

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

U.O. PRODUZIONE CENTRO-NORD

PROGETTO DEFINITIVO

**POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO-
GALLARATE PRG RHO**

OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI

VI04 – Attraversamento fiume Olona – Solettone su pali di grande diametro km 0-112
singolo binario Nord

Relazione di calcolo Muri

SCALA:

-

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

MDL1 00 D 26 CL VI0400 003 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	A.Ingletti	03/2013	<i>Mara</i>	03/2013	<i>SB</i>	03/2013		

File: MDL100D26CLVI0400003_A.doc

n. Elab.:

ITALFERR S.p.A.
Direzione Tecnica
Centro Produzione
Dott. Ing. Roberto Borghi
Ingegnere della Prov. di Monza, n. 4651
ITALFERR S.p.A.
Direzione Tecnica
Centro Produzione
Dott. Ing. Roberto Borghi
Ingegnere della Prov. di Monza, n. 4651

INDICE

1	PREMESSA	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	4
3	ALLEGATI	6
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
5	MATERIALI	7
6	TERRENI	9
6.1	STRATIGRAFIA	10
7	GEOMETRIA	11
8	METODI DI CALCOLO	12
8.1	CALCOLO DELLA SPINTA SUL MURO	12
8.1.1	<i>Valori caratteristici e valori di calcolo</i>	12
8.1.2	<i>Metodo di Culmann</i>	12
8.1.3	<i>Spinta in presenza di Sisma</i>	13
8.2	VERIFICA A RIBALTAMENTO	14
8.3	VERIFICA A SCORRIMENTO	15
8.4	VERIFICA A CARICO LIMITE	16
8.5	VERIFICA ALLA STABILITA' GLOBALE	18
9	CONDIZIONI DI CARICO	19
10	DESCRIZIONE COMBINAZIONI DI CARICO	21
11	IMPOSTAZIONI DI ANALISI	32
12	ANALISI DELLA SPINTA	34
12.1	INVILUPPO SOLLECITAZIONI	36
12.1.1	<i>Sollecitazioni Paramento</i>	36
12.1.2	<i>Sollecitazioni Fondazione di valle</i>	39



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

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO-
GALLARATE PRG RHO

Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	3 di 160

12.1.3	Sollecitazioni Fondazione di monte	40
13	VERIFICHE	42
13.1	INVILUPPO ARMATURE E TENSIONI NEI MATERIALI DEL MURO	43
13.2	INVILUPPO ARMATURE E TENSIONI NEI MATERIALI DELLA FONDAZIONE.....	45
14	SCHEMA ARMATURA.....	49
15	ALLEGATI	50

1 PREMESSA

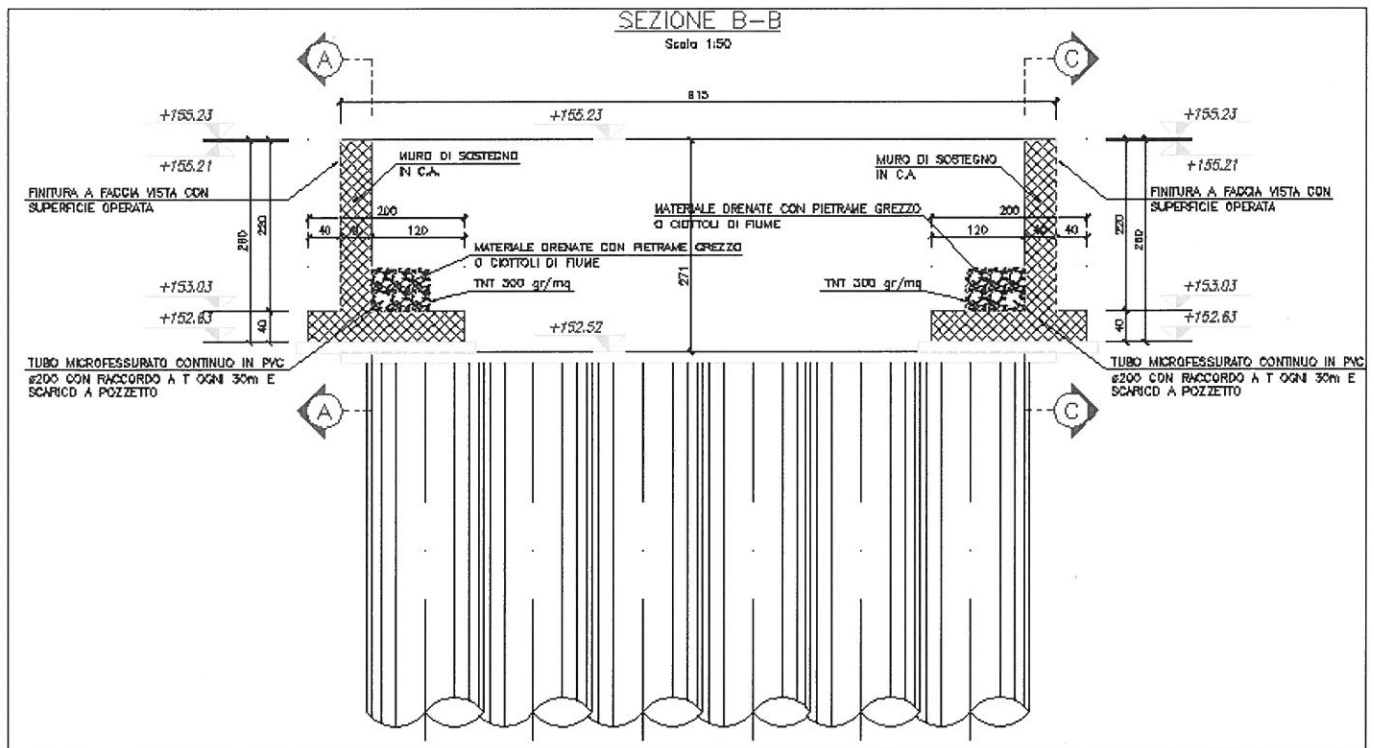
La presente relazione ha per oggetto le verifiche di resistenza dei muri laterali del Ponte Ferroviario posto al km - 0+112 del progetto definitivo di potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate PRG Rho.

