

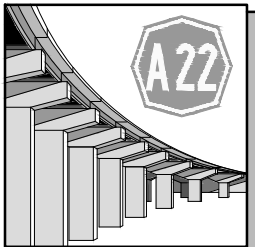

**ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO**
dott.ing. ROBERTO BOSETTI
INSCRIZIONE ALBO N° 1027

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
dott. ing. Roberto Bosetti

autostrada del brennero

ALLARGAMENTO DELLA CARREGGIATA SUD AUTOSTRADALE
IN CORRISPONDENZA DELLA SALITA DI AFFI TRA
LA PROG. KM 201+285 E LA PROG. KM 203+930 E
RIFACIMENTO DEI SOVRAPPASSI AUTOSTRADALI
N°68 "RIVOLI-ZUANE" E N°69 "S.C. RIVOLI-CAPRINO"

1.3.8	<p>RELAZIONI Relazioni di calcolo Muri di controripa con barriere antirumore</p>
-------	---

0	MAG-2022	EMISSIONE	A. BELTEMPO	F. OSS PAPOT	C. COSTA
REVISIONE:	DATA:	DESCRIZIONE:	REDAZIONE:	VERIFICA:	APPROVAZIONE:
DATA: MAGGIO 2008			DIREZIONE TECNICA GENERALE		IL DIRETTORE TECNICO GENERALE E PROGETTISTA: 
NUMERO PROGETTO: 29/08					

Relazione di calcolo muri di controripa con barriera antirumore

INDICE

1. PREMESSA	1
1.1 Descrizione dell'intervento	1
1.2 Caratteristiche dei materiali e geometria	2
1.3 Considerazioni geotecniche	3
1.4 Metodo di calcolo, normativa e affidabilità del codice di calcolo utilizzato	4
1.5 Impostazioni di analisi geotecnica e strutturale	5
1.6 Impostazioni di modellazione	8
1.7 Analisi dei carichi	9
1.7.1 Carichi permanenti	9
1.7.2 Carichi variabili da traffico	10
1.7.3 Carichi variabili: Vento	10
1.7.4 Azione sismica	13
1.7.5 Combinazioni di carico in presenza di carico mobile a tergo del muro	14
1.7.6 Combinazioni di carico in assenza di carico mobile a tergo del muro	22
1.8 Verifica delle sezioni di sommità del muro	26
1.8.1 Verifiche allo stato limite ultimo	27
1.8.2 Verifiche allo stato limite di esercizio	30
2. MURO DI CONTRORIPA $1,01 < H \leq 2,50\text{m}$ – con carico mobile a tergo del muro	33
2.1 Caratteristiche geometriche	33
2.2 Stratigrafia del terreno	34
2.3 Condizioni di carico	34
2.4 Combinazioni di carico	36
2.5 Quadro riassuntivo dei coefficienti di sicurezza calcolati	36
2.6 Opzioni di calcolo	37
2.1 Verifiche geotecniche	38
2.1.1 Verifica a scorrimento	38
2.1.2 Verifica a carico limite	39
2.1.3 Verifica a ribaltamento	40
2.1.4 Verifica di stabilità globale	41
2.2 Verifiche strutturali	43
2.2.1 Sollecitazioni SLU	43
2.2.2 Verifiche a flessione SLU	44
2.2.3 Verifiche a taglio SLU	44
2.2.4 Verifiche delle tensioni SLE	45
3. MURO DI CONTRORIPA $1,01 < H \leq 2,50\text{m}$ – senza carico mobile a tergo del muro	46
3.1 Caratteristiche geometriche	46

3.2 Stratigrafia del terreno	47
3.3 Condizioni di carico	47
3.4 Combinazioni di carico.....	48
3.5 Quadro riassuntivo dei coefficienti di sicurezza calcolati.....	49
3.6 Opzioni di calcolo.....	49
3.7 Verifiche geotecniche	50
3.7.1 Verifica a scorrimento.....	50
3.7.2 Verifica a carico limite.....	51
3.7.3 Verifica a ribaltamento.....	52
3.7.4 Verifica di stabilità globale	53
3.8 Verifiche strutturali	55
3.8.1 Sollecitazioni SLU	55
3.8.2 Verifiche a flessione SLU.....	56
3.8.3 Verifiche a taglio SLU	56
3.8.4 Verifiche delle tensioni SLE	57

4. MURO DI CONTRORIPA $2,51 < H \leq 3,75$ m – con carico mobile a tergo del muro **59**

4.1 Caratteristiche geometriche	59
4.2 Stratigrafia del terreno	60
4.3 Condizioni di carico	61
4.4 Combinazioni di carico.....	62
4.5 Quadro riassuntivo dei coefficienti di sicurezza calcolati.....	62
4.6 Opzioni di calcolo.....	63
4.7 Verifiche geotecniche	64
4.7.1 Verifica a scorrimento.....	64
4.7.2 Verifica a carico limite.....	65
4.7.3 Verifica a ribaltamento.....	66
4.7.4 Verifica di stabilità globale	67
4.8 Verifiche strutturali	69
4.8.1 Sollecitazioni SLU	69
4.8.2 Verifiche a flessione SLU.....	70
4.8.3 Verifiche a taglio SLU	70
4.8.4 Verifiche delle tensioni SLE	71

5. MURO DI CONTRORIPA $2,51 < H \leq 3,75$ m – senza carico mobile a tergo del muro **72**

5.1 Caratteristiche geometriche	72
5.2 Stratigrafia del terreno	73
5.3 Condizioni di carico	73
5.4 Combinazioni di carico.....	75
5.5 Quadro riassuntivo dei coefficienti di sicurezza calcolati.....	75

5.6 Opzioni di calcolo	75
5.7 Verifiche geotecniche	76
5.7.1 Verifica a scorrimento	76
5.7.2 Verifica a carico limite	77
5.7.3 Verifica a ribaltamento	79
5.7.4 Verifica di stabilità globale	79
5.8 Verifiche strutturali	82
5.8.1 Sollecitazioni SLU	82
5.8.2 Verifiche a flessione SLU	82
5.8.3 Verifiche a taglio SLU	82
5.8.4 Verifiche delle tensioni SLE	83
6. MURO DI CONTRORIPA $3,76 < H \leq 4,50\text{m}$ – con carico mobile a tergo del muro	85
6.1 Caratteristiche geometriche	85
6.2 Stratigrafia del terreno	86
6.3 Condizioni di carico	87
6.4 Combinazioni di carico	88
6.5 Quadro riassuntivo dei coefficienti di sicurezza calcolati	88
6.6 Opzioni di calcolo	89
6.7 Verifiche geotecniche	90
6.7.1 Verifica a scorrimento	90
6.7.2 Verifica a carico limite	91
6.7.3 Verifica a ribaltamento	92
6.7.4 Verifica di stabilità globale	93
6.8 Verifiche strutturali	95
6.8.1 Sollecitazioni SLU	95
6.8.2 Verifiche a flessione SLU	96
6.8.3 Verifiche a taglio SLU	96
6.8.4 Verifiche delle tensioni SLE	96

Muri di sostegno con installazione di barriera antirumore:

- tra le sezioni 1 e 34;
- tra la sezione 43 e 48;
- tra le sezioni 63 e 65;
- tra le sezioni 53 e 55;
- sezioni 42 e 52 (fondazione).

Muri di controripa con installazione di barriera antirumore:

- tra le sezioni 35 e 41.

Muri di sostegno senza barriera antirumore:

- tra le sezioni 80 e 95.

Muri di controripa senza barriera antirumore:

- tra le sezioni 66 e 79;
- tra le sezioni 96 e 118;
- tra le sezioni 123 e 173.

Il seguente elaborato tratta le verifiche geotecniche e strutturali relative ai muri di controripa su cui è prevista l'installazione di una barriera antirumore (sez. 35-41), demandando ad altre relazioni la verifica dei muri di sostegno con barriera antirumore e dei muri di sostegno e di controripa senza barriera antirumore.

Si riportano i calcoli relativamente alle seguenti altezze di muro:

- 1.01m < H ≤ 2.50m (sez.35 e sez.41);
- 2.51m < H ≤ 3.75m (sez.36-37, sez.40-41);
- 3.76m < H ≤ 4.50m (sez.37-40).

1.2 Caratteristiche dei materiali e geometria

Di seguito, sono riportate le caratteristiche di resistenza dei materiali coinvolti nel progetto:

<u>Calcestruzzo:</u>	Classe di resistenza:	C 28/35
	Modulo elastico:	$22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0,3} = 32588 \text{ N/mm}^2$
	Classe di esposizione (fondazioni muri):	XF3
	Classe di esposizione (elevazione muri):	XF4
	Classe di esposizione (fondazioni standard):	XF4
	Rapporto massimo acqua/cemento:	0,45
	Massimo diametro degli inerti:	28 mm
	Classe di consistenza (slump test):	S3/S4
	Resistenza a compressione caratteristica:	$f_{ck} = 0,83 R_{ck} = 29,05 \text{ N/mm}^2$
	Resistenza a trazione semplice:	$f_{ctm} = 0,30 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 2,83 \text{ N/mm}^2$
	Resistenza a trazione caratteristica:	$f_{ctk} = 0,70 \cdot f_{ctm} = 1,98 \text{ N/mm}^2$

<u>Armatura ordinaria:</u>	acciaio in barre e in reti ad aderenza migliorata per cemento armato, controllato in stabilimento, saldabile, B 450 C.
	Tensione caratteristica di rottura: $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
	Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$

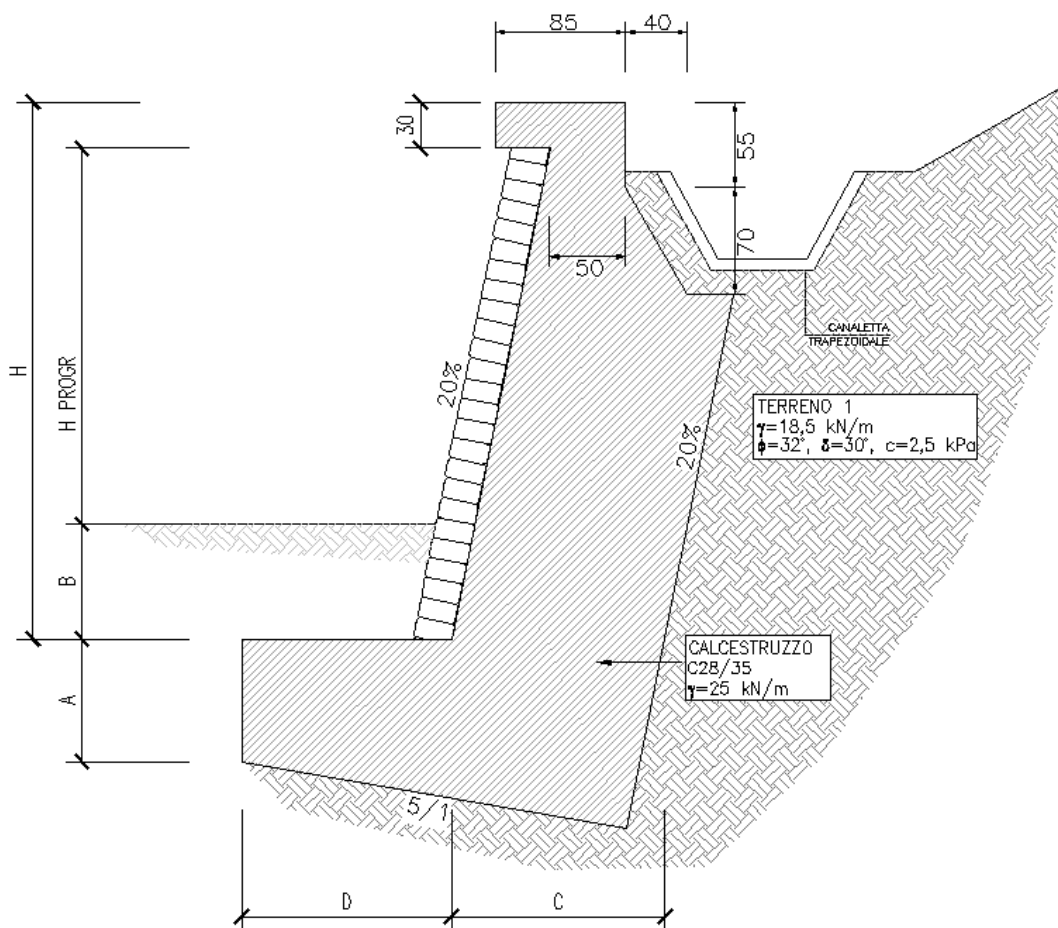
<u>Carpenterie:</u>	acciaio tipo S 355 J2
	Tensione caratteristica di rottura: $f_{tk} \geq 510 \text{ N/mm}^2$ per $t \leq 40 \text{ mm}$ $f_{tk} \geq 470 \text{ N/mm}^2$ per $t > 40 \text{ mm}$

Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} \geq 355 \text{ N/mm}^2$ per $t \leq 40 \text{ mm}$
 $f_{yk} \geq 335 \text{ N/mm}^2$ per $t > 40 \text{ mm}$

Tirafondi: acciaio inox AISI 316L $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$

Acciaio per sicurvia: S 355 J0 W P
Corten A
 $f_{yk} \geq 345 \text{ N/mm}^2$
 $f_{tk} \geq 480 \text{ N/mm}^2$

Segue una schematizzazione della geometria del muro di controripa.



Si precisa che i calcoli sono stati condotti considerando tratti di muro con sviluppo longitudinale di 30 m, in accordo all'indicazione progettuale di realizzare giunti strutturali ogni 30 m.

