

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA  
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI  
PROGETTO ESECUTIVO**

**Sistemazione Superficie e strada di Accesso Pozzo Ventilazione Finestra  
Castagnola  
Manufatti idraulici - Relazione di calcolo**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio <b>Cociv</b> Ing.P.P.Marcheselli	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 2	E	C V	C L	I N 9 D 0 X	0 0 1	A

Progettazione :								
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima Emissione	ALPINA <i>gl</i>	15/07/2013	COCIV <i>Adriano...</i>	15/07/2013	A. Palomba <i>[Signature]</i>	19/07/2013	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. <b>Alto Mancarella</b> Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n. Elab.:	File: IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001-A00.DOCX
-----------	--



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici</p> <p style="text-align: right;">Foglio 3 di 111</p>

## INDICE

INDICE.....		3
1.     PREMESSA.....		6
2.     CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....		8
2.1.   Calcestruzzo.....		8
2.2.   Acciaio per cemento armato.....		9
2.3.   Durabilità e prescrizioni sui materiali.....		9
3.     NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....		11
4.     VERIFICA TUBAZIONI $\Phi$ 1000 E $\Phi$ 800.....		12
4.1.   Metodo di calcolo.....		12
4.2.   Determinazione del carico di schiacciamento.....		12
4.3.   Calcolo della classe di resistenza.....		13
4.3.1.   Carico dovuto al rinterro.....		13
4.3.2.   Carico dovuto ai sovraccarichi mobili.....		16
4.3.3.   Carico dovuto alla massa dell'acqua contenuta nel tubo.....		18
4.3.4.   Risultante dei carichi ovalizzanti.....		18
4.3.5.   Definizione classe di resistenza.....		19
5.     VERIFICA MURI DI IMBOCCO E SBOCCO.....		20
5.1.   Stratigrafia e parametri geotecnici.....		20
5.2.   Geometria.....		24
5.3.   Analisi dei carichi e condizioni di carico.....		28
5.4.   Risultati delle analisi e verifiche di stabilità.....		29
5.4.1.   Muro h = 2.00 m.....		29
5.4.2.   Muro h = 2.80 m.....		31
5.4.3.   Muro h = 4.80 m.....		33
5.4.4.   Muro h = 5.70 m.....		35
5.4.5.   Muro h = 7.20 m.....		37
5.5.   Verifiche strutturali.....		39
5.5.1.   Muro h = 2.00 m.....		39
5.5.1.   Muro h = 2.80 m.....		42
5.5.2.   Muro h = 4.80 m.....		45
5.5.3.   Muro h = 5.70 m.....		48
5.5.4.   Muro h = 7.20 m.....		51
6.     VERIFICA MANUFATTI IDRAULICI DI IMBOCCO.....		54



7.	TABULATI DI CALCOLO .....	61
7.1.	Muro h = 2.00 m.....	63
7.2.	Muro h = 2.80 m.....	73
7.3.	Muro h = 4.80 m.....	83
7.4.	Muro h = 5.70 m.....	92
7.5.	Muro h = 7.20 m.....	102

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001\_A00  
Relazione di calcolo manufatti idraulici

Foglio  
5 di 111

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 6 di 111

## 1. PREMESSA

Con la presente relazione si intende fornire i calcoli statici e le verifiche di sicurezza dei manufatti idraulici (tombini idraulico, muri di imbocco e sbocco, pozzetti, ecc) che sottopassano la strada di accesso al pozzo di ventilazione della Finestra Castagnola e rispettivamente:

- Fosso 1 alla progr. 0+817.221;
- Rio 1 alla progr. 0.008.20
- Rio 2 alla progr. 0+973.333;
- Rio 3 alla progr. 1+068.718;
- Rio4 alla progr. 1+092.229.

Il Fosso 1 sottoattraversa la strada con una tubazione a sezione circolare in conglomerato cementizio armato di diametro interno 1000 mm e spessore 135 mm, il ricoprimento è mediamente pari a 1.35 m (variabile tra 0.90 m e 1.80 m). A monte è presente un manufatto scatolare di collegamento tra il canale e il tombino, di forma rettangolare, di dimensioni in pianta pari a 3.5x1.5 m e altezza interna di 3.4 m, gli elementi strutturali hanno spessore di 0.30 m. A valle è presente un muro a mensola, a sostegno del rilevato della strada, con paramento inclinato 1/10 lato valle, di altezza pari a 4.50 m e fondazione di larghezza 3.20 m e spessore 0.70 m.

Il Rio 1 sottoattraversa la strada con due tubazioni a sezione circolare in conglomerato cementizio armato di diametro interno 800 mm e spessore 90 mm, il ricoprimento è mediamente pari a 0.5 m.

Il Rio 2 sottoattraversa la strada con una tubazione a sezione circolare in conglomerato cementizio armato di diametro interno 1000 mm e spessore 135 mm, il ricoprimento è mediamente pari a 3.0 m (variabile tra 2.5 m e 3.5 m). A monte e a valle sono presenti dei muri di imbocco, a mensola, a sostegno del rilevato della strada. Il muro all'imbocco ha un'altezza pari a 2.00 m e paramento verticale di spessore costante pari a 0.3 m, la fondazione di larghezza 1.70 m ha spessore 0.40 m. Il muro a valle ha un'altezza pari a 2.80 m e paramento verticale di spessore costante pari a 0.5 m, la fondazione di larghezza 3.30 m ha spessore 0.50 m.

Il Rio 3 sottoattraversa la strada con una tubazione a sezione circolare in conglomerato cementizio armato di diametro interno 1000 mm e spessore 135 mm, il ricoprimento è mediamente pari a 4.0 m (variabile tra 3.5 m e 4.5 m). A monte è presente un manufatto scatolare di collegamento tra il canale e il tombino, di forma rettangolare, di dimensioni in pianta pari a 4.4x1.5 m e altezza interna di 3.4 m, gli elementi strutturali hanno spessore di 0.30 m. A valle è presente un muro a mensola, a sostegno del rilevato della strada, con paramento inclinato 1/10 lato valle, di altezza variabile; il muro in corrispondenza dello sbocco del tombino ha altezza massima pari a 7.20 m e fondazione di larghezza 4.70 m e spessore 0.90 m, quello posto lateralmente ha un'altezza massima di 4.80 m e fondazione di larghezza 3.20 m e spessore 0.70 m.

Il Rio 4 sottoattraversa la strada con una tubazione a sezione circolare in conglomerato cementizio armato di diametro interno 1000 mm e spessore 135 mm, il ricoprimento è mediamente pari a 3.0 m

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici	Foglio 7 di 111

(variabile tra 2.5 m e 3.5 m). A monte è presente un manufatto scatolare di collegamento tra il canale e il tombino, di forma rettangolare, di dimensioni in pianta pari a 4.4x1.5 m e altezza interna di 3.4 m, gli elementi strutturali hanno spessore di 0.30 m. A valle è presente un muro a mensola, a sostegno del rilevato della strada, con paramento inclinato 1/10 lato valle, di altezza variabile; il muro in corrispondenza dello sbocco del tombino ha altezza pari a 5.70 m e fondazione di larghezza 4.00 m e spessore 0.80 m, quello posto lateralmente ha un'altezza di 3.50 m e fondazione di larghezza 3.20 m e spessore 0.70 m.

Gli elementi che costituiscono le tubazioni circolari sotto la nuova viabilità dovranno risultare idonei:

- a sopportare i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno soprastante;
- a sopportare i sovraccarichi stradali;
- allo smaltimento delle acque ed a sopportare le spinte dell'acqua interna.

Le verifiche di sicurezza vengono effettuate con il metodo delle Tensioni Ammissibili.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 8 di 111

## 2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 2.1. Calcestruzzo

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di classe Rck 15.

Per la realizzazione dei manufatti idraulici e per la fondazione dei muri di sostegno si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza 25/30 ( $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ ) che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a compressione	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.90 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 31447 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 14.11 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.79 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19 \text{ N/mm}^2$
Tensioni ammissibili	$\sigma_c = 9.70 \text{ N/mm}^2$
	$\tau_{c0} = 6.00 \text{ N/mm}^2$
	$\tau_{c1} = 18.30 \text{ N/mm}^2$

Per la realizzazione dell'elevazione dei muri di sostegno si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C32/40 ( $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ ) che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 33.20 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a compressione	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.20 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 33643 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 18.81 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.10 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.17 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.45 \text{ N/mm}^2$
Tensioni ammissibili	$\sigma_c = 12.20 \text{ N/mm}^2$
	$\tau_{c0} = 7.00 \text{ N/mm}^2$
	$\tau_{c1} = 21.10 \text{ N/mm}^2$

Per i tombini circolari si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza 40/50 ( $R_{ck} \geq 50 \text{ N/mm}^2$ ) che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 41.50 \text{ N/mm}^2$
---	--

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 9 di 111

Resistenza media a compressione	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 49.50 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 35547 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 23.52 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.60 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.52 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.68 \text{ N/mm}^2$

## 2.2. Acciaio per cemento armato

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C saldabile, controllato in stabilimento e che presentano le seguenti caratteristiche:

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento $f_y$	$\geq 450 \text{ MPa}$
Limite di rottura $f_t$	$\geq 540 \text{ MPa}$
Allungamento totale al carico massimo $A_{gt}$	$\geq 7.5\%$
Rapporto $f_t/f_y$	$1,15 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto $f_y \text{ misurato} / f_{ynom}$	$\leq 1,25$

Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica a rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
Tensione ammissibile	$\sigma_s = 260.00 \text{ N/mm}^2$

## 2.3. Durabilità e prescrizioni sui materiali

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Per le opere della presente relazione si adotta quanto segue:

Fondazione	CLASSE DI ESPOSIZIONE XC2
Elevazione	CLASSE DI ESPOSIZIONE XC2

Nel caso in esame la struttura si trova a permanente contatto con il terreno pertanto deve essere condotta la verifica a fessurazione per la combinazione TA5. Per questa verifica si considerano, in

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici	Foglio 10 di 111

accordo con l'Istruzione n. I/SC/PS-OM/2298 "Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari. Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo", i seguenti limiti di apertura delle fessure:

- superfici in contatto permanente con il terreno (superfici esterne)  $w_k = 0.10 \text{ mm}$ ;
- superfici non in contatto permanente con il terreno (superfici interne)  $w_k = 0.20 \text{ mm}$ .

Il copriferro minimo assunto è pari a 4 cm.

L'apertura a fessure minima di 0.10 mm per le superfici esterne è portata a 0.15 mm essendo il copriferro dell'armatura trasversale (interna a quella longitudinale) pari a circa 6 cm ( $c/c_{min} \leq 1.5$ , con  $c_{min} = 4 \text{ cm}$ ).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 11 di 111

### 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali sono stati condotti nel rispetto delle vigenti normative di seguito riportate:

- D.M. 09/01/1996: "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche";
- D.M. 16/01/1996: "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi";
- Circ. Min. 04/07/1996 n. 156 STC: "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi";
- L. 05/11/1971 n. 1086: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica";
- D.M. 14/02/1992: "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" (valido per il metodo alle tensioni ammissibili);
- Circ. Min. 24/06/1993 n. 37406: "Istruzioni relative alle Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" (valido per il metodo alle tensioni ammissibili);
- Circ. Min. 15/10/1996 n. 252: "Istruzioni relative alle Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche";
- L. 02/02/1974 n. 64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- D.M. 16/01/1996: "Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- Ordinanza n. 3274: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- Circ. Min. 10/04/1997 n. 65: "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica di cui al D.M: 16/01/1996";
- Asa Servizi di Ingegneria (Ferrovie dello Stato), Istruzione n. I/SC/PS-OM/2298 del 02/06/1995, Testo completo delle relative integrazioni: 13/01/1997: "Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari. Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo";
- Ferrovie dello Stato - Istruzione F.S. 44/b (Testo aggiornato secondo il D.M. 16/01/1999): "Istruzioni tecniche per i manufatti sotto binario da costruire in zona sismica";
- D. M. del 23 Febbraio 1971 – Norme tecniche per gli attraversamenti e per i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto;
- D.M. 12 Dicembre 1985 – Norme tecniche relative alle tubazioni;
- UNI EN 1916 – Tubi di calcestruzzo armato, non armato e rinforzato con fibre d'acciaio.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 12 di 111

## 4. VERIFICA TUBAZIONI $\Phi 1000$ E $\Phi 800$

### 4.1. Metodo di calcolo

Il principio di calcolo utilizzato è quello dei carichi ovalizzanti che prende in esame i carichi dovuti al rinterro ed ai sovraccarichi esterni agenti sui tubi interrati rigidi per tubi senza pressione interna. Per la determinazione delle azioni sono state consultate le normative tecniche indicate in precedenza, le norme DIN specifiche e relative circolari. Note le azioni sollecitanti è determinata la classe di resistenza minima che il tubo deve possedere.

### 4.2. Determinazione del carico di schiacciamento

Per la determinazione del carico di schiacciamento si ipotizza che la tubazione sia nelle medesime condizioni di quelle in cui si trova quando viene sottoposta alla prova di schiacciamento standard in laboratorio, nella quale, mediante programma automatico di calcolo, viene determinato il carico di schiacciamento teorico per m di condotta. Si considera quindi che il tubo appoggi su due traversi di legno posti a distanza di  $1/3 D_n$  e che sia soggetto ad una forza verticale in chiave, ripartita su un tratto di 10 cm rappresentante l'ala del profilato di ripartizione su cui poggia il martinetto, che cresce fino ad arrivare allo schiacciamento. Da un punto di vista teorico lo studio si può schematizzare come un telaio chiuso e soggetto ad una forza concentrata in chiave ed al peso proprio.

Nelle tre sezioni fondamentali, chiave reni e base, vengono calcolate le sollecitazioni agenti, lo schema di equilibrio finale della sezione interna che viene considerato è quello della sezione tesa e uniforme per tutto lo spessore, equilibrata da una forza di compressione concentrata al lembo compresso.

Durante la prova di schiacciamento il tubo è in condizioni del tutto diverse da quelle di esercizio. Nelle prove sperimentali la tubazione è soggetta ad un carico concentrato ed è vincolata inferiormente su due appoggi, mentre in esercizio la tubazione è appoggia invece su una lunghezza di ampiezza prefissata ed il carico verticale si può ritenere uniforme. Pertanto si dovrà tener conto di un opportuno coefficiente denominato "Coefficiente di posa". La relazione di passaggio è:

$$P = K \cdot P_{sch}$$

Dove:

- K è il coefficiente di posa;
- $P_{sch}$  è il carico teorico di schiacciamento;
- P è il carico di schiacciamento da confrontare con il carico totale agente in esercizio sulla tubazione.

Il coefficiente di posa è funzione del tipo di posa che viene effettuata; nei calcoli condotti nel seguito viene riportato il valore del coefficiente per il tipo di posa prescelto.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 13 di 111

### 4.3. Calcolo della classe di resistenza

Con riferimento con quanto indicato nella letteratura tecnica si ricavano i carichi ovalizzanti ( $Q_{OV,S}$ ) per ciascuna condizione di carico; tali carichi si amplificano per il coefficiente di combinazione  $\gamma$  (assunto cautelativamente pari a 1,5) e si dividono per il coefficiente di posa. Operando in questo modo si ricava la classe di resistenza minima necessaria per il tubo in questione ( $Q_{R,D}$ ).

La tubazione  $\phi 1000$  verrà posata in trincea di larghezza alla base pari a circa 1.40 m con altezza del rinterro sopra la generatrice superiore pari a:

- 0.90-1.80 m per il Fosso 1;
- 2.50-3.50 m per il Rio2 e il Rio 3;
- 3.50-4.50 m per il Rio 4.

La tubazione  $\phi 800$  verrà posata in trincea di larghezza alla base pari a circa 1.0 m con altezza del rinterro sopra la generatrice superiore pari a circa 0.50 m.

La tubazione è rigida, per cui il carico ovalizzante complessivo è dato dalla somma di:

- carico dovuto al rinterro;
- carico dovuto al sovraccarico mobile;
- carico dovuto alla massa dell'acqua contenuta nel tubo.

Nella seguente tabella sono riassunti i dati geometrici del problema:

D	1.27	m
s	0.135	m
d	1.00	m
H	0.90-1.8-2.5-3.5-4.5	m
B	4.10	m
D	0.98	m
s	0.09	m
d	0.80	m
H	0.50	m
B	3.15	m

#### 4.3.1. Carico dovuto al rinterro

Nella determinazione del carico permanente che sollecita una condotta interrata un ruolo importante è riservato all'azione del rinterro.

Secondo quanto definito dalla norma UNI 7517 si hanno due casistiche in relazione alla dimensione della trincea di posa che può essere definita stretta al verificarsi di una delle seguenti condizioni:

$$B \leq 2D \quad H \geq 1.5B \quad (1^a \text{ condizione})$$

$$2D \leq B \leq 3D \quad H \geq 3.5B \quad (2^a \text{ condizione})$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 14 di 111

Al contrario il tubo è posato in trincea larga quando le relazioni tra B, H e D differiscono da quelle sopra riportate.

Il significato dei simboli è visualizzato nella figura seguente.

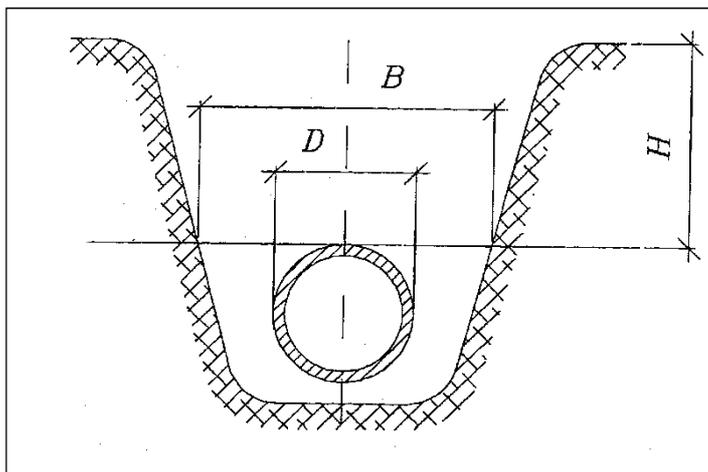


Figura 1 - Sezione tipo di posa

Nella caso di posa in **trincea stretta** il peso del rinterro  $Q_{ST}$  gravante sul cielo della tubazione è diminuito, rispetto a quello corrispondente al suo volume, per l'azione che l'attrito svolge nel contatto tra il terreno indisturbato e il rinterro.

Tale contributo è computato tramite il coefficiente di carico in trincea stretta:

$$C_t = \frac{1 - e^{-2 \cdot k \cdot (H/B) \cdot \text{tg} \rho'}}{2 \cdot k \cdot \text{tg} \rho'}$$

dove:  $\rho$  angolo di attrito interno del terreno;

$\rho'$  angolo di attrito rinterro – terreno naturale;

k coefficiente di spinta attiva del rinfianco pari a  $\text{tg}^2 (45^\circ - \rho/2)$ ;

In definitiva, il carico alla quota della generatrice superiore della condotta, espresso in kN/m è:

$$Q_{ST} = C_t \cdot \gamma_t \cdot B^2$$

dove:  $\gamma_t$  peso specifico del terreno in kN/m<sup>3</sup>.

Una **trincea** si considera **larga** quando non è soddisfatta nessuna delle condizioni precedenti. In essa viene meno la collaborazione attrattiva delle pareti della trincea, che sono notevolmente distanti dal prisma di terreno direttamente gravante sul cielo della tubazione. Per semplicità, in virtù di tale osservazione si considera come carico da rinterro la quantità derivante dalla seguente relazione:

$$Q_{LT} = C_e \cdot \gamma_t \cdot D^2$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 15 di 111

dove il coefficiente di posa in trincea larga assume le seguenti espressioni:

$$C_e = 0.1 + 0.85 \cdot (H/D) + 0.33 \cdot (H/D)^2 \quad \text{per} \quad H/D \leq 2.66$$

$$C_e = 0.1 + 1.68 \cdot (H/D) \quad \text{per} \quad H/D > 2.66$$

Non essendo verificate entrambe le due condizioni  $B < 2D$  e  $H > 1.5D$  la posa è in trincea larga e quindi il carico verticale dovuto al rinterro è riassunto nella seguente tabella:

$\Phi 1000$ H=0.90 m	Trincea larga	
H/D	0.71	
$C_e$	0.87	
$\gamma_t$	20	kN/m <sup>3</sup>
<b><math>Q_{LT}</math></b>	<b>28.0</b>	<b>kN/m</b>

$\Phi 1000$ H=1.80 m	Trincea larga	
H/D	1.42	
$C_e$	1.97	
$\gamma_t$	20	kN/m <sup>3</sup>
<b><math>Q_{LT}</math></b>	<b>63.5</b>	<b>kN/m</b>

$\Phi 1000$ H=2.50 m	Trincea larga	
H/D	1.97	
$C_e$	3.05	
$\gamma_t$	20	kN/m <sup>3</sup>
<b><math>Q_{LT}</math></b>	<b>98.5</b>	<b>kN/m</b>

$\Phi 1000$ H=3.50 m	Trincea larga	
H/D	2.76	
$C_e$	4.73	
$\gamma_t$	20	kN/m <sup>3</sup>
<b><math>Q_{LT}</math></b>	<b>152.6</b>	<b>kN/m</b>

$\Phi 1000$ H=4.50 m	Trincea larga	
H/D	3.54	
$C_e$	6.05	
$\gamma_t$	20	kN/m <sup>3</sup>
<b><math>Q_{LT}</math></b>	<b>195.2</b>	<b>kN/m</b>

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 16 di 111

<b>Φ800</b>		
<b>H=0.50 m</b>	<b>Trincea larga</b>	
H/D	0.51	
C <sub>e</sub>	0.62	
γ <sub>t</sub>	20	kN/m <sup>3</sup>
<b>Q<sub>LT</sub></b>	<b>11.9</b>	<b>kN/m</b>

#### 4.3.2. Carico dovuto ai sovraccarichi mobili

L'espressione del carico mobile concentrato in corrispondenza della generatrice superiore del tubo è la seguente:

$$P_{vc} = p_v \cdot D \cdot \varphi$$

dove  $\varphi$  è il coefficiente dinamico la cui espressione è:

$$\varphi = 1 + 0.3/H \quad \text{per strade e autostrade}$$

Per il carico dovuto ai sovraccarichi mobili si prenderanno in considerazione le tre condizioni di carico rappresentate da :

- un carico mobile di 600 kN su area 2.3 x 3.3 m;
- un carico concentrato da 100 kN su impronta quadrata da 0.30x0.30 m.

#### Φ800 H=0.50 m

Carico mobile 600 kN impronta 2.3x3.3 m

p <sub>v</sub>	53.9 kN/m <sup>2</sup>
φ	1.60
<b>P<sub>vc</sub></b>	<b>84.5 kN/m</b>

Carico mobile 100 kN impronta 0.3x0.3 m

p <sub>v</sub>	131.0 kN/m <sup>2</sup>
φ	1.60
<b>P<sub>vc</sub></b>	<b>205.5 kN/m</b>

#### Φ1000 H=0.90 m

Carico mobile 600 kN impronta 2.3x3.3 m

p <sub>v</sub>	41.6 kN/m <sup>2</sup>
φ	1.33
<b>P<sub>vc</sub></b>	<b>70.4 kN/m</b>

Carico mobile 100 kN impronta 0.3x0.3 m

p <sub>v</sub>	56.3 kN/m <sup>2</sup>
φ	1.33
<b>P<sub>vc</sub></b>	<b>95.4 kN/m</b>

**Φ1000 H=1.80 m***Carico mobile 600 kN impronta 2.3x3.3 m*

$p_v$	25.6 kN/m <sup>2</sup>
$\phi$	1.17
<b><math>P_{vc}</math></b>	<b>38.0 kN/m</b>

*Carico mobile 100 kN impronta 0.3x0.3 m*

$p_v$	17.9 kN/m <sup>2</sup>
$\phi$	1.17
<b><math>P_{vc}</math></b>	<b>26.5 kN/m</b>

**Φ1000 H=2.50 m***Carico mobile 600 kN impronta 2.3x3.3 m*

$p_v$	18.8 kN/m <sup>2</sup>
$\phi$	1.12
<b><math>P_{vc}</math></b>	<b>26.8 kN/m</b>

*Carico mobile 100 kN impronta 0.3x0.3 m*

$p_v$	10.0 kN/m <sup>2</sup>
$\phi$	1.12
<b><math>P_{vc}</math></b>	<b>14.2 kN/m</b>

**Φ1000 H=3.50 m***Carico mobile 600 kN impronta 2.3x3.3 m*

$p_v$	13.0 kN/m <sup>2</sup>
$\phi$	1.09
<b><math>P_{vc}</math></b>	<b>17.9 kN/m</b>

*Carico mobile 100 kN impronta 0.3x0.3 m*

$p_v$	5.4 kN/m <sup>2</sup>
$\phi$	1.09
<b><math>P_{vc}</math></b>	<b>7.4 kN/m</b>

**Φ1000 H=4.50 m***Carico mobile 600 kN impronta 2.3x3.3 m*

$p_v$	9.5 kN/m <sup>2</sup>
$\phi$	1.07
<b><math>P_{vc}</math></b>	<b>12.9 kN/m</b>

*Carico mobile 100 kN impronta 0.3x0.3 m*

$p_v$	3.4 kN/m <sup>2</sup>
$\phi$	1.07
<b><math>P_{vc}</math></b>	<b>4.5 kN/m</b>

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 18 di 111

#### 4.3.3. Carico dovuto alla massa dell'acqua contenuta nel tubo

Il carico verticale sulla generatrice superiore del tubo, dovuto alla massa dell'acqua contenuta nel tubo riempito per tre quarti è dato dalla relazione seguente.

$$P_a = 5.788 \cdot d$$

dove d è il diametro interno del tubo in metri e il carico è espresso in kN/m.

$$\Phi 800 \quad P_a = 3.7 \text{ kN/m}$$

$$\Phi 1000 \quad P_a = 5.87 \text{ kN/m}$$

#### 4.3.4. Risultante dei carichi ovalizzanti

La risultante dei carichi ovalizzanti risulta pari a:

$$\phi 800 - H = 0.50 \text{ m} \quad Q_{OV,S} = Q_{LT} + P_{vc} + P_a = 221 \text{ kN/m}$$

$$\phi 1000 - H = 0.90 \text{ m} \quad Q_{OV,S} = Q_{LT} + P_{vc} + P_a = 129 \text{ kN/m}$$

$$\phi 1000 - H = 1.80 \text{ m} \quad Q_{OV,S} = Q_{LT} + P_{vc} + P_a = 107 \text{ kN/m}$$

$$\phi 1000 - H = 2.50 \text{ m} \quad Q_{OV,S} = Q_{LT} + P_{vc} + P_a = 131 \text{ kN/m}$$

$$\phi 1000 - H = 3.50 \text{ m} \quad Q_{OV,S} = Q_{LT} + P_{vc} + P_a = 176 \text{ kN/m}$$

$$\phi 1000 - H = 4.50 \text{ m} \quad Q_{OV,S} = Q_{LT} + P_{vc} + P_a = 214 \text{ kN/m}$$

Il coefficiente di posa, data la protezione in calcestruzzo prevista, si assume  $K=2.0$ , sulla base degli schemi seguenti.