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo del presente documento è quello di verificare i muri laterali di cui alla premessa.

I muri ad "L", realizzati in c.a., hanno uno sbalzo a valle pari a 0.40 m, mentre lo sbalzo a monte è pari a 1.20 m. L'altezza del paramento è pari a 2.20 m, mentre lo spessore della fondazione e quello del paramento sono entrambi pari a 0.40 m.

Nella seguente figura è riportata la sezione trasversale dei muri.



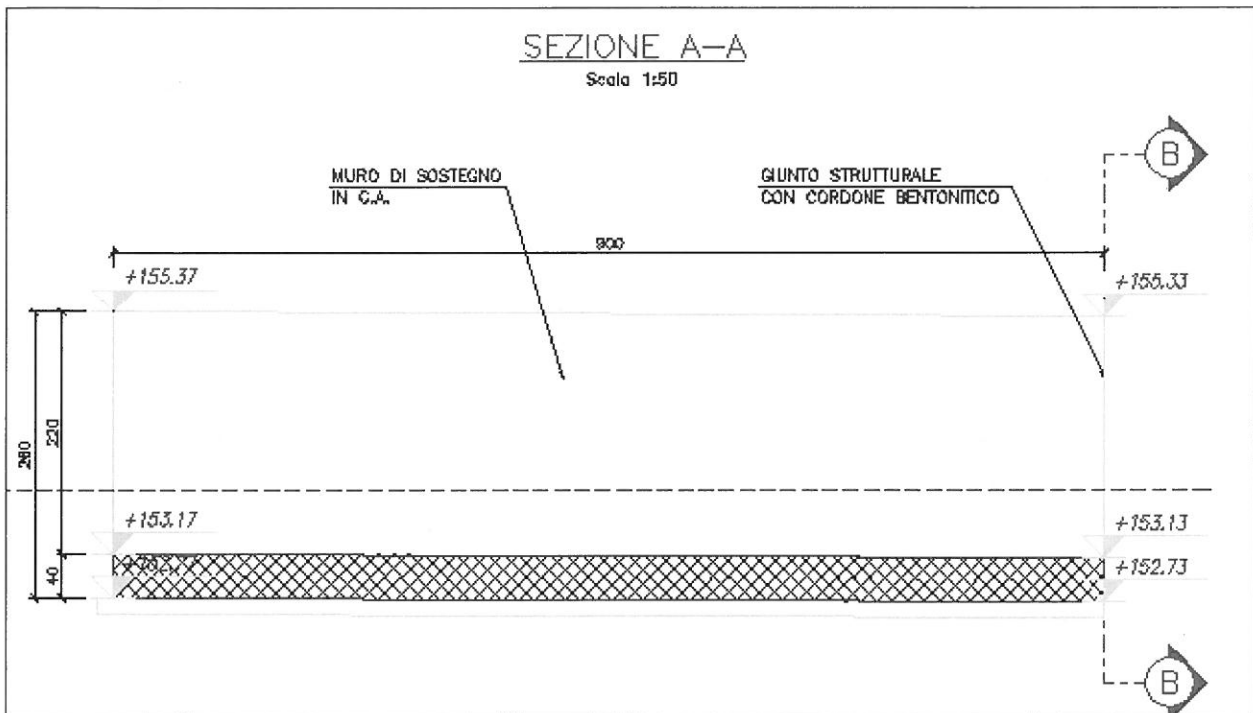


Figura 1 – Sezioni longitudinali e trasversali dei muri

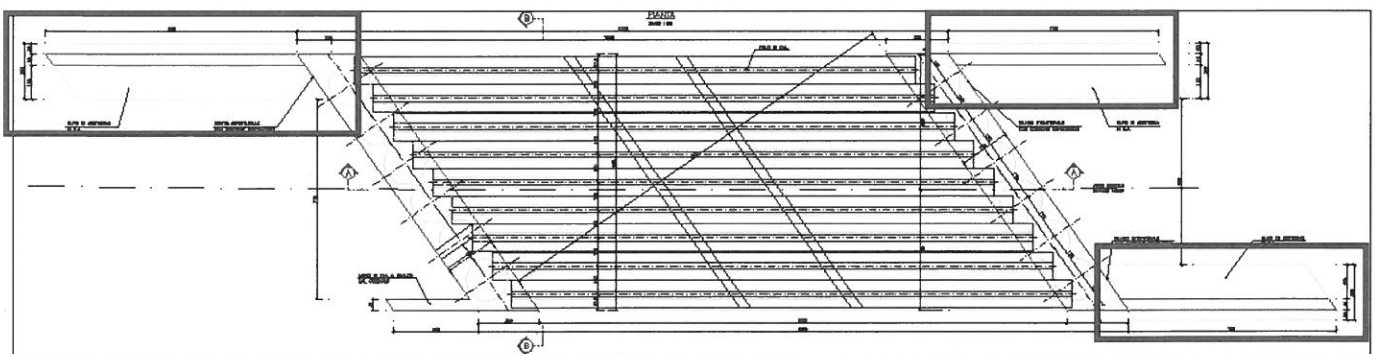


Figura 2 – Pianta dei muri

Unità di misura

- lunghezza [m]
- forze [kN]
- angoli [°]
- tensioni [N/mm²]

	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01					
	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	6 di 160

3 ALLEGATI

Il documento è corredato dai seguenti allegati:

Input e output del modello di calcolo.

