--
15	2.46	100, 70	12.72	10.05	707.03	-516.90	17.42	246.24	--	--
16	2.65	100, 70	12.72	10.05	574.04	-478.24	13.08	246.70	--	--
17	2.85	100, 70	12.72	10.05	478.18	-450.37	10.13	247.16	--	--
18	3.04	100, 70	12.72	10.05	406.19	-429.44	8.04	247.62	--	--
19	3.23	100, 70	12.72	20.11	351.94	-415.03	6.54	248.08	--	--
20	3.42	100, 70	15.71	20.11	376.49	-492.40	6.59	248.54	--	--
21	3.62	100, 70	15.71	10.05	330.83	-477.39	5.48	249.00	--	--
22	3.81	100, 70	15.71	10.05	294.72	-467.05	4.63	249.46	--	--
23	4.00	100, 70	15.71	10.05	264.51	-458.40	3.95	249.92	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fs}	σ _{fi}
1	0.00	100, 40	12.72	10.05	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.19	100, 40	12.72	10.05	0.005	0.000	-0.060	-0.067
3	0.38	100, 40	12.72	10.05	0.010	0.001	-0.105	-0.149

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
					IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	254 di 257
4	0.56	100,40	12.72	10.05	0.019	0.003	-0.120	-0.262		
5	0.75	100,40	12.72	10.05	0.032	0.006	-0.090	-0.421		
6	0.94	100,40	12.72	10.05	0.051	0.009	0.032	-0.652		
7	1.13	100,40	12.72	10.05	0.085	0.013	0.500	-1.018		
8	1.31	100,40	12.72	10.05	0.138	0.018	1.657	-1.539		
9	1.50	100,40	12.72	10.05	0.211	0.024	3.660	-2.194		
10	1.50	100,70	12.72	10.05	0.093	0.015	0.411	-1.256		
11	1.69	100,70	12.72	10.05	0.129	0.019	1.067	-1.704		
12	1.88	100,70	12.72	10.05	0.178	0.023	2.269	-2.290		
13	2.08	100,70	12.72	10.05	0.240	0.028	4.165	-3.009		
14	2.27	100,70	12.72	10.05	0.316	0.033	6.827	-3.851		
15	2.46	100,70	12.72	10.05	0.405	0.038	10.291	-4.815		
16	2.65	100,70	12.72	10.05	0.507	0.044	14.596	-5.903		
17	2.85	100,70	12.72	10.05	0.624	0.051	19.782	-7.123		
18	3.04	100,70	12.72	10.05	0.757	0.057	25.899	-8.483		
19	3.23	100,70	12.72	20.11	0.844	0.065	32.589	-9.184		
20	3.42	100,70	15.71	20.11	0.931	0.072	33.489	-10.308		
21	3.62	100,70	15.71	10.05	1.166	0.080	41.442	-12.957		
22	3.81	100,70	15.71	10.05	1.353	0.089	49.914	-14.895		
23	4.00	100,70	15.71	10.05	1.559	0.098	59.366	-17.016		

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	255 di 257

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [MPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [MPa]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [MPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [MPa]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V_{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V_{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 80	12.72	12.72	0.00	0.00	1000.00	266.97	--	--
2	0.10	100, 80	12.72	12.72	0.00	360.28	445.80	266.97	--	--
3	0.20	100, 80	12.72	12.72	0.00	360.28	112.31	266.97	--	--
4	0.30	100, 80	12.72	12.72	0.00	360.28	50.31	266.97	--	--
5	0.40	100, 80	12.72	12.72	0.00	360.28	28.52	266.97	--	--
6	0.50	100, 80	12.72	12.72	0.00	360.28	18.40	266.97	--	--
7	0.60	100, 80	12.72	12.72	0.00	360.28	12.88	266.97	--	--

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	256 di 257

8	0.70	100,80	12.72	12.72	0.00	360.28	9.54	266.97	--	--
9	0.80	100,80	12.72	12.72	0.00	360.28	7.36	266.97	--	--
10	0.90	100,80	12.72	12.72	0.00	360.28	5.86	266.97	--	--
11	1.00	100,80	12.72	12.72	0.00	360.28	4.79	266.97	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
12	0.00	100,80	12.72	12.72	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.10	100,80	12.72	12.72	0.008	0.015	0.526	-0.078
14	0.20	100,80	12.72	12.72	0.032	0.029	2.096	-0.312
15	0.30	100,80	12.72	12.72	0.072	0.044	4.700	-0.700
16	0.40	100,80	12.72	12.72	0.128	0.058	8.329	-1.240
17	0.50	100,80	12.72	12.72	0.200	0.072	12.973	-1.931
18	0.60	100,80	12.72	12.72	0.287	0.086	18.621	-2.772
19	0.70	100,80	12.72	12.72	0.389	0.100	25.263	-3.761
20	0.80	100,80	12.72	12.72	0.506	0.114	32.890	-4.896
21	0.90	100,80	12.72	12.72	0.639	0.127	41.492	-6.176
22	1.00	100,80	12.72	12.72	0.786	0.141	51.058	-7.600

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100,80	12.72	12.72	0.00	0.00	1000.00	266.97	--	--
2	0.28	100,80	12.72	12.72	0.00	-360.28	78.65	266.97	--	--
3	0.56	100,80	12.72	12.72	0.00	-360.28	20.41	266.97	--	--
4	0.84	100,80	12.72	12.72	0.00	-360.28	9.43	266.97	--	--
5	1.12	100,80	12.72	12.72	0.00	-360.28	5.52	266.97	--	--
6	1.40	100,80	12.72	12.72	0.00	-360.28	3.68	266.97	--	--

Muro di sottoscarpa in Sx (lato B.D.) dal km 17+656 al km 17+767 – Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0H	12 D 11	CL	RI040 5001	A	257 di 257

7	1.68	100,80	12.72	12.72	0.00	-360.28	2.67	266.97	--	--
8	1.96	100,80	12.72	12.72	0.00	-360.28	2.05	266.97	--	--
9	2.24	100,80	12.72	12.72	0.00	-360.28	1.65	266.97	--	--
10	2.52	100,80	12.72	12.72	0.00	-360.28	1.37	266.97	--	--
11	2.80	100,80	12.72	12.72	0.00	-360.28	1.15	266.97	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fl}	σ_c	τ_c	σ_{fl}	σ_{fs}
12	0.00	100,80	12.72	12.72	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.28	100,80	12.72	12.72	0.035	-0.023	-0.340	2.287
14	0.56	100,80	12.72	12.72	0.136	-0.043	-1.318	8.854
15	0.84	100,80	12.72	12.72	0.296	-0.061	-2.867	19.260
16	1.12	100,80	12.72	12.72	0.509	-0.077	-4.922	33.065
17	1.40	100,80	12.72	12.72	0.767	-0.091	-7.417	49.826
18	1.68	100,80	12.72	12.72	1.064	-0.102	-10.286	69.104
19	1.96	100,80	12.72	12.72	1.393	-0.111	-13.465	90.458
20	2.24	100,80	12.72	12.72	1.746	-0.118	-16.887	113.445
21	2.52	100,80	12.72	12.72	2.119	-0.123	-20.486	137.626
22	2.80	100,80	12.72	12.72	2.502	-0.126	-24.197	162.560