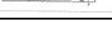
TABELLA TIPI DI POSA IN OPERA			Ez.
1		Posa diretta sul terreno con nicchie per i bicchieri	1,1
2		Posa a 90° con nicchie per i bicchieri	1,5
3		Tubo con piede su terreno livellato	1,5
4		Posa su letto di sabbia costipata a 90° con nicchie per i bicchieri	1,5
5		Posa a 90° su selle prefabbricate in calcestruzzo $b > de$ $a = 5 \text{ cm} + 1/10 \text{ DN}$ minimo 10 cm	1,8
6		Posa a 120° su selle prefabbricate in calcestruzzo $b > de$ $a = 5 \text{ cm} + 1/10 \text{ DN}$ minimo 10 cm	2,0
7		Posa su letto di calcestruzzo costipato sino alle reni	2,0
8		Rinforco in calcestruzzo fin sopra le reni $a = 1/4 \text{ DN}$ minimo 10 cm	3-4

Figura 2 – Tabella tipi di posa in opera tubazione

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 19 di 111

#### 4.3.5. Definizione classe di resistenza

Dal momento che la canalizzazione ha un comportamento rigido si verifica che l'azione sollecitante (si assume il coefficiente parziale  $\gamma$  pari a 1,5) sia superiore all'azione resistente:

$$Q_{R,D} \geq \gamma \cdot Q_{OV,S} / K$$

$$\phi 800 - H = 0.50 \text{ m} \quad \gamma \cdot Q_{OV,S} / K = 1.5 \cdot 221 / 2.0 = 166 \text{ kN/m}$$

$$\phi 1000 - H = 0.90 \text{ m} \quad \gamma \cdot Q_{OV,S} / K = 1.5 \cdot 129 / 2.0 = 97 \text{ kN/m}$$

$$\phi 1000 - H = 1.80 \text{ m} \quad \gamma \cdot Q_{OV,S} / K = 1.5 \cdot 107 / 2.0 = 80 \text{ kN/m}$$

$$\phi 1000 - H = 2.50 \text{ m} \quad \gamma \cdot Q_{OV,S} / K = 1.5 \cdot 131 / 2.0 = 98 \text{ kN/m}$$

$$\phi 1000 - H = 3.50 \text{ m} \quad \gamma \cdot Q_{OV,S} / K = 1.5 \cdot 176 / 2.0 = 132 \text{ kN/m}$$

$$\phi 1000 - H = 4.50 \text{ m} \quad \gamma \cdot Q_{OV,S} / K = 1.5 \cdot 214 / 2.0 = 160 \text{ kN/m}$$

Essendo il diametro del tubo pari a 0.8-1.0 m la classe di resistenza del tubo deve essere superiore a:

$$\phi 800 - H = 0.50 \text{ m} \quad C = 166 / 0.8 = 207 \text{ kN/m}^2$$

$$\phi 1000 - H = 0.90 \text{ m} \quad C = 97 / 1.0 = 97 \text{ kN/m}^2$$

$$\phi 1000 - H = 1.80 \text{ m} \quad C = 80 / 1.0 = 80 \text{ kN/m}^2$$

$$\phi 1000 - H = 2.50 \text{ m} \quad C = 98 / 1.0 = 98 \text{ kN/m}^2$$

$$\phi 1000 - H = 3.50 \text{ m} \quad C = 132 / 1.0 = 132 \text{ kN/m}^2$$

$$\phi 1000 - H = 4.50 \text{ m} \quad C = 160 / 1.0 = 160 \text{ kN/m}^2$$

Per le tubazioni si assume:

- Rio 1 si assume  $C = 210 \text{ kN/m}^2$ ;
- Fosso 1 si assume  $C = 110 \text{ kN/m}^2$ ;
- Rio 2 e Rio 4 si assume  $C = 135 \text{ kN/m}^2$ ;
- Rio 3 si assume  $C = 160 \text{ kN/m}^2$ .

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 20 di 111

## 5. VERIFICA MURI DI IMBOCCO E SBOCCO

Come precedentemente descritto i tombini circolari presentano agli imbocchi e agli sbocchi dei muri di sostegno del rilevato stradale.

Il Fosso 1 presenta a valle un muro a mensola con paramento inclinato 1/10 lato valle, di altezza pari a 4.50 m e fondazione di larghezza 3.20 m e spessore 0.70 m.

Il Rio 2 presenta di muri di sostegno a monte e a valle. Il muro all'imbocco ha un'altezza pari a 2.00 m e paramento verticale di spessore costante pari a 0.3 m, la fondazione di larghezza 1.70 m ha spessore 0.40 m. Il muro a valle ha un'altezza pari a 2.80 m e paramento verticale di spessore costante pari a 0.5 m, la fondazione di larghezza 3.30 m ha spessore 0.50 m.

Il Rio 3 presenta a valle un muro a mensola con paramento inclinato 1/10 lato valle, di altezza variabile; il muro in corrispondenza dello sbocco del tombino ha altezza massima pari a 7.20 m e fondazione di larghezza 4.70 m e spessore 0.90 m, quello posto lateralmente ha un'altezza massima di 4.80 m e fondazione di larghezza 3.20 m e spessore 0.70 m.

Il Rio 4 presenta a valle un muro a mensola con paramento inclinato 1/10 lato valle, di altezza variabile; il muro in corrispondenza dello sbocco del tombino ha altezza pari a 5.70 m e fondazione di larghezza 4.00 m e spessore 0.80 m, quello posto lateralmente ha un'altezza di 3.50 m e fondazione di larghezza 3.20 m e spessore 0.70 m.

Le verifiche sono condotte per le seguenti geometrie di muro:

- altezza di 2.00 m e fondazione di larghezza 1.70 m;
- altezza di 2.80 m e fondazione di larghezza 3.30 m;
- altezza di 4.80 m e fondazione di larghezza 3.20 m;
- altezza di 5.70 m e fondazione di larghezza 4.00 m;
- altezza di 7.20 m e fondazione di larghezza 4.70 m.

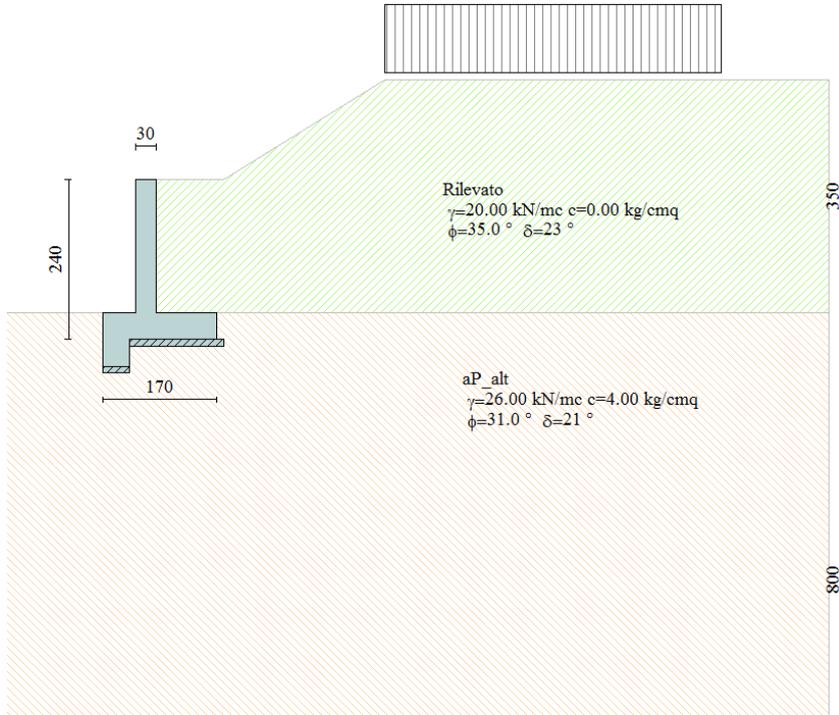
Di seguito si eseguono il calcolo e le verifiche di stabilità e strutturali dei muri in oggetto, mediante il programma MAX 10.0 della Aztec Informatica.

### 5.1. Stratigrafia e parametri geotecnici

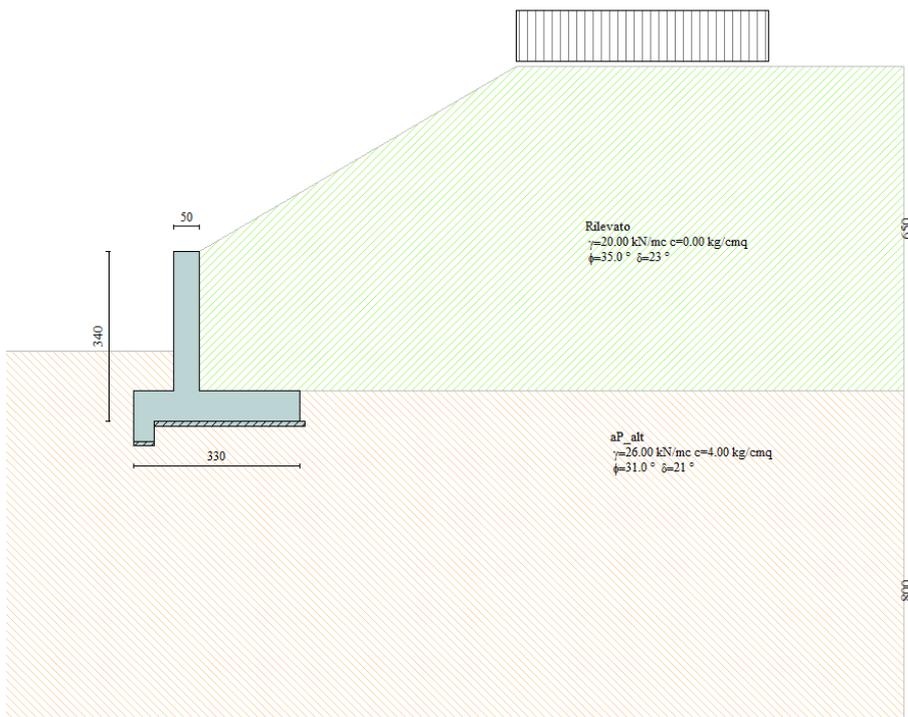
Rilevato:      $H = \text{var m}$ ;              $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ ;              $c = 0 \text{ kPa}$ ;      $\phi = 35^\circ$ ;              $\delta = 23^\circ$ .

Unità aP\_alt:  $H = \text{var m da pc}$ ;      $\gamma = 26 \text{ kN/m}^3$ ;              $c = 40 \text{ kPa}$ ;      $\phi = 31^\circ$ ;              $\delta = 21^\circ$ .

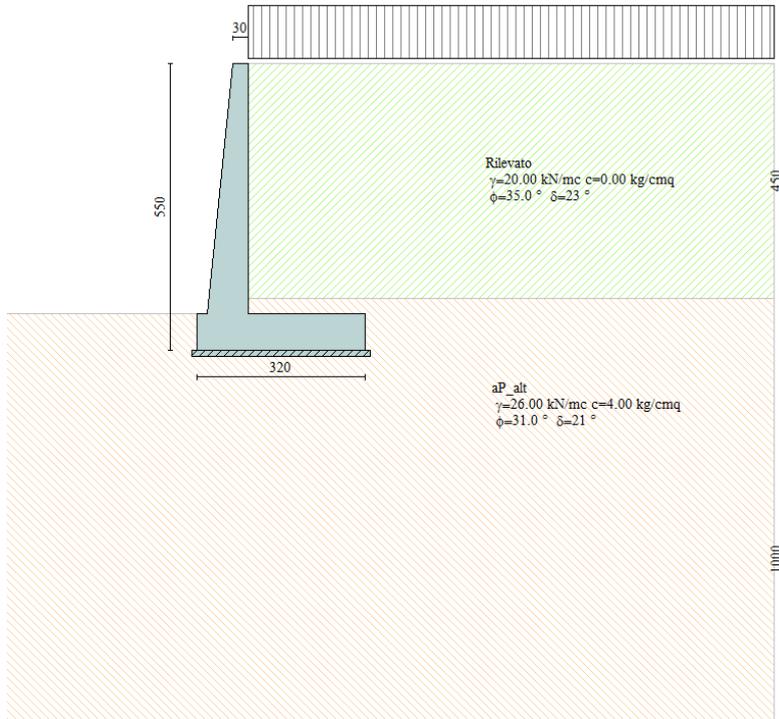
h = 2.00 m



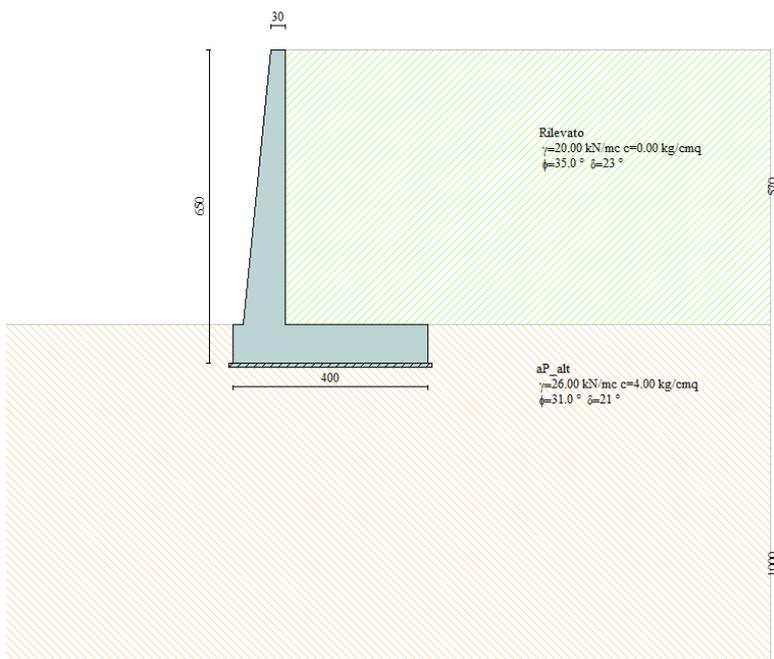
h = 2.80 m



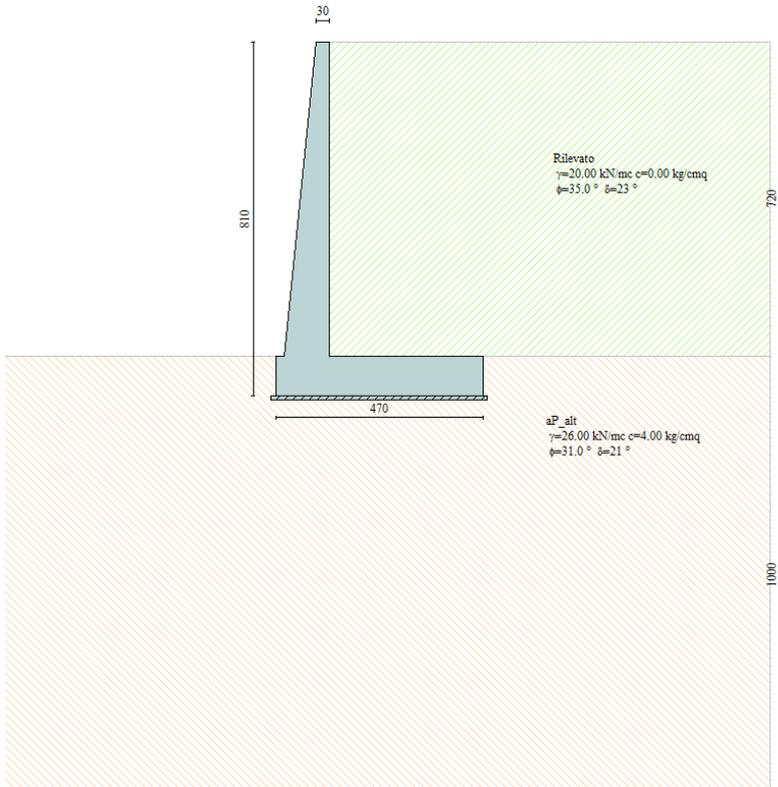
h = 4.80 m



h = 5.70 m

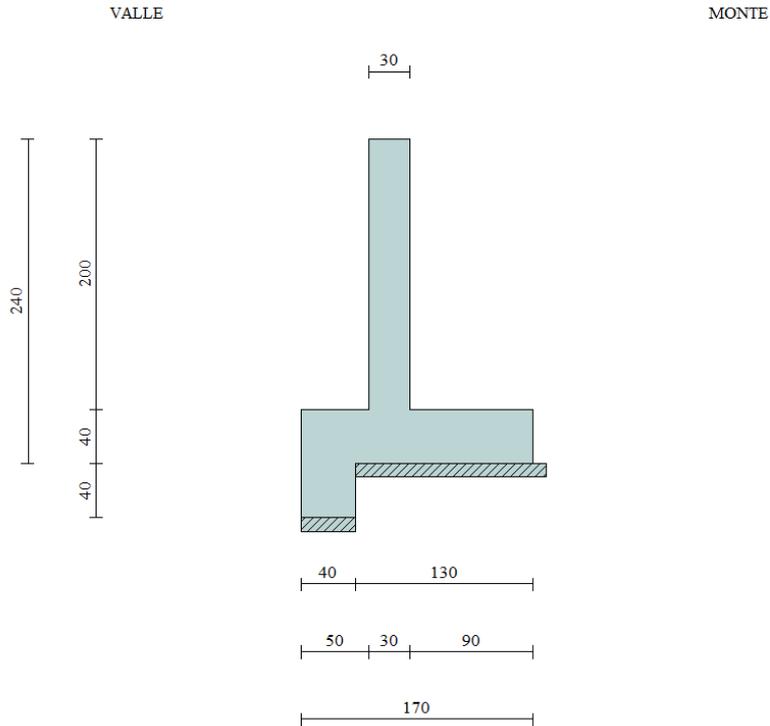


h = 7.20 m

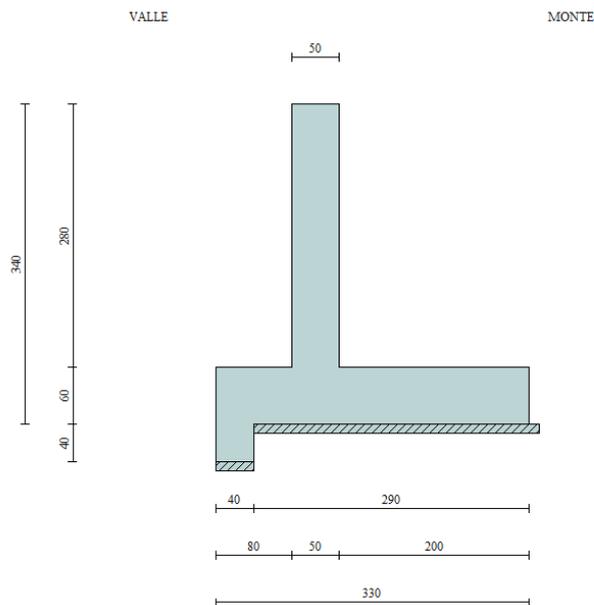


## 5.2. Geometria

h = 2.00 m

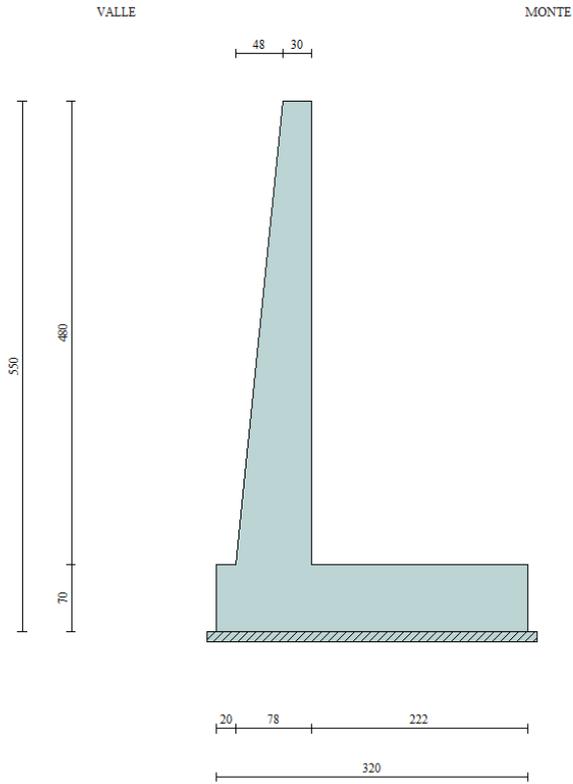


h = 2.80 m

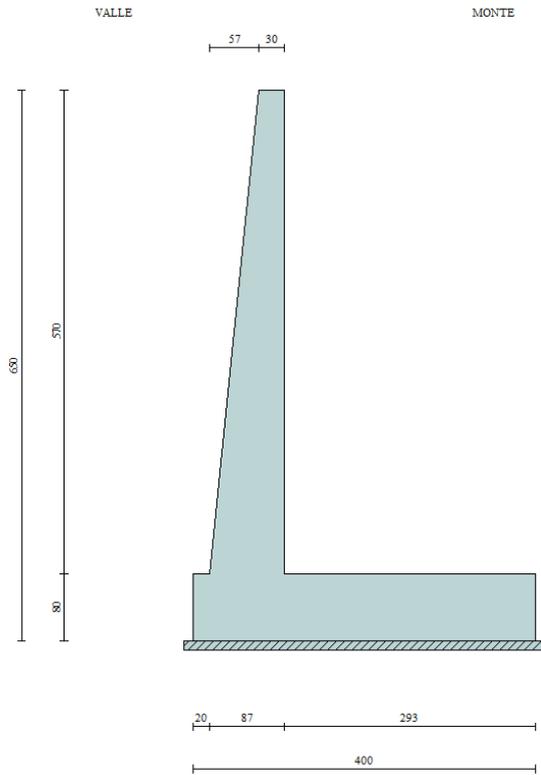




$h = 4.80 \text{ m}$

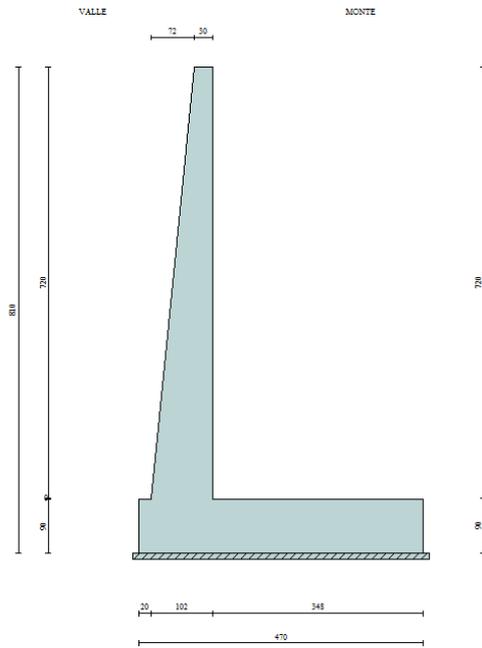


h = 5.70 m





h = 7.20 m



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici	Foglio 28 di 111

### 5.3. Analisi dei carichi e condizioni di carico

*Peso proprio:*  $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$

*Sisma*

Si considera un'azione sismica di terza categoria, con  $K_n = 0.04$ .

*Carichi variabili sul rilevato*

sovraccarico in esercizio..... $q_{statico} = 20.00 \text{ kN/m}^2$  (carico stradale)

sovraccarico ferroviario sismico..... $q_{sismico} = 0.00 \text{ kN/m}^2$

Per il calcolo si utilizza il programma MAX 10.0 "Analisi e calcolo dei muri di sostegno" della Aztec Informatica.

Il programma calcola le sollecitazioni nel muro e nella fondazione, gli sforzi sul terreno, verifica lo scorrimento e il ribaltamento nonché la stabilità globale dell'opera.

Il programma Max 10.0, una volta inserita la geometria del muro, i parametri del terreno, i carichi esterni e il coefficiente di intensità sismica svolge autonomamente il calcolo del muro per le varie verifiche di resistenza e stabilità.

Si prendono in esame due condizioni di carico

1. **condizione di esercizio** : permanenti + variabili
2. **condizione sismica** : permanenti + sisma

## 5.4. Risultati delle analisi e verifiche di stabilità

### 5.4.1. Muro $h = 2.00\text{ m}$

Risultati combinazione n° 1

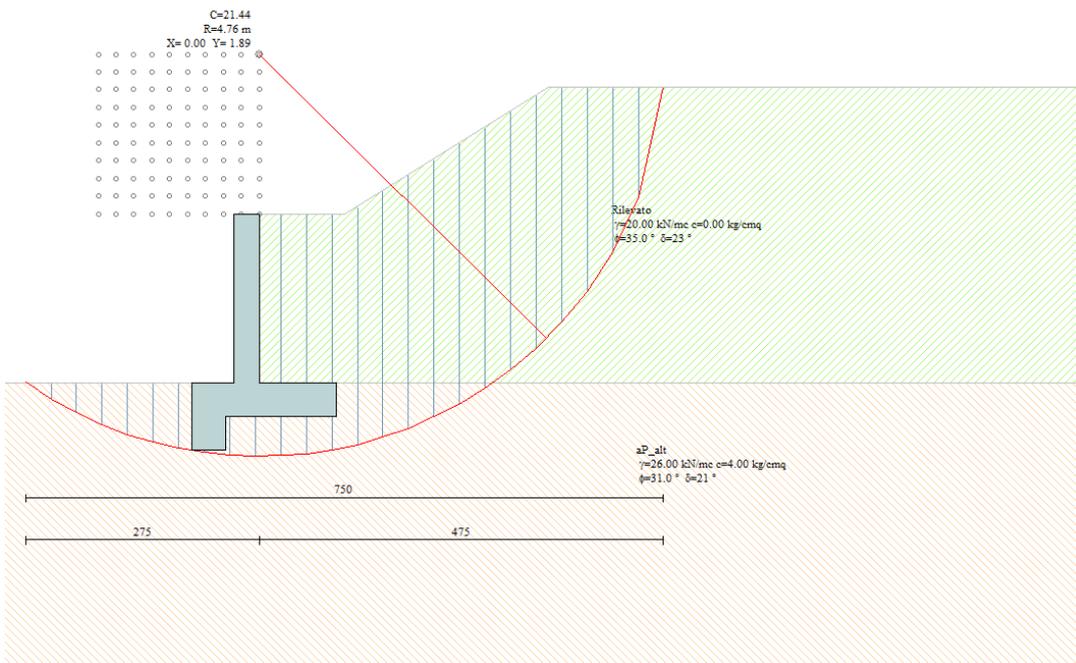
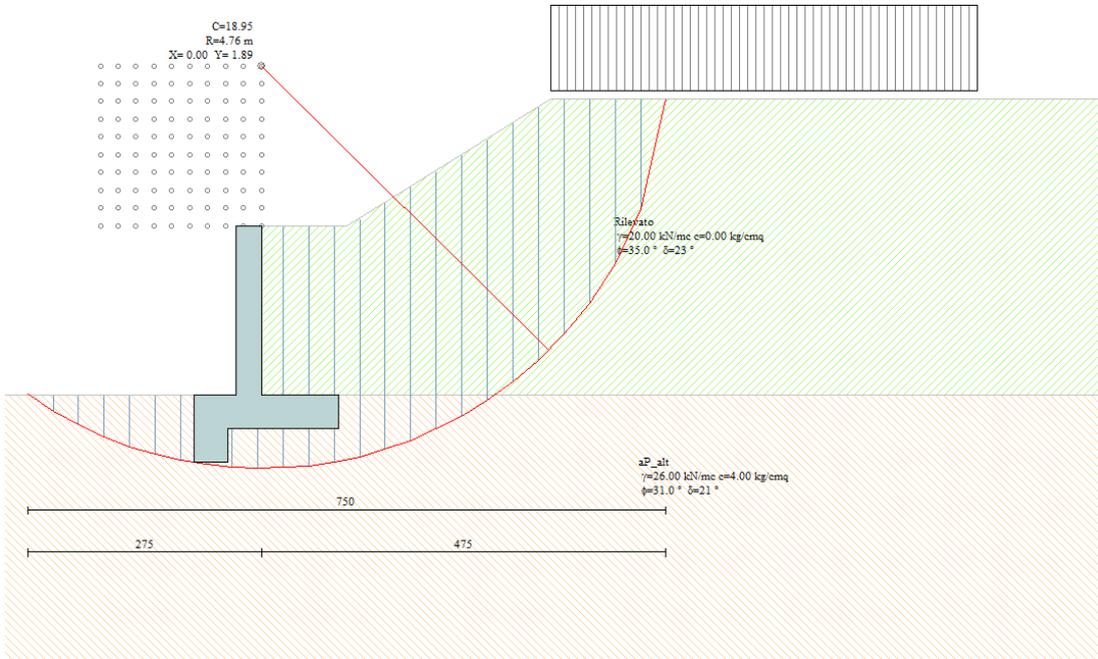
Tensioni ammissibili				
Coefficienti sicurezza	Spinta	Forze	Risultanti	
	CALCOLATI			RICHIESTI
<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	4.44			1.50
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	1.88			1.30
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	214.97			2.00
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	18.95			1.30

Help

Risultati combinazione n° 2

Tensioni ammissibili - Sismica				
Coefficienti sicurezza	Spinta	Forze	Risultanti	
	CALCOLATI			RICHIESTI
<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	3.60			1.50
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	1.62			1.30
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	190.17			2.00
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	21.44			1.30