4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli sono stati svolti in ottemperanza alla Normativa vigente ed in particolare:

- **L.1086 5/11/71** *Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.*
- **D.M. 14 febbraio 1992** *Norme tecniche l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.*
- **DM 09/01/96** *Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.*
- **DM 16/01/96** *Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".*
- **DM 16/01/96** *Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.*
- **Istruzione FF.SS. 44/b** aggiornamento 16 dicembre 1997 - *Istruzioni tecniche per manufatti sotto binario da costruire in zona sismica*
- **Istruzione FF.SS. I/SC/PS-OM/2298** aggiornamento 13 gennaio 1997: *Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari. Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo.*
- **Istruzione FF.SS. 44/d** : *Istruzione tecnica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo.*
- **Istruzione FF.SS. 44/e** : *Istruzione tecnica per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprighiunti negli impalcati ferroviari e nei cavalcavia.*

5 MATERIALI

CALCESTRUZZI

Calcestruzzo per opere non armate

Classe di resistenza	C	12 / 15
Contenuto min. di Cemento	200 kg/mc	
Modulo elastico $E_{cm} = 22000[f_{cm}/10]^{0,3}$	27085 N/mm ²	
Resistenza media a traz. semplice ($f_{ctm} = 0,30f_{ck}^{2/3}$)	1.57 N/mm ²	
Resistenza caratt. a traz. semplice ($f_{ctk} = 0,7f_{ctm}$)	1.10 N/mm ²	
Resistenza di progetto a traz. semplice $f_{ctk}/1,5$	0.73 N/mm ²	
Resistenza media a traz. per flessione $f_{cfm} = 1,2f_{ctm}$	1.89 N/mm ²	
Resistenza caratt. a traz. Per flessione $f_{ctk} = 0,7f_{cfm}$	1.32 N/mm ²	
Resistenza di calcolo a comp. $f_{cd} = \alpha_{cc}f_{ctk}/1,5$	6.80 N/mm ²	

Elevazioni

Classe di resistenza	C	28 / 35
Classe di esposizione	XC3	
Classe di consistenza	S4-S5	
Max Rapporto a/c	0.55	
Contenuto min. di Cemento	340 kg/mc	
Diametro max. Aggregato	25 mm	
Modulo elastico $E_{cm} = 22000[f_{cm}/10]^{0,3}$	32308 N/mm ²	
Resistenza media a traz. semplice ($f_{ctm} = 0,30f_{ck}^{2/3}$)	2.77 N/mm ²	
Resistenza caratt. a traz. semplice ($f_{ctk} = 0,7f_{ctm}$)	1.94 N/mm ²	
Resistenza di progetto a traz. semplice $f_{ctk}/1,5$	1.29 N/mm ²	
Resistenza media a traz. per flessione $f_{cfm} = 1,2f_{ctm}$	3.32 N/mm ²	
Resistenza caratt. a traz. Per flessione $f_{ctk} = 0,7f_{cfm}$	2.32 N/mm ²	
Resistenza di calcolo a comp. $f_{cd} = \alpha_{cc}f_{ctk}/1,5$	15.87 N/mm ²	



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

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO-
GALLARATE PRG RHO

Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	8 di 160

ACCIAI

Armatura Lenta

Tipo

FeB44K

Resistenza caratteristica di snervamento - f_y

430 N/mm²

Modulo Elastico

210000 N/mm²

6 TERRENI

Nel calcolo delle spinte, si è trascurata l'effetto della coesione.

Simbologia adottata

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [N/mm ²]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [N/mm ²]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Rilevato	19.00	19.00	32.00	21.33	0.0000	0.0000
Fondazione	19.00	19.00	35.00	23.33	0.0000	0.0000

Falda

Assente

6.1 STRATIGRAFIA

Simbologia adottata

N Indice dello strato

H Spessore dello strato espresso in [m]

a Inclinazione espressa in [°]

K_w Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm

K_s Coefficiente di spinta

Terreno Terreno dello strato

Nr.	H	a	K _w	K _s	Terreno
1	2.20	0.00	0.00	0.00	Rilevato
2	3.00	0.00	3.13	0.00	Fondazione

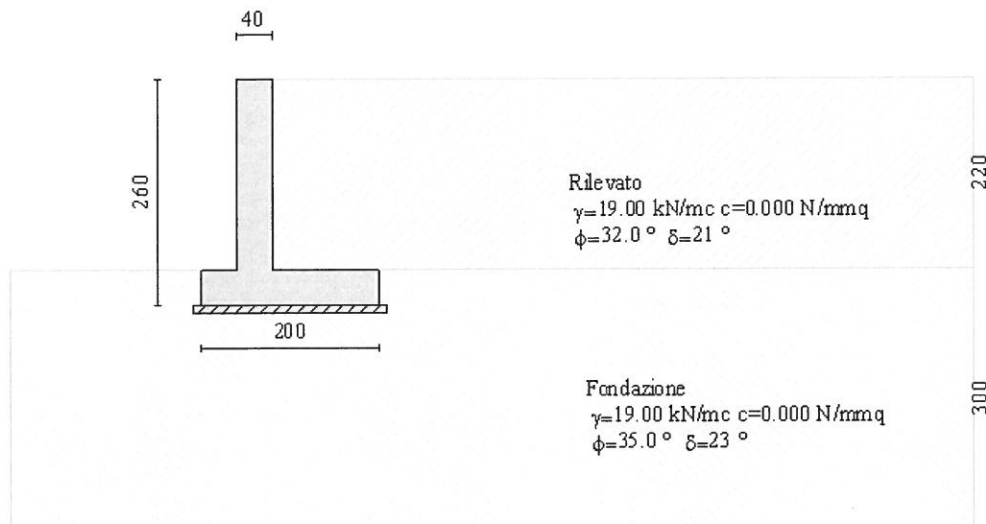


Figura 3: Stratigrafia terreno.