1.3 Considerazioni geotecniche

Le opere in oggetto presentano lateralmente e in fondazione **terreno naturale**. Le caratteristiche geotecniche del terreno naturale presente in sito sono state ricavate dalla relazione geotecnica a firma del dott. Annapaola Gradizzi: "Allargamento della carreggiata sud in corrispondenza della salita di Affi tra la prog. Km 201+285 e la prog. Km 203+930".

La stratigrafia interessata è risultata:

DEPOSITI GLACIALI PREVALENTEMENTE GHIAIOSI (dalla sez.25 alla sez. 48, dalla sez. 107 alla sez.173) (terreno 1) costituiti da ghiaie medio-grossolane in matrice sabbioso-limosa con ciottoli ben arrotondati, poligenici, di diametri variabili da 2 cm fino a 20 cm. In fase di verifica si sono considerate le seguenti caratteristiche, valori medi rispetto ai valori riportati in relazione:

Peso di volume	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$
Angolo di attrito interno	$\phi = 32^\circ$
Angolo di attrito terreno-fondazione	$\delta = 30^\circ$
Coesione	$c = 2,5 \text{ kPa}$

Si nota, inoltre, che nel corso della campagna geognostica non sono state rilevate venute idriche o presenza di falda.

1.4 Metodo di calcolo, normativa e affidabilità del codice di calcolo utilizzato

Le verifiche geotecniche e strutturali dei muri di controripa, sono state eseguite nel rispetto della legislazione tecnica D.M. 14/01/2008 - "Norme tecniche per le costruzioni" - citato nel testo come "NTC 2008". Inoltre, come supporto al calcolo è stato adottato il software MAX versione 15.03f prodotto dalla Aztec Informatica srl (Casole Bruzio - CS), la cui copia è concessa in licenza d'uso ad Autostrada del Brennero S.p.a. (AIR0147TR)

Per quanto non espressamente specificato nella normativa italiana D.M. 14 gennaio 2008, si è invece fatto riferimento a:

- C.M. 02 febbraio 2009 n. 617: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- CNR 19 febbraio 2009 n. 207/2008: Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.
- UNI EN 1992-1-1: "Eurocodice 2. Progettazione delle strutture in calcestruzzo. Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici".

Di seguito, si riportano le principali fasi seguite per il calcolo e la verifica dei muri:

- 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) secondo il metodo di Vesic;
- verifica della stabilità globale con il metodo di Bishop;
- calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale, sotto effetto dell'azione sismica, è stata eseguita con il metodo dell'analisi statica equivalente, secondo le disposizioni del Capitolo 7 del D.M. 14/01/2008.

Inoltre, le combinazioni di carico adottate per l'applicazione del metodo agli stati limite, sia nelle condizioni di azioni statiche che sismiche, sono esaustive in riferimento agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software utilizzato per il calcolo ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego.

La società produttrice Aztec Informatica s.r.l. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo in modo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. Illustra, inoltre, in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare, dopo una corposa introduzione che descrive l'analisi dei carichi e il metodo generale di modellazione.

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli, effettuando un confronto con le verifiche svolte con altri software e con semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni, permettendo di considerare il software idoneo all'utilizzo.

1.5 Impostazioni di analisi geotecnica e strutturale

L'analisi strutturale e geotecnica dei muri è stata eseguita con l'ausilio del programma di calcolo MAX15 e seguendo le prescrizioni normative al § 6.5.3.1.1 del D.M. 14/01/2008. Le verifiche agli stati limite ultimi coinvolte in tale analisi sono:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU):* scorrimento sul piano di posa; collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno; ribaltamento; stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno.
- *SLU di tipo strutturale (STR):* raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

I coefficienti parziali per le azioni e i parametri geotecnici adottati nelle verifiche di cui sopra sono quelli illustrati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II del D.M. 14/01/2008 e riportati nel seguito:

COEFFICIENTI PARZIALI PER I PARAMETRI DEL TERRENO			
PARAMETRO	γ	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\gamma_{\phi'}$	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00

COEFFICIENTI PARZIALI RELATIVI ALLE AZIONI (S.L.U)				
AZIONE	γ	EQU	A1	A2
Permanente favorevole	γ_G	0.9	1.0	1.0
Permanente sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanente non strutt. favorevole	$\gamma_{G, ns}$	0.0	0.0	0.0
Permanente non strutt. sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabile favorevole	γ_Q	0.0	0.0	0.0
Variabile sfavorevole		1.5	1.5	1.3

Per quanto riguarda i coefficienti γ_R , si è invece fatto riferimento ai valori riportati nella Tabella 6.5.I del D.M. 14/01/2008:

COEFFICIENTI PARZIALI PER LE VERIFICHE AGLI SLU				
VERIFICA		R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	γ_R	1.0	1.0	1.40
Scorrimento	γ_R	1.0	1.0	1.10

1 PREMESSA

1.5 Impostazioni di analisi geotecnica e strutturale

Resistenza del terreno a valle	γ_R	1.0	1.0	1.40
--------------------------------	------------	-----	-----	------

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-fondazione è stata effettuata secondo l'Approccio 1, Combinazione 2 (A2+M2+R2), impostando $\gamma_R=1.10$. Per la verifica a ribaltamento sono stati adottati i coefficienti parziali EQU+M2+R1. Per le rimanenti verifiche, si è invece adottato l'Approccio 2 (A1+M1+R3), tenendo presente che per le verifiche strutturali il coefficiente γ_R non deve essere portato in conto.

Inoltre, nelle verifiche sui singoli muri, si sono considerati i seguenti casi di combinazione delle azioni:

- soli carichi permanenti in presenza di sisma;
- carichi permanenti con vento spirante ortogonalmente all'asse autostradale, dall'asse verso il muro, con e senza carico mobile a tergo del muro;
- carichi permanenti con vento spirante ortogonalmente all'asse autostradale, dal muro verso l'asse, con e senza carico mobile a tergo del muro.

Per quanto riguarda l'analisi sismica, sono state eseguite sia le verifiche geotecniche (ribaltamento, scorrimento, portanza e stabilità globale) sia le verifiche degli elementi strutturali (base del muro e fondazione), ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto con i coefficienti parziali γ_R indicati in tabella.

VERIFICA SLV	γ_R
Capacità portante della fondazione	1.20
Scorrimento	1.00
Ribaltamento	1.00
Resistenza del terreno a valle	1.20

Nel *paragrafi 1.7.5 e 1.7.6* sono riportate tutte le combinazioni di carico analizzate e i relativi coefficienti di combinazione, rispettivamente per la condizione di presenza di carico mobile a tergo del muro e per la condizione di assenza di assenza di carico mobile a tergo del muro.

Si precisa che per il **calcolo della spinta** si è adottato il metodo di Culmann che assume le stesse ipotesi della teoria di Coulomb. La differenza sostanziale è che la teoria di Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che consente di ottenere un'espressione in forma chiusa per la spinta), il metodo di Culmann consente invece di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. 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).

Per la verifica di **stabilità globale** si è adottato il metodo di Bishop, che prevede un coefficiente di sicurezza espresso dalla seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da:

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

In questa espressione 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, c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi, tale espressione è stata risolta per successive approssimazioni e iterazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare fin quando il valore calcolato coincida con il valore assunto.

Infine, la verifica a **carico limite** è stata condotta utilizzando la teoria di Vesic.

Per quanto riguarda l'**analisi strutturale delle sezioni**, si applicano le seguenti impostazioni:

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	1.60
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali: Aggressive
 Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature: Poco sensibile
 Valori limite delle aperture delle fessure: $w_1 = 0.20$
 $w_2 = 0.30$
 $w_3 = 0.40$

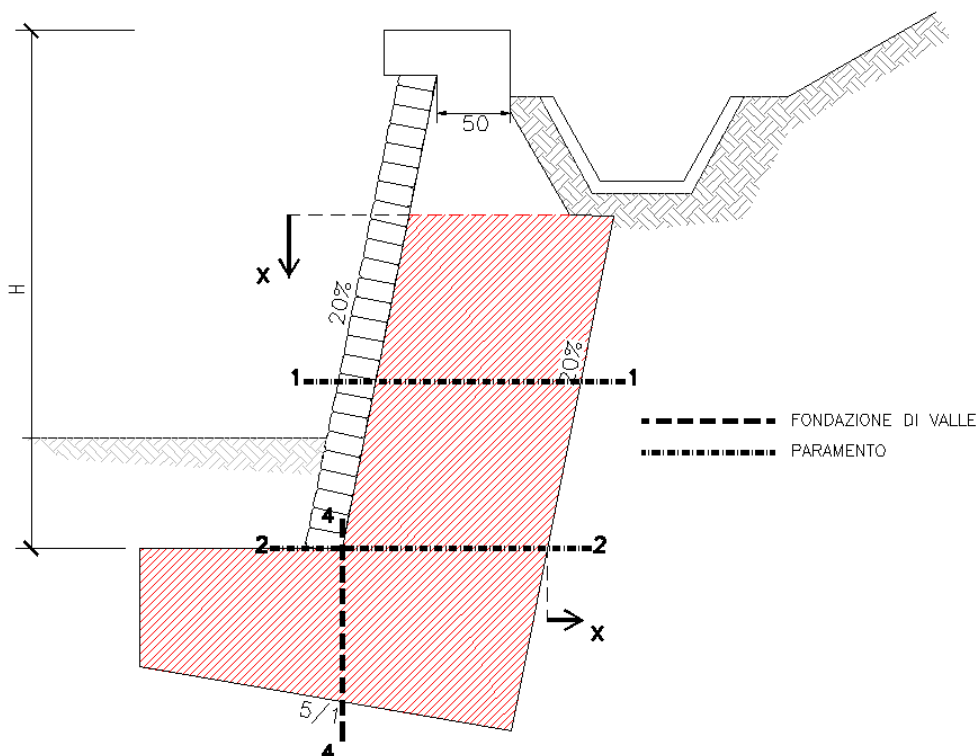
Il metodo di calcolo adottato per la verifica a fessurazione è quello proposto nell'UNI EN 1992-1-1. Per non appesantire troppo l'elaborato, non sono riportati i risultati della verifica a fessurazione, comunque, soddisfatta per tutte le combinazioni di carico agli SLE.

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico: Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck} - \sigma_s < 0.80 f_{yk}$
 Quasi permanente $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

In relazione, sono riportati i risultati delle verifiche strutturali per le combinazioni di carico più gravose e per entrambi gli elementi di muro, paramento e fondazione.

Di seguito, si riporta una schematizzazione della soluzione progettuale con evidenziate le sezioni più critiche: la sezione di mezzeria del paramento, la sezione di base del paramento e le sezioni d'incastro della mensola di fondazione di valle.



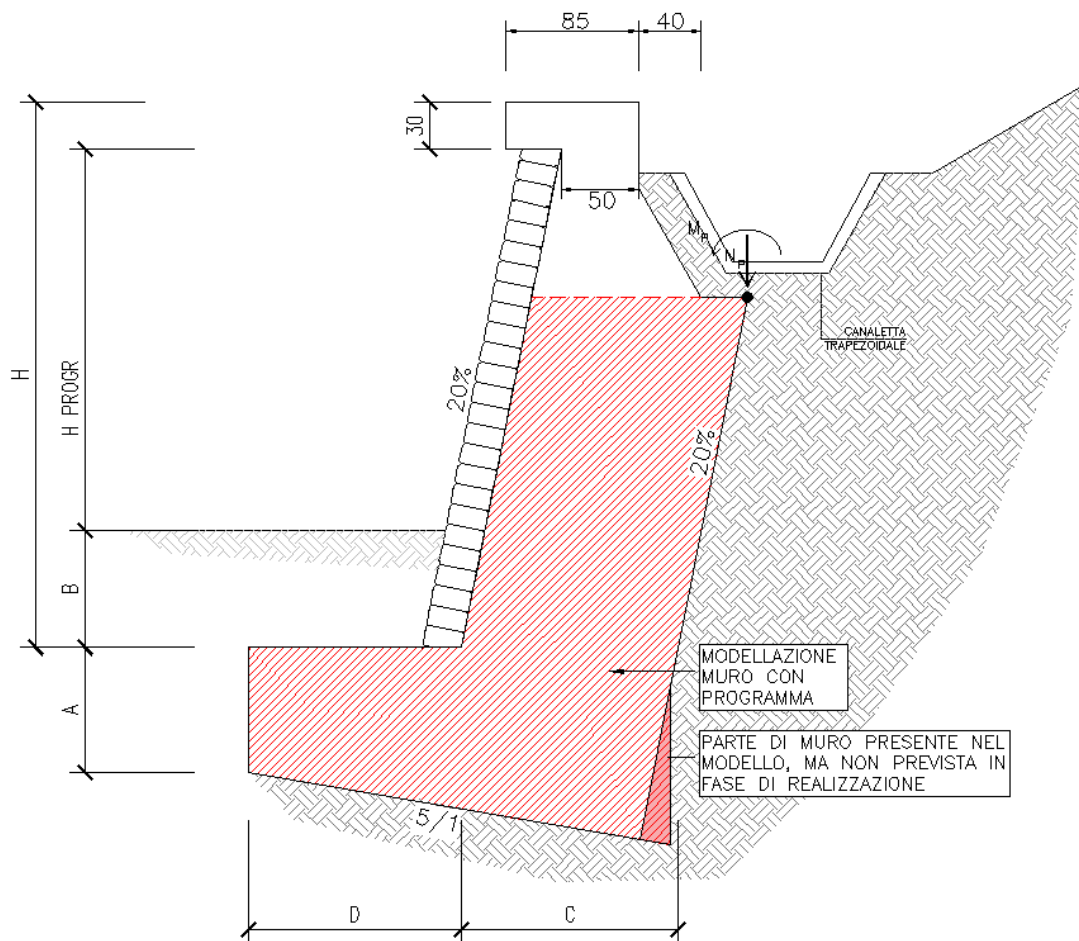
1.6 Impostazioni di modellazione

Il criterio di modellazione adottato prevede l'inserimento nel programma della porzione di muro di controripa indicata in figura con tratteggio obliquo.