<< 2 >> Help



5.4.2. Muro  $h = 2.80\text{ m}$ 

Risultati combinazione n° 1

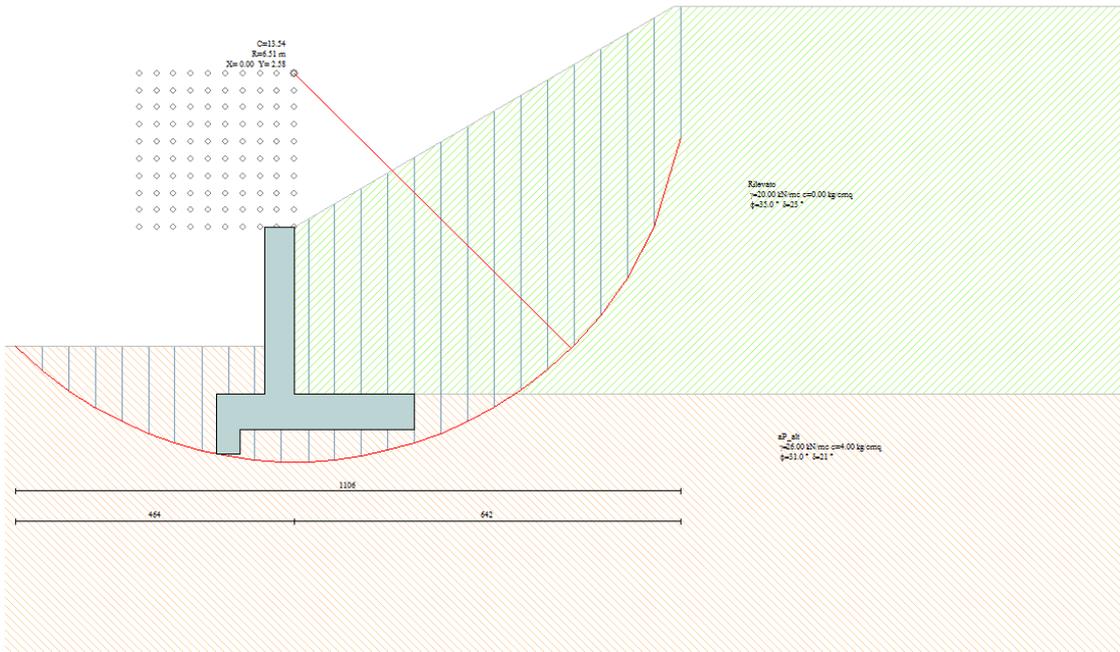
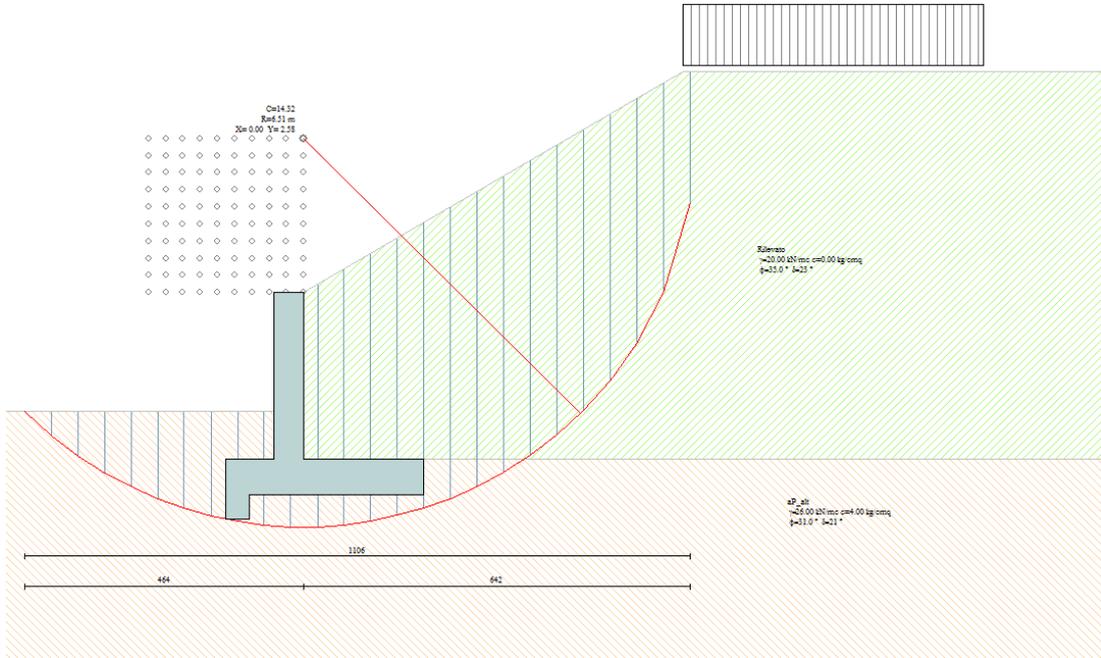
Tensioni ammissibili			
Coefficienti sicurezza	Spinta	Forze	Risultanti
	CALCOLATI		RICHIESTI
<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	4.23		1.50
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	1.60		1.30
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	130.40		2.00
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	14.32		1.30

Help

Risultati combinazione n° 2

Tensioni ammissibili - Sismica			
Coefficienti sicurezza	Spinta	Forze	Risultanti
	CALCOLATI		RICHIESTI
<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	3.37		1.50
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	1.34		1.30
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	111.51		2.00
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	13.54		1.30

<< 2 >> Help



### 5.4.3. Muro $h = 4.80\text{ m}$

Risultati combinazione n° 1

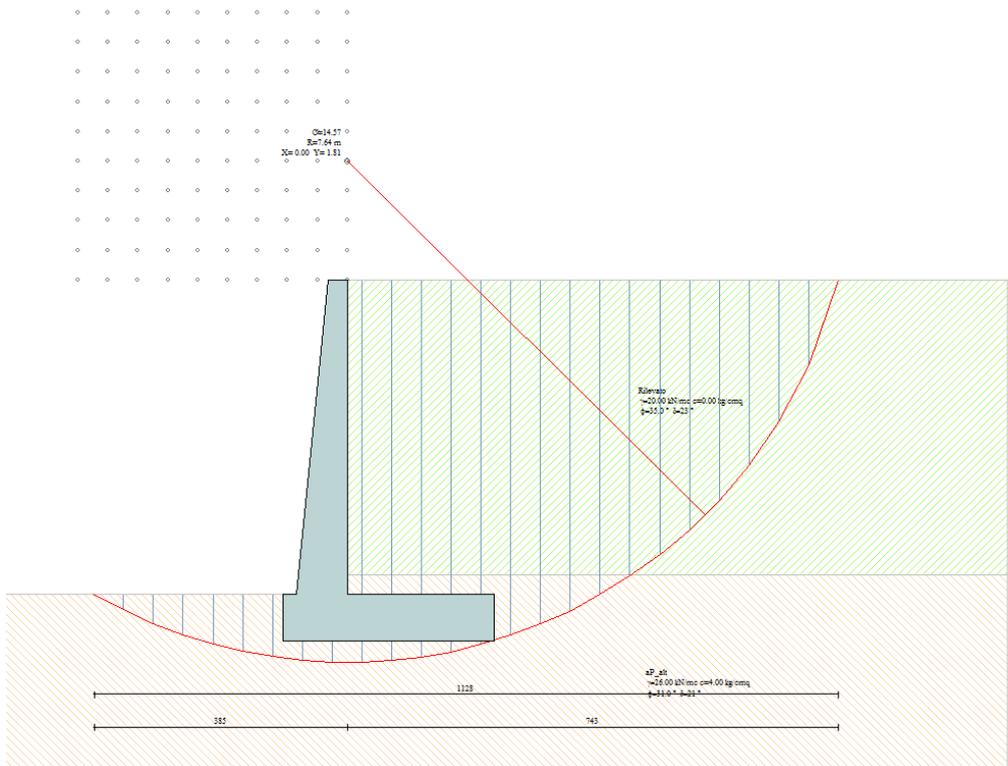
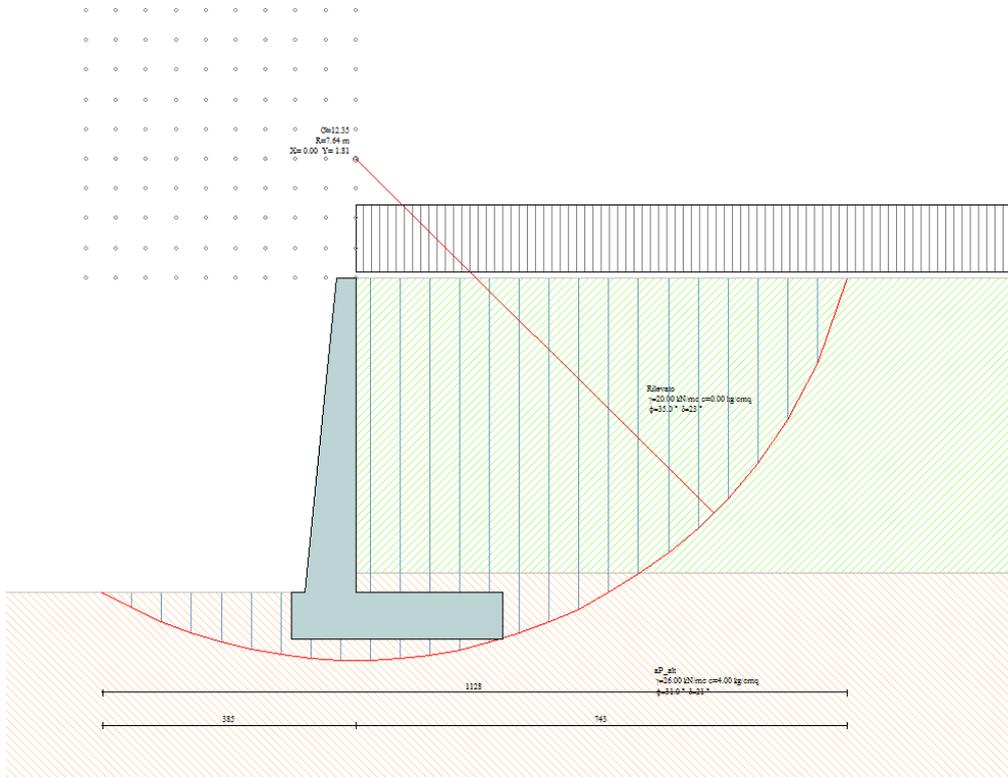
Tensioni ammissibili				
Coefficienti sicurezza	Spinta	Forze	Risultanti	
	CALCOLATI			RICHIESTI
<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	4.31			1.50
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	2.37			1.30
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	83.57			2.00
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	12.35			1.30

Help

Risultati combinazione n° 2

Tensioni ammissibili - Sismica				
Coefficienti sicurezza	Spinta	Forze	Risultanti	
	CALCOLATI			RICHIESTI
<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	4.02			1.50
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	2.15			1.30
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	88.65			2.00
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	14.57			1.30

<< 2 >> Help



#### 5.4.4. Muro $h = 5.70\text{ m}$

Risultati combinazione n° 1

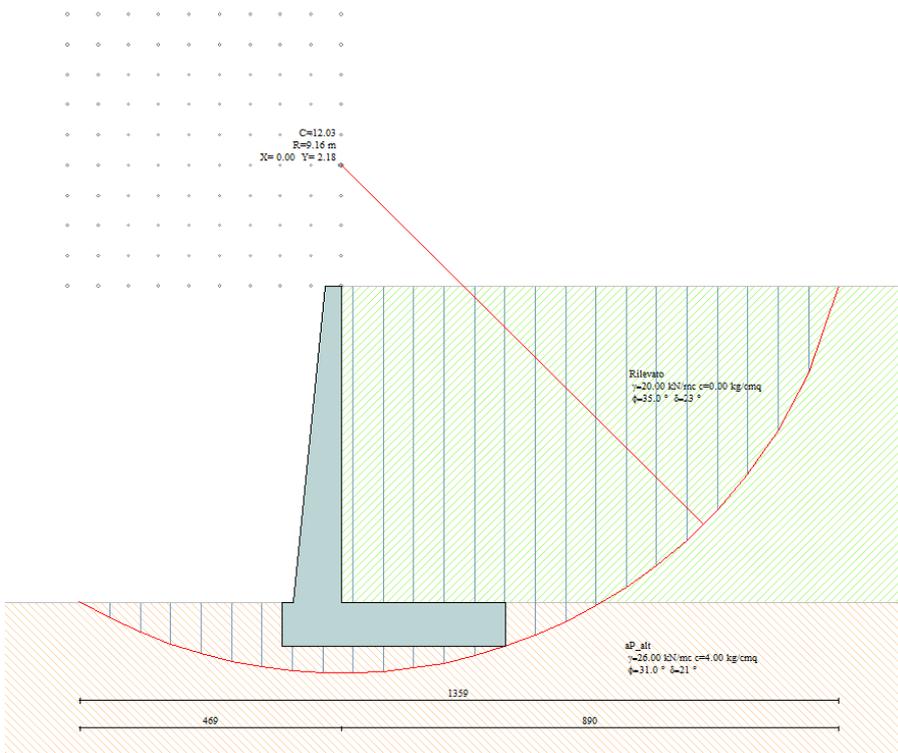
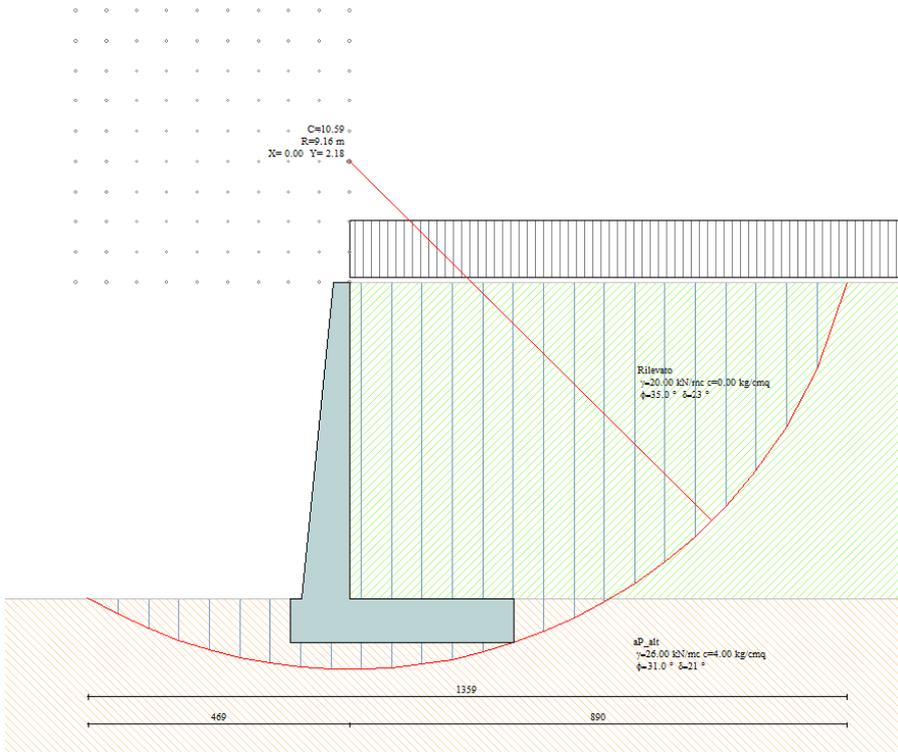
Tensioni ammissibili				
Coefficienti sicurezza	Spinta	Forze	Risultanti	
	CALCOLATI			RICHIESTI
<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	4.79			1.50
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	2.29			1.30
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	72.76			2.00
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	10.59			1.30

Help

Risultati combinazione n° 2

Tensioni ammissibili - Sismica				
Coefficienti sicurezza	Spinta	Forze	Risultanti	
	CALCOLATI			RICHIESTI
<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	4.21			1.50
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	2.01			1.30
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	74.55			2.00
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	12.03			1.30

<< 2 >> Help



### 5.4.5. Muro $h = 7.20\text{ m}$

Risultati combinazione n° 1

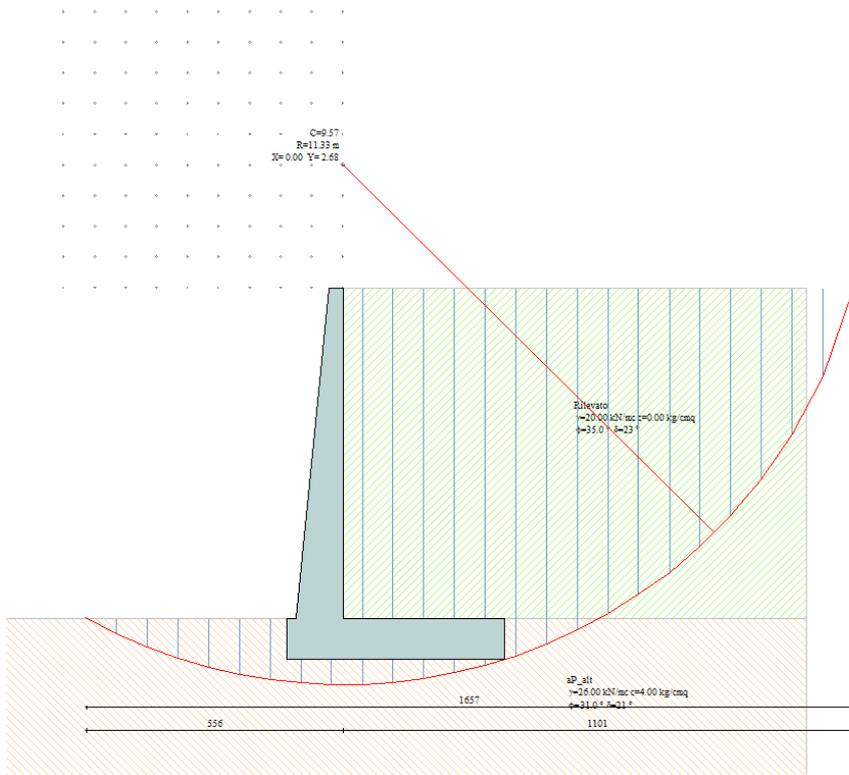
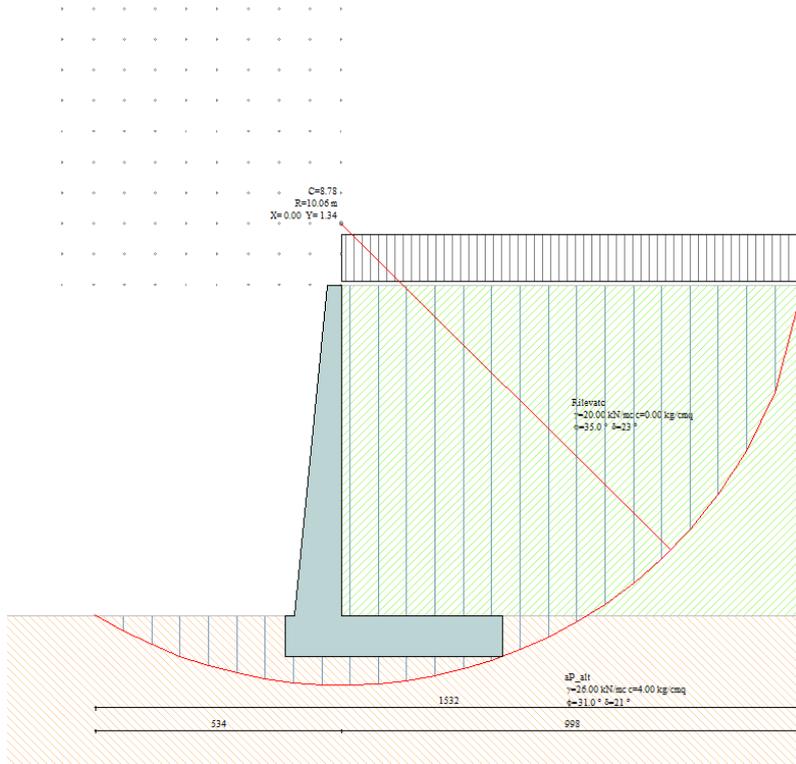
Tensioni ammissibili				
Coefficienti sicurezza	Spinta	Forze	Risultanti	
	CALCOLATI			RICHIESTI
<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	4.43			1.50
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	2.19			1.30
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	57.98			2.00
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	8.78			1.30

Help

Risultati combinazione n° 2

Tensioni ammissibili - Sismica				
Coefficienti sicurezza	Spinta	Forze	Risultanti	
	CALCOLATI			RICHIESTI
<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	3.78			1.50
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	1.89			1.30
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	57.18			2.00
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	9.57			1.30

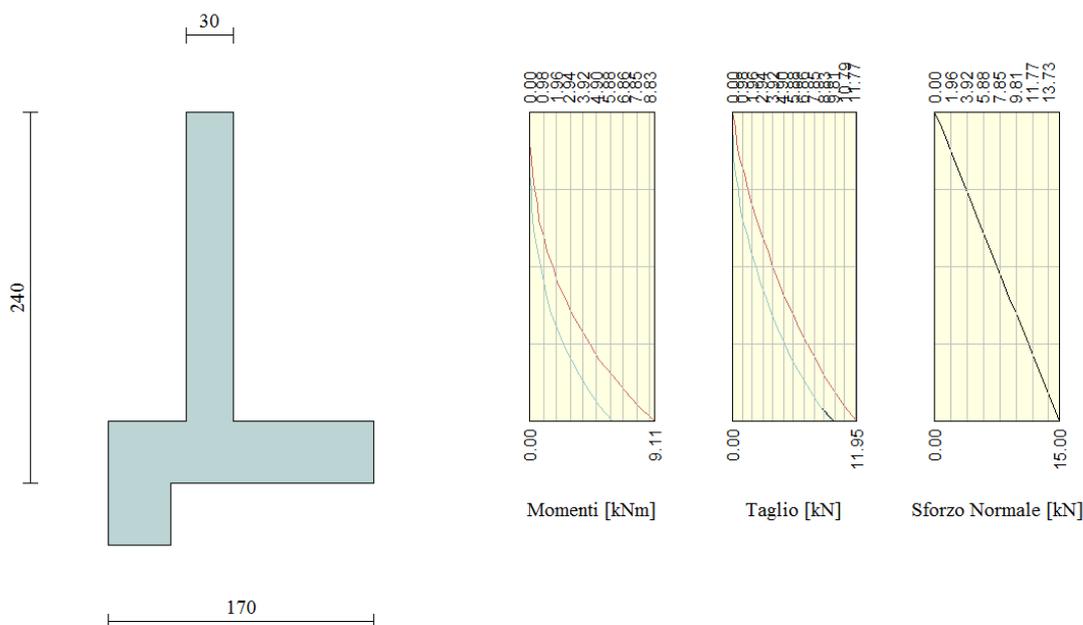
<< 2 >> Help



## 5.5. Verifiche strutturali

### 5.5.1. Muro $h = 2.00\text{ m}$

#### Elevazione



$$M = 9.11 \text{ kNm/m}$$

$$N = 15.0 \text{ kN/m}$$

$$T = 11.95 \text{ kN/m}$$

L'elevazione è costituita da un calcestruzzo di classe C32/40, ha uno spessore di verifica di 30 cm. L'armatura verticale è costituita da  $\phi 12/20$  e quella longitudinale da  $\phi 12/20$ , non è necessario disporre armatura a taglio, si dispongono comunque spilli  $\phi 8/40 \times 40$ . La distanza tra la barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) è stato sommato il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (12 mm), il diametro dello spillo (8 mm), per cui il copriferro di verifica è 6.0 cm.

<b>Momento massimo</b>	M =	9.11	kNm
<b>Azione assiale</b>	N =	-15.00	kN

<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	6.46	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	33330	cm <sup>4</sup>
eccentricità	e =	60.73	cm
tensione cls	$\sigma_c =$	1.52	Mpa

tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-59.7	Mpa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		Mpa

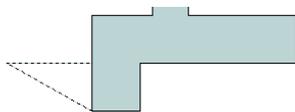
**Verifica a fessurazione**

Asse neutro (da lembo compresso)	$x =$	6.46	cm
eccentricità	$e =$	60.73	cm
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	1.52	Mpa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	59.7	Mpa
momento di fessurazione	$M_{cr} =$	54.81	kNm
azione assiale per apertura fessure	$N_{cr} =$	90.24	kN
tensione cls prima fessurazione	$\sigma_{cr} =$	9.13	Mpa
tensione acciaio prima fessurazione	$\sigma_{sr} =$	359.1	Mpa
		$M_{cr} > M$	

**Verifica a taglio**

massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.06	Mpa
--------------------------	----------------	------	-----

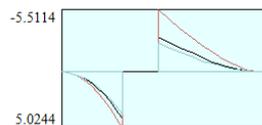
La sezione non si fessura nemmeno sotto i massimi carichi di esercizio, pertanto anche la verifica a fessurazione è automaticamente soddisfatta. Il massimo sforzo tagliante è inferiore a  $\tau_{c0}$ , per cui non si rende necessaria un'apposita armatura a taglio, si dispongono spilli  $\phi 8$  a maglia 40x40 cm.

**Fondazione**

Pressioni sul terreno



Momento



Taglio


 $M = 5.51 \text{ kNm/m}$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 41 di 111

$$T = 20.11 \text{ kN/m}$$

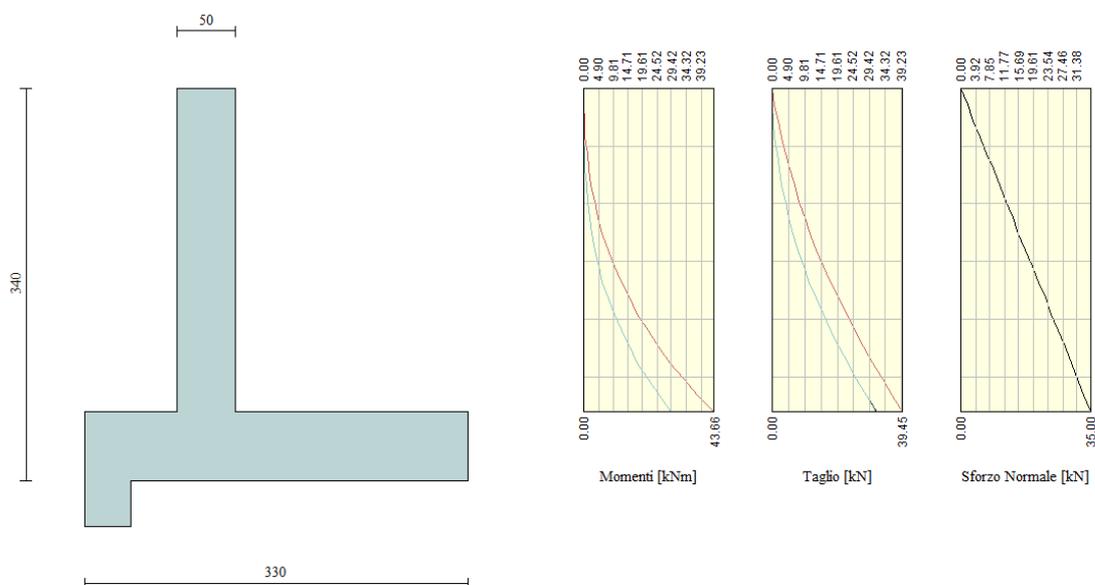
La fondazione è costituita da un calcestruzzo di classe C25/30, ha uno spessore di verifica di 40 cm. L'armatura trasversale è costituita da  $\phi 14/20$  e quella longitudinale da  $\phi 12/20$ , non è necessario disporre armatura a taglio. La distanza tra la barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) è stato sommato il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (12 mm), per cui il copriferro di verifica è 5.2 cm.

<b>Momento massimo</b>	M =	5.51	kNm
<b>Taglio massimo</b>	T =	20.11	kN
<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	7.57	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	96043	cm <sup>4</sup>
tensione cls	$\sigma_c =$	0.43	MPa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-22.8	MPa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa
<b>Verifica a fessurazione</b>			
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	0.43	MPa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	22.8	MPa
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	63.94	kNm
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	76.12	kNm
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	315.4	MPa
		$M_{cr} > M$	mm
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.06	MPa

La sezione non si fessura nemmeno sotto i massimi carichi di esercizio, pertanto anche la verifica a fessurazione è automaticamente soddisfatta. Il massimo sforzo tagliante è inferiore a  $\tau_{c0}$ , per cui non si rende necessaria un'apposita armatura a taglio.

### 5.5.1. Muro $h = 2.80\text{ m}$

#### Elevazione



$$M = 43.66 \text{ kNm/m}$$

$$N = 35.0 \text{ kN/m}$$

$$T = 39.45 \text{ kN/m}$$

L'elevazione è costituita da un calcestruzzo di classe C32/40, ha uno spessore di verifica di 50 cm. L'armatura verticale è costituita da  $\phi 16/20$  e quella longitudinale da  $\phi 12/20$ , non è necessario disporre armatura a taglio, si dispongono comunque spilli  $\phi 8/40 \times 40$ . La distanza tra la barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) è stato sommato il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (12 mm), il diametro dello spillo (8 mm), per cui il copriferro di verifica è 6.0 cm.