7 GEOMETRIA

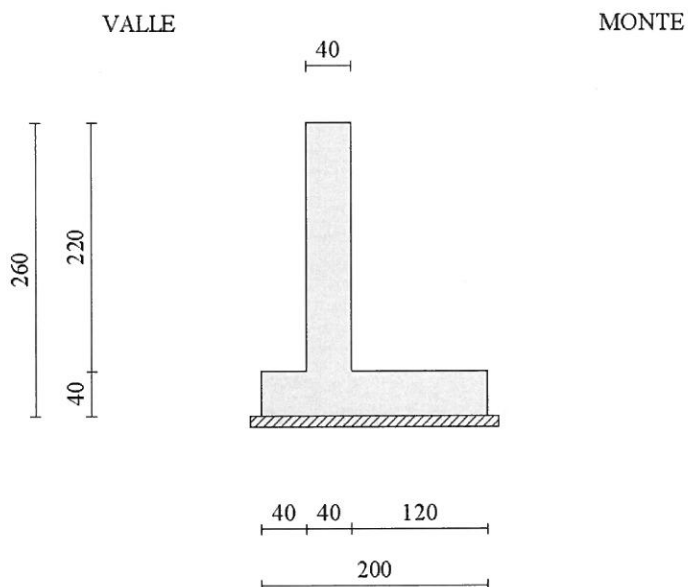


Figura 4: Sezione trasversale.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01					
	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	12 di 160

8 METODI DI CALCOLO

8.1 CALCOLO DELLA SPINTA SUL MURO

8.1.1 Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali γ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

8.1.2 Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01					
	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	13 di 160

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.

8.1.3 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 ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

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

dove $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h .

In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctg[(\gamma_{sat}/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

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

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01					
	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	14 di 160

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

In presenza di falda a monte, nel coefficiente A si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di θ .

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

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

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.

8.2 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 η_r .

Eseguendo il calcolo mediante gli eurocodici si può impostare $\eta_r \geq 1.0$.

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01 PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
	Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri	COMMESSA MDL1	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI0400003	REV. A

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

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 δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ 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.

8.3 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 η_s

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_s \geq 1.0$

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

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 δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_f la larghezza della fondazione reagenti, la forza resistente può esprimersi come

	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01					
	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	16 di 160

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

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, δ_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

8.4 VERIFICA A 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 η_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

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

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_q \geq 1.0$

Terzaghi ha proposto la seguente espressione per il calcolo della capacità portante di una fondazione superficiale.

$$q_u = c N_c s_c + q N_q + 0.5 B \gamma N_\gamma s_\gamma$$

La simbologia adottata è la seguente:

- c coesione del terreno in fondazione;
- ϕ angolo di attrito del terreno in fondazione;
- γ peso di volume del terreno in fondazione;
- B larghezza della fondazione;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01					
	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	17 di 160

D profondità del piano di posa;

q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I fattori di capacità portante sono espressi dalle seguenti relazioni:

$$N_q = \frac{e^{2(0.75\pi - \phi/2)\text{tg}(\phi)}}{2\cos^2(45 + \phi/2)}$$

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

$$N_\gamma = \frac{\text{tg}\phi}{2} \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2\phi} - 1 \right)$$

I fattori di forma s_c e s_γ che compaiono nella espressione di q_u dipendono dalla forma della fondazione. In particolare valgono 1 per fondazioni nastriformi o rettangolari allungate e valgono rispettivamente 1.3 e 0.8 per fondazioni quadrate.

termine $K_{p\gamma}$ che compare nell'espressione di N_γ non ha un'espressione analitica. Pertanto si assume per N_γ l'espressione proposta da Meyerof

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

	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01					
	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	18 di 160

8.5 VERIFICA ALLA STABILITA' GLOBALE

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

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_g \geq 1.0$

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:

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

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_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 ϕ_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 η . 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.

9 CONDIZIONI DI CARICO

Si è tenuto conto della presenza del treno di carico SW/2.

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 (SW2)

D Profilo $X_i=3.60$ $X_f=7.60$ $Q_i=54.6100$ $Q_f=54.6100$

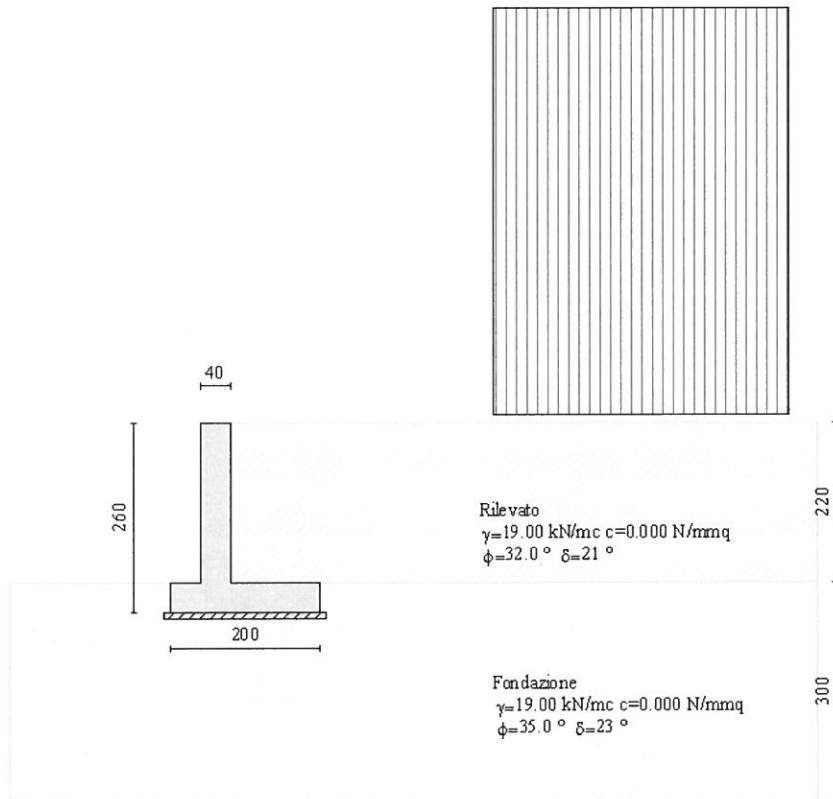


Figura 5: Condizione di carico n°7.