Nella modellazione non è quindi incluso il cordolo, poiché le caratteristiche geometriche e di armatura dello stesso sono indipendenti dall'altezza e dalle proprietà geometriche del muro; tuttavia, si tiene conto dello stesso come carico permanente portato da sommare al peso della barriera antirumore. Le verifiche del cordolo saranno oggetto di specifica analisi nel *paragrafo 1.8*.

Un altro aspetto non incluso nella modellazione è la parete chiodata a tergo del muro; il software MAX non prevede, infatti, l'inserimento di tale condizione nel modello. Tuttavia, trascurarne la presenza è vantaggioso da un punto di vista della sicurezza poiché si introduce un'aliquota di spinta non effettivamente agente sull'opera.

Inoltre, si precisa che, poiché il programma di calcolo MAX non consente di annullare la mensola di fondazione di monte, non è stato possibile riprodurre la reale conformazione del muro con inclinazione del paramento costante fino alla base di fondazione. Pertanto, come si osserva in figura, si è deciso di mantenere lo spessore del paramento conforme alle prescrizioni di progetto e di allungare la base di fondazione per garantire la lunghezza minima di mensola di fondazione di monte richiesta dal programma. Ai fini delle verifiche geotecniche, tale scelta comporta sicuramente una condizione più favorevole, ma più vicina alla situazione reale; tuttavia, per completezza, sono state effettuate anche le verifiche nella situazione più gravosa di lunghezza di base di fondazione pari a quella di progetto e spessore del paramento inferiore rispetto alle indicazioni progettuali, risultando comunque soddisfatte. Per non appesantire la trattazione, in relazione sono stati inseriti solo i risultati del modello con spessore paramento come da indicazioni progettuali e base di fondazione leggermente maggiore.



1.7 Analisi dei carichi

1.7.1 Carichi permanenti

I carichi permanenti strutturali sono: il peso proprio del muro ($\gamma_{CLS} = 25.0 \text{ kN/m}^3$), il peso del terreno ($\gamma_t = 18.5 \text{ kN/m}^3$) e la spinta dello stesso. I carichi permanenti non strutturali sono invece: il peso della barriera antirumore, il peso del cordolo e il peso della parte sommitale del muro non inclusa nella modellazione. Vista la scarsa incertezza sull'entità del peso da attribuire agli elementi non strutturali, per questa tipologia di carico sono stati adottati gli stessi coefficienti parziali agli SLU dei carichi permanenti strutturali, come concesso dalle NTC2008 al § 2.6.1, Tabella 2.6.I.

Si specifica di seguito il calcolo dei carichi permanenti non strutturali a metro lineare di muro:

- Il cordolo di progetto comprensivo della parte di paramento non inclusa nella modellazione pesa 23.89 kN/m .
- Per il pacchetto di pavimentazione è stato assunto un carico equivalente uniformemente distribuito pari a $0,30 \text{ m} \times 22 \text{ kN/m}^3 = 6.60 \text{ kN/m}^2$; tale carico è stato incluso nella modellazione per tener conto della presenza di una strada provinciale a monte del muro.
- Le barriere antirumore previste sui muri di controripa analizzati nella presente relazione presentano un'altezza massima di 4.35 m e pesano a metro lineare:

peso profilato HEA 180 (per h montante)	0,355	kN/m
elementi di fissaggio (per h montante)	0,120	kN/m
pannello fonoassorbente in PMMA	0,240	kN/m ²

piastra acciaio e rinforzi (per montante)

0,420 kN

A titolo di esempio, si riportano le azioni permanenti non strutturali in testa al muro di controripa H=2,5m, considerando come punto di applicazione dei carichi il punto più a monte della sezione di sommità del paramento. Inoltre, si precisa che i montanti della barriera antirumore saranno disposti con un interasse di 2,07m al fine di ospitare pannelli in PMMA di estensione 2m.

AZIONI IN TESTA AL MURO H=2,5m, altezza complessiva della barriera 4,35m						
riferito all'origine in MAX		(x,y)		Sollecitazioni		
		x'' (m)	γ	H (kN)	N (kN)	M (kNm)
1.	Montante barriera antirumore (H=4m)	0,750	1		0,92	0,69
3.	Pannello fonoassorbente	0,750	1		1,01	0,76
4.	Piastra acciaio e rinforzi	0,750	1		0,21	0,16
5.	Cordolo	0,772	1		23,89	18,43
G1	AZIONE PERMANENTE	0,770		-	26,02	20,04
Q1 AZIONE ACC. VENTO		(x,y)				
		y'' (m)		H (kN)	N (kN)	M (kNm)
	Vento p= 2,00 kN/mq	3,49	1	± 8,70	-	± 30,36

La massima altezza di muro di controripa prevista in progetto è di 4,5m. Per tale altezza di muro si è ipotizzata una barriera antirumore di 1,85m. Nella zona di passaggio tra minima e massima altezza di muro è stata prevista una variazione lineare di altezza con riduzione graduale dell'altezza della barriera antirumore.

1.7.2 Carichi variabili da traffico

Si considera un carico variabile distribuito pari a 20 kN/m², rappresentativo del carico veicolare transitante sulla strada provinciale a monte del muro di controripa.

1.7.3 Carichi variabili: Vento

Il carico da vento è calcolato in accordo con le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (§ 3.3 del D.M. 14 gennaio 2008 e C.M. 2 febbraio 2009). Di seguito, si stimerà una pressione del vento adeguata a tutto il tracciato autostradale dell'A22, valida per tutte le barriere fino ad una altezza montante di 5,50 m ed interasse massimo di 2,66 m.

Dati generali di ingresso:

- Regione:

	V _{ref,0} [m/s]	a ₀ [m]	K _a
zona 1 = Regione Trentino Alto Adige, Veneto;	25	1000	0,010
zona 2 = Emilia Romagna	25	750	0,015

- Periodo di ritorno T_r = 500 anni, a cui corrisponde un coefficiente di ritorno pari a $\alpha_R = 1,123$.

- Classe di rugosità:

“ C “ Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni, ...);

“ D “ Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aree agricole, ...).

- Altezza s.l.m. di ubicazione dell'opera e corrispondente categoria di classificazione del luogo oggetto dell'intervento in funzione della rugosità:

CASISTICHE in funzione della località	Rugosità	
	C	D
A) fino a 500 m (da Modena a Chiusa)	III	II
B) da 500 a 750 m (da Chiusa a Vipiteno)	IV	III
C) maggiore di 750 m (da Vipiteno a Brennero)	IV	IV

- Densità dell'aria: 1,25 kg/m³.

Risultati generali:

- Velocità di riferimento,

Note le regioni e le quote s.l.m. del tracciato autostradale, si identificano due casistiche per il calcolo della velocità base di riferimento del vento:

- 1) da Modena a Vipiteno (fino a 1000 m s.l.m.), le quote "a_s"(altezza s.l.m.) sono inferiori ad "a₀"; in questo caso la velocità di riferimento V_b è assunta costante e pari a:

$$V_b = V_{b,0} = 25,0 \text{ m/s}$$

- 2) da Vipiteno a Brennero (1370 m s.l.m.), le quote "a_s"(altezza s.l.m.) sono superiori ad "a₀"; in questo caso la velocità di riferimento è variabile, V_b(a_s), ed è valutata utilizzando la seguente relazione:

$$V_b = V_{b,0} + k_a(a_s - a_0) = 28,70 \text{ m/s (per } a_s = 1370 \text{ m)}$$

La velocità di riferimento calcolata è poi moltiplicata per il coefficiente di ritorno α_R, funzione del tempo di ritorno di progetto T_r = 500 anni, ottenendo così la velocità di riferimento per un periodo di ritorno di 500 anni:

$$V_{b(T_r=500\text{anni})} = V_b \cdot \alpha_R(T_r) \quad \text{dove } \alpha_R(T_r) = 1,123;$$

Da Modena a Vipiteno, si ha: V_{b(T_r=500anni)} = 25,00 m/s * 1,123 = 28,08 m/s (Cat. II,III,IV);

Da Vipiteno a Brennero, si ha: V_{r(T_r=50anni)} = 28,70 m/s * 1,123 = 32,23 m/s (Cat. IV).

- Coefficiente topografico C_t, che come prescritto dalla normativa di riferimento si assume pari a 1,0;

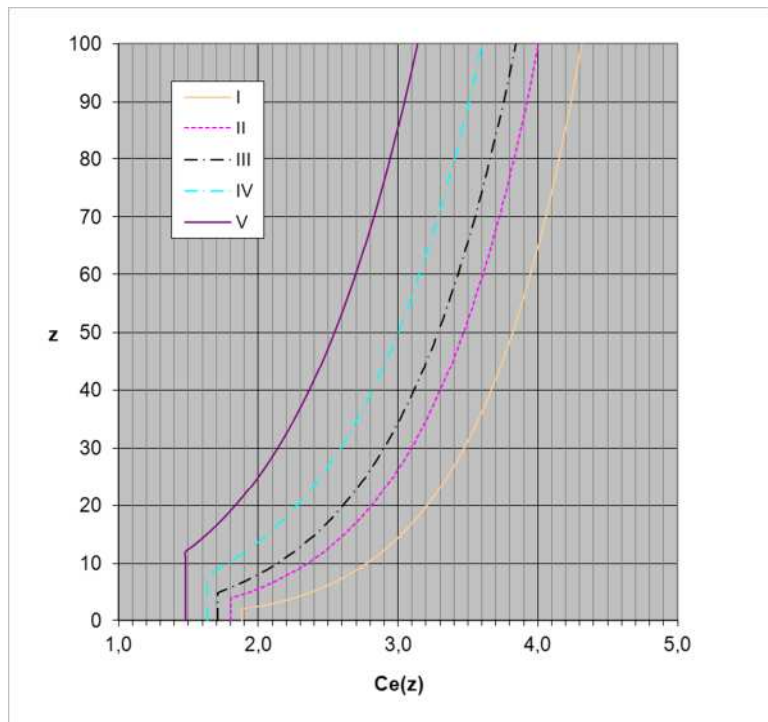
- Coefficiente di esposizione c_e(z), che è funzione dell'altezza z dell'opera rispetto al suolo e della classificazione del luogo in cui sarà ubicata l'opera:

$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + C_t \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

Di seguito, sono diagrammati i valori di c_e in funzione di z e per tutte le categorie di esposizione prese in esame.

c _t = 1	Categoria di esposizione		
	II	III	IV
z	c _e (z)	c _e (z)	c _e (z)
1	1,801	1,708	1,634
2	1,801	1,708	1,634
3	1,801	1,708	1,634
4	1,801	1,708	1,634
5	1,929	1,708	1,634
6	2,037	1,817	1,634
7	2,130	1,912	1,634
8	2,212	1,995	1,634
9	2,286	2,070	1,712
10	2,352	2,138	1,783
11	2,413	2,200	1,848
12	2,469	2,257	1,908
13	2,521	2,311	1,964
14	2,570	2,360	2,017
15	2,616	2,407	2,066
16	2,659	2,451	2,113
17	2,700	2,493	2,157
18	2,738	2,533	2,199
19	2,775	2,570	2,238
20	2,810	2,606	2,277



Assumendo C_t = 1,0, classe di rugosità più sfavorevole pari a “D” e z pari all’altezza massima del manufatto (z = 5,50 m), si ottengono i seguenti valori del coefficiente di esposizione:

- A) c_e = 1,985 (cat. II) valido nel tratto da Modena a Chiusa;
- B) c_e = 1,764 (cat. III) valido nel tratto da Chiusa a Vipiteno;
- C) c_e = 1,634 (cat. IV) valido nel tratto da Vipiteno a Brennero.

- Pressione cinetica di riferimento (q_r):

in generale: $q_r = \frac{1}{2} \rho V_r^2$

per il caso A) abbiamo $q_r = \frac{1}{2} \rho 28,08^2 = 492,8 \text{ N/m}^2$;

per il caso B) abbiamo $q_r = \frac{1}{2} \rho 28,08^2 = 492,8 \text{ N/m}^2$;

per il caso C) abbiamo $q_r = \frac{1}{2} \rho 32,23^2 = 649,2 \text{ N/m}^2$.

- Si adottano prudenzialmente come coefficienti di pressione i seguenti valori:

sopravento	C _{pe} = 0,8
sottovento	C _{pi} = 0,4

- Pressione del vento (p):

$p = q_r C_e C_p C_d$

dove: c_p = coefficiente di pressione complessivo;

c_d = coefficiente dinamico (preso convenzionalmente pari a 1);
 $c_e = c_e(z)$ coefficiente di esposizione, con z = altezza massima manufatto da terra.

Noti i valori dei diversi coefficienti, la pressione del vento è quindi valutata per ciascun tratto autostradale preso in esame:

per il caso A) abbiamo $p = 492,8 \times 1,985 \times (0,8+0,4) \times 1 = 1173 \text{ N/m}^2$;
 per il caso B) abbiamo $p = 492,8 \times 1,764 \times (0,8+0,4) \times 1 = 1043 \text{ N/m}^2$;
 per il caso C) abbiamo $p = 649,2 \times 1,634 \times (0,8+0,4) \times 1 = 1273 \text{ N/m}^2$.