<b>Momento massimo</b>	M =	43.66	kNm
<b>Azione assiale</b>	N =	-35.00	kN

<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	11.01	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	203402	cm <sup>4</sup>
eccentricità	e =	124.74	cm
tensione cls	$\sigma_c =$	2.10	Mpa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-92.0	Mpa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		Mpa

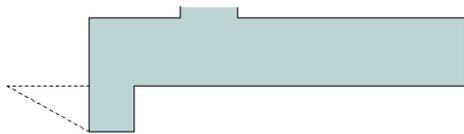
**Verifica a fessurazione**

Asse neutro (da lembo compresso)	x =	11.01	cm
eccentricità	e =	124.74	cm
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	2.10	Mpa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	92.0	Mpa
momento di fessurazione	Mcr =	156.23	kNm
azione assiale per apertura fessure	Ncr =	125.24	kN
tensione cls prima fessurazione	$\sigma_{cr} =$	7.51	Mpa
tensione acciaio prima fessurazione	$\sigma_{sr} =$	329.3	Mpa
		Mcr > M	

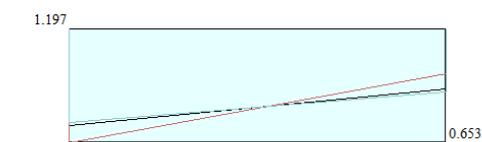
**Verifica a taglio**

massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.10	Mpa
--------------------------	----------------	------	-----

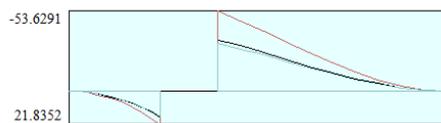
La sezione non si fessura nemmeno sotto i massimi carichi di esercizio, pertanto anche la verifica a fessurazione è automaticamente soddisfatta. Il massimo sforzo tagliante è inferiore a  $\tau_{c0}$ , per cui non si rende necessaria un'apposita armatura a taglio, si dispongono spilli  $\phi 8$  a maglia 40x40 cm.

**Fondazione**

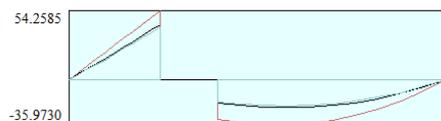
Pressioni sul terreno



Momento



Taglio



$$M = 53.63 \text{ kNm/m}$$

$$T = 54.26 \text{ kN/m}$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 44 di 111

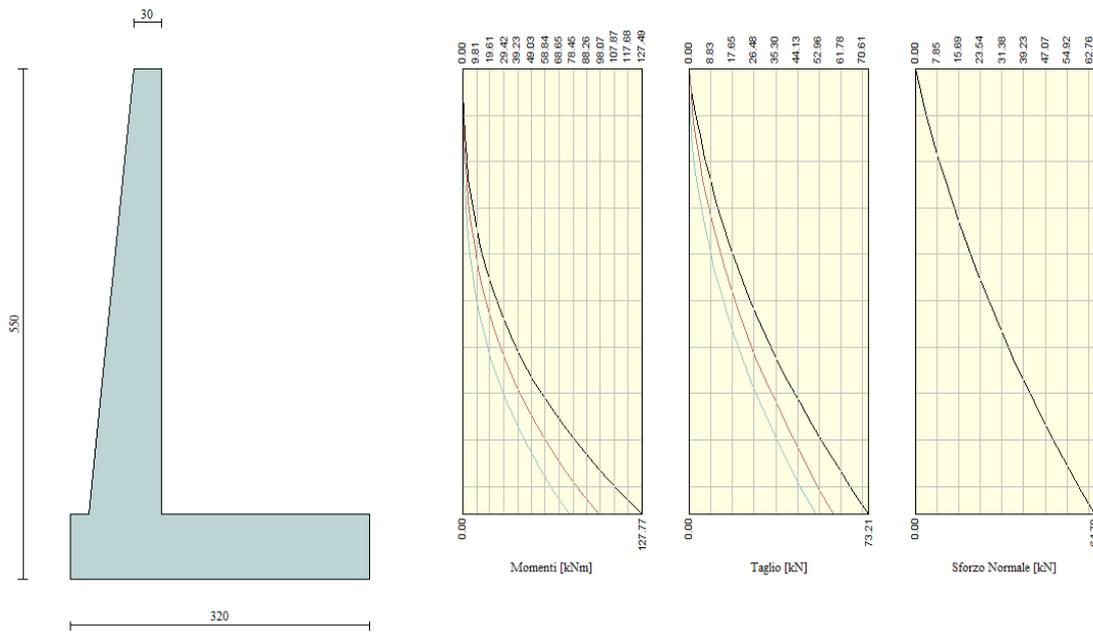
La fondazione è costituita da un calcestruzzo di classe C25/30, ha uno spessore di verifica di 50 cm. L'armatura trasversale è costituita da  $\phi 16/20$  e quella longitudinale da  $\phi 12/20$ , non è necessario disporre armatura a taglio. La distanza tra la barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) è stato sommato il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (12 mm), per cui il copriferro di verifica è 5.2 cm.

<b>Momento massimo</b>	M =	53.63	kNm
<b>Taglio massimo</b>	T =	54.26	kN
<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	9.63	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	209891	cm <sup>4</sup>
tensione cls	$\sigma_c =$	2.46	MPa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-131.7	MPa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa
<b>Verifica a fessurazione</b>			
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	2.46	MPa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	131.7	MPa
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	101.61	kNm
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	120.97	kNm
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	297.1	MPa
		$M_{cr} > M$	mm
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.13	MPa

La sezione non si fessura nemmeno sotto i massimi carichi di esercizio, pertanto anche la verifica a fessurazione è automaticamente soddisfatta. Il massimo sforzo tagliante è inferiore a  $\tau_{c0}$ , per cui non si rende necessaria un'apposita armatura a taglio.

### 5.5.2. Muro $h = 4.80\text{ m}$

#### Elevazione



$$M = 127.77 \text{ kNm/m}$$

$$N = 64.70 \text{ kN/m}$$

$$T = 73.21 \text{ kN/m}$$

L'elevazione è costituita da un calcestruzzo di classe C32/40, ha uno spessore di verifica di 78 cm. L'armatura verticale è costituita al lembo interno da  $\phi 18/20$  e a quello esterno da  $\phi 14/20$  e quella longitudinale da  $\phi 14/20$ , non è necessario disporre armatura a taglio, si dispongono comunque spilli  $\phi 10/40 \times 40$ . La distanza tra la barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) è stato sommato il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (14 mm), il diametro dello spillo (10 mm), per cui il copriferro di verifica è 6.4 cm.

<b>Momento massimo</b>	M =	127.77	kNm
<b>Azione assiale</b>	N =	-64.70	kN

<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	16.38	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	719557	cm <sup>4</sup>
eccentricità	e =	197.48	cm
tensione cls	$\sigma_c =$	2.58	Mpa

tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-128.1	Mpa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		Mpa

**Verifica a fessurazione**

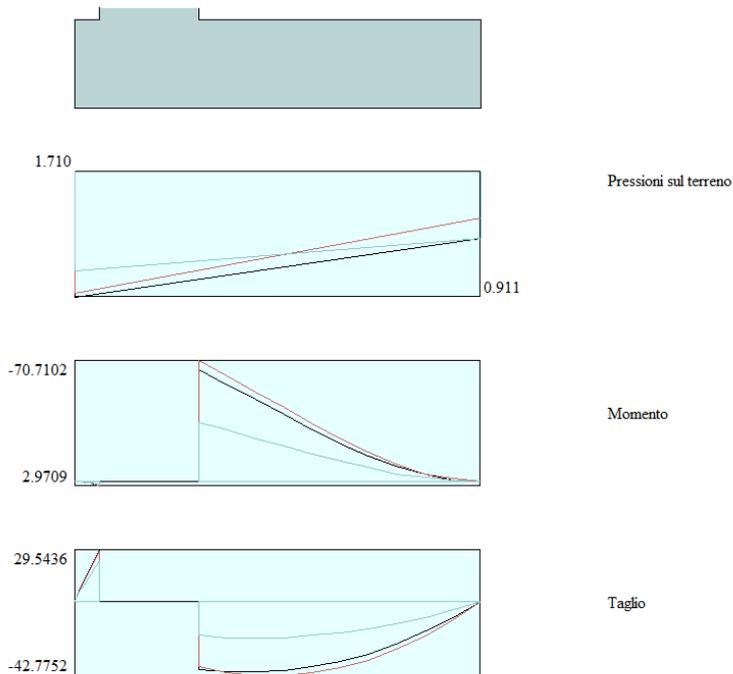
Asse neutro (da lembo compresso)	$x =$	16.38	cm
eccentricità	$e =$	197.48	cm
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	2.58	Mpa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	128.1	Mpa
momento di fessurazione	$M_{cr} =$	374.50	kNm
azione assiale per apertura fessure	$N_{cr} =$	189.64	kN
tensione cls prima fessurazione	$\sigma_{cr} =$	7.55	Mpa
tensione acciaio prima fessurazione	$\sigma_{sr} =$	375.5	Mpa
		$M_{cr} > M$	

**Verifica a taglio**

massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.11	Mpa
--------------------------	----------------	------	-----

La sezione non si fessura nemmeno sotto i massimi carichi di esercizio, pertanto anche la verifica a fessurazione è automaticamente soddisfatta. Il massimo sforzo tagliante è inferiore a  $\tau_{c0}$ , per cui non si rende necessaria un'apposita armatura a taglio, si dispongono spilli  $\phi 10$  a maglia 40x40 cm.

Fondazione



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 47 di 111

$$M = 70.71 \text{ kNm/m}$$

$$T = 42.76 \text{ kN/m}$$

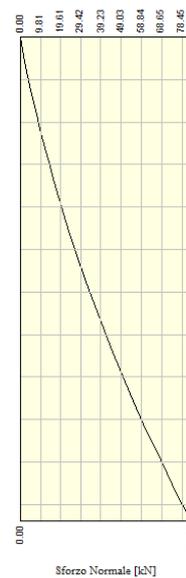
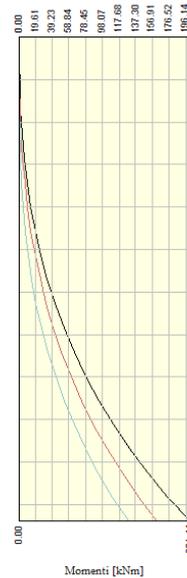
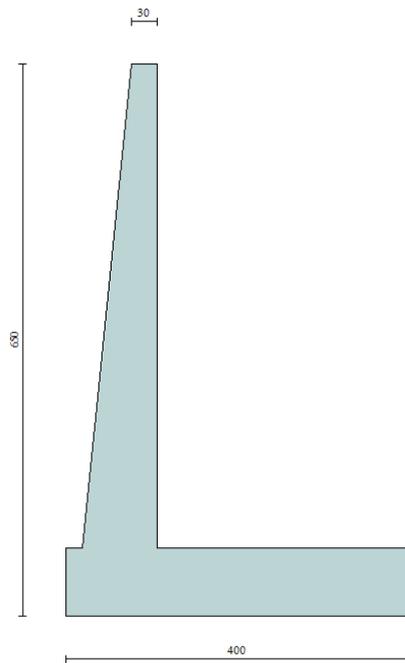
La fondazione è costituita da un calcestruzzo di classe C25/30, ha uno spessore di verifica di 70 cm. L'armatura trasversale è costituita da  $\phi 18/20$  e quella longitudinale da  $\phi 14/20$ , non è necessario disporre armatura a taglio. La distanza tra la barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) è stato sommato il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (14 mm), per cui il copriferro di verifica è 5.4 cm.

<b>Momento massimo</b>	M =	70.71	kNm
<b>Taglio massimo</b>	T =	42.76	kN
<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	12.97	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	572382	cm <sup>4</sup>
tensione cls	$\sigma_c =$	1.60	MPa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-94.0	MPa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa
<b>Verifica a fessurazione</b>			
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	1.60	MPa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	94.0	MPa
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	199.77	kNm
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	237.82	kNm
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	316.2	MPa
		$M_{cr} > M$	mm
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.07	MPa

La sezione non si fessura nemmeno sotto i massimi carichi di esercizio, pertanto anche la verifica a fessurazione è automaticamente soddisfatta. Il massimo sforzo tagliante è inferiore a  $\tau_{c0}$ , per cui non si rende necessaria un'apposita armatura a taglio.

### 5.5.3. Muro $h = 5.70\text{ m}$

#### Elevazione



$$M = 201.44 \text{ kNm/m}$$

$$N = 83.23 \text{ kN/m}$$

$$T = 98.44 \text{ kN/m}$$

L'elevazione è costituita da un calcestruzzo di classe C32/40, ha uno spessore di verifica di 87 cm. L'armatura verticale è costituita al lembo interno da  $\phi 20/20$  e a quello esterno da  $\phi 14/20$  e quella longitudinale da  $\phi 14/20$ , non è necessario disporre armatura a taglio, si dispongono comunque spilli  $\phi 10/40 \times 40$ . La distanza tra la barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) è stato sommato il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (14 mm), il diametro dello spillo (10 mm), per cui il copriferro di verifica è 6.4 cm.

<b>Momento massimo</b>	M =	201.44	kNm
<b>Azione assiale</b>	N =	-83.23	kN

<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	18.98	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	1110072	cm <sup>4</sup>
eccentricità	e =	242.03	cm

tensione cls	$\sigma_c =$	3.10	Mpa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-148.3	Mpa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		Mpa

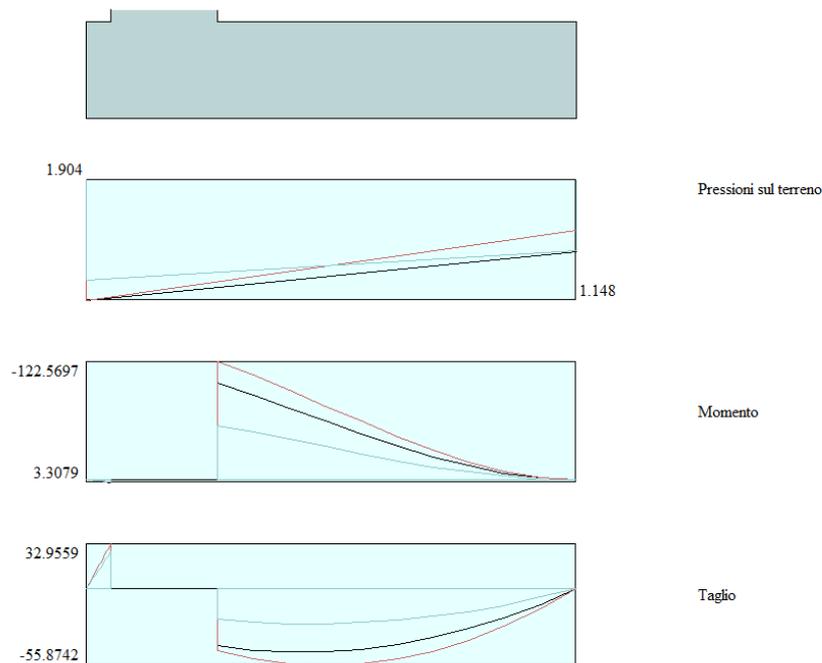
**Verifica a fessurazione**

Asse neutro (da lembo compresso)	$x =$	18.98	cm
eccentricità	$e =$	242.03	cm
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	3.10	Mpa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	148.3	Mpa
momento di fessurazione	$M_{cr} =$	466.79	kNm
azione assiale per apertura fessure	$N_{cr} =$	192.87	kN
tensione cls prima fessurazione	$\sigma_{cr} =$	7.17	Mpa
tensione acciaio prima fessurazione	$\sigma_{sr} =$	343.6	Mpa
		$M_{cr} > M$	

**Verifica a taglio**

massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.14	Mpa
--------------------------	----------------	------	-----

La sezione non si fessura nemmeno sotto i massimi carichi di esercizio, pertanto anche la verifica a fessurazione è automaticamente soddisfatta. Il massimo sforzo tagliante è inferiore a  $\tau_{c0}$ , per cui non si rende necessaria un'apposita armatura a taglio, si dispongono spilli  $\phi 10$  a maglia  $40 \times 40$  cm.

**Fondazione**

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 50 di 111

$$M = 122.57 \text{ kNm/m}$$

$$T = 55.87 \text{ kN/m}$$

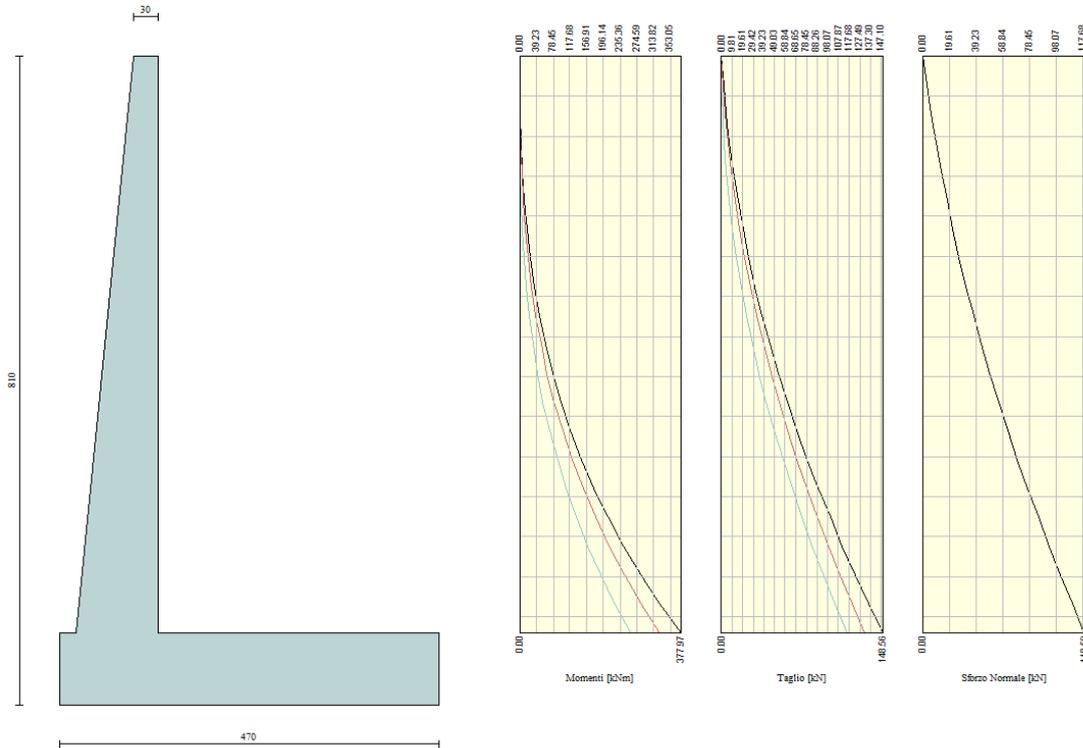
La fondazione è costituita da un calcestruzzo di classe C25/30, ha uno spessore di verifica di 80 cm. L'armatura trasversale è costituita da  $\phi 20/20$  e quella longitudinale da  $\phi 16/20$ , non è necessario disporre armatura a taglio. La distanza tra la barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) è stato sommato il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (16 mm), per cui il copriferro di verifica è 5.6 cm.

<b>Momento massimo</b>	M =	122.57	kNm
<b>Taglio massimo</b>	T =	55.87	kN
<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	15.27	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	932577	cm <sup>4</sup>
tensione cls	$\sigma_c =$	2.01	MPa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-114.6	MPa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa
<b>Verifica a fessurazione</b>			
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	2.01	MPa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	114.6	MPa
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	264.12	kNm
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	314.43	kNm
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	294.0	MPa
		$M_{cr} > M$	mm
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.08	MPa

La sezione non si fessura nemmeno sotto i massimi carichi di esercizio, pertanto anche la verifica a fessurazione è automaticamente soddisfatta. Il massimo sforzo tagliante è inferiore a  $\tau_{c0}$ , per cui non si rende necessaria un'apposita armatura a taglio.

### 5.5.4. Muro $h = 7.20\text{ m}$

#### Elevazione



$$M = 377.97 \text{ kNm/m}$$

$$N = 118.59 \text{ kN/m}$$

$$T = 148.56 \text{ kN/m}$$

L'elevazione è costituita da un calcestruzzo di classe C32/40, ha uno spessore di verifica di 102 cm. L'armatura verticale è costituita al lembo interno da  $\phi 20/20$  e a quello esterno da  $\phi 14/20$  e quella longitudinale da  $\phi 14/20$ , non è necessario disporre armatura a taglio, si dispongono comunque spilli  $\phi 10/40 \times 40$ . La distanza tra la barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) è stato sommato il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (14 mm), il diametro dello spillo (10 mm), per cui il copriferro di verifica è 6.4 cm.

<b>Momento massimo</b>	M =	377.97	kNm
<b>Azione assiale</b>	N =	-118.59	kN

<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	20.69	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	1603678	cm <sup>4</sup>
eccentricità	e =	318.72	cm

tensione cls	$\sigma_c =$	4.41	Mpa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-236.4	Mpa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		Mpa

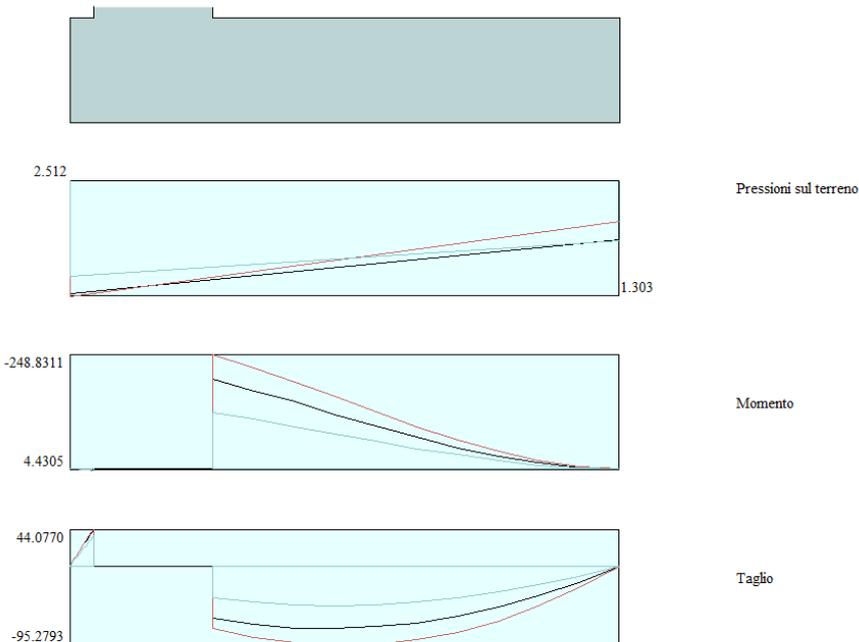
**Verifica a fessurazione**

Asse neutro (da lembo compresso)	$x =$	20.69	cm
eccentricità	$e =$	318.72	cm
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	4.41	Mpa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	236.4	Mpa
momento di fessurazione	$M_{cr} =$	630.99	kNm
azione assiale per apertura fessure	$N_{cr} =$	197.98	kN
tensione cls prima fessurazione	$\sigma_{cr} =$	7.37	Mpa
tensione acciaio prima fessurazione	$\sigma_{sr} =$	394.7	Mpa
		$M_{cr} > M$	

**Verifica a taglio**

massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.17	Mpa
--------------------------	----------------	------	-----

La sezione non si fessura nemmeno sotto i massimi carichi di esercizio, pertanto anche la verifica a fessurazione è automaticamente soddisfatta. Il massimo sforzo tagliante è inferiore a  $\tau_{c0}$ , per cui non si rende necessaria un'apposita armatura a taglio, si dispongono spilli  $\phi 10$  a maglia  $40 \times 40$  cm.

**Fondazione**

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 53 di 111

$$M = 248.83 \text{ kNm/m}$$

$$T = 95.28 \text{ kN/m}$$

La fondazione è costituita da un calcestruzzo di classe C25/30, ha uno spessore di verifica di 90 cm. L'armatura trasversale è costituita da  $\phi 20/20$  e quella longitudinale da  $\phi 16/20$ , non è necessario disporre armatura a taglio. La distanza tra la barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) è stato sommato il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (16 mm), per cui il copriferro di verifica è 5.6 cm.

<b>Momento massimo</b>	M =	248.83	kNm
<b>Taglio massimo</b>	T =	95.28	kN
<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	16.41	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	1227356	cm <sup>4</sup>
tensione cls	$\sigma_c =$	3.33	MPa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-203.7	MPa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa
<b>Verifica a fessurazione</b>			
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	3.33	MPa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	203.7	MPa
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	331.23	kNm
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	394.33	kNm
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	322.8	MPa
		$M_{cr} > M$	mm
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.13	MPa

La sezione non si fessura nemmeno sotto i massimi carichi di esercizio, pertanto anche la verifica a fessurazione è automaticamente soddisfatta. Il massimo sforzo tagliante è inferiore a  $\tau_{c0}$ , per cui non si rende necessaria un'apposita armatura a taglio.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 54 di 111

## 6. VERIFICA MANUFATTI IDRAULICI DI IMBOCCO

Il Fosso 1, il Rio 3 e il Rio4 presentano a valle del tombino circolare un manufatto scatolare di collegamento tra il canale e il tombino di forma rettangolare.

Tale manufatto per il Fosso 1 ha dimensioni in pianta pari a 3.5x1.5 m e altezza interna di 3.4 m, gli elementi strutturali hanno spessore di 0.30 m; per il Rio 2 e il Rio 3 tale manufatto sempre di forma rettangolare e altezza interna di 3.4 m, ha in pianta dimensioni di 4.4x1.5 m.

Per il dimensionamento delle pareti si è considerata la parete di dimensione maggiore, rispettivamente di dimensioni 3.8x3.55 m (misure riferite all'asse dei piedritti) per il Fosso 1 e 4.7x3.55 m per il Rio 3 e il Rio 4.

I carichi agenti sulla parete sono:

- Spinta delle terre:  $\sigma = 20 \cdot 3.55 \cdot K_0 = 35.5 \text{ kN/m}^2$

Si è assunto un angolo di attrito  $\phi = 30^\circ$  per il terreno di ritombamento del piazzale.

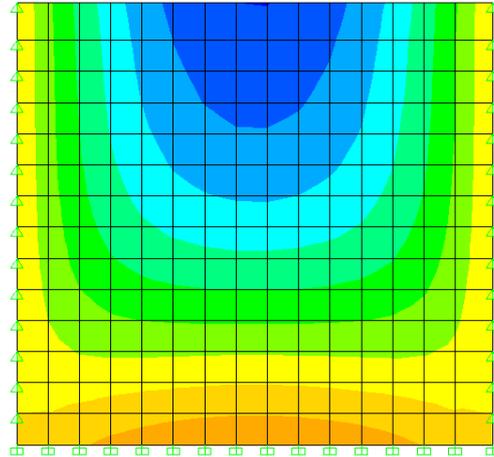
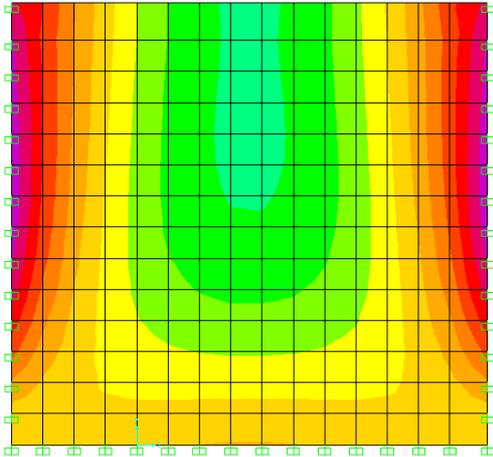
- Spinta del carico accidentale di 20 kN/m<sup>2</sup>  $q = 20 \cdot K_0 = 10 \text{ kN/m}^2$

L'analisi è stata condotta con un modello agli elementi finiti tipo "shell", ipotizzando sui bordi sia un vincolo di incastro, sia un vincolo di appoggio (il vincolo tra parete e fondazione è in entrambi i casi un vincolo di incastro).