10 DESCRIZIONE COMBINAZIONI DI CARICO

N.T.C. 2008 - Approccio 1

Simbologia adottata

γ_{Gsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ_{Gfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ_{Qsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
γ_{Qfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
γ_c'	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
γ_{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
γ_{qu}	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
γ_γ	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>	<i>HYD</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	0.90	0.90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.35	1.00	1.10	1.30
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.35	1.50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1.00	1.25	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.40	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.60	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00	1.00	1.00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche
Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>	<i>HYD</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	0.90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00	1.00	1.30
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.00	1.00	1.00	1.50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1.00	1.25	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.25	1.00

Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	23 di 160

Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.40	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.60	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00	1.00	1.00

FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica

Coefficienti parziali

	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1.00	1.00	1.40
Scorrimento	1.00	1.00	1.10
Resistenza del terreno a valle	1.00	1.00	1.40
Stabilità globale		1.10	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01 PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
	Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri	COMMESSA MDL1	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI0400003	REV. A

Simbologia adottata

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

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

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

Combinazione n° 2 - Caso A2-M2 (GEO)

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

Combinazione n° 3 - Caso EQU (SLU)

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

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

Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	25 di 160

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

Combinazione n° 5 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.35	1.00	1.35
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.35	1.00	1.35
Spinta terreno	SFAV	1.35	1.00	1.35
SW2	SFAV	1.35	1.00	1.35

Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
SW2	SFAV	1.15	1.00	1.15

Combinazione n° 7 - Caso EQU (SLU)

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

Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	26 di 160

SW2	SFAV	1.35	1.00	1.35
-----	------	------	------	------

Combinazione n° 8 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
SW2	SFAV	1.15	1.00	1.15

Combinazione n° 9 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

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

Combinazione n° 10 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

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

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

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

Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	27 di 160

Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
-------------------------	------	------	------	------

Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
----------------	------	------	------	------

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

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

Combinazione n° 13 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

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

Combinazione n° 14 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

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

Combinazione n° 15 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

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

Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	28 di 160

Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
-------------------------	------	------	------	------

Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
----------------	------	------	------	------

Combinazione n° 16 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

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

Combinazione n° 17 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
SW2	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 18 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
SW2	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 19 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. positivo

Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	29 di 160

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
SW2	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 20 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
SW2	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 21 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
SW2	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 22 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

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

Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	30 di 160

Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
----------------	------	------	------	------

SW2	SFAV	1.00	0.20	0.20
-----	------	------	------	------

Combinazione n° 23 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
SW2	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 24 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
SW2	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 25 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
SW2	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 26 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
SW2	SFAV	1.00	0.75	0.75

Combinazione n° 27 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
SW2	SFAV	1.00	1.00	1.00

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01					
	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	32 di 160

11 IMPOSTAZIONI DI ANALISI

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

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

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Molto aggressive

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure $w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure Circ. Min. 252 (15/10/1996)

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$

Quasi permanente $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</p>	<p>INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO</p>												
<p>Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>00</td> <td>D 26 CL</td> <td>VI0400003</td> <td>A</td> <td>33 di 160</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	33 di 160
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	33 di 160								

Calcolo della portanza metodo di Terzaghi

Coefficiente correttivo su $N\gamma$ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1.00

Coefficiente correttivo su $N\gamma$ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1.00

Impostazioni avanzate

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

	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01					
	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	34 di 160

12 ANALISI DELLA SPINTA

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 Terzaghi
Calcolo della stabilità globale	metodo di Fellenius
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	0.42 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20

Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	35 di 160

Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.91$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.46$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.21 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.45$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.23$

Forma diagramma incremento sismico	Rettangolare
------------------------------------	--------------

12.1 INVILUPPO SOLLECITAZIONI

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]

12.1.1 Sollecitazioni Paramento

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.11	1.1000	1.4850	0.0014	0.0028	0.0373	0.0640
3	0.22	2.2000	2.9700	0.0109	0.0168	0.1492	0.2027
4	0.33	3.3000	4.4550	0.0369	0.0502	0.3218	0.4160
5	0.44	4.4000	5.9400	0.0858	0.1111	0.5469	0.7038
6	0.55	5.5000	7.4250	0.1610	0.2077	0.8308	1.0664
7	0.66	6.6000	8.9100	0.2707	0.3484	1.1737	1.5035
8	0.77	7.7000	10.3950	0.4214	0.5413	1.5754	2.0153
9	0.88	8.8000	11.8800	0.6195	0.7945	2.0361	2.6017
10	0.99	9.9000	13.3650	0.8715	1.1164	2.5556	3.2627
11	1.10	11.0000	14.8500	1.1838	1.5150	3.1340	3.9983
12	1.21	12.1000	16.3350	1.5631	1.9987	3.7714	4.8103
13	1.32	13.2000	17.8200	2.0157	2.5756	4.4676	5.7246
14	1.43	14.3000	19.3050	2.5481	3.2540	5.2227	6.7185

Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	37 di 160

15	1.54	15.4000	20.7900	3.1669	4.0420	6.0367	7.7918
16	1.65	16.5000	22.2750	3.8784	4.9479	6.9096	8.9447
17	1.76	17.6000	23.7600	4.6891	5.9798	7.8414	10.1771
18	1.87	18.7000	25.2450	5.6056	7.1615	8.8321	11.4890
19	1.98	19.8000	26.7300	6.6344	8.5011	9.8817	12.8804
20	2.09	20.9000	28.2150	7.7818	9.9981	10.9902	14.3513
21	2.20	22.0000	29.7000	9.0541	11.6609	12.1482	15.8890

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.11	1.1000	1.1000	0.0011	0.0011	0.0294	0.0294
3	0.22	2.2000	2.2000	0.0086	0.0086	0.1178	0.1178
4	0.33	3.3000	3.3000	0.0292	0.0292	0.2650	0.2650
5	0.44	4.4000	4.4000	0.0691	0.0691	0.4712	0.4712
6	0.55	5.5000	5.5000	0.1350	0.1350	0.7362	0.7362
7	0.66	6.6000	6.6000	0.2332	0.2332	1.0601	1.0601
8	0.77	7.7000	7.7000	0.3704	0.3704	1.4429	1.4429
9	0.88	8.8000	8.8000	0.5528	0.5528	1.8846	1.8846
10	0.99	9.9000	9.9000	0.7871	0.7871	2.3853	2.3853
11	1.10	11.0000	11.0000	1.0797	1.0797	2.9448	2.9448
12	1.21	12.1000	12.1000	1.4371	1.4371	3.5632	3.5632
13	1.32	13.2000	13.2000	1.8658	1.8658	4.2405	4.2405

Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri				COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
				MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	38 di 160
14	1.43	14.3000	14.3000	2.3722	2.3722	4.9766	4.9766		
15	1.54	15.4000	15.4000	2.9628	2.9628	5.7717	5.7717		
16	1.65	16.5000	16.5000	3.6441	3.6441	6.6257	6.6257		
17	1.76	17.6000	17.6000	4.4226	4.4226	7.5386	7.5386		
18	1.87	18.7000	18.7000	5.3048	5.3048	8.5104	8.5104		
19	1.98	19.8000	19.8000	6.2971	6.2971	9.5410	9.5410		
20	2.09	20.9000	20.9000	7.4060	7.4060	10.6306	10.6306		
21	2.20	22.0000	22.0000	8.6377	8.6377	11.7696	11.7696		

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01 PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
	Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri	COMMESSA MDL1	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI0400003	REV. A

12.1.2 Sollecitazioni Fondazione di valle

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.04	0.0287	0.0369	1.4362	1.8447
3	0.08	0.1150	0.1477	2.8777	3.7006
4	0.12	0.2590	0.3331	4.3243	5.5677
5	0.16	0.4610	0.5933	5.7762	7.4460
6	0.20	0.7212	0.9289	7.2332	9.3356
7	0.24	1.0397	1.3403	8.6954	11.2363
8	0.28	1.4169	1.8279	10.1629	13.1483
9	0.32	1.8528	2.3923	11.6355	15.0716
10	0.36	2.3478	3.0338	13.1133	17.0060
11	0.40	2.9019	3.7529	14.5963	18.9517

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.04	0.0273	0.0273	1.3664	1.3664
3	0.08	0.1094	0.1094	2.7412	2.7412
4	0.12	0.2467	0.2467	4.1242	4.1242
5	0.16	0.4395	0.4395	5.5156	5.5156

Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	40 di 160

6	0.20	0.6881	0.6881	6.9152	6.9152
7	0.24	0.9928	0.9928	8.3232	8.3232
8	0.28	1.3540	1.3540	9.7395	9.7395
9	0.32	1.7721	1.7721	11.1641	11.1641
10	0.36	2.2473	2.2473	12.5970	12.5970
11	0.40	2.7799	2.7799	14.0383	14.0383

12.1.3 Sollecitazioni Fondazione di monte

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.12	-0.0353	0.0237	-0.5822	0.3783
3	0.24	-0.1384	0.0868	-1.1307	0.6556
4	0.36	-0.3053	0.1770	-1.6457	0.8320
5	0.48	-0.5320	0.2824	-2.1270	0.9073
6	0.60	-0.8144	0.3907	-2.5746	0.8817
7	0.72	-1.1486	0.4899	-2.9887	0.7550
8	0.84	-1.5304	0.5679	-3.3691	0.5274
9	0.96	-1.9558	0.6125	-3.7158	0.1987
10	1.08	-2.4208	0.6116	-4.0290	-0.2309
11	1.20	-2.9214	0.5530	-4.3085	-0.7615

Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	41 di 160

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.12	0.0176	0.0176	0.2802	0.2802
3	0.24	0.0643	0.0643	0.4857	0.4857
4	0.36	0.1311	0.1311	0.6163	0.6163
5	0.48	0.2092	0.2092	0.6721	0.6721
6	0.60	0.2894	0.2894	0.6531	0.6531
7	0.72	0.3629	0.3629	0.5593	0.5593
8	0.84	0.4207	0.4207	0.3906	0.3906
9	0.96	0.4537	0.4537	0.1472	0.1472
10	1.08	0.4530	0.4530	-0.1710	-0.1710
11	1.20	0.4096	0.4096	-0.5641	-0.5641

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01					
	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	42 di 160

13 VERIFICHE

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

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]

τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]

σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [N/mmq]

σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [N/mmq]

N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M_u momento ultimo espresso in [kNm]

CS coefficiente sicurezza sezione

VRcd Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]

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

VRd Resistenza al taglio, espresso in [kN]