Al fine di semplificare la trattazione del vento, la pressione globale su tutto l'asse del Brennero sarà assunta pari al valore massimo di calcolo, circa 1,17 kPa, incrementato prudenzialmente della pressione dinamica da traffico, 0,8 kPa, valore riportato in UNI EN 1794-1 per veicoli viaggianti a velocità maggiori di 120 km/h e distanti 3,0 m dalla barriera.

Pertanto, la pressione globale adottata nei calcoli risulta:

$p_{\text{vento,CALCOLO}} = \pm 2,0 \text{ kN/m}^2$

1.7.4 Azione sismica

L'analisi sismica dei muri di sostegno è stata eseguita con il programma MAX15 calcolando l'aliquota di spinta sismica attraverso il metodo di Mononobe-Okabe e una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico:

$$F = (M g) k = W k$$

Dove:

- M rappresenta la somma delle masse del muro, del terreno gravante sulla fondazione a monte del muro e degli eventuali sovraccarichi;
- k è il coefficiente sismico dipendente dalle caratteristiche sismologiche del sito.

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

$$k_h = \beta_m S \frac{a_g}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 k_h$$

Nello specifico, l'azione sismica è stata definita implementando lo spettro di accelerazione allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) per il sito di Rivoli Veronese, ricavato seguendo le prescrizioni di normativa.

Si riportano le coordinate geografiche del Comune di Rivoli Veronese,

- Lat. = 45,571561;
- Lon. = 10,811929.

Inoltre, i dati considerati per la definizione dell'azione sismica:

Vita nominale (V_N)	50 anni
-------------------------	---------

Classe d'uso	IV
Coefficiente d'uso (C_U)	2
Vita di riferimento (V_R)	100 anni

Per lo SLV, si ha che:

- a_g = 0,210 g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido;
- F_0 = 2,462 fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima;
- S = 1,667 categoria di sottosuolo C e categoria topografica T2;
- β_m = 0,310 coefficiente di riduzione (§ 7.11.6.2.1 del D.M. 14/01/2008).

All'azione sismica è stata poi aggiunta la spinta del terreno retrostante. Il metodo di Culmann considera in automatico l'incremento di spinta sismica inserendo nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata rispetto all'orizzontale della corrispondente superficie in assenza di sisma.

1.7.5 Combinazioni di carico in presenza di carico mobile a tergo del muro

In questa sezione si elencano tutte le combinazioni di carico utilizzate per le verifiche geotecniche e strutturali dei muri di controripa per cui si prevede carico mobile a tergo del muro.

Simbologia adottata

- γ Coefficiente di partecipazione della condizione
- Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.30	--	Sfavorevole
Vento +	1.50	0.60	Sfavorevole
Carico mobile	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.30	--	Sfavorevole
Vento -	1.50	0.60	Sfavorevole
Carico mobile	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.30	--	Sfavorevole
Vento +	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.30	--	Sfavorevole
Vento -	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.30	--	Sfavorevole
Vento +	1.50	0.60	Sfavorevole
Carico mobile	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.30	--	Sfavorevole
Vento +	1.50	0.60	Sfavorevole
Carico mobile	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.30	--	Sfavorevole
Vento +	1.50	0.60	Sfavorevole
Carico mobile	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.30	--	Sfavorevole
Vento -	1.50	0.60	Sfavorevole
Carico mobile	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.30	--	Sfavorevole
Vento -	1.50	0.60	Sfavorevole
Carico mobile	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.30	--	Sfavorevole
Vento -	1.50	0.60	Sfavorevole
Carico mobile	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.30	--	Sfavorevole
Vento +	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.30	--	Sfavorevole
Vento +	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 15 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.30	--	Sfavorevole
Vento +	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 16 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.30	--	Sfavorevole
Vento -	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 17 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.30	--	Sfavorevole
Vento -	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 18 - STR (A1-M1-R3)

1 PREMESSA

1.7 Analisi dei carichi

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.30	--	Sfavorevole
Vento -	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 19 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole
Vento +	1.30	0.60	Sfavorevole
Carico mobile	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 20 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole
Vento -	1.30	0.60	Sfavorevole
Carico mobile	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 21 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 22 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole
Vento +	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 23 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole
Vento -	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 24 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 25 - EQU, *

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.10	--	Sfavorevole
carico permanente	1.10	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	0.90	--	Favorevole
Vento +	1.50	0.60	Sfavorevole
Carico mobile	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 26 - EQU, *

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.10	--	Sfavorevole
carico permanente	1.10	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	0.90	--	Favorevole
Vento -	0.00	0.60	Favorevole
Carico mobile	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 27 - EQU H + V, *

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Favorevole

Combinazione n° 28 - EQU, *

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.10	--	Sfavorevole
carico permanente	1.10	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	0.90	--	Favorevole
Vento +	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 29 - EQU, *

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.10	--	Sfavorevole
carico permanente	1.10	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	0.90	--	Favorevole
Vento -	0.00	1.00	Favorevole

Combinazione n° 30 - EQU H - V, *

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Favorevole

Combinazione n° 31 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole
Vento +	1.00	0.60	Sfavorevole
Carico mobile	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 32 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole
Carico mobile	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 33 - SLEQ

1 PREMESSA

1.7 Analisi dei carichi

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 34 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole
Vento -	1.00	0.60	Sfavorevole
Carico mobile	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 35 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole
Vento +	1.00	0.60	Sfavorevole

Combinazione n° 36 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 37 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole
Vento -	1.00	0.60	Sfavorevole

Note

* Al fine di considerare le condizioni più critiche nei confronti della verifica a ribaltamento (combinazioni dalla n° 25 alla n°30), il carico relativo alla pavimentazione è stato considerato favorevole (coefficiente unitario) per i muri fino ad una altezza di 3 m, sfavorevole (coefficiente 1.30) per le restanti altezze di muro.

1.7.6 Combinazioni di carico in assenza di carico mobile a tergo del muro

In questa sezione si elencano tutte le combinazioni di carico utilizzate per le verifiche geotecniche e strutturali dei muri di controripa nel caso di assenza di carico mobile a tergo del muro.

Simbologia adottata

- γ Coefficiente di partecipazione della condizione
- Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Vento +	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Vento -	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Vento +	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Vento +	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Vento +	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Vento -	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Vento -	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Vento -	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Vento +	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Vento -	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 15 - EQU, *

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.10	--	Sfavorevole
carico permanente	1.10	--	Sfavorevole
Vento +	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 16 - EQU, *

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.10	--	Sfavorevole
carico permanente	1.10	--	Sfavorevole
Vento -	1.50	1.00	Favorevole

Combinazione n° 17 - EQU H + V, *

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 18 - EQU H - V, *

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 19 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Vento +	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 20 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Vento +	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 21 - SLEQ

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 22 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Vento -	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 23 - SLEF

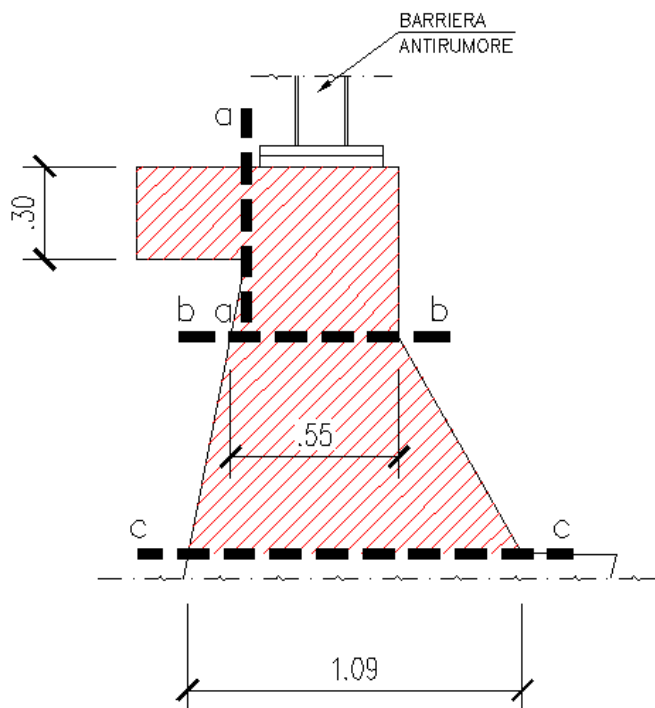
Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Vento -	1.00	0.20	Sfavorevole

Note

* Al fine di considerare le condizioni più critiche nei confronti della verifica a ribaltamento (combinazioni dalla n° 25 alla n°30), il carico relativo alla pavimentazione è stato considerato favorevole (coefficiente unitario) per i muri fino ad una altezza di 3 m, sfavorevole (coefficiente 1.30) per le restanti altezze di muro.

1.8 Verifica delle sezioni di sommità del muro

Indipendentemente dall'altezza del muro, si procede con la verifica del cordolo nelle sezioni **a-a**, **b-b** e **c-c** indicate in figura.



A vantaggio di sicurezza, le azioni agenti sono state valutate facendo riferimento alla barriera antirumore più alta; pertanto, $h=4,35$ m, montanti HEA180 in acciaio S355 J2 e ancoraggi realizzati per mezzo di quattro tirafondi M24. Per le verifiche e le scelte progettuali relative alla barriera antirumore si rimanda alla relazione di carpenteria.

Di seguito, si riportano le caratteristiche geometriche e di armatura delle sezioni oggetto di verifica:

SEZIONE a-a

$b = 100$ cm
 $h = 30$ cm
 $d = 25$ cm
 $A_s = A'_s = 4\phi 8$

SEZIONE b-b

$b = 100$ cm
 $h = 55$ cm
 $d = 50$ cm
 $A_s = A'_s = 4\phi 12$

SEZIONE c-c

$b = 100$ cm
 $h = 109$ cm
 $d = 104$ cm
 $A_s = A'_s = 5\phi 12$

1.8.1 Verifiche allo stato limite ultimo

In tabella si riportano le sollecitazioni che interessano le sezioni **a-a**, **b-b** e **c-c**, opportunamente moltiplicate per i coefficienti della combinazione allo stato limite ultimo.

AZIONI PER VERIFICA CORDOLO SEZ. a-a - SLU		(x',y')		Sollecitazioni SLU		
		$x' (m)$	γ	$H' (kN)$	$N' (kN)$	$M' (kNm)$
1.	Cordolo	0,175	1,3		3,41	0,60
G1	AZIONE PERMANENTE	0,175		-	3,41	0,60

AZIONI PER VERIFICA CORDOLO SEZ. b-b - SLU		(x'',y'')		Sollecitazioni		
		$x'' (m)$	γ	$H'' (kN)$	$N'' (kN)$	$M'' (kNm)$
1.	Montante barriera antirumore (H=4m)	-0,025	1,5		1,38	-0,03
2.	Pannello fonoassorbente	-0,025	1,5		1,51	-0,04
3.	Piastra acciaio e rinforzi	-0,025	1,5		0,32	-0,01
4.	Cordolo	0,150	1,3		8,27	1,24
G1	AZIONE PERMANENTE	0,101		-	11,47	1,16
		(x'',y'')				
		$y'' (m)$		$H'' (kN)$	$N'' (kN)$	$M'' (kNm)$
Q1	AZIONE ACC. VENTO	2,790	1,5	± 13,05	-	± 36,41
SOMMAND G+Q1+Q2		Soll. SLU - sezione b-b - comb. più gravosa con vento		13,05	11,47	37,57

1 PREMESSA

1.8 Verifica delle sezioni di sommità del muro

AZIONI PER VERIFICA CORDOLO SEZ. c-c - SLU						
		(x''',y''') $x''' (m)$	Sollecitazioni			
			γ	$H''' (kN)$	$N''' (kN)$	$M'''(kNm)$
1.	Montante barriera antirumore (H=4m)	0,110	1,5		1,38	0,15
2.	Pannello fonoassorbente	0,110	1,5		1,51	0,17
3.	Piastra acciaio e rinforzi	0,110	1,5		0,32	0,03
4.	Cordolo	0,280	1,3		8,27	2,32
G1	AZIONE PERMANENTE	0,233		-	11,47	2,67

		(x''',y''') $y''' (m)$	γ	Sollecitazioni		
				$H''' (kN)$	$N''' (kN)$	$M'''(kNm)$
Q1	AZIONE ACC. VENTO	Vento p= 2,00 kN/mq	1,5	$\pm 13,05$	-	$\pm 45,54$

SOMMANDO G+Q1+Q2		Soll. SLU - sezione c-c - comb. più gravosa con vento		$H''' (kN)$	$N''' (kN)$	$M'''(kNm)$
				13,05	11,47	48,21

Considerando la seguente convenzione dei segni:



le sollecitazioni allo stato limite ultimo più gravose nelle due sezioni considerate risultano:

SOLLECITAZIONI DI VERIFICA PER FLESSIONE E TAGLIO sezioni a-a, b-b e c-c - SLU

Azioni di calcolo (riferite alle sezioni "a-a", "b-b" e "c-c" con base di 1 metro)

Sezione "a-a"	
Nsd = H'	- kN
Vsd = N'	3,41 kN
Msd = M'	0,60 kNm

Sezione "b-b"	
Nsd = N''	11,47 kN
Vsd = H''	13,05 kN
Msd = M''	37,57 kNm

Sezione "c-c"	
Nsd = N'''	11,47 kN
Vsd = H'''	13,05 kN
Msd = M'''	48,21 kNm

VERIFICA A FLESSIONE

Azioni di calcolo

Sezione "a-a"	
M _{sdu} =	0,60 kNm
N _{sdu} =	- kN
Af sup =	4φ8
Af inf =	4φ8
h sez. =	0,30 m

Sezione "b-b"	
M _{sdu} =	37,57 kNm
N _{sdu} =	11,47 kN
Af sup =	4φ12
Af inf =	4φ12
h sez. =	0,55 m

Sezione "c-c"	
M _{sdu} =	48,21 kNm
N _{sdu} =	11,47 kN
Af sup =	5φ12
Af inf =	5φ12
h sez. =	1,09 m

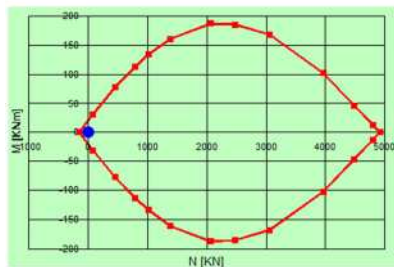
Le verifiche a pressoflessione risultano soddisfatte come si evince dai diagrammi sottostanti.