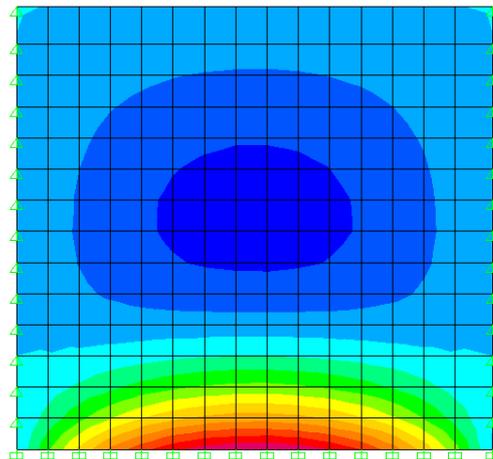
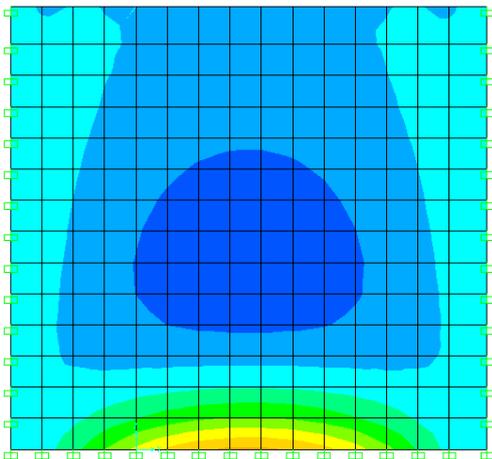
Per la combinazione di carico che prevede la presenza di tutte le condizioni di carico sopra indicate (con coefficiente 1.0) si hanno le seguenti sollecitazioni nell'elemento.

**Parete 3.8x3.55**

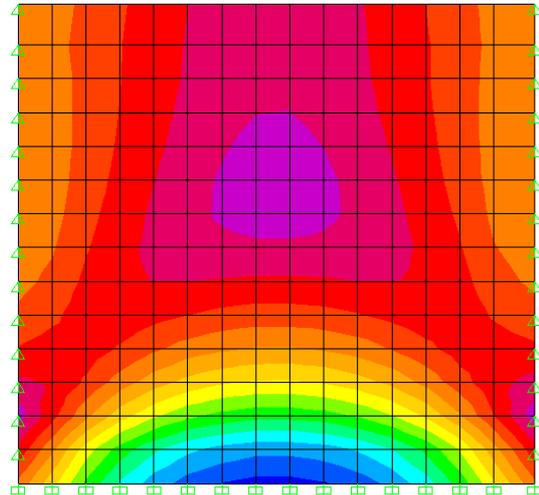
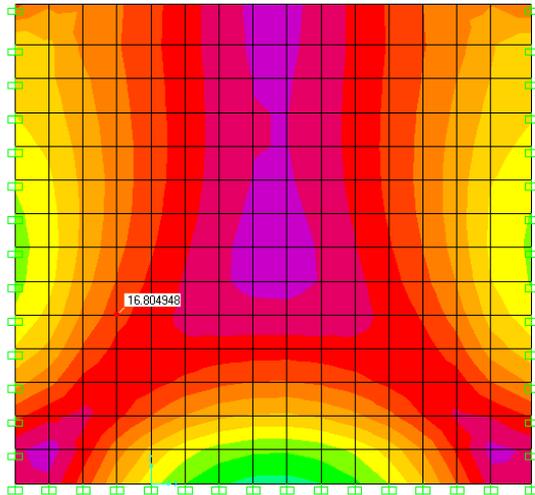
Momento flettente M11



Momento flettente M22



### Azione tagliante massima



Le sollecitazioni massime sono:

$$M_{11} = 24.6 \text{ kNm/m}$$

$$M_{22} = 44.1 \text{ kNm/m}$$

$$V_{\max} = 71.5 \text{ kN/m}$$

L'armatura della parete è costituita da  $\phi 12/20$  al lembo interno e esterno, in entrambe le direzioni. Nella parete il copriferro netto delle armature trasversali è di 60 mm (allo spessore minimo del copriferro di 40 mm si è sommato il diametro dell'armatura nell'altra direzione costituita da  $\phi 12$  e lo spillo  $\phi 8$ ). Al piede della parete, al lembo esterno, (momento massimo  $M_{22}$ ) si dispone un integrativo costituito da  $\phi 12/20$ .

Di seguito si riportano entrambe le verifiche:

<b>Momento massimo</b>	M =	24.60	kNm
<b>Taglio massimo</b>	T =	71.50	kN
<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	5.64	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	32813	cm <sup>4</sup>
tensione cls	$\sigma_c =$	4.23	MPa

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 57 di 111

tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-199.8	MPa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa
<b>Verifica a fessurazione</b>			
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	4.23	MPa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	199.8	MPa
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	34.86	kNm
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	41.50	kNm
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	337.0	MPa
		$M_{cr} > M$	mm
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.33	MPa

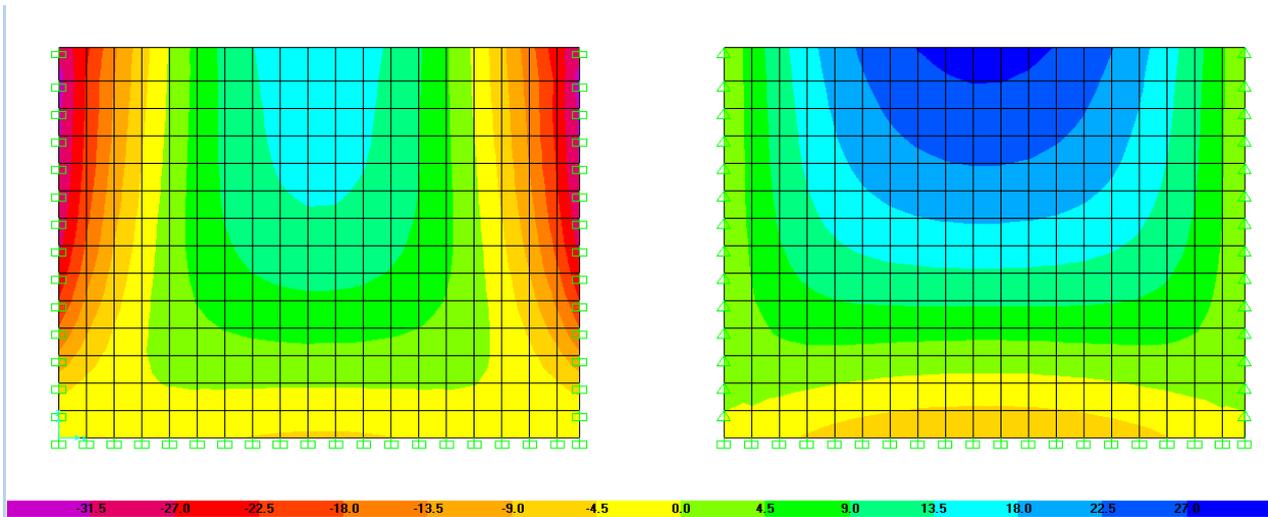
La sezione sotto i massimi carichi di esercizio non apre fessure. Il massimo sforzo tagliante è inferiore a  $\tau_{c0}$ , per cui non si rende necessaria un'apposita armatura a taglio, si dispongono spilli  $\phi 8$  a maglia 40x40 cm.

<b>Momento massimo</b>	$M =$	44.10	kNm
<b>Taglio massimo</b>	$T =$	71.50	kN
<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	$x =$	7.31	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	$J =$	56983	cm <sup>4</sup>
tensione cls	$\sigma_c =$	5.66	MPa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-186.8	MPa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa
<b>Verifica a fessurazione</b>			
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	5.66	MPa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	186.8	MPa
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	36.25	kNm
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	43.15	kNm
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	182.8	MPa
apertura fessure	$w_k =$	0.14	mm
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.33	MPa

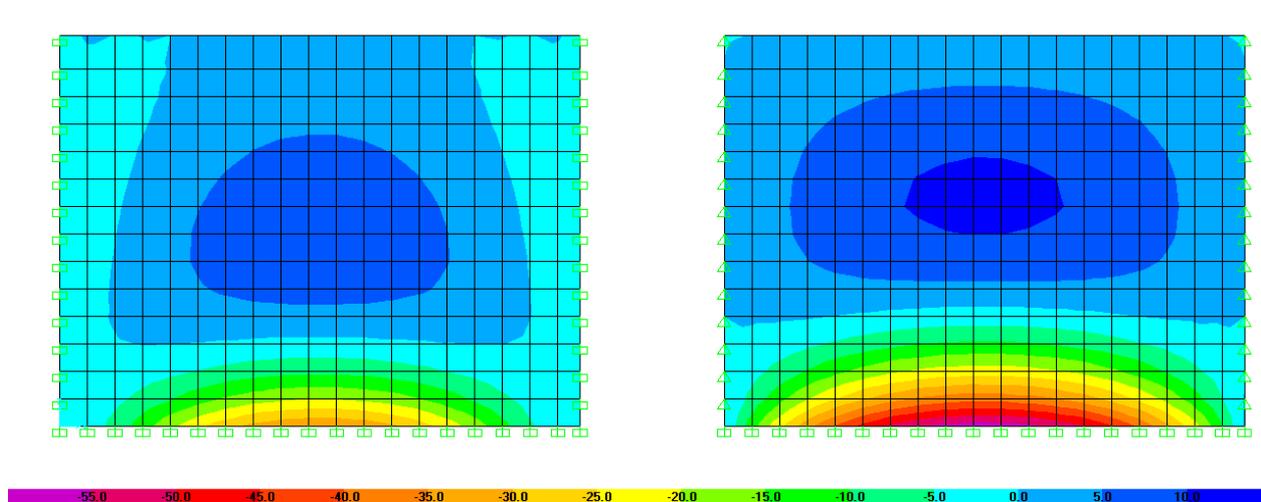
La sezione sotto i massimi carichi di esercizio apre una fessura che resta inferiore a 0.15 mm. Il massimo sforzo tagliante è inferiore a  $\tau_{c0}$ , per cui non si rende necessaria un'apposita armatura a taglio, si dispongono spilli  $\phi 8$  a maglia 40x40 cm.

### Parete 4.7x3.55

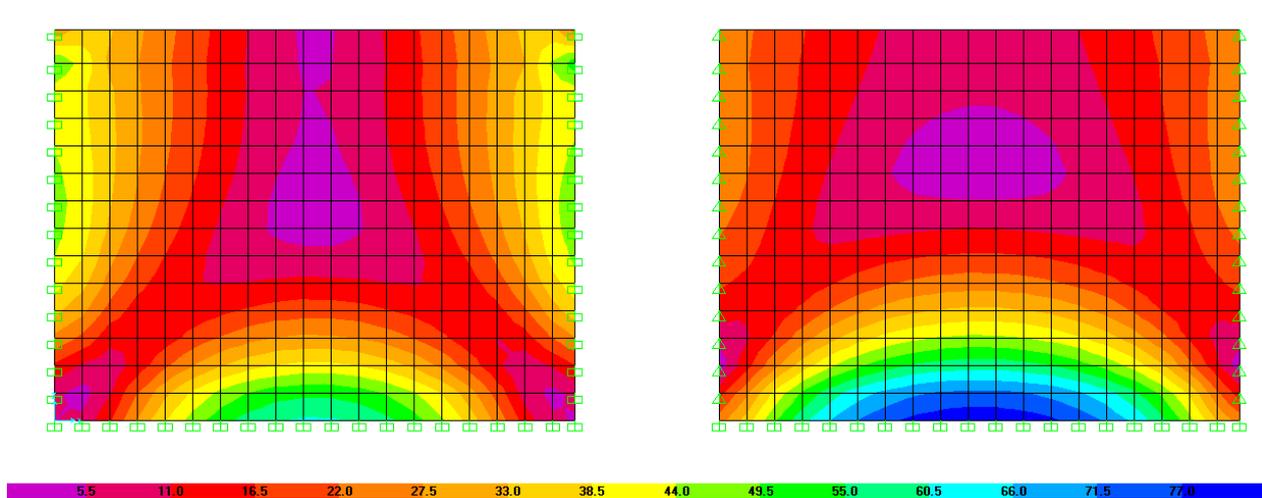
Momento flettente M11



Momento flettente M22



Azione tagliante massima



Le sollecitazioni massime sono:

$$M_{11} = 34.0 \text{ kNm/m}$$

$$M_{22} = 58.5 \text{ kNm/m}$$

$$V_{\max} = 81.0 \text{ kN/m}$$

L'armatura della parete è costituita da  $\phi 14/20$  al lembo interno e esterno, in entrambe le direzioni. Nella parete il copriferro netto delle armature trasversali è di 62 mm (allo spessore minimo del copriferro di 40 mm si è sommato il diametro dell'armatura nell'altra direzione costituita da  $\phi 14$  e lo spillo  $\phi 8$ ). Al piede della parete, al lembo esterno, (momento massimo  $M_{22}$ ) si dispone un integrativo costituito da  $\phi 14/20$ .

Di seguito si riportano entrambe le verifiche:

<b>Momento massimo</b>	M =	34.00	kNm
<b>Taglio massimo</b>	T =	81.00	kN
<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	6.33	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	40961	cm <sup>4</sup>
tensione cls	$\sigma_c =$	5.25	MPa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-208.8	MPa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa
<b>Verifica a fessurazione</b>			
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	5.25	MPa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	208.8	MPa
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	35.47	kNm

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 60 di 111

momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	42.23	kNm
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	259.4	MPa
		$M_{cr} > M$	mm
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.38	MPa

La sezione sotto i massimi carichi di esercizio non apre fessure. Il massimo sforzo tagliante è inferiore a  $\tau_{c0}$ , per cui non si rende necessaria un'apposita armatura a taglio, si dispongono spilli  $\phi 8$  a maglia 40x40 cm.

<b>Momento massimo</b>	$M =$	58.50	kNm
<b>Taglio massimo</b>	$T =$	81.00	kN
<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	$x =$	8.14	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	$J =$	69833	cm <sup>4</sup>
tensione cls	$\sigma_c =$	6.82	MPa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-188.0	MPa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa
<b>Verifica a fessurazione</b>			
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	6.82	MPa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	188.0	MPa
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	37.25	kNm
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	44.34	kNm
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	142.5	MPa
apertura fessure	$w_k =$	0.19	mm
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.38	MPa

La sezione sotto i massimi carichi di esercizio apre una fessura che resta inferiore a 0.20 mm. Il massimo sforzo tagliante è inferiore a  $\tau_{c0}$ , per cui non si rende necessaria un'apposita armatura a taglio, si dispongono spilli  $\phi 8$  a maglia 40x40 cm.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 61 di 111

## 7. TABULATI DI CALCOLO

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
  - Verifica a ribaltamento
  - Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
  - Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
  - Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

### Calcolo della spinta sul muro

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  $\rho$  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.

Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\epsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\epsilon' = \epsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove  $\theta = \arctg(C)$  essendo  $C$  il coefficiente di intensità sismica.

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente  $A$  vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente  $A$  viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta deve essere applicato ad una distanza dalla base pari a 2/3 dell'altezza del muro stesso.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali che si destano per effetto del sisma. Tale forza viene valutata come

$$F_i = CW$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

### Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante  $M_r$ ) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante  $M_s$ ) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto  $M_s/M_r$  sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_r$ .

La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che sia  $\eta_r \geq 1.5$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 62 di 111

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante  $M_r$  è dato dalla componente orizzontale della spinta  $S$ , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro  $\delta$  è positivo, ribaltante se  $\delta$  è negativo.  $\delta$  è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante. Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

### Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$ . La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che  $\eta_s \geq 1.3$ .

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella  $F_s$  sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione. La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_f$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_f$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

### Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che  $\eta_q \geq 2.0$ .

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_c i_c + q N_q d_q i_q + 0.5 \gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione

- $c$  coesione del terreno in fondazione;
- $\phi$  angolo di attrito del terreno in fondazione;
- $\gamma$  peso di volume del terreno in fondazione;
- $B$  larghezza della fondazione;
- $D$  profondità del piano di posa;
- $q$  pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \operatorname{tg} \phi}$$

$$N_q = A \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \operatorname{tg} (1.4\phi)$$

Indichiamo con  $K_p$  il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

I fattori  $d$  e  $i$  che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 63 di 111

#### Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$$

$$d_q = d_r = 1 \quad \text{per } \phi = 0$$

$$d_q = d_r = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p} \quad \text{per } \phi > 0$$

#### Fattori di inclinazione

Indicando con  $\theta$  l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale ( espresso in gradi ) e con  $\phi$  l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_c = i_q = (1 - \theta^{\circ}/90)^2$$

$$i_r = \left(1 - \frac{\theta^{\circ}}{\phi^{\circ}}\right)^2 \quad \text{per } \phi > 0$$

$$i_r = 0 \quad \text{per } \phi = 0$$

#### Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\eta_g$

La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che  $\eta_g \geq 1.3$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \tan \phi_i \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima e  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre  $u_i$  ed  $l_i$  rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ( $l_i = b_i / \cos \alpha_i$ ).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in  $n$  strisce e dalla formula precedente si ricava  $\eta$ . Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

#### Normativa

##### Spinte e verifiche secondo :

- D.M. 11/03/1988
- D.M. 16/01/1996

## 7.1. Muro h = 2.00 m

Geometria muro e fondazione

Descrizione

Altezza del paramento  
Spessore in sommità  
Spessore all'attacco con la fondazione  
Inclinazione paramento esterno  
Inclinazione paramento interno  
Lunghezza del muro

**Muro a mensola in c.a.**

2.00 [m]  
0.30 [m]  
0.30 [m]  
0.00 [%]  
0.00 [%]  
10.00 [m]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 64 di 111

#### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.50 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0.90 [m]
Lunghezza totale fondazione	1.70 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [%]
Spessore fondazione	0.40 [m]
Spessore magrone	0.10 [m]
Altezza dello sperone di fondazione	0.40 [m]
Spessore dello sperone di fondazione	0.40 [m]

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	1.00	0.00	0.00
2	3.40	1.50	32.01
3	10.00	1.50	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	0.00	[m]

Descrizione terreni

#### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$c_a$	Adesione terra-muro espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$
Rilevato	20.00	20.00	35.00	23.33	0.000	0.000
aP_alt	26.00	26.00	31.00	20.67	4.000	0.000

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/cm <sup>2</sup> /cm
$K_s$	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

Nr.	H	a	$K_w$	$K_s$	Terreno
1	2.00	0.00	7.79	0.00	Rilevato
2	8.00	0.00	65.85	0.00	aP_alt

Condizioni di carico

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 65 di 111

*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 (Sovraccarico stradale)

D	Profilo	$X_i=3.40$	$X_f=8.40$	$Q_i=20.0000$	$Q_f=20.0000$
---	---------	------------	------------	---------------	---------------

Descrizione combinazioni di carico

*Simbologia adottata*

C	Coefficiente totale di partecipazione della condizione
---	--

Combinazione n° 1 Tensioni ammissibili

	<b>C</b>
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00
Sovraccarico stradale	1.00

Combinazione n° 2 Tensioni ammissibili - Sismica

	<b>C</b>
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00

Combinazione n° 3 Tensioni ammissibili

	<b>C</b>
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

**Tensioni ammissibili**

*Impostazioni avanzate*

Influenza del terreno sulla fondazione di valle nelle verifiche e nel calcolo delle sollecitazioni

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

*Simbologia adottata*

C	Identificativo della combinazione
Tipo	Tipo combinazione
Sisma	Combinazione sismica
$CS_{SCO}$	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
$CS_{RIB}$	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
$CS_{QLIM}$	Coeff. di sicurezza a carico limite
$CS_{STAB}$	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	$CS_{SCO}$	$CS_{RIB}$	$CS_{qlim}$	$CS_{stab}$
1	TAMM - [2]	--	1.88	4.44	214.97	18.95
2	TAMM - [3]	Orizzontale	1.62	3.60	190.17	21.44
3	TAMM - [3]	--	2.14	4.94	231.28	22.94

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 66 di 111

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 Fellenius
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Coefficiente di intensità sismica (percento)	4.00
Forma diagramma incremento sismico	Triangolare con vertice in basso

Partecipazione spinta passiva (percento)	0.0
Lunghezza del muro	10.00 [m]

Peso muro	36.0000 [kN]
Baricentro del muro	X=-0.11 Y=-1.74

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 0.90	Y = -2.40
Punto superiore superficie di spinta	X = 0.90	Y = 0.00
Altezza della superficie di spinta	2.40	[m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0.00	[%]

COMBINAZIONE n° 1

Valore della spinta statica	19.2928	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	17.7154	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	7.6405	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.90	[m]	Y = -1.35	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43.13	[%]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	213.37	[%]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	36.0000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.45	[m]	Y = -1.00	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	17.7154	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	79.6405	[kN]
Resistenza passiva dente di fondazione	-3.2490	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	18.6737	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	82.9888	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	79.6405	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	17.7154	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.04	[m]
Risultante in fondazione	81.5870	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	22.24	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	3.3793	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	17120.2272	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.70	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.5492	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.4062	[kg/cm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

N <sub>c</sub> = 32.67	N' <sub>c</sub> = 26.21
N <sub>q</sub> = 20.63	N' <sub>q</sub> = 15.92
N <sub>γ</sub> = 18.56	N' <sub>γ</sub> = 6.86

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.44
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.88
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	214.97
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	18.95

Stabilità globale muro + terreno

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 67 di 111

**Combinazione n° 1**

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]
- $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
- $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
- b larghezza della striscia espressa in [m]
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0.00 Y[m]= 1.89

Raggio del cerchio R[m]= 4.76

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -2.75

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 4.75

Larghezza della striscia dx[m]= 0.30

Coefficiente di sicurezza C= 18.95

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	1009.46	76.99	983.54	1.33	35.00	0.000	0.000
2	1603.23	64.93	1452.23	0.71	35.00	0.000	0.000
3	1942.75	57.32	1635.16	0.56	35.00	0.000	0.000
4	2199.69	51.09	1711.71	0.48	35.00	0.000	0.000
5	2083.46	45.63	1489.34	0.43	35.00	0.000	0.000
6	1852.69	40.66	1207.24	0.40	35.00	0.000	0.000
7	1885.28	36.05	1109.36	0.37	33.85	1.152	0.000
8	1920.91	31.69	1009.02	0.35	31.00	4.000	0.000
9	1942.03	27.53	897.51	0.34	31.00	4.000	0.000
10	1941.41	23.52	774.68	0.33	31.00	4.000	0.000
11	1921.14	19.63	645.35	0.32	31.00	4.000	0.000
12	1882.78	15.83	513.65	0.31	31.00	4.000	0.000
13	1849.48	12.11	387.86	0.31	31.00	4.000	0.000
14	1911.67	8.43	280.28	0.30	31.00	4.000	0.000
15	1938.73	4.79	161.92	0.30	31.00	4.000	0.000
16	1985.30	1.17	40.55	0.30	31.00	4.000	0.000
17	1877.10	-2.45	-80.09	0.30	31.00	4.000	0.000
18	644.72	-6.07	-68.19	0.30	31.00	4.000	0.000
19	622.15	-9.72	-105.06	0.30	31.00	4.000	0.000
20	585.21	-13.41	-135.75	0.31	31.00	4.000	0.000
21	519.87	-17.16	-153.39	0.31	31.00	4.000	0.000
22	437.19	-20.99	-156.59	0.32	31.00	4.000	0.000
23	335.93	-24.92	-141.52	0.33	31.00	4.000	0.000
24	214.36	-28.97	-103.84	0.34	31.00	4.000	0.000
25	70.17	-33.20	-38.42	0.36	31.00	4.000	0.000

$\Sigma W_i = 344.9712$  [kN]

$\Sigma W_i \sin\alpha_i = 130.5931$  [kN]

$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i = 179.4547$  [kN]

$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i = 2295.1465$  [kN]

Sollecitazioni paramento

**Combinazione n° 1**

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	0.10	0.7500	0.0007	0.0224
3	0.20	1.5000	0.0060	0.0898
4	0.30	2.2500	0.0202	0.2020
5	0.40	3.0000	0.0479	0.3591
6	0.50	3.7500	0.0935	0.5611
7	0.60	4.5000	0.1616	0.8079

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 68 di 111

8	0.70	5.2500	0.2566	1.0997
9	0.80	6.0000	0.3830	1.4363
10	0.90	6.7500	0.5454	1.8179
11	1.00	7.5000	0.7481	2.2443
12	1.10	8.2500	0.9957	2.7156
13	1.20	9.0000	1.2927	3.2317
14	1.30	9.7500	1.6435	3.7928
15	1.40	10.5000	2.0528	4.3988
16	1.50	11.2500	2.5248	5.0496
17	1.60	12.0000	3.0642	5.7460
18	1.70	12.7500	3.6763	6.5124
19	1.80	13.5000	4.3707	7.3980
20	1.90	14.2500	5.1605	8.4308
21	2.00	15.0000	6.0644	9.6800

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 1

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	0.05	0.0422	1.6828
3	0.10	0.1679	3.3450
4	0.15	0.3763	4.9866
5	0.20	0.6663	6.6075
6	0.25	1.0367	8.2078
7	0.30	1.4867	9.7875
8	0.35	2.0151	11.3465
9	0.40	2.6210	12.8849
10	0.45	3.3158	14.9027
11	0.50	4.1109	16.8998

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 1

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	0.09	-0.0402	-0.8817
3	0.18	-0.1567	-1.6966
4	0.27	-0.3436	-2.4446
5	0.36	-0.5947	-3.1258
6	0.45	-0.9042	-3.7401
7	0.54	-1.2659	-4.2876
8	0.63	-1.6740	-4.7682
9	0.72	-2.1222	-5.1819
10	0.81	-2.6047	-5.5288
11	0.90	-3.1154	-5.8088

COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	16.7370	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	15.3686	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	6.6283	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.90	[m]	Y = -1.33	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43.13	[%]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	213.37	[%]		
Incremento sismico della spinta	2.4742	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0.90	[m]	Y = -0.80	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	206.87	[%]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	36.0000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.45	[m]	Y = -1.00	[m]
Inerzia del muro	1.4400	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1.4400	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	20.5205	[kN]
--	---------	------

Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	79.6081	[kN]
Resistenza passiva dente di fondazione	-3.2490	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	23.0359	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	82.9338	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	79.6081	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	20.5205	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.10	[m]
Risultante in fondazione	82.2104	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	25.78	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	7.7690	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	15138.8081	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.70	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.6420	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.3130	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 32.67$	$N'_c = 24.93$
$N_q = 20.63$	$N'_q = 15.14$
$N_\gamma = 18.56$	$N'_\gamma = 5.51$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.60
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.62
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	190.17
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	21.44

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 2

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]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0.00 Y[m]= 1.89

Raggio del cerchio R[m]= 4.76

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -2.75

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 4.75

Larghezza della striscia dx[m]= 0.30

Coefficiente di sicurezza C= 21.44

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha$ (°)	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	397.41	76.99	387.20	1.33	35.00	0.000	0.000
2	991.18	64.93	897.82	0.71	35.00	0.000	0.000
3	1330.69	57.32	1120.01	0.56	35.00	0.000	0.000
4	1587.64	51.09	1235.44	0.48	35.00	0.000	0.000
5	1780.66	45.63	1272.89	0.43	35.00	0.000	0.000
6	1852.69	40.66	1207.24	0.40	35.00	0.000	0.000
7	1885.28	36.05	1109.36	0.37	33.85	1.152	0.000
8	1920.91	31.69	1009.02	0.35	31.00	4.000	0.000
9	1942.03	27.53	897.51	0.34	31.00	4.000	0.000
10	1941.41	23.52	774.68	0.33	31.00	4.000	0.000
11	1921.14	19.63	645.35	0.32	31.00	4.000	0.000
12	1882.78	15.83	513.65	0.31	31.00	4.000	0.000
13	1849.48	12.11	387.86	0.31	31.00	4.000	0.000
14	1911.67	8.43	280.28	0.30	31.00	4.000	0.000
15	1938.73	4.79	161.92	0.30	31.00	4.000	0.000
16	1985.30	1.17	40.55	0.30	31.00	4.000	0.000
17	1877.10	-2.45	-80.09	0.30	31.00	4.000	0.000
18	644.72	-6.07	-68.19	0.30	31.00	4.000	0.000
19	622.15	-9.72	-105.06	0.30	31.00	4.000	0.000
20	585.21	-13.41	-135.75	0.31	31.00	4.000	0.000
21	519.87	-17.16	-153.39	0.31	31.00	4.000	0.000

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
<p>IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici</p>		<p>Foglio 70 di 111</p>