13.1 Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 40	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	146.50	--	--
2	0.11	100, 40	10.05	10.05	5279.62	-5.20	3564.56	146.65	--	--
3	0.22	100, 40	10.05	10.05	5236.47	-20.68	1773.76	146.80	--	--
4	0.33	100, 40	10.05	10.05	5173.45	-46.17	1173.17	146.94	--	--
5	0.44	100, 40	10.05	10.05	5091.98	-81.19	870.25	147.09	--	--
6	0.55	100, 40	10.05	10.05	4993.86	-125.09	686.55	147.24	--	--
7	0.66	100, 40	10.05	10.05	4692.62	-177.13	562.58	147.39	--	--
8	0.77	100, 40	10.05	10.05	4231.31	-231.92	463.87	147.54	--	--
9	0.88	100, 40	10.05	10.05	3745.15	-277.76	372.17	147.69	--	--
10	0.99	100, 40	10.05	10.05	3275.43	-317.92	299.18	147.84	--	--
11	1.10	100, 40	10.05	10.05	2846.35	-350.75	240.62	147.98	--	--
12	1.21	100, 40	10.05	10.05	2391.77	-375.90	193.75	148.13	--	--
13	1.32	100, 40	10.05	10.05	1919.00	-374.44	145.38	148.28	--	--
14	1.43	100, 40	10.05	10.05	1512.27	-344.12	105.75	148.43	--	--
15	1.54	100, 40	10.05	10.05	1182.72	-310.43	76.80	148.58	--	--
16	1.65	100, 40	10.05	10.05	926.86	-277.94	56.17	148.73	--	--
17	1.76	100, 40	10.05	10.05	739.34	-251.20	42.01	148.87	--	--
18	1.87	100, 40	10.05	10.05	601.35	-229.80	32.16	149.02	--	--
19	1.98	100, 40	10.05	10.05	500.71	-213.81	25.29	149.17	--	--
20	2.09	100, 40	10.05	10.05	425.55	-201.86	20.36	149.32	--	--
21	2.20	100, 40	10.05	10.05	367.50	-192.64	16.70	149.47	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fs}	σ _{fi}
1	0.00	100, 40	10.05	10.05	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.11	100, 40	10.05	10.05	0.003	0.000	-0.038	-0.039
3	0.22	100, 40	10.05	10.05	0.005	0.000	-0.073	-0.080
4	0.33	100, 40	10.05	10.05	0.009	0.001	-0.104	-0.127
5	0.44	100, 40	10.05	10.05	0.012	0.002	-0.126	-0.181
6	0.55	100, 40	10.05	10.05	0.017	0.002	-0.139	-0.245
7	0.66	100, 40	10.05	10.05	0.023	0.003	-0.138	-0.322
8	0.77	100, 40	10.05	10.05	0.030	0.005	-0.123	-0.414
9	0.88	100, 40	10.05	10.05	0.039	0.006	-0.090	-0.524
10	0.99	100, 40	10.05	10.05	0.049	0.008	-0.032	-0.656
11	1.10	100, 40	10.05	10.05	0.063	0.010	0.093	-0.825
12	1.21	100, 40	10.05	10.05	0.081	0.012	0.345	-1.045
13	1.32	100, 40	10.05	10.05	0.106	0.014	0.802	-1.323
14	1.43	100, 40	10.05	10.05	0.137	0.016	1.531	-1.660
15	1.54	100, 40	10.05	10.05	0.175	0.019	2.572	-2.049
16	1.65	100, 40	10.05	10.05	0.219	0.022	3.937	-2.486
17	1.76	100, 40	10.05	10.05	0.270	0.025	5.634	-2.969
18	1.87	100, 40	10.05	10.05	0.326	0.028	7.670	-3.500
19	1.98	100, 40	10.05	10.05	0.390	0.031	10.058	-4.081
20	2.09	100, 40	10.05	10.05	0.460	0.035	12.811	-4.717
21	2.20	100, 40	10.05	10.05	0.538	0.038	15.944	-5.408

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01 PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA, TRATTA RHO- GALLARATE PRG RHO					
	Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri	COMMESSA MDL1	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI0400003	REV. A

13.2 Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Fondazione di valle

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

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 40	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	146.50	--	--
2	0.04	100, 40	10.05	10.05	0.00	134.23	3642.12	146.50	--	--
3	0.08	100, 40	10.05	10.05	0.00	134.23	908.69	146.50	--	--
4	0.12	100, 40	10.05	10.05	0.00	134.23	403.04	146.50	--	--
5	0.16	100, 40	10.05	10.05	0.00	134.23	226.25	146.50	--	--
6	0.20	100, 40	10.05	10.05	0.00	134.23	144.51	146.50	--	--
7	0.24	100, 40	10.05	10.05	0.00	134.23	100.15	146.50	--	--
8	0.28	100, 40	10.05	10.05	0.00	134.23	73.43	146.50	--	--
9	0.32	100, 40	10.05	10.05	0.00	134.23	56.11	146.50	--	--
10	0.36	100, 40	10.05	10.05	0.00	134.23	44.25	146.50	--	--
11	0.40	100, 40	10.05	10.05	0.00	134.23	35.77	146.50	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
12	0.00	100, 40	10.05	10.05	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.04	100, 40	10.05	10.05	0.002	0.004	0.082	-0.013
14	0.08	100, 40	10.05	10.05	0.007	0.009	0.330	-0.052
15	0.12	100, 40	10.05	10.05	0.015	0.013	0.743	-0.118
16	0.16	100, 40	10.05	10.05	0.027	0.018	1.324	-0.210
17	0.20	100, 40	10.05	10.05	0.042	0.023	2.073	-0.328
18	0.24	100, 40	10.05	10.05	0.060	0.027	2.991	-0.474
19	0.28	100, 40	10.05	10.05	0.082	0.032	4.079	-0.646
20	0.32	100, 40	10.05	10.05	0.108	0.036	5.339	-0.845
21	0.36	100, 40	10.05	10.05	0.137	0.041	6.770	-1.072
22	0.40	100, 40	10.05	10.05	0.169	0.046	8.375	-1.326