Sezione "a-a"	
M _{sdu} =	0,60 kNm
N _{sdu} =	- kN
Af _{sup} =	4φ8
Af _{inf} =	4φ8
h sez. =	0,30 m

Sezione "a-a"

Verifica

x	2,1 cm
x/d	0,084
ε _c	0,917 ‰
ε _s	10 ‰
M_{rd}	21,25 kNm

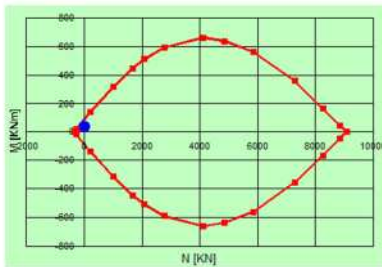


Sezione "b-b"	
M _{sdu} =	37,57 kNm
N _{sdu} =	11,47 kN
Af _{sup} =	4φ12
Af _{inf} =	4φ12
h sez. =	0,55 m

Sezione "b-b"

Verifica

x	3,781 cm
x/d	0,076
ε _c	0,818 ‰
ε _s	10 ‰
M_{rd}	89,97 kNm

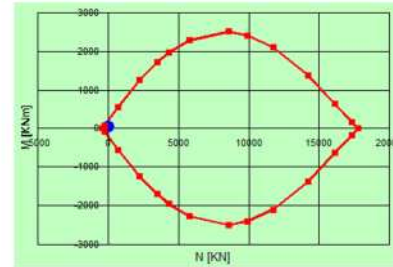


Sezione "c-c"	
M _{sdu} =	47,56 kNm
N _{sdu} =	11,47 kN
Af _{sup} =	5φ12
Af _{inf} =	5φ12
h sez. =	1,09 m

Sezione "c-c"

Verifica

x	5,562 cm
x/d	0,053
ε _c	0,565 ‰
ε _s	10 ‰
M_{rd}	231,5 kNm



Verifica a taglio

Per la verifica a taglio si è considerata l'azione di taglio massima gravante nella sezione **b-b**, derivante dalla combinazione con carico eccezionale d'urto.

Sollecitazione di taglio

Resistenza cubica caratteristica del cls

Resistenza cilindrica caratteristica $f_{ck} = 0,83 R_{ck}$

Resistenza di calcolo $f_{cd} = 0,85 f_{ck} / 1,5$

Larghezza minima della sezione

Altezza utile della sezione

Area armature longitudinali

$$k = 1 + (20/d)^{1/2} \leq 2$$

$$\rho_l = A_{sl} / (b_w d) \leq 0,02$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

Resistenza di calcolo del calcestruzzo:

$$V_{Rcd} = [0,18 k (100\rho_l f_{ck})^{1/3} / 1,5 + 0,15\sigma_{cp}] b_w d$$

$$V_{Rcd,min} = (v_{min} + 0,15\sigma_{cp}) b_w d$$

Sezione "a-a"

V _{sd}	3,41	kN
R _{ck}	35	N/mm ²
f _{ck}	29,1	N/mm ²
f _{cd}	16,5	N/mm ²
b _w	100	cm
d	25	cm
A _{sl}	2,01	cm ²
k	1,89	
ρ _l	0,001	
v _{min}	0,49	N/mm ²

75,41 kN

122,97 kN

Sezione "b-b"			
Sollecitazione di taglio	V_{sd}	13,05	kN
Restistenza cubica caratteristica del cls	R_{ck}	35	N/mm ²
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck} = 0,83 R_{ck}$	29,1	N/mm ²
Resistenza di calcolo	$f_{cd} = 0,85 f_{ck} / 1,5$	16,5	N/mm ²
Larghezza minima della sezione	b_w	100	cm
Altezza utile della sezione	d	50	cm
Area armature longitudinali	A_{sl}	4,52	cm ²
$k = 1 + (20/d)^{1/2} \leq 2$	k	1,63	
$\rho_l = A_{sl} / (b_w d) \leq 0,02$	ρ_l	0,001	
$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$	v_{min}	0,39	N/mm ²

Resistenza di calcolo del calcestruzzo:

$V_{Rcd} = [0,18 k (100\rho_l f_{ck})^{1/3} / 1,5 + 0,15\sigma_{cp}] b_w d$	135,17	kN
$V_{Rcd,min} = (v_{min} + 0,15\sigma_{cp}) b_w d$	196,73	kN

Sezione "c-c"			
Sollecitazione di taglio	V_{sd}	13,05	kN
Restistenza cubica caratteristica del cls	R_{ck}	35	N/mm ²
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck} = 0,83 R_{ck}$	29,1	N/mm ²
Resistenza di calcolo	$f_{cd} = 0,85 f_{ck} / 1,5$	16,5	N/mm ²
Larghezza minima della sezione	b_w	100	cm
Altezza utile della sezione	d	104	cm
Area armature longitudinali	A_{sl}	5,65	cm ²
$k = 1 + (20/d)^{1/2} \leq 2$	k	1,44	
$\rho_l = A_{sl} / (b_w d) \leq 0,02$	ρ_l	0,001	
$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$	v_{min}	0,33	N/mm ²

Resistenza di calcolo del calcestruzzo:

$V_{Rcd} = [0,18 k (100\rho_l f_{ck})^{1/3} / 1,5 + 0,15\sigma_{cp}] b_w d$	209,08	kN
$V_{Rcd,min} = (v_{min} + 0,15\sigma_{cp}) b_w d$	338,50	kN

La verifica risulta soddisfatta in tutte le sezioni; infatti, nella sezione **a-a** si ha che 3,41 kN < 122,97 kN, nella sezione **b-b** si ha che 13,05 kN < 196,73 kN, infine, nella sezione **c-c** si ha che 13,05 kN < 338,50 kN.

1.8.2 Verifiche allo stato limite di esercizio

Le sollecitazioni allo stato limite di esercizio nelle due sezioni analizzate sono:

AZIONI PER VERIFICA CORDOLO SEZ. a-a - SLE						
1.	Cordolo	(x',y') $x' (m)$	Sollecitazioni SLU			
			γ	$H' (kN)$	$N' (kN)$	$M' (kNm)$
G1	AZIONE PERMANENTE	0,175	1	-	2,63	0,46
		0,175			2,63	0,46

1 PREMESSA

1.8 Verifica delle sezioni di sommità del muro

AZIONI PER VERIFICA CORDOLO SEZ. b-b - SLE

		(x'', y'') $x'' (m)$	Sollecitazioni			
			γ	$H'' (kN)$	$N'' (kN)$	$M'' (kNm)$
1.	Montante barriera antirumore (H=4m)	-0,025	1		0,92	-0,02
2.	Pannello fonoassorbente	-0,025	1		1,01	-0,03
3.	Piastra acciaio e rinforzi	-0,025	1		0,21	-0,01
4.	Cordolo	0,150	1		6,36	0,95
G1	AZIONE PERMANENTE	0,106		-	8,50	0,90

		(x'', y'') $y'' (m)$	Sollecitazioni			
			γ	$H'' (kN)$	$N'' (kN)$	$M'' (kNm)$
Q1	AZIONE ACC. VENTO	Vento $p=$ 2,00 kN/mq	1	$\pm 8,70$	-	$\pm 24,27$

SOMMANDO G+Q1+Q2		Soll. SLE - sezione b-b - comb. più gravosa con vento		$H'' (kN)$	$N'' (kN)$	$M'' (kNm)$
				8,70	8,50	25,17

AZIONI PER VERIFICA CORDOLO SEZ. c-c - SLE

		(x''', y''') $x''' (m)$	Sollecitazioni			
			γ	$H''' (kN)$	$N''' (kN)$	$M''' (kNm)$
1.	Montante barriera antirumore (H=4m)	0,110	1		0,92	0,10
2.	Pannello fonoassorbente	0,110	1		1,01	0,11
3.	Piastra acciaio e rinforzi	0,110	1		0,21	0,02
4.	Cordolo	0,280	1		6,36	1,78
G1	AZIONE PERMANENTE	0,237		-	8,50	2,02

		(x''', y''') $y''' (m)$	Sollecitazioni			
			γ	$H''' (kN)$	$N''' (kN)$	$M''' (kNm)$
Q1	AZIONE ACC. VENTO	Vento $p=$ 2,00 kN/mq	1	$\pm 8,70$	-	$\pm 30,36$

SOMMANDO G+Q1+Q2		Soll. SLE - sezione c-c - comb. più gravosa con vento		$H''' (kN)$	$N''' (kN)$	$M''' (kNm)$
				8,70	8,50	32,38

Le verifiche tensionali sono riassunte nel seguito:

Sezione "a-a"	
$M_{sdu} =$	0,46 kNm
$N_{sdu} =$	0,00 kN
Af sup =	4φ8
Af inf =	4φ8
h sez. =	0,30 m

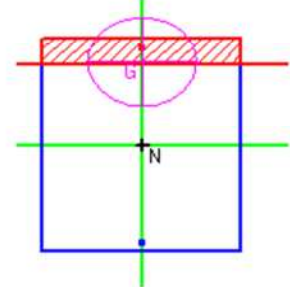
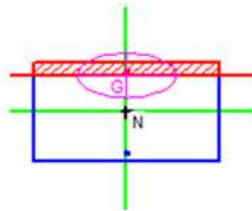
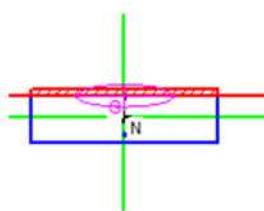
Sezione "b-b"	
$M_{sdu} =$	25,17 kNm
$N_{sdu} =$	8,50 kN
Af sup =	4φ12
Af inf =	4φ12
h sez. =	0,55 m

Sezione "c-c"	
$M_{sdu} =$	32,38 kNm
$N_{sdu} =$	8,50 kN
Af sup =	5φ12
Af inf =	5φ12
h sez. =	1,09 m

$\sigma_c =$	0,110 N/mm ²
$\sigma_s =$	9,536 N/mm ²

$\sigma_c =$	1,360 N/mm ²
$\sigma_s =$	108,100 N/mm ²

$\sigma_c =$	0,502 N/mm ²
$\sigma_s =$	50,080 N/mm ²



Le sezioni sono verificate:

$$\sigma_{s,a-a} = 9,54 < \sigma_s^R = 0,8f_{yk} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s,b-b} = 108,10 < \sigma_s^R = 0,8f_{yk} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s,c-c} = 50,08 < \sigma_s^R = 0,8f_{yk} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,a-a} = 0,11 < \sigma_c^R = 0,6f_{ck} = 16,8 \text{ MPa}$$

1 PREMESSA

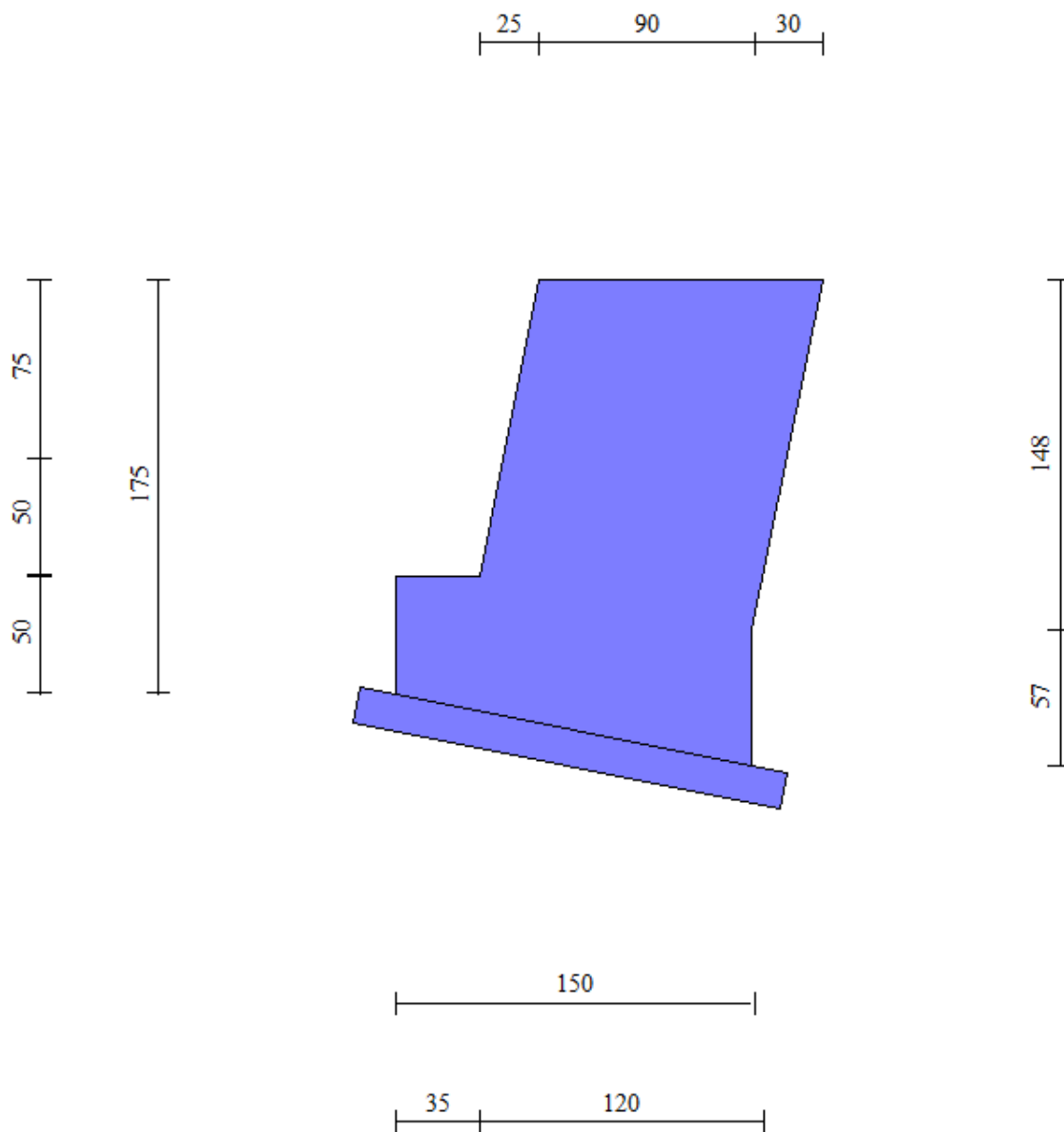
1.8 Verifica delle sezioni di sommità del muro

$$\sigma_{C,b-b} = 1,36 < \sigma_C^R = 0,6f_{ck} = 16,8 \text{ MPa}$$
$$\sigma_{C,c-c} = 0,50 < \sigma_C^R = 0,6f_{ck} = 16,8 \text{ MPa}$$

Anche per le combinazioni allo stato limite di esercizio la sezione risulta prevalentemente in trazione.