22	437.19	-20.99	-156.59	0.32	31.00	4.000	0.000
23	335.93	-24.92	-141.52	0.33	31.00	4.000	0.000
24	214.36	-28.97	-103.84	0.34	31.00	4.000	0.000
25	70.17	-33.20	-38.42	0.36	31.00	4.000	0.000

$\Sigma W_i = 317.9926$  [kN]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 107.4626$  [kN]  
 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 170.3646$  [kN]  
 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 2295.1465$  [kN]

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 2

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	0.10	0.7500	0.0113	0.2322
3	0.20	1.5000	0.0476	0.5002
4	0.30	2.2500	0.1125	0.8037
5	0.40	3.0000	0.2096	1.1430
6	0.50	3.7500	0.3423	1.5179
7	0.60	4.5000	0.5143	1.9285
8	0.70	5.2500	0.7292	2.3747
9	0.80	6.0000	0.9905	2.8566
10	0.90	6.7500	1.3017	3.3742
11	1.00	7.5000	1.6665	3.9274
12	1.10	8.2500	2.0884	4.5163
13	1.20	9.0000	2.5709	5.1408
14	1.30	9.7500	3.1177	5.8011
15	1.40	10.5000	3.7323	6.4970
16	1.50	11.2500	4.4183	7.2285
17	1.60	12.0000	5.1792	7.9964
18	1.70	12.7500	6.0196	8.8251
19	1.80	13.5000	6.9480	9.7637
20	1.90	14.2500	7.9761	10.8160
21	2.00	15.0000	9.1141	11.9508

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 2

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	0.05	0.0533	2.1242
3	0.10	0.2116	4.2009
4	0.15	0.4726	6.2302
5	0.20	0.8339	8.2120
6	0.25	1.2930	10.1464
7	0.30	1.8477	12.0334
8	0.35	2.4956	13.8729
9	0.40	3.2342	15.6650
10	0.45	4.0738	17.4097
11	0.50	5.0244	20.1069

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 2

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00</p> <p>Relazione di calcolo manufatti idraulici</p>		<p>Foglio 71 di 111</p>

2	0.09	-0.0759	-1.6602
3	0.18	-0.2942	-3.1668
4	0.27	-0.6413	-4.5196
5	0.36	-1.1032	-5.7188
6	0.45	-1.6660	-6.7642
7	0.54	-2.3161	-7.6559
8	0.63	-3.0395	-8.3939
9	0.72	-3.8224	-8.9783
10	0.81	-4.6510	-9.4089
11	0.90	-5.5114	-9.6858

**COMBINAZIONE n° 3**

Valore della spinta statica	16.7370	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	15.3686	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	6.6283	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.90	[m]	Y = -1.33	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43.13	[%]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	213.37	[%]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	36.0000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.45	[m]	Y = -1.00	[m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	15.3686	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	78.6283	[kN]
Resistenza passiva dente di fondazione	-3.2490	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	16.4421	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	81.2681	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	78.6283	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	15.3686	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.03	[m]
Risultante in fondazione	80.1162	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	19.55	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	2.0081	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	18185.2914	[kN]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	1.70	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.5141	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.4291	[kg/cm <sup>2</sup> ]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

$N_c = 32.67$	$N'_c = 27.23$
$N_q = 20.63$	$N'_q = 16.53$
$N_\gamma = 18.56$	$N'_\gamma = 8.00$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.94
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.14
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	231.28
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	22.94

Stabilità globale muro + terreno

**Combinazione n° 3**

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]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati	36
Numero di strisce	25

Cerchio critico

Coordinate del centro	X[m]= 0.00	Y[m]= 1.89
Raggio del cerchio	R[m]= 4.76	
Ascissa a valle del cerchio	Xi[m]= -2.75	
Ascissa a monte del cerchio	Xs[m]= 4.75	
Larghezza della striscia	dx[m]= 0.30	

Coefficiente di sicurezza  $C= 22.94$

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	397.41	76.99	387.20	1.33	35.00	0.000	0.000
2	991.18	64.93	897.82	0.71	35.00	0.000	0.000
3	1330.69	57.32	1120.01	0.56	35.00	0.000	0.000
4	1587.64	51.09	1235.44	0.48	35.00	0.000	0.000
5	1780.66	45.63	1272.89	0.43	35.00	0.000	0.000
6	1852.69	40.66	1207.24	0.40	35.00	0.000	0.000
7	1885.28	36.05	1109.36	0.37	33.85	1.152	0.000
8	1920.91	31.69	1009.02	0.35	31.00	4.000	0.000
9	1942.03	27.53	897.51	0.34	31.00	4.000	0.000
10	1941.41	23.52	774.68	0.33	31.00	4.000	0.000
11	1921.14	19.63	645.35	0.32	31.00	4.000	0.000
12	1882.78	15.83	513.65	0.31	31.00	4.000	0.000
13	1849.48	12.11	387.86	0.31	31.00	4.000	0.000
14	1911.67	8.43	280.28	0.30	31.00	4.000	0.000
15	1938.73	4.79	161.92	0.30	31.00	4.000	0.000
16	1985.30	1.17	40.55	0.30	31.00	4.000	0.000
17	1877.10	-2.45	-80.09	0.30	31.00	4.000	0.000
18	644.72	-6.07	-68.19	0.30	31.00	4.000	0.000
19	622.15	-9.72	-105.06	0.30	31.00	4.000	0.000
20	585.21	-13.41	-135.75	0.31	31.00	4.000	0.000
21	519.87	-17.16	-153.39	0.31	31.00	4.000	0.000
22	437.19	-20.99	-156.59	0.32	31.00	4.000	0.000
23	335.93	-24.92	-141.52	0.33	31.00	4.000	0.000
24	214.36	-28.97	-103.84	0.34	31.00	4.000	0.000
25	70.17	-33.20	-38.42	0.36	31.00	4.000	0.000

$\Sigma W_i = 317.9926$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 107.4626$  [kN]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 170.3646$  [kN]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 2295.1465$  [kN]

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 3

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	0.10	0.7500	0.0007	0.0224
3	0.20	1.5000	0.0060	0.0898
4	0.30	2.2500	0.0202	0.2020
5	0.40	3.0000	0.0479	0.3591
6	0.50	3.7500	0.0935	0.5611
7	0.60	4.5000	0.1616	0.8079
8	0.70	5.2500	0.2566	1.0997
9	0.80	6.0000	0.3830	1.4363
10	0.90	6.7500	0.5454	1.8179
11	1.00	7.5000	0.7481	2.2443
12	1.10	8.2500	0.9957	2.7156
13	1.20	9.0000	1.2927	3.2317
14	1.30	9.7500	1.6435	3.7928
15	1.40	10.5000	2.0528	4.3988
16	1.50	11.2500	2.5248	5.0496
17	1.60	12.0000	3.0642	5.7460
18	1.70	12.7500	3.6763	6.5124
19	1.80	13.5000	4.3707	7.3980
20	1.90	14.2500	5.1600	8.4064
21	2.00	15.0000	6.0552	9.5067

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 3

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 73 di 111

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.05	0.0379	1.5149
3	0.10	0.1513	3.0176
4	0.15	0.3395	4.5080
5	0.20	0.6019	5.9861
6	0.25	0.9379	7.4520
7	0.30	1.3469	8.9056
8	0.35	1.8282	10.3469
9	0.40	2.3814	11.7760
10	0.45	3.0181	13.6928
11	0.50	3.7504	15.5974

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 3

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	0.09	-0.0315	-0.6927
3	0.18	-0.1235	-1.3456
4	0.27	-0.2725	-1.9588
5	0.36	-0.4749	-2.5323
6	0.45	-0.7271	-3.0661
7	0.54	-1.0256	-3.5601
8	0.63	-1.3667	-4.0144
9	0.72	-1.7470	-4.4290
10	0.81	-2.1628	-4.8038
11	0.90	-2.6105	-5.1390

## 7.2. Muro h = 2.80 m

Geometria muro e fondazione

Descrizione	Muro a mensola in c.a.
Altezza del paramento	2.80 [m]
Spessore in sommità	0.50 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.50 [m]
Inclinazione paramento esterno	0.00 [%]
Inclinazione paramento interno	0.00 [%]
Lunghezza del muro	10.00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.80 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	2.00 [m]
Lunghezza totale fondazione	3.30 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [%]
Spessore fondazione	0.60 [m]
Spessore magrone	0.10 [m]
Altezza dello sperone di fondazione	0.40 [m]
Spessore dello sperone di fondazione	0.40 [m]

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	6.30	3.70	30.43
2	14.00	3.70	0.00

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 74 di 111

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 0.80 [m]

Descrizione terreni

*Simbologia adottata*

Nr. Indice del terreno  
 Descrizione Descrizione terreno  
 $\gamma$  Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]  
 $\gamma_s$  Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]  
 $\phi$  Angolo d'attrito interno espresso in [°]  
 $\delta$  Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]  
 c Coesione espressa in [kg/cmq]  
 $c_a$  Adesione terra-muro espressa in [kg/cmq]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$
Rilevato	20.00	20.00	35.00	23.33	0.000	0.000
aP_alt	26.00	26.00	31.00	20.67	4.000	0.000

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/cm<sup>2</sup>/cm  
 $K_s$  Coefficiente di spinta  
 Terreno Terreno dello strato

Nr.	H	a	$K_w$	$K_s$	Terreno
1	2.80	0.00	7.79	0.00	Rilevato
2	8.00	0.00	80.68	0.00	aP_alt

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 (Sovraccarico stradale)

D Profilo  $X_i=6.30$   $X_f=11.30$   $Q_i=20.0000$   $Q_f=20.0000$

Descrizione combinazioni di carico

*Simbologia adottata*

C Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 Tensioni ammissibili

	C
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00
Sovraccarico stradale	1.00

Combinazione n° 2 Tensioni ammissibili - Sismica

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 75 di 111

	<b>C</b>
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00

Combinazione n° 3 Tensioni ammissibili

	<b>C</b>
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

**Tensioni ammissibili**

**Impostazioni avanzate**

Influenza del terreno sulla fondazione di valle nelle verifiche e nel calcolo delle sollecitazioni  
 Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

*Simbologia adottata*

<b>C</b>	Identificativo della combinazione
<b>Tipo</b>	Tipo combinazione
<b>Sisma</b>	Combinazione sismica
<b>CS<sub>SCO</sub></b>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<b>CS<sub>RIB</sub></b>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<b>CS<sub>QLM</sub></b>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<b>CS<sub>STAB</sub></b>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

<b>C</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sisma</b>	<b>CS<sub>SCO</sub></b>	<b>CS<sub>RIB</sub></b>	<b>CS<sub>QLM</sub></b>	<b>CS<sub>STAB</sub></b>
1	TAMM - [2]	--	1.60	4.23	130.40	14.32
2	TAMM - [3]	Orizzontale	1.34	3.37	111.51	13.54
3	TAMM - [3]	--	1.71	4.45	136.08	14.45

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

Calcolo del carico limite

Calcolo della stabilità globale

Calcolo della spinta in condizioni di

metodo di Culmann

metodo di Meyerhof

metodo di Fellenius

Spinta attiva

Sisma

Coefficiente di intensità sismica (percento)

Forma diagramma incremento sismico

4.00

Triangolare con vertice in basso

Partecipazione spinta passiva (percento)

Lunghezza del muro

0.0

10.00 [m]

Peso muro

Baricentro del muro

88.5000 [kN]

X=0.05 Y=-2.45

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta

Punto superiore superficie di spinta

Altezza della superficie di spinta

Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)

X = 2.00 Y = -3.40

X = 2.00 Y = 1.17

4.57 [m]

0.00 [%]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici		Foglio 76 di 111

**COMBINAZIONE n° 1**

Valore della spinta statica	70.2781	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	65.1483	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	26.3573	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.00	[m]	Y = -1.47	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	40.46	[%]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	168.60	[%]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	135.4921	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.06	[m]	Y = -1.09	[m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	65.1483	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	266.9894	[kN]
Resistenza passiva dente di fondazione	-3.2490	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	125.9038	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	532.3226	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	266.9894	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	65.1483	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.13	[m]
Risultante in fondazione	274.8229	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	24.40	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	34.1137	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	34814.1652	[kN]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	3.30	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1.0167	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.6333	[kg/cm <sup>2</sup> ]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

$N_c = 32.67$	$N'_c = 26.99$
$N_q = 20.63$	$N'_q = 15.93$
$N_\gamma = 18.56$	$N'_\gamma = 6.21$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.23
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.60
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	130.40
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	14.32

Stabilità globale muro + terreno

**Combinazione n° 1**

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]  
 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
b larghezza della striscia espressa in [m]  
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

**Metodo di Fellenius**

Numero di cerchi analizzati	36
Numero di strisce	25

**Cerchio critico**

Coordinate del centro	X[m]= 0.00 Y[m]= 2.58
Raggio del cerchio	R[m]= 6.51
Ascissa a valle del cerchio	Xi[m]= -4.64
Ascissa a monte del cerchio	Xs[m]= 6.42
Larghezza della striscia	dx[m]= 0.44
Coefficiente di sicurezza C=	14.32

Le strisce sono numerate da monte verso valle

**Caratteristiche delle strisce**

Striscia	W	$\alpha$ (°)	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	2844.43	73.56	2728.20	1.56	35.00	0.000	0.000
2	3432.61	62.45	3043.47	0.96	35.00	0.000	0.000
3	3864.35	54.86	3159.91	0.77	35.00	0.000	0.000
4	4139.28	48.53	3101.61	0.67	35.00	0.000	0.000
5	4316.35	42.93	2939.87	0.60	35.00	0.000	0.000
6	4422.42	37.81	2710.84	0.56	35.00	0.000	0.000

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00</p> <p>Relazione di calcolo manufatti idraulici</p>		
		<p>Foglio 77 di 111</p>

7	4495.11	33.02	2449.38	0.53	31.95	3.047	0.000
8	4567.84	28.48	2178.18	0.50	31.00	4.000	0.000
9	4590.39	24.13	1876.65	0.48	31.00	4.000	0.000
10	4567.23	19.93	1556.52	0.47	31.00	4.000	0.000
11	4604.50	15.83	1256.07	0.46	31.00	4.000	0.000
12	4493.04	11.82	920.12	0.45	31.00	4.000	0.000
13	4344.41	7.86	594.26	0.45	31.00	4.000	0.000
14	4159.88	3.94	286.15	0.44	31.00	4.000	0.000
15	4171.63	0.05	3.30	0.44	31.00	4.000	0.000
16	3499.87	-3.85	-235.21	0.44	31.00	4.000	0.000
17	2029.38	-7.77	-274.38	0.45	31.00	4.000	0.000
18	1918.85	-11.72	-389.92	0.45	31.00	4.000	0.000
19	1757.79	-15.74	-476.73	0.46	31.00	4.000	0.000
20	1591.12	-19.83	-539.73	0.47	31.00	4.000	0.000
21	1381.86	-24.03	-562.74	0.48	31.00	4.000	0.000
22	1126.00	-28.38	-535.15	0.50	31.00	4.000	0.000
23	819.69	-32.91	-445.35	0.53	31.00	4.000	0.000
24	512.37	-37.69	-313.26	0.56	35.00	0.000	0.000
25	173.30	-42.81	-117.76	0.60	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 763.2018$  [kN]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 244.3300$  [kN]  
 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 402.6049$  [kN]  
 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 3095.4109$  [kN]

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 1

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	0.14	1.7500	0.0037	0.0787
3	0.28	3.5000	0.0294	0.3148
4	0.42	5.2500	0.0992	0.7082
5	0.56	7.0000	0.2350	1.2591
6	0.70	8.7500	0.4590	1.9673
7	0.84	10.5000	0.7932	2.8329
8	0.98	12.2500	1.2596	3.8559
9	1.12	14.0000	1.8802	5.0363
10	1.26	15.7500	2.6771	6.3741
11	1.40	17.5000	3.6723	7.8692
12	1.54	19.2500	4.8878	9.5218
13	1.68	21.0000	6.3457	11.3317
14	1.82	22.7500	8.0680	13.2990
15	1.96	24.5000	10.0768	15.4237
16	2.10	26.2500	12.3940	17.7057
17	2.24	28.0000	15.0417	20.1452
18	2.38	29.7500	18.0420	22.7420
19	2.52	31.5000	21.4169	25.4994
20	2.66	33.2500	25.1914	28.4658
21	2.80	35.0000	29.3999	31.6894

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 1

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	0.08	0.1715	4.2757
3	0.16	0.6822	8.4784
4	0.24	1.5261	12.6082
5	0.32	2.6975	16.6652
6	0.40	4.1906	20.6492
7	0.48	6.0315	25.3604
8	0.56	8.2463	29.9986
9	0.64	10.8293	34.5639

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 78 di 111

10	0.72	13.7746	39.0563
11	0.80	17.0764	43.4759

Sollecitazioni fondazione di monte

**Combinazione n° 1**

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	0.20	-0.6168	-6.0136
3	0.40	-2.3437	-11.1017
4	0.60	-4.9958	-15.2643
5	0.80	-8.3877	-18.5014
6	1.00	-12.3346	-20.8130
7	1.20	-16.6513	-22.1992
8	1.40	-21.1526	-22.6598
9	1.60	-25.6535	-22.1950
10	1.80	-29.9689	-20.8046
11	2.00	-33.9136	-18.4888

**COMBINAZIONE n° 2**

Valore della spinta statica	65.1228	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	60.3590	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	24.4492	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.00	[m]	Y = -1.44	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	40.51	[%]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	168.60	[%]		

Incremento sismico della spinta	8.7484	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 2.00	[m]	Y = -0.36	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	156.68	[%]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	135.4921	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.06	[m]	Y = -1.09	[m]
Inerzia del muro	3.5400	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	5.4197	[kN]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	78.0927	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	268.3657	[kN]
Resistenza passiva dente di fondazione	-3.2490	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	159.4667	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	536.8645	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	268.3657	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	78.0927	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.24	[m]
Risultante in fondazione	279.4971	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	29.10	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	65.4057	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	29926.0145	[kN]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	3.30	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1.1967	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.4618	[kg/cm <sup>2</sup> ]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

N <sub>c</sub> = 32.67	N <sub>c</sub> ' = 25.25
N <sub>q</sub> = 20.63	N <sub>q</sub> ' = 14.90
N <sub>γ</sub> = 18.56	N <sub>γ</sub> ' = 4.53

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.37
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.34
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	111.51
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	13.54

Stabilità globale muro + terreno

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 79 di 111

Combinazione n° 2

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]  
 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]  
b larghezza della striscia espressa in [m]  
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0.00 Y[m]= 2.58

Raggio del cerchio R[m]= 6.51

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4.64

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 6.42

Larghezza della striscia dx[m]= 0.44

Coefficiente di sicurezza C= 13.54

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha$ (°)	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	2599.12	73.56	2492.91	1.56	35.00	0.000	0.000
2	3432.61	62.45	3043.47	0.96	35.00	0.000	0.000
3	3864.35	54.86	3159.91	0.77	35.00	0.000	0.000
4	4139.28	48.53	3101.61	0.67	35.00	0.000	0.000
5	4316.35	42.93	2939.87	0.60	35.00	0.000	0.000
6	4422.42	37.81	2710.84	0.56	35.00	0.000	0.000
7	4495.11	33.02	2449.38	0.53	31.95	3.047	0.000
8	4567.84	28.48	2178.18	0.50	31.00	4.000	0.000
9	4590.39	24.13	1876.65	0.48	31.00	4.000	0.000
10	4567.23	19.93	1556.52	0.47	31.00	4.000	0.000
11	4604.50	15.83	1256.07	0.46	31.00	4.000	0.000
12	4493.04	11.82	920.12	0.45	31.00	4.000	0.000
13	4344.41	7.86	594.26	0.45	31.00	4.000	0.000
14	4159.88	3.94	286.15	0.44	31.00	4.000	0.000
15	4171.63	0.05	3.30	0.44	31.00	4.000	0.000
16	3499.87	-3.85	-235.21	0.44	31.00	4.000	0.000
17	2029.38	-7.77	-274.38	0.45	31.00	4.000	0.000
18	1918.85	-11.72	-389.92	0.45	31.00	4.000	0.000
19	1757.79	-15.74	-476.73	0.46	31.00	4.000	0.000
20	1591.12	-19.83	-539.73	0.47	31.00	4.000	0.000
21	1381.86	-24.03	-562.74	0.48	31.00	4.000	0.000
22	1126.00	-28.38	-535.15	0.50	31.00	4.000	0.000
23	819.69	-32.91	-445.35	0.53	31.00	4.000	0.000
24	512.37	-37.69	-313.26	0.56	35.00	0.000	0.000
25	173.30	-42.81	-117.76	0.60	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 760.7961$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 242.0226$  [kN]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 402.1283$  [kN]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 3095.4109$  [kN]

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 2

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	0.14	1.7500	0.0540	0.7923
3	0.28	3.5000	0.2276	1.7089
4	0.42	5.2500	0.5383	2.7500
5	0.56	7.0000	1.0034	3.9154
6	0.70	8.7500	1.6404	5.2052
7	0.84	10.5000	2.4667	6.6194
8	0.98	12.2500	3.4997	8.1580

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici		Foglio 80 di 111

9	1.12	14.0000	4.7567	9.8209
10	1.26	15.7500	6.2553	11.6082
11	1.40	17.5000	8.0129	13.5199
12	1.54	19.2500	10.0467	15.5560
13	1.68	21.0000	12.3743	17.7165
14	1.82	22.7500	15.0131	20.0013
15	1.96	24.5000	17.9805	22.4105
16	2.10	26.2500	21.2939	24.9441
17	2.24	28.0000	24.9707	27.6021
18	2.38	29.7500	29.0283	30.3845
19	2.52	31.5000	33.4841	33.2912
20	2.66	33.2500	38.3556	36.3223
21	2.80	35.0000	43.6592	39.4526

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 2

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	0.08	0.2271	5.6548
3	0.16	0.9010	11.1699
4	0.24	2.0106	16.5452
5	0.32	3.5446	21.7807
6	0.40	5.4918	26.8764
7	0.48	7.8731	32.6324
8	0.56	10.7092	38.2486
9	0.64	13.9891	43.7250
10	0.72	17.7015	49.0616
11	0.80	21.8352	54.2585

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 2

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	0.20	-0.9393	-9.1693
3	0.40	-3.5782	-16.9952
4	0.60	-7.6479	-23.4777
5	0.80	-12.8797	-28.6167
6	1.00	-19.0050	-32.4122
7	1.20	-25.7550	-34.8643
8	1.40	-32.8611	-35.9730
9	1.60	-40.0546	-35.7382
10	1.80	-47.0669	-34.1600
11	2.00	-53.6291	-31.2383

COMBINAZIONE n° 3

Valore della spinta statica	65.1228	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	60.3590	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	24.4492	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.00	[m]	Y = -1.44	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	40.51	[%]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	168.60	[%]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	135.4921	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.06	[m]	Y = -1.09	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	60.3590	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	265.0813	[kN]
Resistenza passiva dente di fondazione	-3.2490	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	118.2306	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	526.0259	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	265.0813	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	60.3590	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.11	[m]

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00</p> <p>Relazione di calcolo manufatti idraulici</p>		<p>Foglio 81 di 111</p>

Risultante in fondazione	271.8663	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	22.77	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	29.5889	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	36071.7596	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	3.30	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.9853	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.6529	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 32.67$	$N'_c = 27.62$
$N_q = 20.63$	$N'_q = 16.31$
$N_\gamma = 18.56$	$N'_\gamma = 6.86$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.45
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.71
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	136.08
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	14.45

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 3

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]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0.00 Y[m]= 2.58

Raggio del cerchio R[m]= 6.51

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4.64

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 6.42

Larghezza della striscia dx[m]= 0.44

Coefficiente di sicurezza C= 14.45

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	2599.12	73.56	2492.91	1.56	35.00	0.000	0.000
2	3432.61	62.45	3043.47	0.96	35.00	0.000	0.000
3	3864.35	54.86	3159.91	0.77	35.00	0.000	0.000
4	4139.28	48.53	3101.61	0.67	35.00	0.000	0.000
5	4316.35	42.93	2939.87	0.60	35.00	0.000	0.000
6	4422.42	37.81	2710.84	0.56	35.00	0.000	0.000
7	4495.11	33.02	2449.38	0.53	31.95	3.047	0.000
8	4567.84	28.48	2178.18	0.50	31.00	4.000	0.000
9	4590.39	24.13	1876.65	0.48	31.00	4.000	0.000
10	4567.23	19.93	1556.52	0.47	31.00	4.000	0.000
11	4604.50	15.83	1256.07	0.46	31.00	4.000	0.000
12	4493.04	11.82	920.12	0.45	31.00	4.000	0.000
13	4344.41	7.86	594.26	0.45	31.00	4.000	0.000
14	4159.88	3.94	286.15	0.44	31.00	4.000	0.000
15	4171.63	0.05	3.30	0.44	31.00	4.000	0.000
16	3499.87	-3.85	-235.21	0.44	31.00	4.000	0.000
17	2029.38	-7.77	-274.38	0.45	31.00	4.000	0.000
18	1918.85	-11.72	-389.92	0.45	31.00	4.000	0.000
19	1757.79	-15.74	-476.73	0.46	31.00	4.000	0.000
20	1591.12	-19.83	-539.73	0.47	31.00	4.000	0.000
21	1381.86	-24.03	-562.74	0.48	31.00	4.000	0.000
22	1126.00	-28.38	-535.15	0.50	31.00	4.000	0.000
23	819.69	-32.91	-445.35	0.53	31.00	4.000	0.000
24	512.37	-37.69	-313.26	0.56	35.00	0.000	0.000
25	173.30	-42.81	-117.76	0.60	35.00	0.000	0.000

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 82 di 111

$\Sigma W_i = 760.7961$  [kN]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 242.0226$  [kN]  
 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 402.1283$  [kN]  
 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 3095.4109$  [kN]

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 3

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	0.14	1.7500	0.0037	0.0787
3	0.28	3.5000	0.0294	0.3148
4	0.42	5.2500	0.0992	0.7082
5	0.56	7.0000	0.2350	1.2591
6	0.70	8.7500	0.4590	1.9673
7	0.84	10.5000	0.7932	2.8329
8	0.98	12.2500	1.2596	3.8559
9	1.12	14.0000	1.8802	5.0363
10	1.26	15.7500	2.6771	6.3741
11	1.40	17.5000	3.6723	7.8692
12	1.54	19.2500	4.8878	9.5218
13	1.68	21.0000	6.3457	11.3317
14	1.82	22.7500	8.0680	13.2990
15	1.96	24.5000	10.0768	15.4237
16	2.10	26.2500	12.3940	17.7057
17	2.24	28.0000	15.0417	20.1452
18	2.38	29.7500	18.0420	22.7420
19	2.52	31.5000	21.4169	25.4963
20	2.66	33.2500	25.1883	28.4079
21	2.80	35.0000	29.3775	31.4517

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 3

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	0.08	0.1618	4.0348
3	0.16	0.6439	8.0063
4	0.24	1.4411	11.9147
5	0.32	2.5485	15.7598
6	0.40	3.9610	19.5416
7	0.48	5.7055	24.0602
8	0.56	7.8090	28.5156
9	0.64	10.2663	32.9078
10	0.72	13.0725	37.2367
11	0.80	16.2225	41.5024

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 3

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	0.20	-0.5805	-5.6608
3	0.40	-2.2067	-10.4566
4	0.60	-4.7055	-14.3874
5	0.80	-7.9039	-17.4530
6	1.00	-11.6290	-19.6537
7	1.20	-15.7077	-20.9892
8	1.40	-19.9670	-21.4598
9	1.60	-24.2340	-21.0652

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 83 di 111

10	1.80	-28.3355	-19.8057
11	2.00	-32.0986	-17.6811

### 7.3. Muro h = 4.80 m

Geometria muro e fondazione

Descrizione	Muro a mensola in c.a.
Altezza del paramento	4.80 [m]
Spessore in sommità	0.30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.78 [m]
Inclinazione paramento esterno	10.00 [%]
Inclinazione paramento interno	0.00 [%]
Lunghezza del muro	10.00 [m]
<b>Fondazione</b>	
Lunghezza mensola fondazione di valle	0.20 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	2.22 [m]
Lunghezza totale fondazione	3.20 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [%]
Spessore fondazione	0.70 [m]
Spessore magrone	0.10 [m]

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	10.00	0.00	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]

Descrizione terreni

*Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$c_a$	Adesione terra-muro espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$
Rilevato	20.00	20.00	35.00	23.33	0.000	0.000
aP_alt	26.00	26.00	31.00	20.67	4.000	0.000