Fondazione di monte

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

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 40	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	146.50	--	--
2	0.12	100, 40	10.05	10.05	0.00	134.23	3806.19	146.50	--	--
3	0.24	100, 40	10.05	10.05	0.00	134.23	970.05	146.50	--	--
4	0.36	100, 40	10.05	10.05	0.00	134.23	439.68	146.50	--	--
5	0.48	100, 40	10.05	10.05	0.00	134.23	252.32	146.50	--	--
6	0.60	100, 40	10.05	10.05	0.00	134.23	164.82	146.50	--	--
7	0.72	100, 40	10.05	10.05	0.00	134.23	116.87	146.50	--	--
8	0.84	100, 40	10.05	10.05	0.00	134.23	87.71	146.50	--	--
9	0.96	100, 40	10.05	10.05	0.00	134.23	68.63	146.50	--	--
10	1.08	100, 40	10.05	10.05	0.00	134.23	55.45	146.50	--	--
11	1.20	100, 40	10.05	10.05	0.00	134.23	45.95	146.50	--	--

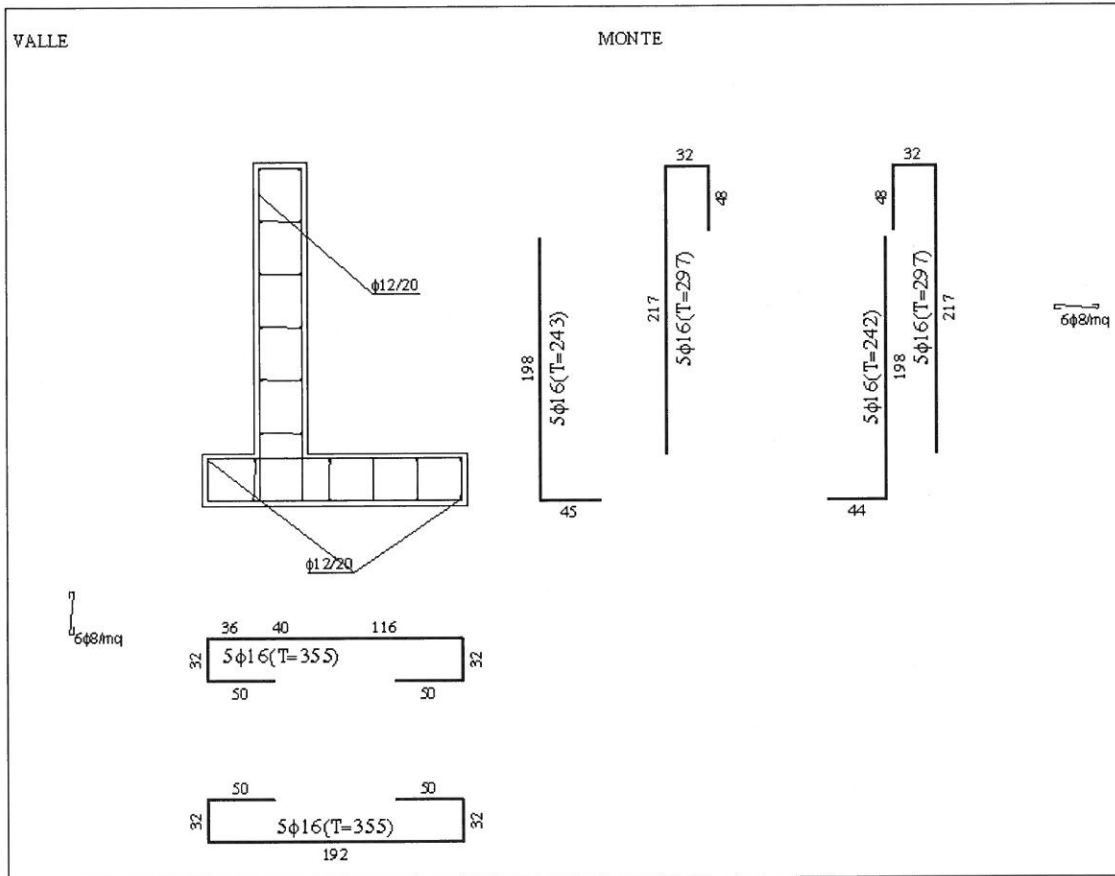
Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
12	0.00	100, 40	10.05	10.05	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.12	100, 40	10.05	10.05	0.001	0.001	0.053	-0.008
14	0.24	100, 40	10.05	10.05	0.004	0.002	0.194	-0.031
15	0.36	100, 40	10.05	10.05	0.008	0.002	0.395	-0.063
16	0.48	100, 40	10.05	10.05	0.013	0.002	0.630	-0.100
17	0.60	100, 40	10.05	10.05	0.018	0.002	0.872	-0.138
18	0.72	100, 40	10.05	10.05	0.022	0.002	1.093	-0.173
19	0.84	100, 40	10.05	10.05	0.026	0.001	1.267	-0.201
20	0.96	100, 40	10.05	10.05	0.028	0.000	1.367	-0.216
21	1.08	100, 40	10.05	10.05	0.028	-0.001	1.365	-0.216
22	1.20	100, 40	10.05	10.05	0.025	-0.002	1.234	-0.195

Ponte Ferroviario: Relazione di calcolo Muri

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	00	D 26 CL	VI0400003	A	49 di 160

14 SCHEMA ARMATURA



ONISSIS