2. MURO DI CONTRORIPA $1,01 < H \leq 2,50\text{m}$ – con carico mobile a tergo del muro

2.1 Caratteristiche geometriche



In figura è rappresentata la parte di muro modellata in MAX15; come anticipato, il cordolo non è incluso nella modellazione, ma conteggiato come carico permanente da sommare al peso della barriera fonoassorbente. Si precisa che a causa di una limitazione intrinseca del programma di calcolo non è stato possibile rispettare la reale conformazione di monte del muro di controripa con inclinazione del paramento costante fino alla base di fondazione. Per i dettagli sulle verifiche strutturali del cordolo, si rimanda al *paragrafo 1.8*.

Geometria paramento e fondazione

Paramento

Materiale	C28/35	
Altezza paramento	1,25	[m]

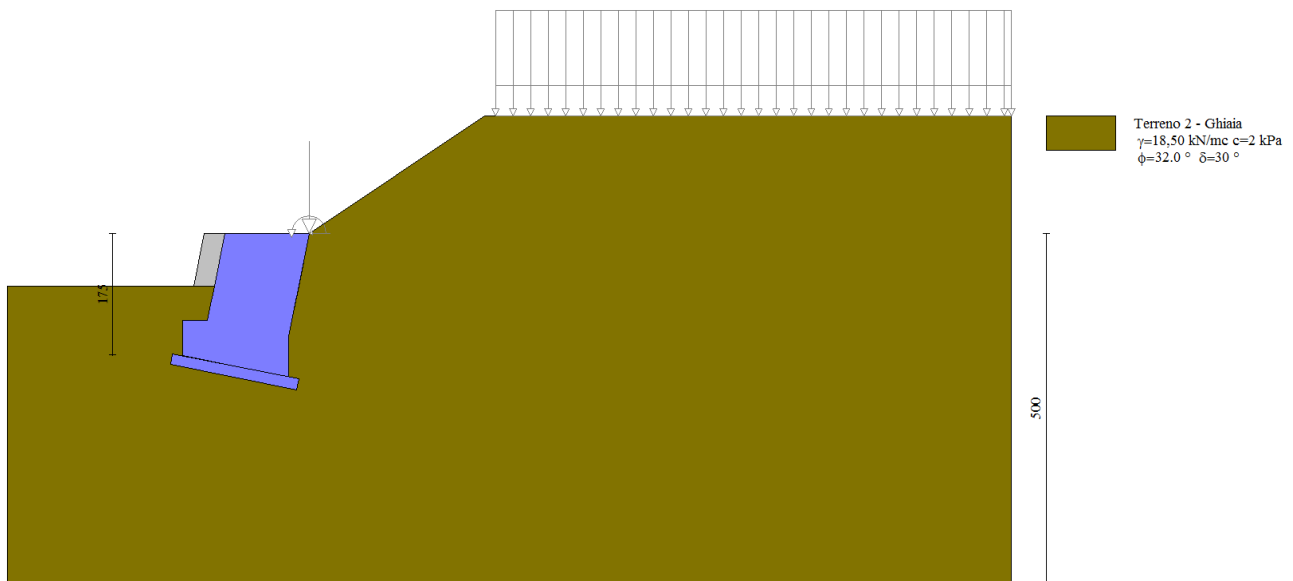
Altezza paramento libero	0,75	[m]
Spessore in sommità	1,20	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,20	[m]
Inclinazione paramento esterno	11,31	[°]
Inclinazione paramento interno	-11,31	[°]
Spessore rivestimento	0,30	[m]
Peso sp. rivestimento	20,0000	[kN/mc]

Fondazione

Materiale	C28/35	
Lunghezza mensola di valle	0,35	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,00	[m]
Lunghezza totale	1,55	[m]
Inclinazione piano di posa	11,31	[°]
Altezza valle esterna	0,50	[m]
Altezza valle interna	0,57	[m]
Altezza monte interna	0,57	[m]
Altezza monte esterna	0,57	[m]
Spessore magrone	0,15	[m]

2.2 Stratigrafia del terreno

La stratigrafia del terreno adottata per le verifiche in MAX deriva dalla relazione geotecnica a firma del dott. Annapaola Gradizzi: "Allargamento della carreggiata sud in corrispondenza della salita di Affi tra la prog. Km 201+285 e la prog. Km 203+930".



2.3 Condizioni di carico

In corrispondenza della sezione di muro da verificare, è prevista l'installazione di una barriera fonoassorbente di altezza 4.35 m. Pertanto, per il calcolo delle azioni agenti nella sezione di sommità del muro si è tenuto conto di un'altezza montante di 4.00 m e di una geometria del profilo HEA180.

AZIONI IN TESTA AL MURO H=2,5m, altezza complessiva della barriera 4,35m									
riferito all'origine in MAX			(x,y)	Sollecitazioni					
			x'' (m)	γ	H (kN)	N (kN)	M (kNm)		
1.	Montante barriera antirumore (H=4m)		0,750	1		0,92	0,69		
3.	Pannello fonoassorbente		0,750	1		1,01	0,76		
4.	Piastra acciaio e rinforzi		0,750	1		0,21	0,16		
5.	Cordolo		0,772	1		23,89	18,43		
G1	AZIONE PERMANENTE		0,770		-	26,02	20,04		
Q1 AZIONE ACC. VENTO Vento p= 2,00 kN/mq									
			(x,y)		H (kN)	N (kN)	M (kNm)		
			y'' (m)	γ					
			3,49	1	± 8,70	-	± 30,36		

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

Pesi permanenti portati del cordolo e della barriera antirumore:

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
			[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Concentrato	Paramento	0,00; 0,00	0,000	26,020	20,040				

Condizione n° 2

Pesi permanenti non strutturali della pavimentazione:

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
		[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Distribuito					2,65	10,00	6,600	6,600

Condizione n° 3

Carichi mobili distribuiti dovuti al traffico:

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.00 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.00$

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
		[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Distribuito					2,65	10,00	20,000	20,000

Condizione n° 4

Sollecitazione del vento positiva:

2 MURO DI CONTRORIPA 1,01<H≤2,50m – con carico mobile a tergo del muro

2.3 Condizioni di carico

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.60 - \Psi_1=0.20 - \Psi_2=0.00$

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
			[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Concentrato	Paramento	0,00; 0,00	8,700	0,000	30,36				

Condizione n° 5

Sollecitazione del vento negativa:

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.60 - \Psi_1=0.20 - \Psi_2=0.00$

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
			[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Concentrato	Paramento	0,00; 0,00	-8,700	0,000	-30,36				

2.4 Combinazioni di carico

Si rimanda al *paragrafo* 1.7.5 per l'elenco delle combinazioni di carico considerate nell'analisi.

2.5 Quadro riassuntivo dei coefficienti di sicurezza calcolati

Di seguito, si riporta un quadro riassuntivo dei fattori di sicurezza relativi alle verifiche geotecniche, con evidenziate in grigio le combinazioni più gravose. I fattori di sicurezza sono stati calcolati come rapporto tra la resistenza ultima e la risultante dei carichi agenti e, in seguito, confrontati con i coefficienti **R3** riportati nella Tabelle 6.5.I e 6.8.I del D.M. 14/01/2008.

Simbologia adottata

- Cmb Indice/Tipo combinazione
- S Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
- FS_{SCO} Coeff. di sicurezza allo scorrimento
- FS_{RIB} Coeff. di sicurezza al ribaltamento
- FS_{QLIM} Coeff. di sicurezza a carico limite
- FS_{STAB} Coeff. di sicurezza a stabilità globale
- FS_{HYD} Coeff. di sicurezza a sifonamento
- FS_{UPL} Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		16.737		8.307			
2 - STR (A1-M1-R3)		100.000		5.468			
3 - STR (A1-M1-R3)	H + V	10.167		8.845			
4 - STR (A1-M1-R3)		13.139		4.149			
5 - STR (A1-M1-R3)		100.000		4.391			
6 - STR (A1-M1-R3)	H - V	9.856		9.539			
7 - STR (A1-M1-R3)		100.000		8.665			
8 - STR (A1-M1-R3)		16.737		8.307			
9 - STR (A1-M1-R3)		100.000		8.665			
10 - STR (A1-M1-R3)		100.000		4.464			
11 - STR (A1-M1-R3)		100.000		5.468			
12 - STR (A1-M1-R3)		100.000		4.464			
13 - STR (A1-M1-R3)		84.306		5.193			
14 - STR (A1-M1-R3)		13.139		4.149			
15 - STR (A1-M1-R3)		84.306		5.193			
16 - STR (A1-M1-R3)		100.000		3.702			
17 - STR (A1-M1-R3)		100.000		4.391			
18 - STR (A1-M1-R3)		100.000		3.702			

2 MURO DI CONTRORIPA 1,01<H≤2,50m – con carico mobile a tergo del muro

2.4 Combinazioni di carico

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
19 - GEO (A2-M2-R2)					1.751		
20 - GEO (A2-M2-R2)					1.751		
21 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.688		
22 - GEO (A2-M2-R2)					2.236		
23 - GEO (A2-M2-R2)					2.236		
24 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.663		
25 - EQU			1.737				
26 - EQU			3.977				
27 - EQU	H + V		3.362				
28 - EQU			1.274				
29 - EQU			4.486				
30 - EQU	H - V		3.068				

2.6 Opzioni di calcolo

Dati sismici

Comune	Rivoli Veronese
Provincia	Verona
Regione	Veneto
Latitudine	45.571561
Longitudine	10.811929
Indice punti di interpolazione	12061 - 12062 - 11840 - 11839
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	IV
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	100 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	2.063	0.829
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.210	0.085
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.462	2.456
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.281	0.257
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.389
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	0.310	10.867	5.434
Esercizio	0.180	2.739	1.369

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Vesic
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Bowles
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna

Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra.

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale Bishop

2.1 Verifiche geotecniche

Si riportano i risultati ottenuti in MAX, considerando le combinazioni di carico più gravose.

2.1.1 Verifica a scorrimento

La combinazione di carico più gravosa per quanto riguarda la verifica a scorrimento è la **COMBINAZIONE n° 6**.

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole

Spinta e forze

Simbologia adottata

- Ic Indice della combinazione
- A Tipo azione
- I Inclinazione della spinta, espressa in [°]
- V Valore dell'azione, espressa in [kN]
- C_x, C_y Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
- P_x, P_y Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	C _x [kN]	C _y [kN]	P _x [m]	P _y [m]
6	Spinta statica	8,49	21,78	7,88	3,15	0,00	-1,64
	Incremento di spinta sismica		7,29	6,77	2,70	0,00	-1,38
	Peso/inerzia muro			6,62	60,89/-3,31	-0,83	-1,00
	Peso/inerzia rivestimento			0,49	4,50	0,00	0,00
	Risultante forze sul muro			2,83	26,02	--	--

Dettagli verifica

Simbologia adottata

- n° Indice combinazione
- Rsa Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
- Rpt Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
- Rps Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
- Rp Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
- Rt Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
- R Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]

T Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
6 - STR (A1-M1-R3) H - V	55,97	0,00	0,00	--	--	55,97	24,58	9.856

2.1.2 Verifica a carico limite

La verifica della capacità portante del complesso fondazione-terreno è finalizzata a garantire che le azioni trasmesse dall'opera di sostegno al terreno di fondazione non superino il carico limite che lo stesso può tollerare. Il carico limite del complesso terreno-struttura è determinato mediante il metodo di Vesic.

Per la verifica a carico limite la **COMBINAZIONE n° 4** è risultata la più gravosa.