Stratigrafia

*Simbologia adottata*

N	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [%]
K <sub>w</sub>	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici	
Foglio 84 di 111	

$K_s$  Coefficiente di spinta  
 Terreno Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	4.80	0.00	7.79	0.00	Rilevato
2	10.00	0.00	72.89	0.00	aP_alt

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 (Sovraccarico stradale)

D Profilo  $X_i=0.00$   $X_f=10.00$   $Q_i=20.0000$   $Q_f=20.0000$

Descrizione combinazioni di carico

*Simbologia adottata*

C Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 Tensioni ammissibili

	C
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00
Sovraccarico stradale	1.00

Combinazione n° 2 Tensioni ammissibili - Sismica

	C
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00

Combinazione n° 3 Tensioni ammissibili

	C
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

**Tensioni ammissibili**

*Impostazioni avanzate*

Influenza del terreno sulla fondazione di valle nelle verifiche e nel calcolo delle sollecitazioni

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

*Simbologia adottata*

C Identificativo della combinazione

Tipo Tipo combinazione

Sisma Combinazione sismica

$CS_{SCO}$  Coeff. di sicurezza allo scorrimento

$CS_{RIB}$  Coeff. di sicurezza al ribaltamento

$CS_{QLIM}$  Coeff. di sicurezza a carico limite

$CS_{STAB}$  Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	$CS_{SCO}$	$CS_{RIB}$	$CS_{QLIM}$	$CS_{STAB}$
---	------	-------	------------	------------	-------------	-------------

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00</p> <p>Relazione di calcolo manufatti idraulici</p>		
		<p>Foglio 85 di 111</p>

1	TAMM - [2]	--	2.11	4.17	80.82	11.72
2	TAMM - [3]	Orizzontale	1.93	3.85	85.40	13.84
3	TAMM - [3]	--	2.60	5.48	101.90	14.88

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 Fellenius
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Coefficiente di intensità sismica (percento)	4.00
Forma diagramma incremento sismico	Triangolare con vertice in basso

Partecipazione spinta passiva (percento)	0.0
Lunghezza del muro	10.00 [m]

Peso muro	120.8000 [kN]
Baricentro del muro	X=0.13 Y=-3.87

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 2.22	Y = -5.50
Punto superiore superficie di spinta	X = 2.22	Y = 0.00
Altezza della superficie di spinta	5.50	[m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0.00	[%]

COMBINAZIONE n° 1

Valore della spinta statica	79.8176	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	73.2917	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	31.6099	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.22	[m]	Y = -2.97	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43.13	[%]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	197.98	[%]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	257.5200	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.11	[m]	Y = -2.40	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	73.2917	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	409.9299	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	185.5026	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	773.8244	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	409.9299	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	73.2917	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.16	[m]
Risultante in fondazione	416.4303	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	17.88	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	67.5660	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	33130.6263	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	3.20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1.7100	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.9026	[kg/cm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 32.67$	$N'_c = 27.72$
$N_q = 20.63$	$N'_q = 16.87$
$N_\gamma = 18.56$	$N'_\gamma = 8.73$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 86 di 111

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.17
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.11
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	80.82
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	11.72

Stabilità globale muro + terreno

#### Combinazione n° 1

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]

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0.00 Y[m]= 1.81

Raggio del cerchio R[m]= 7.64

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3.85

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 7.43

Larghezza della striscia dx[m]= 0.45

Coefficiente di sicurezza C= 11.72

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	1516.66	70.79	1432.21	1.37	35.00	0.000	0.000
2	2509.26	62.34	2222.59	0.97	35.00	0.000	0.000
3	3210.15	55.70	2651.76	0.80	35.00	0.000	0.000
4	3762.70	50.06	2884.81	0.70	35.00	0.000	0.000
5	4218.70	45.03	2984.52	0.64	35.00	0.000	0.000
6	4603.50	40.41	2984.34	0.59	35.00	0.000	0.000
7	4931.83	36.10	2905.53	0.56	35.00	0.000	0.000
8	5213.14	32.01	2763.09	0.53	34.94	0.064	0.000
9	5488.37	28.09	2584.60	0.51	31.00	4.000	0.000
10	5754.57	24.32	2369.92	0.50	31.00	4.000	0.000
11	5978.42	20.66	2108.88	0.48	31.00	4.000	0.000
12	6224.37	17.08	1827.91	0.47	31.00	4.000	0.000
13	6444.42	13.57	1511.82	0.46	31.00	4.000	0.000
14	6555.00	10.11	1150.54	0.46	31.00	4.000	0.000
15	6632.93	6.69	772.40	0.45	31.00	4.000	0.000
16	6679.02	3.29	383.24	0.45	31.00	4.000	0.000
17	6667.66	-0.10	-11.26	0.45	31.00	4.000	0.000
18	4698.59	-3.48	-285.48	0.45	31.00	4.000	0.000
19	1232.45	-6.88	-147.68	0.45	31.00	4.000	0.000
20	1080.25	-10.31	-193.26	0.46	31.00	4.000	0.000
21	964.98	-13.77	-229.64	0.46	31.00	4.000	0.000
22	814.81	-17.28	-242.04	0.47	31.00	4.000	0.000
23	627.87	-20.86	-223.60	0.48	31.00	4.000	0.000
24	401.70	-24.53	-166.79	0.50	31.00	4.000	0.000
25	133.01	-28.31	-63.09	0.51	31.00	4.000	0.000

$\Sigma W_i = 944.8305$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 313.5758$  [kN]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 519.9366$  [kN]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 3156.0027$  [kN]

Sollecitazioni paramento

#### Combinazione n° 1

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici		Foglio 87 di 111

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.24	1.8718	0.1280	1.2027
3	0.48	3.8870	0.5526	2.6671
4	0.72	6.0459	1.3347	4.3907
5	0.96	8.3482	2.5346	6.3728
6	1.20	10.7940	4.2126	8.6135
7	1.44	13.3834	6.4291	11.1127
8	1.68	16.1163	9.2443	13.8705
9	1.92	18.9927	12.7187	16.8867
10	2.16	22.0127	16.9124	20.1616
11	2.40	25.1761	21.8858	23.6949
12	2.64	28.4831	27.6993	27.4869
13	2.88	31.9336	34.4131	31.5373
14	3.12	35.5277	42.0875	35.8463
15	3.36	39.2652	50.7829	40.4138
16	3.60	43.1463	60.5596	45.2399
17	3.84	47.1709	71.4780	50.3245
18	4.08	51.3391	83.5982	55.6676
19	4.32	55.6507	96.9807	61.2693
20	4.56	60.1059	111.6857	67.1296
21	4.80	64.7046	127.7709	73.2070

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 1

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	0.02	0.0300	2.9989
3	0.04	0.1199	5.9879
4	0.06	0.2695	8.9670
5	0.08	0.4785	11.9362
6	0.10	0.7468	14.8955
7	0.12	1.0743	17.8450
8	0.14	1.4606	20.7845
9	0.16	1.9056	23.7141
10	0.18	2.4091	26.6338
11	0.20	2.9709	29.5436

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 1

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	0.22	-1.0634	-9.3772
3	0.44	-4.0733	-17.5350
4	0.67	-8.7588	-24.4734
5	0.89	-14.8492	-30.1923
6	1.11	-22.0739	-34.6917
7	1.33	-30.1621	-37.9717
8	1.55	-38.8431	-40.0322
9	1.78	-47.8461	-40.8733
10	2.00	-56.9005	-40.4949
11	2.22	-65.7356	-38.8970

COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	56.3407	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	51.7342	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	22.3124	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.22	[m]	Y = -3.20 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43.13	[%]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	208.03	[%]	
Incremento sismico della spinta	5.3064	[kN]	

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici		Foglio 88 di 111

Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 2.22	[m]	Y = -1.83	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	200.69	[%]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	213.1200	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.11	[m]	Y = -2.40	[m]
Inerzia del muro	4.8320	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	8.5248	[kN]		

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	69.9635	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	358.3338	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	170.9507	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	658.0011	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	358.3338	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	69.9635	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.24	[m]
Risultante in fondazione	365.1000	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	19.52	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	86.2837	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	30603.2253	[kN]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	3.20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1.6574	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.6263	[kg/cm <sup>2</sup> ]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 32.67$	$N'_c = 27.09$
$N_q = 20.63$	$N'_q = 16.49$
$N_\gamma = 18.56$	$N'_\gamma = 7.99$

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.85
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.93
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	85.40
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	13.84

Stabilità globale muro + terreno

#### Combinazione n° 2

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]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0.00 Y[m]= 2.27

Raggio del cerchio R[m]= 8.08

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3.93

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 7.76

Larghezza della striscia dx[m]= 0.47

Coefficiente di sicurezza C= 13.84

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha$ (°)	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	572.70	68.71	533.63	1.29	35.00	0.000	0.000
2	1550.14	61.13	1357.53	0.97	35.00	0.000	0.000
3	2271.37	54.82	1856.41	0.81	35.00	0.000	0.000
4	2848.06	49.39	2162.05	0.72	35.00	0.000	0.000
5	3327.62	44.51	2332.87	0.66	35.00	0.000	0.000
6	3734.33	40.02	2401.36	0.61	35.00	0.000	0.000
7	4082.65	35.81	2388.63	0.58	35.00	0.000	0.000
8	4382.01	31.81	2309.78	0.55	35.00	0.000	0.000
9	4659.08	27.98	2185.84	0.53	31.99	3.010	0.000
10	4941.84	24.28	2032.17	0.51	31.00	4.000	0.000
11	5182.23	20.69	1830.80	0.50	31.00	4.000	0.000
12	5402.44	17.18	1595.64	0.49	31.00	4.000	0.000

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
<p>IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici</p>		<p>Foglio 89 di 111</p>

13	5681.06	13.73	1348.85	0.48	31.00	4.000	0.000
14	5801.85	10.34	1041.47	0.48	31.00	4.000	0.000
15	5888.20	6.98	715.92	0.47	31.00	4.000	0.000
16	5940.98	3.65	378.24	0.47	31.00	4.000	0.000
17	6323.98	0.33	36.34	0.47	31.00	4.000	0.000
18	5251.92	-2.99	-274.01	0.47	31.00	4.000	0.000
19	1343.83	-6.32	-147.95	0.47	31.00	4.000	0.000
20	1107.08	-9.67	-186.00	0.47	31.00	4.000	0.000
21	990.37	-13.06	-223.76	0.48	31.00	4.000	0.000
22	837.22	-16.49	-237.65	0.49	31.00	4.000	0.000
23	645.86	-19.99	-220.75	0.50	31.00	4.000	0.000
24	413.88	-23.56	-165.44	0.51	31.00	4.000	0.000
25	138.14	-27.24	-63.22	0.53	31.00	4.000	0.000

$\Sigma W_i = 817.0918$  [kN]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 245.0598$  [kN]  
 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 458.1985$  [kN]  
 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 3209.5527$  [kN]

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 2

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	0.24	1.8718	0.0655	0.6786
3	0.48	3.8870	0.2993	1.5971
4	0.72	6.0459	0.7571	2.7556
5	0.96	8.3482	1.4950	4.1541
6	1.20	10.7940	2.5686	5.7925
7	1.44	13.3834	4.0339	7.6708
8	1.68	16.1163	5.9467	9.7891
9	1.92	18.9927	8.3629	12.1473
10	2.16	22.0127	11.3384	14.7455
11	2.40	25.1761	14.9289	17.5837
12	2.64	28.4831	19.1903	20.6617
13	2.88	31.9336	24.1786	23.9798
14	3.12	35.5277	29.9495	27.5378
15	3.36	39.2652	36.5589	31.3357
16	3.60	43.1463	44.0626	35.3736
17	3.84	47.1709	52.5166	39.6514
18	4.08	51.3391	61.9766	44.1692
19	4.32	55.6507	72.4985	48.9269
20	4.56	60.1059	84.1383	53.9246
21	4.80	64.7046	96.9490	59.1209

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 2

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	0.02	0.0290	2.8944
3	0.04	0.1157	5.7762
4	0.06	0.2599	8.6453
5	0.08	0.4614	11.5018
6	0.10	0.7199	14.3456
7	0.12	1.0352	17.1768
8	0.14	1.4069	19.9954
9	0.16	1.8349	22.8013
10	0.18	2.3189	25.5946
11	0.20	2.8586	28.3753

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 90 di 111

Sollecitazioni fondazione di monte

**Combinazione n° 2**

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	0.22	-1.2257	-10.7826
3	0.44	-4.6722	-20.0079
4	0.67	-9.9939	-27.6759
5	0.89	-16.8451	-33.7866
6	1.11	-24.8800	-38.3401
7	1.33	-33.7528	-41.3363
8	1.55	-43.1180	-42.7752
9	1.78	-52.6298	-42.6568
10	2.00	-61.9424	-40.9812
11	2.22	-70.7102	-37.7482

**COMBINAZIONE n° 3**

Valore della spinta statica	56.3407	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	51.7342	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	22.3124	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.22	[m]	Y = -3.20	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43.13	[%]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	208.03	[%]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	213.1200	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.11	[m]	Y = -2.40	[m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	51.7342	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	356.2324	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	118.7636	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	651.2764	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	356.2324	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	51.7342	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.11	[m]
Risultante in fondazione	359.9694	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14.52	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	37.4590	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	36298.6734	[kN]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	3.20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1.3590	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.9113	[kg/cmq]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

$N_c = 32.67$	$N'_c = 29.03$
$N_q = 20.63$	$N'_q = 17.67$
$N_\gamma = 18.56$	$N'_\gamma = 10.37$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	5.48
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.60
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	101.90
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	14.88

Stabilità globale muro + terreno

**Combinazione n° 3**

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]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 91 di 111

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0.00 Y[m]= 1.36

Raggio del cerchio R[m]= 7.21

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3.77

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 7.09

Larghezza della striscia dx[m]= 0.43

Coefficiente di sicurezza C= 14,88

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	625.08	72.90	597.43	1.48	35.00	0.000	0.000
2	1636.22	63.52	1464.52	0.97	35.00	0.000	0.000
3	2313.06	56.52	1929.18	0.79	35.00	0.000	0.000
4	2838.53	50.66	2195.44	0.69	35.00	0.000	0.000
5	3268.83	45.48	2330.68	0.62	35.00	0.000	0.000
6	3630.10	40.74	2369.12	0.57	35.00	0.000	0.000
7	3937.17	36.32	2332.01	0.54	35.00	0.000	0.000
8	4202.35	32.14	2235.66	0.51	33.86	1.137	0.000
9	4474.65	28.15	2110.76	0.49	31.00	4.000	0.000
10	4721.30	24.30	1942.53	0.48	31.00	4.000	0.000
11	4927.96	20.56	1730.55	0.46	31.00	4.000	0.000
12	5199.88	16.91	1512.68	0.45	31.00	4.000	0.000
13	5360.02	13.34	1236.28	0.45	31.00	4.000	0.000
14	5460.08	9.81	930.35	0.44	31.00	4.000	0.000
15	5529.38	6.32	608.98	0.44	31.00	4.000	0.000
16	5568.65	2.86	277.78	0.43	31.00	4.000	0.000
17	6139.26	-0.59	-63.67	0.43	31.00	4.000	0.000
18	4089.27	-4.05	-288.80	0.44	31.00	4.000	0.000
19	1147.80	-7.52	-150.22	0.44	31.00	4.000	0.000
20	1052.36	-11.02	-201.14	0.44	31.00	4.000	0.000
21	938.72	-14.56	-235.99	0.45	31.00	4.000	0.000
22	791.76	-18.16	-246.75	0.46	31.00	4.000	0.000
23	609.57	-21.83	-226.71	0.47	31.00	4.000	0.000
24	389.54	-25.61	-168.36	0.48	31.00	4.000	0.000
25	128.29	-29.50	-63.18	0.50	31.00	4.000	0.000

$\Sigma W_i = 774.5400$  [kN]

$\Sigma W_i \sin\alpha_i = 236.9240$  [kN]

$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i = 428.7674$  [kN]

$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i = 3097.4809$  [kN]

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 3

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	0.24	1.8718	-0.0008	0.1293
3	0.48	3.8870	0.0371	0.5171
4	0.72	6.0459	0.1739	1.1634
5	0.96	8.3482	0.4700	2.0683
6	1.20	10.7940	0.9857	3.2317
7	1.44	13.3834	1.7813	4.6537
8	1.68	16.1163	2.9171	6.3342
9	1.92	18.9927	4.4535	8.2733
10	2.16	22.0127	6.4507	10.4708
11	2.40	25.1761	8.9690	12.9270
12	2.64	28.4831	12.0689	15.6416
13	2.88	31.9336	15.8106	18.6148
14	3.12	35.5277	20.2544	21.8466
15	3.36	39.2652	25.4606	25.3369
16	3.60	43.1463	31.4896	29.0857
17	3.84	47.1709	38.4016	33.0930
18	4.08	51.3391	46.2570	37.3589
19	4.32	55.6507	55.1161	41.8834
20	4.56	60.1059	65.0392	46.6663
21	4.80	64.7046	76.0840	51.6665

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici	Foglio 92 di 111

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 3

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	0.02	0.0231	2.3127
3	0.04	0.0925	4.6199
4	0.06	0.2079	6.9216
5	0.08	0.3693	9.2178
6	0.10	0.5766	11.5085
7	0.12	0.8296	13.7938
8	0.14	1.1283	16.0735
9	0.16	1.4725	18.3478
10	0.18	1.8622	20.6166
11	0.20	2.2971	22.8799

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 3

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	0.22	-0.5695	-5.0179
3	0.44	-2.1779	-9.3598
4	0.67	-4.6752	-13.0256
5	0.89	-7.9113	-16.0153
6	1.11	-11.7360	-18.3289
7	1.33	-15.9993	-19.9665
8	1.55	-20.5511	-20.9280
9	1.78	-25.2413	-21.2135
10	2.00	-29.9198	-20.8228
11	2.22	-34.4366	-19.7561

## 7.4. Muro h = 5.70 m

Geometria muro e fondazione

Descrizione

Descrizione	Muro a mensola in c.a.
Altezza del paramento	5.70 [m]
Spessore in sommità	0.30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.87 [m]
Inclinazione paramento esterno	10.00 [%]
Inclinazione paramento interno	0.00 [%]
Lunghezza del muro	10.00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.20 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	2.93 [m]
Lunghezza totale fondazione	4.00 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [%]
Spessore fondazione	0.80 [m]
Spessore magrone	0.10 [m]

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]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 93 di 111

A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	10.00	0.00	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]

Descrizione terreni

*Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
$c$	Coesione espressa in [kg/cmq]
$c_a$	Adesione terra-muro espressa in [kg/cmq]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	$c$	$c_a$
Rilevato	20.00	20.00	35.00	23.33	0.000	0.000
aP_alt	26.00	26.00	31.00	20.67	4.000	0.000

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/cm <sup>2</sup> /cm
$K_s$	Coefficiente di spinta
<i>Terreno</i>	Terreno dello strato

Nr.	H	a	$K_w$	$K_s$	Terreno
1	5.70	0.00	7.79	0.00	Rilevato
2	10.00	0.00	76.16	0.00	aP_alt

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 (Sovraccarico stradale)

D	Profilo	$X_i=0.00$	$X_f=10.00$	$Q_i=20.0000$	$Q_f=20.0000$
---	---------	------------	-------------	---------------	---------------

Descrizione combinazioni di carico

*Simbologia adottata*

C Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 Tensioni ammissibili

	C
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 94 di 111

Sovraccarico stradale 1.00

Combinazione n° 2 Tensioni ammissibili - Sismica

C  
Peso proprio 1.00  
Spinta terreno 1.00

Combinazione n° 3 Tensioni ammissibili

C  
Peso proprio 1.00  
Spinta terreno 1.00

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

**Tensioni ammissibili**

**Impostazioni avanzate**

Influenza del terreno sulla fondazione di valle nelle verifiche e nel calcolo delle sollecitazioni  
Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

C Identificativo della combinazione  
Tipo Tipo combinazione  
Sisma Combinazione sismica  
CS<sub>SCO</sub> Coeff. di sicurezza allo scorrimento  
CS<sub>RIB</sub> Coeff. di sicurezza al ribaltamento  
CS<sub>QLIM</sub> Coeff. di sicurezza a carico limite  
CS<sub>STAB</sub> Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS <sub>SCO</sub>	CS <sub>RIB</sub>	CS <sub>QLIM</sub>	CS <sub>STAB</sub>
1	TAMM - [2]	--	2.29	4.79	72.76	10.59
2	TAMM - [3]	Orizzontale	2.01	4.21	74.55	12.03
3	TAMM - [3]	--	2.74	6.08	88.30	12.95

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 Fellenius  
Calcolo della spinta in condizioni di Spinta attiva

Sisma

Coefficiente di intensità sismica (percento) 4.00  
Forma diagramma incremento sismico Triangolare con vertice in basso

Partecipazione spinta passiva (percento) 0.0  
Lunghezza del muro 10.00 [m]

Peso muro 163.3625 [kN]  
Baricentro del muro X=0.29 Y=-4.68

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta X = 2.93 Y = -6.50  
Punto superiore superficie di spinta X = 2.93 Y = 0.00  
Altezza della superficie di spinta 6.50 [m]

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici</p>		<p>Foglio 95 di 111</p>

Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale) 0.00 [%]

**COMBINAZIONE n° 1**

Valore della spinta statica	107.2453	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	98.4768	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	42.4720	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.93	[m]	Y = -3.56	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43.13	[%]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	193.24	[%]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	392.6200	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.47	[m]	Y = -2.85	[m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	98.4768	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	598.4545	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	289.8673	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	1388.0648	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	598.4545	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	98.4768	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.16	[m]
Risultante in fondazione	606.5026	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16.46	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	98.7114	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	43546.2679	[kN]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	4.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1.9031	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	1.1481	[kg/cmq]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

$N_c = 32.67$	$N'_c = 28.09$
$N_q = 20.63$	$N'_q = 17.15$
$N_\gamma = 18.56$	$N'_\gamma = 9.38$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.79
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.29
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	72.76
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	10.59

Stabilità globale muro + terreno

**Combinazione n° 1**

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]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

**Metodo di Fellenius**

Numero di cerchi analizzati	36
Numero di strisce	25

**Cerchio critico**

Coordinate del centro	X[m]= 0.00 Y[m]= 2.18
Raggio del cerchio	R[m]= 9.16
Ascissa a valle del cerchio	Xi[m]= -4.69
Ascissa a monte del cerchio	Xs[m]= 8.90
Larghezza della striscia	dx[m]= 0.54
Coefficiente di sicurezza C=	10.59

Le strisce sono numerate da monte verso valle

**Caratteristiche delle strisce**

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	1975.47	70.82	1865.82	1.66	35.00	0.000	0.000
2	3414.82	62.24	3021.81	1.17	35.00	0.000	0.000
3	4427.38	55.58	3652.09	0.96	35.00	0.000	0.000
4	5225.52	49.92	3998.56	0.84	35.00	0.000	0.000

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00</p> <p>Relazione di calcolo manufatti idraulici</p>		
		<p>Foglio 96 di 111</p>

5	5883.99	44.88	4151.97	0.77	35.00	0.000	0.000
6	6439.38	40.25	4160.77	0.71	35.00	0.000	0.000
7	6912.97	35.92	4055.74	0.67	35.00	0.000	0.000
8	7320.73	31.82	3859.84	0.64	34.18	0.816	0.000
9	7735.74	27.89	3618.99	0.62	31.00	4.000	0.000
10	8118.50	24.11	3315.72	0.60	31.00	4.000	0.000
11	8442.24	20.43	2946.43	0.58	31.00	4.000	0.000
12	8890.31	16.83	2574.72	0.57	31.00	4.000	0.000
13	9096.57	13.31	2094.15	0.56	31.00	4.000	0.000
14	9253.54	9.84	1580.69	0.55	31.00	4.000	0.000
15	9362.93	6.40	1043.29	0.55	31.00	4.000	0.000
16	9425.88	2.98	490.50	0.54	31.00	4.000	0.000
17	9501.29	-0.42	-69.87	0.54	31.00	4.000	0.000
18	5256.68	-3.83	-350.85	0.54	31.00	4.000	0.000
19	1720.42	-7.25	-217.00	0.55	31.00	4.000	0.000
20	1611.87	-10.69	-299.05	0.55	31.00	4.000	0.000
21	1438.89	-14.18	-352.42	0.56	31.00	4.000	0.000
22	1214.71	-17.72	-369.66	0.57	31.00	4.000	0.000
23	936.51	-21.33	-340.63	0.58	31.00	4.000	0.000
24	600.50	-25.03	-254.09	0.60	31.00	4.000	0.000
25	201.66	-28.85	-97.31	0.62	31.00	4.000	0.000

$\Sigma W_i = 1318.1182$  [kN]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 432.2861$  [kN]  
 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 725.5201$  [kN]  
 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 3851.2088$  [kN]

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 1

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	0.29	2.2387	0.1832	1.4577
3	0.57	4.6798	0.8008	3.2831
4	0.86	7.3233	1.9544	5.4738
5	1.14	10.1691	3.7451	8.0291
6	1.43	13.2174	6.2738	10.9489
7	1.71	16.4680	9.6415	14.2334
8	2.00	19.9210	13.9492	17.8824
9	2.28	23.5765	19.2980	21.8959
10	2.57	27.4343	25.7888	26.2741
11	2.85	31.4945	33.5226	31.0169
12	3.14	35.7571	42.6005	36.1242
13	3.42	40.2221	53.1235	41.5961
14	3.71	44.8894	65.1925	47.4326
15	3.99	49.7592	78.9085	53.6337
16	4.28	54.8313	94.3726	60.1993
17	4.56	60.1059	111.6858	67.1296
18	4.85	65.5828	130.9490	74.4244
19	5.13	71.2621	152.2633	82.0838
20	5.42	77.1438	175.7296	90.1077
21	5.70	83.2279	201.4446	98.4380

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 1

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	0.02	0.0333	3.3289
3	0.04	0.1331	6.6504
4	0.06	0.2993	9.9645
5	0.08	0.5316	13.2712
6	0.10	0.8301	16.5705
7	0.12	1.1944	19.8624

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
<p>IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici</p>		<p>Foglio 97 di 111</p>

8	0.14	1.6245	23.1469
9	0.16	2.1202	26.4240
10	0.18	2.6814	29.6936
11	0.20	3.3079	32.9559

Sollecitazioni fondazione di monte

**Combinazione n° 1**

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	0.29	-1.6996	-11.3367
3	0.59	-6.4881	-21.0844
4	0.88	-13.8999	-29.2432
5	1.17	-23.4694	-35.8131
6	1.46	-34.7312	-40.7941
7	1.76	-47.2196	-44.1861
8	2.05	-60.4690	-45.9892
9	2.34	-74.0140	-46.2034
10	2.64	-87.3890	-44.8286
11	2.93	-100.1284	-41.8649

**COMBINAZIONE n° 2**

Valore della spinta statica	79.3782	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	72.8882	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	31.4359	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.93	[m]	Y = -3.80	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43.13	[%]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	201.24	[%]		

Incremento sismico della spinta	7.4761	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 2.93	[m]	Y = -2.17	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	193.76	[%]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	334.0200	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.47	[m]	Y = -2.85	[m]
Inerzia del muro	6.5345	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	13.3608	[kN]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	99.6484	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	531.7791	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	286.9740	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	1207.2124	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	531.7791	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	99.6484	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.27	[m]
Risultante in fondazione	541.0350	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18.74	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	143.3198	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	39643.5266	[kN]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	4.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1.9037	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.8076	[kg/cm <sup>2</sup> ]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

$N_c = 32.67$	$N_c = 27.22$
$N_q = 20.63$	$N_q = 16.62$
$N_\gamma = 18.56$	$N_\gamma = 8.31$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.21
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.01
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	74.55
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	12.03

Stabilità globale muro + terreno

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 98 di 111

### Combinazione n° 2

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]
- $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
- $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
- b larghezza della striscia espressa in [m]
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

### Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36  
Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0.00 Y[m]= 2.18  
Raggio del cerchio R[m]= 9.16  
Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4.69  
Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 8.90  
Larghezza della striscia dx[m]= 0.54  
Coefficiente di sicurezza C= 12.03  
Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha$ (°)	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	866.64	70.82	818.54	1.66	35.00	0.000	0.000
2	2305.99	62.24	2040.59	1.17	35.00	0.000	0.000
3	3318.55	55.58	2737.43	0.96	35.00	0.000	0.000
4	4116.69	49.92	3150.08	0.84	35.00	0.000	0.000
5	4775.16	44.88	3369.54	0.77	35.00	0.000	0.000
6	5330.55	40.25	3444.31	0.71	35.00	0.000	0.000
7	5804.14	35.92	3405.20	0.67	35.00	0.000	0.000
8	6211.89	31.82	3275.21	0.64	34.18	0.816	0.000
9	6626.91	27.89	3100.25	0.62	31.00	4.000	0.000
10	7009.67	24.11	2862.85	0.60	31.00	4.000	0.000
11	7333.41	20.43	2559.43	0.58	31.00	4.000	0.000
12	7781.48	16.83	2253.59	0.57	31.00	4.000	0.000
13	7987.74	13.31	1838.89	0.56	31.00	4.000	0.000
14	8144.71	9.84	1391.28	0.55	31.00	4.000	0.000
15	8254.10	6.40	919.74	0.55	31.00	4.000	0.000
16	8317.05	2.98	432.79	0.54	31.00	4.000	0.000
17	9084.16	-0.42	-66.80	0.54	31.00	4.000	0.000
18	5256.68	-3.83	-350.85	0.54	31.00	4.000	0.000
19	1720.42	-7.25	-217.00	0.55	31.00	4.000	0.000
20	1611.87	-10.69	-299.05	0.55	31.00	4.000	0.000
21	1438.89	-14.18	-352.42	0.56	31.00	4.000	0.000
22	1214.71	-17.72	-369.66	0.57	31.00	4.000	0.000
23	936.51	-21.33	-340.63	0.58	31.00	4.000	0.000
24	600.50	-25.03	-254.09	0.60	31.00	4.000	0.000
25	201.66	-28.85	-97.31	0.62	31.00	4.000	0.000

$\Sigma W_i = 1140.0421$  [kN]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 345.7088$  [kN]  
 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 634.2304$  [kN]  
 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 3851.2088$  [kN]

### Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 2

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	0.29	2.2387	0.1103	0.9409
3	0.57	4.6798	0.5035	2.2202
4	0.86	7.3233	1.2731	3.8378
5	1.14	10.1691	2.5127	5.7938
6	1.43	13.2174	4.3158	8.0881
7	1.71	16.4680	6.7759	10.7208
8	2.00	19.9210	9.9866	13.6919

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici		Foglio 99 di 111

9	2.28	23.5765	14.0414	17.0014
10	2.57	27.4343	19.0338	20.6492
11	2.85	31.4945	25.0574	24.6354
12	3.14	35.7571	32.2056	28.9599
13	3.42	40.2221	40.5721	33.6229
14	3.71	44.8894	50.2503	38.6241
15	3.99	49.7592	61.3338	43.9638
16	4.28	54.8313	73.9162	49.6418
17	4.56	60.1059	88.0908	55.6582
18	4.85	65.5828	103.9514	62.0129
19	5.13	71.2621	121.5913	68.7061
20	5.42	77.1438	141.1042	75.7375
21	5.70	83.2279	162.5791	83.0490

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 2

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	0.02	0.0333	3.3284
3	0.04	0.1331	6.6461
4	0.06	0.2991	9.9530
5	0.08	0.5311	13.2492
6	0.10	0.8290	16.5346
7	0.12	1.1924	19.8093
8	0.14	1.6213	23.0732
9	0.16	2.1153	26.3264
10	0.18	2.6743	29.5688
11	0.20	3.2980	32.8005

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 2

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	0.29	-2.2396	-14.9030
3	0.59	-8.5078	-27.4989
4	0.88	-18.1287	-37.7880
5	1.17	-30.4262	-45.7700
6	1.46	-44.7246	-51.4451
7	1.76	-60.3477	-54.8131
8	2.05	-76.6198	-55.8742
9	2.34	-92.8647	-54.6284
10	2.64	-108.4067	-51.0755
11	2.93	-122.5697	-45.2157

COMBINAZIONE n° 3

Valore della spinta statica	79.3782	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	72.8882	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	31.4359	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.93	[m]	Y = -3.80	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43.13	[%]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	201.24	[%]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	334.0200	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.47	[m]	Y = -2.85	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	72.8882	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	528.8184	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	196.5567	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	1195.3694	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	528.8184	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	72.8882	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.11	[m]
Risultante in fondazione	533.8179	[kN]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici		Foglio 100 di 111

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	13.78	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	58.8240	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	46694.0082	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1.5730	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	1.1232	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 32.67$	$N'_c = 29.15$
$N_q = 20.63$	$N'_q = 17.80$
$N_\gamma = 18.56$	$N'_\gamma = 10.72$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	6.08
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.74
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	88.30
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	12.95

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 3

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]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati	36
Numero di strisce	25

Cerchio critico

Coordinate del centro	X[m]= 0.00	Y[m]= 1.63
Raggio del cerchio	R[m]= 8.64	
Ascissa a valle del cerchio	Xi[m]= -4.59	
Ascissa a monte del cerchio	Xs[m]= 8.49	
Larghezza della striscia	dx[m]= 0.52	
Coefficiente di sicurezza C=	12.95	

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	914.23	73.00	874.27	1.79	35.00	0.000	0.000
2	2385.71	63.36	2132.45	1.17	35.00	0.000	0.000
3	3362.98	56.35	2799.60	0.94	35.00	0.000	0.000
4	4122.01	50.49	3180.30	0.82	35.00	0.000	0.000
5	4743.48	45.30	3371.47	0.74	35.00	0.000	0.000
6	5265.06	40.55	3422.55	0.69	35.00	0.000	0.000
7	5708.14	36.11	3364.27	0.65	35.00	0.000	0.000
8	6099.24	31.92	3224.90	0.62	33.00	1.997	0.000
9	6505.03	27.91	3045.07	0.59	31.00	4.000	0.000
10	6859.69	24.05	2795.27	0.57	31.00	4.000	0.000
11	7224.29	20.30	2505.98	0.56	31.00	4.000	0.000
12	7576.32	16.64	2168.94	0.55	31.00	4.000	0.000
13	7764.59	13.04	1752.30	0.54	31.00	4.000	0.000
14	7906.33	9.50	1305.18	0.53	31.00	4.000	0.000
15	8003.16	6.00	836.21	0.53	31.00	4.000	0.000
16	8056.14	2.52	353.59	0.52	31.00	4.000	0.000
17	8840.09	-0.96	-147.66	0.52	31.00	4.000	0.000
18	4384.32	-4.43	-338.90	0.53	31.00	4.000	0.000
19	1689.15	-7.93	-232.92	0.53	31.00	4.000	0.000
20	1576.40	-11.45	-312.90	0.53	31.00	4.000	0.000
21	1405.33	-15.02	-364.10	0.54	31.00	4.000	0.000
22	1185.23	-18.64	-378.91	0.55	31.00	4.000	0.000
23	913.19	-22.35	-347.29	0.57	31.00	4.000	0.000
24	585.25	-26.16	-258.04	0.58	31.00	4.000	0.000
25	196.12	-30.10	-98.36	0.61	31.00	4.000	0.000

$\Sigma W_i = 1110.8313$  [kN]

$\Sigma W_i \sin\alpha_i = 339.8378$  [kN]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 101 di 111

$\Sigma W_r \cos \alpha_i \tan \phi_i = 613.8315$  [kN]  
 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 3788.7453$  [kN]

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 3

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	0.29	2.2387	0.0016	0.1823
3	0.57	4.6798	0.0735	0.7292
4	0.86	7.3233	0.3170	1.6406
5	1.14	10.1691	0.8329	2.9166
6	1.43	13.2174	1.7222	4.5573
7	1.71	16.4680	3.0860	6.5625
8	2.00	19.9210	5.0252	8.9322
9	2.28	23.5765	7.6409	11.6666
10	2.57	27.4343	11.0341	14.7655
11	2.85	31.4945	15.3057	18.2290
12	3.14	35.7571	20.5568	22.0571
13	3.42	40.2221	26.8883	26.2498
14	3.71	44.8894	34.4014	30.8071
15	3.99	49.7592	43.1968	35.7289
16	4.28	54.8313	53.3758	41.0153
17	4.56	60.1059	65.0392	46.6663
18	4.85	65.5828	78.2881	52.6819
19	5.13	71.2621	93.2235	59.0621
20	5.42	77.1438	109.9464	65.8068
21	5.70	83.2279	128.5533	72.8578

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 3

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	0.02	0.0268	2.6831
3	0.04	0.1073	5.3617
4	0.06	0.2413	8.0360
5	0.08	0.4287	10.7058
6	0.10	0.6695	13.3712
7	0.12	0.9635	16.0322
8	0.14	1.3107	18.6888
9	0.16	1.7110	21.3410
10	0.18	2.1643	23.9888
11	0.20	2.6706	26.6321

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 3

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	0.29	-0.9777	-6.5159
3	0.59	-3.7258	-12.0849
4	0.88	-7.9670	-16.7071
5	1.17	-13.4237	-20.3824
6	1.46	-19.8186	-23.1108
7	1.76	-26.8742	-24.8924
8	2.05	-34.3131	-25.7271
9	2.34	-41.8578	-25.6149
10	2.64	-49.2309	-24.5558
11	2.93	-56.1550	-22.5499

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 102 di 111

## 7.5. Muro h = 7.20 m

Geometria muro e fondazione

Descrizione	Muro a mensola in c.a.
Altezza del paramento	7.20 [m]
Spessore in sommità	0.30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1.02 [m]
Inclinazione paramento esterno	10.00 [%]
Inclinazione paramento interno	0.00 [%]
Lunghezza del muro	10.00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.20 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	3.48 [m]
Lunghezza totale fondazione	4.70 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [%]
Spessore fondazione	0.90 [m]
Spessore magrone	0.10 [m]

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	10.00	0.00	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]

Descrizione terreni

*Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kg/cmq]
$c_a$	Adesione terra-muro espressa in [kg/cmq]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$
Rilevato	20.00	20.00	35.00	23.33	0.000	0.000
aP_alt	26.00	26.00	31.00	20.67	4.000	0.000

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/cm <sup>2</sup> /cm
$K_s$	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 103 di 111

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	7.20	0.00	7.79	0.00	Rilevato
2	10.00	0.00	79.22	0.00	aP_alt

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 (Sovraccarico stradale)

D Profilo  $X_i=0.00$   $X_f=10.00$   $Q_i=20.0000$   $Q_f=20.0000$

Descrizione combinazioni di carico

*Simbologia adottata*

C Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 Tensioni ammissibili

	C
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00
Sovraccarico stradale	1.00

Combinazione n° 2 Tensioni ammissibili - Sismica

	C
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00

Combinazione n° 3 Tensioni ammissibili

	C
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

**Tensioni ammissibili**

*Impostazioni avanzate*

Influenza del terreno sulla fondazione di valle nelle verifiche e nel calcolo delle sollecitazioni

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

*Simbologia adottata*

C Identificativo della combinazione

Tipo Tipo combinazione

Sisma 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	TAMM - [2]	--	2.19	4.43	57.98	8.78
2	TAMM - [3]	Orizzontale	1.89	3.78	57.18	9.57
3	TAMM - [3]	--	2.52	5.40	68.62	10.28

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 104 di 111

#### 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

Calcolo del carico limite

Calcolo della stabilità globale

Calcolo della spinta in condizioni di

metodo di Culmann

metodo di Meyerhof

metodo di Fellenius

Spinta attiva

#### Sisma

Coefficiente di intensità sismica (percento)

Forma diagramma incremento sismico

4.00

Triangolare con vertice in basso

Partecipazione spinta passiva (percento)

Lunghezza del muro

0.0

10.00 [m]

Peso muro

Baricentro del muro

224.5500 [kN]

X=0.34 Y=-5.85

#### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta

Punto superiore superficie di spinta

Altezza della superficie di spinta

Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)

X = 3.48 Y = -8.10

X = 3.48 Y = 0.00

8.10 [m]

0.00 [%]

#### COMBINAZIONE n° 1

Valore della spinta statica

Componente orizzontale della spinta statica

Componente verticale della spinta statica

Punto d'applicazione della spinta

Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie

Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche

161.4933 [kN]

148.2895 [kN]

63.9556 [kN]

X = 3.48 [m]

43.13 [%]

185.73 [%]

Y = -4.54 [m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte

Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte

570.7200 [kN]

X = 1.74 [m]

Y = -3.60 [m]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale

Risultante dei carichi applicati in dir. verticale

Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle

Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle

Sforzo normale sul piano di posa della fondazione

Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione

Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione

Risultante in fondazione

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)

Momento rispetto al baricentro della fondazione

Carico ultimo della fondazione

148.2895 [kN]

859.2256 [kN]

528.3888 [kNm]

2340.2791 [kNm]

859.2256 [kN]

148.2895 [kN]

0.24 [m]

871.9280 [kN]

17.26 [%]

207.2899 [kNm]

49822.1814 [kN]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente

Tensione terreno allo spigolo di valle

Tensione terreno allo spigolo di monte

4.70 [m]

2.4383 [kg/cmq]

1.2900 [kg/cmq]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 32.67$

$N_q = 20.63$

$N_\gamma = 18.56$

$N'_c = 27.71$

$N'_q = 16.94$

$N'_\gamma = 8.98$

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento

Coefficiente di sicurezza a scorrimento

4.43

2.19

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 105 di 111

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 57.98  
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale 8.78

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 1

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]

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0.00 Y[m]= 1.34

Raggio del cerchio R[m]= 10.06

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5.34

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 9.98

Larghezza della striscia dx[m]= 0.61

Coefficiente di sicurezza C= 8.78

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	2704.22	75.25	2615.16	2.41	35.00	0.000	0.000
2	4963.34	64.55	4481.76	1.43	35.00	0.000	0.000
3	6363.30	57.26	5352.42	1.13	35.00	0.000	0.000
4	7435.67	51.24	5798.56	0.98	35.00	0.000	0.000
5	8308.32	45.95	5971.17	0.88	35.00	0.000	0.000
6	9038.26	41.12	5943.99	0.81	35.00	0.000	0.000
7	9657.12	36.63	5761.84	0.76	35.00	0.000	0.000
8	10194.68	32.39	5460.91	0.73	33.51	1.487	0.000
9	10750.07	28.34	5103.07	0.70	31.00	4.000	0.000
10	11244.70	24.44	4652.49	0.67	31.00	4.000	0.000
11	11753.80	20.66	4146.83	0.65	31.00	4.000	0.000
12	12235.32	16.97	3571.13	0.64	31.00	4.000	0.000
13	12499.55	13.35	2886.62	0.63	31.00	4.000	0.000
14	12699.33	9.79	2158.98	0.62	31.00	4.000	0.000
15	12836.97	6.26	1400.26	0.62	31.00	4.000	0.000
16	12914.02	2.76	621.85	0.61	31.00	4.000	0.000
17	13079.01	-0.73	-167.06	0.61	31.00	4.000	0.000
18	6583.11	-4.23	-485.17	0.61	31.00	4.000	0.000
19	2298.55	-7.74	-309.45	0.62	31.00	4.000	0.000
20	2147.51	-11.28	-419.96	0.62	31.00	4.000	0.000
21	1916.19	-14.86	-491.48	0.63	31.00	4.000	0.000
22	1617.52	-18.51	-513.44	0.65	31.00	4.000	0.000
23	1247.49	-22.23	-472.00	0.66	31.00	4.000	0.000
24	800.67	-26.06	-351.74	0.68	31.00	4.000	0.000
25	269.80	-30.02	-134.97	0.71	31.00	4.000	0.000

$\Sigma W_i = 1819.7367$  [kN]

$\Sigma W_i \sin\alpha_i = 613.7273$  [kN]

$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i = 990.9048$  [kN]

$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i = 4400.5348$  [kN]

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 1

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 106 di 111

2	0.36	2.8615	0.2996	1.9029
3	0.72	6.0459	1.3350	4.3907
4	1.08	9.5532	3.3103	7.4608
5	1.44	13.3834	6.4294	11.1127
6	1.80	17.5366	10.8956	15.3463
7	2.16	22.0127	16.9127	20.1616
8	2.52	26.8117	24.6841	25.5586
9	2.88	31.9336	34.4133	31.5373
10	3.24	37.3785	46.3041	38.0977
11	3.60	43.1463	60.5599	45.2399
12	3.96	49.2370	77.3844	52.9638
13	4.32	55.6507	96.9809	61.2693
14	4.68	62.3873	119.5533	70.1566
15	5.04	69.4468	145.3049	79.6256
16	5.40	76.8292	174.4394	89.6763
17	5.76	84.5346	207.1604	100.3088
18	6.12	92.5629	243.6714	111.5229
19	6.48	100.9141	284.1759	123.3188
20	6.84	109.5882	328.8775	135.6963
21	7.20	118.5853	377.9710	148.5625

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 1

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	0.02	0.0433	4.3276
3	0.04	0.1730	8.6455
4	0.06	0.3890	12.9539
5	0.08	0.6911	17.2527
6	0.10	1.0791	21.5419
7	0.12	1.5527	25.8216
8	0.14	2.1119	30.0916
9	0.16	2.7563	34.3521
10	0.18	3.4859	38.6030
11	0.20	4.3004	42.8443

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 1

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	0.35	-3.4642	-19.4255
3	0.70	-13.1836	-35.9495
4	1.04	-28.1485	-49.5720
5	1.39	-47.3492	-60.2930
6	1.74	-69.7759	-68.1125
7	2.09	-94.4189	-73.0305
8	2.44	-120.2685	-75.0469
9	2.78	-146.3150	-74.1619
10	3.13	-171.5486	-70.3753
11	3.48	-194.9596	-63.6872

COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	126.3366	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	116.0072	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	50.0326	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 3.48	[m]	Y = -4.80	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43.13	[%]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	191.70	[%]		
Incremento sismico della spinta	11.8989	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 3.48	[m]	Y = -2.70	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	183.81	[%]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	501.1200	[kN]		

Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.74	[m]	Y = -3.60	[m]
Inerzia del muro	8.9820	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	20.0448	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	155.9600	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	780.4149	[kN]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	552.4678	[kNm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	2090.9726	[kNm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	780.4149	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	155.9600	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.38	[m]		
Risultante in fondazione	795.8460	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	19.98	[%]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	295.4702	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	44624.1821	[kN]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4.70	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	2.5115	[kg/cmq]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.8748	[kg/cmq]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

N <sub>c</sub> = 32.67	N' <sub>c</sub> = 26.67
N <sub>q</sub> = 20.63	N' <sub>q</sub> = 16.31
N <sub>γ</sub> = 18.56	N' <sub>γ</sub> = 7.75

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.78
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.89
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	57.18
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	9.57

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 2

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 [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati	36
Numero di strisce	25

Cerchio critico

Coordinate del centro	X[m]= 0.00	Y[m]= 2.68
Raggio del cerchio	R[m]= 11.33	
Ascissa a valle del cerchio	Xi[m]= -5.56	
Ascissa a monte del cerchio	Xs[m]= 11.01	
Larghezza della striscia	dx[m]= 0.66	
Coefficiente di sicurezza C=	9.57	

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α(°)	Wsinα	b/cosα	φ	c	u
1	1299.98	70.98	1229.00	2.03	35.00	0.000	0.000
2	3457.13	62.40	3063.68	1.43	35.00	0.000	0.000
3	4973.61	55.79	4113.31	1.18	35.00	0.000	0.000
4	6170.64	50.19	4740.24	1.04	35.00	0.000	0.000
5	7159.56	45.19	5079.61	0.94	35.00	0.000	0.000
6	7994.92	40.61	5203.43	0.87	35.00	0.000	0.000
7	8708.50	36.32	5157.46	0.82	35.00	0.000	0.000
8	9320.67	32.25	4973.94	0.78	35.00	0.000	0.000
9	9884.02	28.36	4695.64	0.75	32.08	2.917	0.000
10	10460.15	24.61	4356.77	0.73	31.00	4.000	0.000
11	10950.40	20.97	3919.75	0.71	31.00	4.000	0.000
12	11523.42	17.42	3450.16	0.69	31.00	4.000	0.000
13	11939.43	13.94	2875.70	0.68	31.00	4.000	0.000
14	12186.66	10.50	2221.78	0.67	31.00	4.000	0.000
15	12363.62	7.11	1530.24	0.67	31.00	4.000	0.000
16	12472.12	3.74	813.53	0.66	31.00	4.000	0.000

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici		Foglio 108 di 111

17	13264.03	0.38	88.70	0.66	31.00	4.000	0.000
18	9576.69	-2.97	-496.59	0.66	31.00	4.000	0.000
19	2496.53	-6.34	-275.61	0.67	31.00	4.000	0.000
20	2249.66	-9.73	-380.05	0.67	31.00	4.000	0.000
21	2013.70	-13.15	-458.08	0.68	31.00	4.000	0.000
22	1703.70	-16.62	-487.31	0.69	31.00	4.000	0.000
23	1315.94	-20.16	-453.45	0.71	31.00	4.000	0.000
24	845.45	-23.77	-340.83	0.72	31.00	4.000	0.000
25	285.64	-27.50	-131.88	0.75	31.00	4.000	0.000

$\Sigma W_i = 1712.4267$  [kN]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 534.3646$  [kN]  
 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 954.6378$  [kN]  
 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 4546.5283$  [kN]

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 2

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	0.36	2.8615	0.2236	1.4728
3	0.72	6.0459	1.0199	3.4856
4	1.08	9.5532	2.5775	6.0382
5	1.44	13.3834	5.0850	9.1307
6	1.80	17.5366	8.7308	12.7630
7	2.16	22.0127	13.7033	16.9353
8	2.52	26.8117	20.1912	21.6475
9	2.88	31.9336	28.3830	26.8995
10	3.24	37.3785	38.4671	32.6914
11	3.60	43.1463	50.6320	39.0232
12	3.96	49.2370	65.0663	45.8949
13	4.32	55.6507	81.9584	53.3065
14	4.68	62.3873	101.4970	61.2580
15	5.04	69.4468	123.8704	69.7493
16	5.40	76.8292	149.2672	78.7806
17	5.76	84.5346	177.8759	88.3517
18	6.12	92.5629	209.8850	98.4627
19	6.48	100.9141	245.4830	109.1136
20	6.84	109.5882	284.8584	120.3044
21	7.20	118.5853	328.1908	131.9420

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 2

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	0.02	0.0447	4.4692
3	0.04	0.1787	8.9247
4	0.06	0.4016	13.3665
5	0.08	0.7132	17.7947
6	0.10	1.1133	22.2093
7	0.12	1.6015	26.6101
8	0.14	2.1776	30.9973
9	0.16	2.8413	35.3709
10	0.18	3.5924	39.7308
11	0.20	4.4305	44.0770

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 2

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 109 di 111

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.35	-4.6472	-26.0187
3	0.70	-17.6293	-47.9017
4	1.04	-37.5070	-65.6488
5	1.39	-62.8411	-79.2602
6	1.74	-92.1923	-88.7357
7	2.09	-124.1214	-94.0754
8	2.44	-157.1891	-95.2793
9	2.78	-189.9561	-92.3475
10	3.13	-220.9832	-85.2798
11	3.48	-248.8311	-74.0763

### COMBINAZIONE n° 3

Valore della spinta statica	126.3366	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	116.0072	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	50.0326	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 3.48	[m]	Y = -4.80	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43.13	[%]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	191.70	[%]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	501.1200	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.74	[m]	Y = -3.60	[m]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	116.0072	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	775.7026	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	383.0970	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	2068.8249	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	775.7026	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	116.0072	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.18	[m]
Risultante in fondazione	784.3291	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14.96	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	137.1732	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	53225.1367	[kN]

### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4.70	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	2.0629	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	1.3030	[kg/cm <sup>2</sup> ]

### Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 32.67$	$N'_c = 28.60$
$N_q = 20.63$	$N'_q = 17.49$
$N_\gamma = 18.56$	$N'_\gamma = 10.11$

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	5.40
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.52
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	68.62
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	10.28

Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 3

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]  
 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
b larghezza della striscia espressa in [m]  
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati	36
Numero di strisce	25

Cerchio critico

Coordinate del centro	X[m]= 0.00 Y[m]= 2.01
Raggio del cerchio	R[m]= 10.69

Ascissa a valle del cerchio  $X_i[m] = -5.45$   
 Ascissa a monte del cerchio  $X_s[m] = 10.51$   
 Larghezza della striscia  $dx[m] = 0.64$   
 Coefficiente di sicurezza  $C = 10.28$   
 Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	$b / \cos \alpha$	$\phi$	c	u
1	1368.91	73.12	1309.92	2.20	35.00	0.000	0.000
2	3572.12	63.53	3197.68	1.43	35.00	0.000	0.000
3	5036.07	56.59	4203.64	1.16	35.00	0.000	0.000
4	6174.57	50.77	4783.16	1.01	35.00	0.000	0.000
5	7107.97	45.62	5080.45	0.91	35.00	0.000	0.000
6	7892.52	40.91	5169.01	0.84	35.00	0.000	0.000
7	8560.17	36.52	5094.47	0.79	35.00	0.000	0.000
8	9131.26	32.37	4888.62	0.76	34.83	0.170	0.000
9	9693.13	28.40	4610.28	0.73	31.00	4.000	0.000
10	10232.08	24.58	4255.37	0.70	31.00	4.000	0.000
11	10684.87	20.86	3805.47	0.68	31.00	4.000	0.000
12	11305.56	17.24	3351.31	0.67	31.00	4.000	0.000
13	11601.12	13.69	2746.09	0.66	31.00	4.000	0.000
14	11825.00	10.19	2092.91	0.65	31.00	4.000	0.000
15	11982.60	6.73	1405.24	0.64	31.00	4.000	0.000
16	12075.60	3.30	695.05	0.64	31.00	4.000	0.000
17	13082.21	-0.12	-28.21	0.64	31.00	4.000	0.000
18	8088.15	-3.55	-500.43	0.64	31.00	4.000	0.000
19	2359.97	-6.98	-286.94	0.64	31.00	4.000	0.000
20	2199.90	-10.45	-398.85	0.65	31.00	4.000	0.000
21	1966.23	-13.95	-473.91	0.66	31.00	4.000	0.000
22	1661.83	-17.50	-499.78	0.67	31.00	4.000	0.000
23	1282.84	-21.13	-462.42	0.68	31.00	4.000	0.000
24	824.08	-24.85	-346.28	0.70	31.00	4.000	0.000
25	278.64	-28.68	-133.73	0.73	31.00	4.000	0.000

$\Sigma W_i = 1667.0334$  [kN]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 525.2340$  [kN]  
 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 922.8477$  [kN]  
 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 4475.9087$  [kN]

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 3

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	0.36	2.8615	0.0095	0.2909
3	0.72	6.0459	0.1739	1.1634
4	1.08	9.5532	0.6966	2.6177
5	1.44	13.3834	1.7813	4.6537
6	1.80	17.5366	3.6314	7.2714
7	2.16	22.0127	6.4507	10.4708
8	2.52	26.8117	10.4425	14.2520
9	2.88	31.9336	15.8106	18.6148
10	3.24	37.3785	22.7584	23.5594
11	3.60	43.1463	31.4896	29.0857
12	3.96	49.2370	42.2076	35.1937
13	4.32	55.6507	55.1161	41.8834
14	4.68	62.3873	70.4186	49.1548
15	5.04	69.4468	88.3188	57.0079
16	5.40	76.8292	109.0201	65.4428
17	5.76	84.5346	132.7261	74.4593
18	6.12	92.5629	159.6404	84.0576
19	6.48	100.9141	189.9665	94.2376
20	6.84	109.5882	223.9081	104.9993
21	7.20	118.5853	261.6597	116.2496

Sollecitazioni fondazione di valle

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IN9D-0X-001_A00 Relazione di calcolo manufatti idraulici
	Foglio 111 di 111

Combinazione n° 3

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	0.02	0.0359	3.5929
3	0.04	0.1437	7.1794
4	0.06	0.3231	10.7596
5	0.08	0.5740	14.3334
6	0.10	0.8964	17.9009
7	0.12	1.2900	21.4620
8	0.14	1.7548	25.0168
9	0.16	2.2906	28.5653
10	0.18	2.8974	32.1074
11	0.20	3.5749	35.6432

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 3

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	0.35	-2.2329	-12.5129
3	0.70	-8.4863	-23.1058
4	1.04	-18.0918	-31.7785
5	1.39	-30.3814	-38.5313
6	1.74	-44.6868	-43.3639
7	2.09	-60.3400	-46.2765
8	2.44	-76.6726	-47.2690
9	2.78	-93.0165	-46.3415
10	3.13	-108.7035	-43.4939
11	3.48	-123.0655	-38.7263