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.30	--	Sfavorevole
Vento +	1.50	1.00	Sfavorevole

Spinta e forze

Simbologia adottata

- Ic Indice della combinazione
- A Tipo azione
- I Inclinazione della spinta, espressa in [°]
- V Valore dell'azione, espressa in [kN]
- C_x, C_y Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
- P_x, P_y Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V	I	C _x	C _y	P _x	P _y
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
4	Spinta statica	13,58	21,78	12,61	5,04	0,00	-1,57
	Peso/inerzia muro			0,00	60,89/0,00	-0,83	-1,00
	Peso/inerzia rivestimento			0,00	4,50	0,00	0,00
	Risultante forze sul muro			13,05	33,83	--	--

Dettagli verifica

Simbologia adottata

- n° Indice combinazione
- N Carico verticale totale, espresso in [kN]
- Qu carico limite del terreno, espresso in [kN]
- Qd Portanza di progetto, espresso in [kN]
- FS Fattore di sicurezza (rapporto tra portanza ultima **Qu** e carico agente al piano di posa **N**)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
4 - STR (A1-M1-R3)	107,26	444,98	317,84	4.149

Simbologia adottata

- n° Indice combinazione
 - Nc, Nq, N_γ Fattori di capacità portante
 - ic, iq, i_γ Fattori di inclinazione del carico
 - dc, dq, d_γ Fattori di profondità del piano di posa
 - gc, gq, g_γ Fattori di inclinazione del profilo topografico
 - bc, bq, b_γ Fattori di inclinazione del piano di posa
 - sc, sq, s_γ Fattori di forma della fondazione
 - pc, pq, p_γ Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
 - r_γ Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B_γN_γ, viene moltiplicato per questo fattore
 - D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
 - B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
 - H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
 - γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
 - φ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
 - c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]
- Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Vesic).

n°	Nc Nq N _γ	ic iq i _γ	dc dq d _γ	gc gq g _γ	bc bq b _γ	sc sq s _γ	pc pq p _γ	r _γ	D	B' H	γ	φ	c
									[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[kPa]
4	35.490 23.177 30.215	0.911 0.915 0.875	1.253 1.175 1.000	1.000 1.000 1.000	0.923 0.769 0.769	-- -- --	-- -- --	1.000	1,00	0,75 1,43	18,50	32,00	2

2.1.3 Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel verificare l'equilibrio alla rotazione intorno al punto più a valle dell'opera di sostegno, valutando le azioni ribaltanti e quelle stabilizzanti.

Si riportano i risultati ottenuti per la combinazione più gravosa **COMBINAZIONE n° 28**.

Combinazione n° 28 - EQU

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.10	--	Sfavorevole
carico permanente	1.10	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	0.90	--	Favorevole
Vento +	1.50	1.00	Sfavorevole

Spinta e forze

Simbologia adottata

- Ic Indice della combinazione
- A Tipo azione
- I Inclinazione della spinta, espressa in [°]
- V Valore dell'azione, espressa in [kN]
- C_X, C_Y Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
- P_X, P_Y Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

lc	A	V	I	C _x	C _y	P _x	P _y
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
28	Spinta statica	18,83	16,57	18,05	5,37	0,00	-1,47
	Peso/Inerzia muro			0,00	54,80/0,00	-0,83	-1,00
	Peso/Inerzia rivestimento			0,00	4,50	0,00	0,00
	Risultante forze sul muro			13,05	28,62	--	--

Dettagli verifica

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]

FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
28 - EQU	121,71	95,51	1.274

2.1.4 Verifica di stabilità globale

La verifica a stabilità globale è di grande importanza specialmente se i terreni sono instabili o se il sovraccarico sul terrapieno è molto elevato. La verifica consiste nel ricercare tra le possibili superfici di rottura quella che presenta il minor coefficiente di sicurezza.

Il metodo utilizzato dal programma consiste nel suddividere in strisce la superficie di scorrimento, supposta circolare, e individua il valore del coefficiente minimo di sicurezza su una maglia di centri posta in prossimità del muro.

Combinazione n° 24 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole

Dettagli verifica

Simbologia adottata

lc Indice/Tipo combinazione

C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]

R Raggio, espresso in [m]

FS Fattore di sicurezza

lc	C	R	FS
	[m]	[m]	
24 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-1,20; 4,60	6,72	1.663

Simbologia adottata

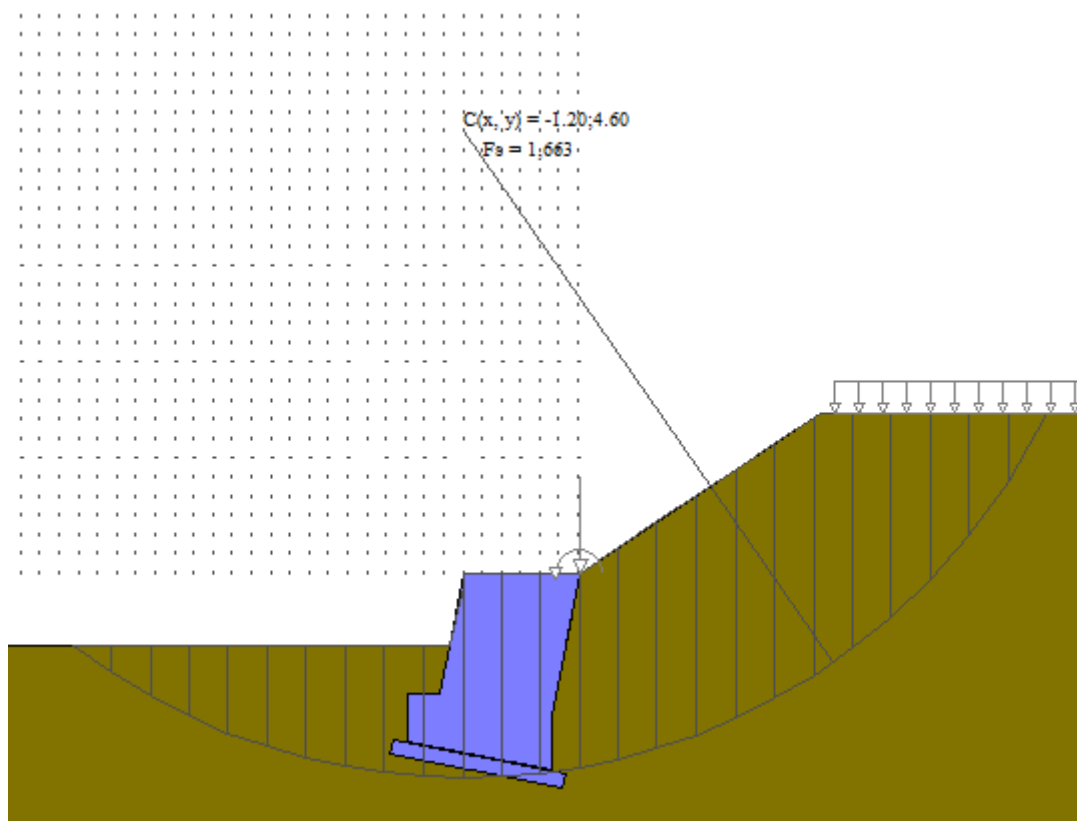
Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

- Origine in testa al muro (spigolo contro terra)
 W peso della striscia espresso in [kN]
 Qy carico sulla 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 [kPa]
 b larghezza della striscia espressa in [m]
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

n°	W	Qy	b	α	φ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	2,64	2,68	4,86 - 0,41	60.034	26.560	2	0,0	
2	7,40	2,68	0,41	54.312	26.560	2	0,0	
3	11,26	2,68	0,41	48.725	26.560	2	0,0	
4	14,45	2,68	0,41	43.710	26.560	2	0,0	
5	17,14	2,68	0,41	39.089	26.560	2	0,0	
6	19,40	1,20	0,41	34.756	26.560	2	0,0	
7	20,00	0,00	0,41	30.641	26.560	2	0,0	
8	19,64	0,00	0,41	26.695	26.560	2	0,0	
9	19,01	0,00	0,41	22.882	26.560	2	0,0	
10	18,15	0,00	0,41	19.174	26.560	2	0,0	
11	17,07	0,00	0,41	15.548	26.560	2	0,0	
12	15,78	26,02	0,41	11.985	26.560	2	0,0	
13	18,11	0,00	0,41	8.469	26.560	2	0,0	
14	20,56	0,00	0,41	4.984	26.560	2	0,0	
15	20,50	0,00	0,41	1.518	26.560	2	0,0	
16	13,14	0,00	0,41	-1.942	26.560	2	0,0	
17	10,58	0,00	0,41	-5.409	26.560	2	0,0	
18	9,67	0,00	0,41	-8.897	26.560	2	0,0	
19	9,09	0,00	0,41	-12.418	26.560	2	0,0	
20	8,32	0,00	0,41	-15.988	26.560	2	0,0	
21	7,34	0,00	0,41	-19.623	26.560	2	0,0	
22	6,14	0,00	0,41	-23.342	26.560	2	0,0	
23	4,70	0,00	0,41	-27.170	26.560	2	0,0	
24	3,00	0,00	0,41	-31.134	26.560	2	0,0	
25	1,01	0,00	-5,28 - 0,41	-34.379	26.560	2	0,0	

Inoltre, si riporta un'illustrazione del cerchio critico con la relativa suddivisione in strisce.



2.2 Verifiche strutturali

Nel seguito, sono riportati i risultati delle verifiche strutturali per le combinazioni di carico più gravose e per entrambi gli elementi di muro, paramento e fondazione. Per maggiore chiarezza, i risultati sono stati organizzati in forma tabulare, evidenziano in grigio le righe relative alle sezioni più critiche: la sezione di mezzeria del paramento, la sezione di base del paramento (all'innesto con l'elemento di fondazione) e la sezione d'incastro della fondazione di monte.

2.2.1 Sollecitazioni SLU

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
- T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
- M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

n°	X	N _{min}	N _{max}	T _{min}	T _{max}	M _{min}	M _{max}
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
8	-0,69	46,35	60,26	0,00	23,31	-42,00	54,24
16	-1,48	69,58	90,46	1,42	51,83	-23,59	55,09

Fondazione

n°	X	N _{min}	N _{max}	T _{min}	T _{max}	M _{min}	M _{max}
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
5	-1,45	0,00	0,00	2,21	51,47	0,18	9,62

2.2.2 Verifiche a flessione SLU

Simbologia adottata

- n° indice sezione
- Y ordinata sezione espressa in [m]
- B larghezza sezione espresso in [cm]
- H altezza sezione espressa in [cm]
- Afi area ferri inferiori espresso in [cmq]
- Afs area ferri superiori espressa in [cmq]
- M momento agente espressa in [kNm]
- N sforzo normale agente espressa in [kN]
- Mu momento ultimi espresso in [kNm]
- Nu sforzo normale ultimo espressa in [kN]
- FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
8	100	120	5,65	5,65	54,24	54,16	282,74	54,16	5.291
16	100	120	0,00	5,65	-21,58	77,39	-51,27	77,39	2.316

Fondazione

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
5	100	57	5,65	5,65	9,62	0,00	114,33	0,00	13.115

2.2.3 Verifiche a taglio SLU

Simbologia adottata

- Is indice sezione
- Y ordinata sezione espressa in [m]
- B larghezza sezione espresso in [cm]
- H altezza sezione espressa in [cm]
- A_{sw} area ferri a taglio espresso in [cmq]
- cotθ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
- V_{Rcd} resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kN]
- V_{Rsd} resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]
- V_{Rd} resistenza di progetto a taglio espresso in [kN]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A_{sw}>0.0)
- V_{Rd}=min(V_{Rcd}, V_{Rsd}).
- T taglio agente espressa in [kN]
- FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B	H	A _{sw}	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
8	100	120	0,00	--	0,00	0,00	379,01	23,31	16.259
16	100	120	0,00	--	0,00	0,00	382,38	51,83	7.378

Fondazione

n°	B	H	A _{sw}	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
5	100	57	0,00	--	0,00	0,00	207,22	-51,47	4.026

2.2.4 Verifiche delle tensioni SLE

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione, espressa in [m]
B	larghezza sezione, espresso in [cm]
H	altezza sezione, espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori, espresso in [cmq]
Afs	area ferri superiori, espressa in [cmq]
M	momento agente, espressa in [kNm]
N	sforzo normale agente, espressa in [kN]
σ_c	tensione di compressione nel cls, espressa in [kPa]
σ_{fi}	tensione nei ferri inferiori, espressa in [kPa]
σ_{fs}	tensione nei ferri superiori, espressa in [kPa]

Combinazioni SLER

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	17430	[kPa]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	359949	[kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
8	100	120	5,65	5,65	21,25	46,35	172 (31)	2940 (31)	2391 (31)
16	100	120	0,00	5,65	-14,13	69,58	129 (31)	1652 (34)	0 (31)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	17430	[kPa]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	359949	[kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
5	100	57	5,65	5,65	3,43	0,00	149 (31)	12102 (31)	1159 (31)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	13073	[kPa]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	449936	[kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
8	100	120	5,65	5,65	-0,57	46,35	40 (33)	604 (33)	539 (33)
16	100	120	0,00	5,65	-9,40	69,58	95 (33)	1383 (33)	0 (33)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	13073	[kPa]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	449936	[kPa]

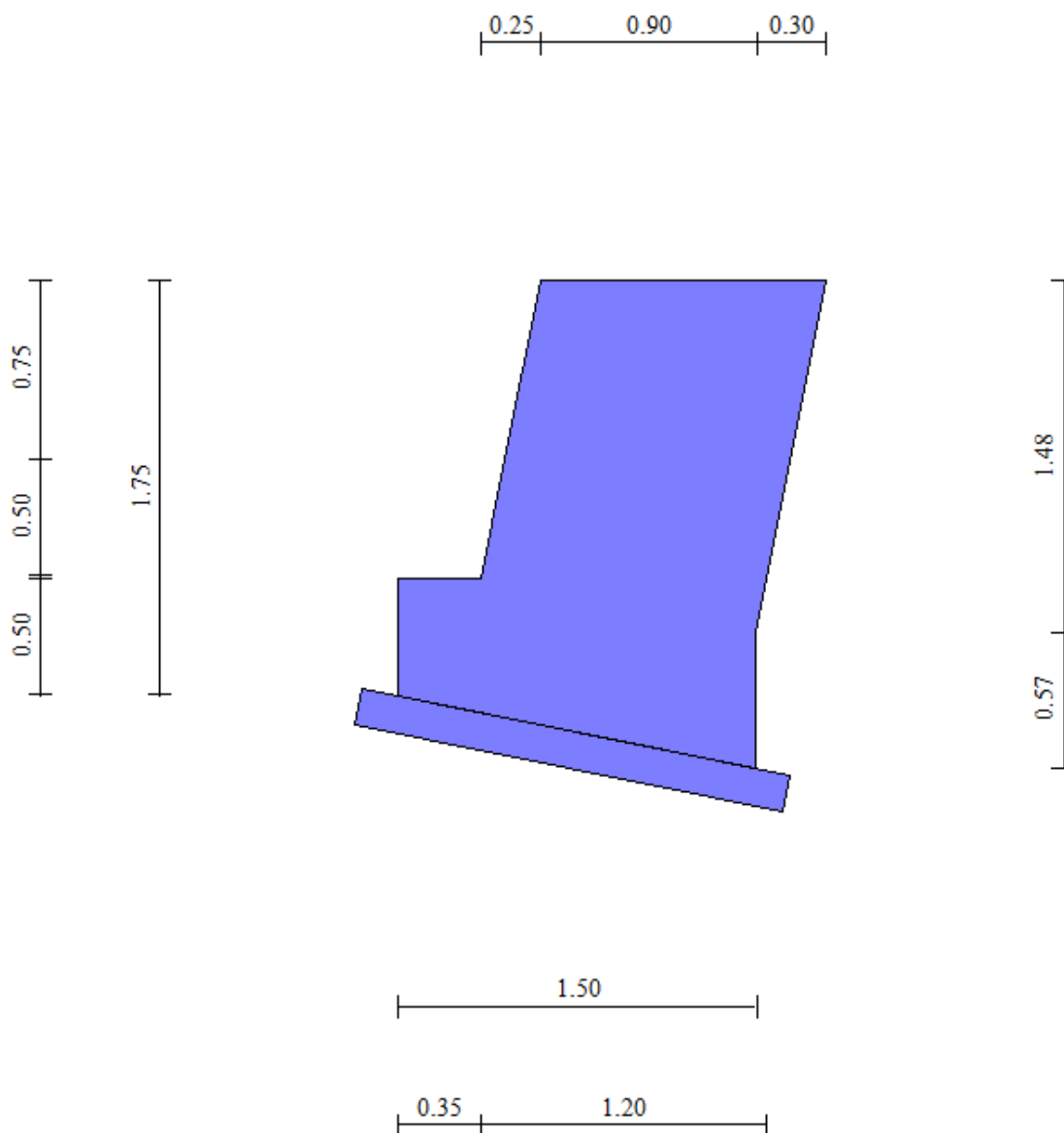
n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
5	100	57	5,65	5,65	0,28	0,00	12 (33)	993 (33)	95 (33)

2 MURO DI CONTRORIPA 1,01<H≤2,50m – con carico mobile a tergo del muro

2.2 Verifiche strutturali

3. MURO DI CONTRORIPA $1,01 < H \leq 2,50\text{m}$ – senza carico mobile a tergo del muro

3.1 Caratteristiche geometriche



In figura è rappresentata la parte di muro modellata in MAX15; come anticipato, il cordolo non è incluso nella modellazione, ma conteggiato come carico permanente da sommare al peso della barriera fonoassorbente. Si precisa che a causa di una limitazione intrinseca del programma di calcolo non è stato possibile rispettare la reale conformazione di monte del muro di controripa con inclinazione del paramento costante fino alla base di fondazione. Per i dettagli sulle verifiche strutturali del cordolo, si rimanda al *paragrafo 1.8*.

Geometria paramento e fondazione

Paramento

Materiale	C28/35	
Altezza paramento	1,25	[m]
Altezza paramento libero	0,75	[m]

Spessore in sommità	1,20	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,20	[m]
Inclinazione paramento esterno	11,31	[°]
Inclinazione paramento interno	-11,31	[°]
Spessore rivestimento	0,30	[m]
Peso sp. rivestimento	20,0000	[kN/mc]

Fondazione

Materiale	C28/35	
Lunghezza mensola di valle	0,35	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,00	[m]
Lunghezza totale	1,55	[m]
Inclinazione piano di posa	11,31	[°]
Altezza valle esterna	0,50	[m]
Altezza valle interna	0,57	[m]
Altezza monte interna	0,57	[m]
Altezza monte esterna	0,57	[m]
Spessore magrone	0,15	[m]

3.2 Stratigrafia del terreno

La stratigrafia del terreno adottata per le verifiche in MAX deriva dalla relazione geotecnica a firma del dott. Annapaola Gradizzi: "Allargamento della carreggiata sud in corrispondenza della salita di Affi tra la prog. Km 201+285 e la prog. Km 203+930".



3.3 Condizioni di carico

In corrispondenza della sezione di muro da verificare, è prevista l'installazione di una barriera fonoassorbente di altezza 4.35 m. Pertanto, per il calcolo delle azioni agenti nella sezione di sommità del muro si è tenuto conto di un'altezza montante di 4.00 m e di una geometria del profilo HEA180.

AZIONI IN TESTA AL MURO H=2,5m, altezza complessiva della barriera 4,35m									
riferito all'origine in MAX				(x,y)	Sollecitazioni				
				x'' (m)	γ	H (kN)	N (kN)	M (kNm)	
1.	Montante barriera antirumore (H=4m)			0,750	1		0,92	0,69	
3.	Pannello fonoassorbente			0,750	1		1,01	0,76	
4.	Piastra acciaio e rinforzi			0,750	1		0,21	0,16	
5.	Cordolo			0,772	1		23,89	18,43	
G1	AZIONE PERMANENTE			0,770			-	26,02	20,04
				(x,y)					
				y'' (m)		H (kN)	N (kN)	M (kNm)	
Q1	AZIONE ACC. VENTO	Vento p=	2,00 kN/mq	3,49	1	± 8,70	-	± 30,36	

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

Pesi permanenti portati del cordolo e della barriera antirumore:

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
			[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Concentrato	Paramento	0,00; 0,00	0,000	26,020	20,040				

Condizione n° 2

Sollecitazione del vento positiva:

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.60 - \Psi_1=0.20 - \Psi_2=0.00$

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
			[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Concentrato	Paramento	0,00; 0,00	8,700	0,000	30,36				

Condizione n° 3

Sollecitazione del vento negativa:

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.60 - \Psi_1=0.20 - \Psi_2=0.00$

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
			[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Concentrato	Paramento	0,00; 0,00	-8,700	0,000	-30,36				

3.4 Combinazioni di carico

Si rimanda al *paragrafo* 1.7.6 per l'elenco delle combinazioni di carico considerate nell'analisi.

3.5 Quadro riassuntivo dei coefficienti di sicurezza calcolati

Di seguito, si riporta un quadro riassuntivo dei fattori di sicurezza relativi alle verifiche geotecniche, con evidenziate in grigio le combinazioni più gravose. I fattori di sicurezza sono stati calcolati come rapporto tra la resistenza ultima e la risultante dei carichi agenti e, in seguito, confrontati con i coefficienti **R3** riportati nella Tabelle 6.5.I e 6.8.I del D.M. 14/01/2008.

Simbologia adottata

- Cmb Indice/Tipo combinazione
- S Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
- FS_{SCO} Coeff. di sicurezza allo scorrimento
- FS_{RIB} Coeff. di sicurezza al ribaltamento
- FS_{QLIM} Coeff. di sicurezza a carico limite
- FS_{STAB} Coeff. di sicurezza a stabilità globale
- FS_{HYD} Coeff. di sicurezza a sifonamento
- FS_{UPL} Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		100.000		4.361			
2 - STR (A1-M1-R3)		100.000		3.788			
3 - STR (A1-M1-R3)	H + V	100.000		9.998			
4 - STR (A1-M1-R3)	H - V	100.000		10.932			
5 - STR (A1-M1-R3)		100.000		4.791			
6 - STR (A1-M1-R3)		100.000		4.361			
7 - STR (A1-M1-R3)		100.000		4.791			
8 - STR (A1-M1-R3)		100.000		3.276			
9 - STR (A1-M1-R3)		100.000		3.788			
10 - STR (A1-M1-R3)		100.000		3.276			
11 - GEO (A2-M2-R2)					3.085		
12 - GEO (A2-M2-R2)					3.085		
13 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				2.386		
14 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				2.342		
15 - EQU			1.261				
16 - EQU			79.889				
17 - EQU	H + V		3.630				
18 - EQU	H - V		3.253				

3.6 Opzioni di calcolo

Dati sismici

Comune	Rivoli Veronese
Provincia	Verona
Regione	Veneto
Latitudine	45.571561
Longitudine	10.811929
Indice punti di interpolazione	12061 - 12062 - 11840 - 11839
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	IV
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	100 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a _g	[m/s ²]	2.063	0.829
Accelerazione al suolo	a _g /g	[%]	0.210	0.085
Massimo fattore amplificazione spettro	F0		2.462	2.456

3 MURO DI CONTRORIPA 1,01<H≤2,50m – senza carico mobile a tergo del muro

3.5 Quadro riassuntivo dei coefficienti di sicurezza calcolati

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
orizzontale					
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.281	0.257
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.389	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	0.310	10.867	5.434
Esercizio	0.180	2.739	1.369

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Vesic
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Bowles
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna

Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra.

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

3.7 Verifiche geotecniche

Si riportano i risultati ottenuti in MAX, considerando le combinazioni di carico più gravose.

3.7.1 Verifica a scorrimento

La combinazione di carico più gravosa per quanto riguarda la verifica a scorrimento è la **COMBINAZIONE n° 8**.

Combinazione n° 8 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Vento -	1.50	1.00	Sfavorevole

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic Indice della combinazione

- A Tipo azione
- I Inclinazione della spinta, espressa in [°]
- V Valore dell'azione, espressa in [kN]
- C_X, C_Y Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
- P_X, P_Y Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

lc	A	V	I	C _X	C _Y	P _X	P _Y
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
8	Spinta statica	7,13	21,78	6,62	2,65	0,00	-1,53
	Peso/Inerzia muro			0,00	79,15/0,00	-0,83	-1,00
	Peso/Inerzia rivestimento			0,00	5,85	0,00	0,00
	Diagramma correttivo			61,58		0,00	-0,62
	Risultante forze sul muro			-13,05	33,83	--	--

Dettagli verifica

Simbologia adottata

- n° Indice combinazione
- Rsa Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
- Rpt Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
- Rps Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
- Rp Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
- Rt Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
- R Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
- T Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
- FS Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
8 - STR (A1-M1-R3)	80,84	0,00	0,00	--	--	80,84	6,62	100.000

3.7.2 Verifica a carico limite

La verifica della capacità portante del complesso fondazione-terreno è finalizzata a garantire che le azioni trasmesse dall'opera di sostegno al terreno di fondazione non superino il carico limite che lo stesso può tollerare. Il carico limite del complesso terreno-struttura è determinato mediante il metodo di Vesic.

Per la verifica a carico limite la **COMBINAZIONE n° 8** è risultata la più gravosa.

Combinazione n° 8 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Vento -	1.50	1.00	Sfavorevole

Spinta e forze

Simbologia adottata

- lc Indice della combinazione
- A Tipo azione
- I Inclinazione della spinta, espressa in [°]
- V Valore dell'azione, espressa in [kN]

C_x, C_y Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
 P_x, P_y Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

lc	A	V	I	C _x	C _y	P _x	P _y
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
8	Spinta statica	7,13	21,78	6,62	2,65	0,00	-1,53
	Peso/inerzia muro			0,00	79,15/0,00	-0,83	-1,00
	Peso/inerzia rivestimento			0,00	5,85	0,00	0,00
	Diagramma correttivo			61,58		0,00	-0,62
	Risultante forze sul muro			-13,05	33,83	--	--

Dettagli verifica

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
 N Carico verticale totale, espresso in [kN]
 Qu carico limite del terreno, espresso in [kN]
 Qd Portanza di progetto, espresso in [kN]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra portanza ultimo **Qu** e carico agente al piano di posa **N**)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
8 - STR (A1-M1-R3)	117,86	386,08	275,77	3.276

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
 N_c, N_q, N_γ Fattori di capacità portante
 i_c, i_q, i_γ Fattori di inclinazione del carico
 d_c, d_q, d_γ Fattori di profondità del piano di posa
 g_c, g_q, g_γ Fattori di inclinazione del profilo topografico
 b_c, b_q, b_γ Fattori di inclinazione del piano di posa
 s_c, s_q, s_γ Fattori di forma della fondazione
 p_c, p_q, p_γ Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
 r_γ Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B_γN_γ viene moltiplicato per questo fattore
 D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
 B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
 H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
 γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
 φ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
 c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]
 Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Vesic).

n°	N _c N _q N _γ	i _c i _q i _γ	d _c d _q d _γ	g _c g _q g _γ	b _c b _q b _γ	s _c s _q s _γ	p _c p _q p _γ	r _γ	D	B' H	γ	φ	c
									[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[kPa]
8	35.490 23.177 30.215	0.540 0.560 0.417	1.253 1.175 1.000	1.000 1.000 1.000	0.923 0.769 0.769	-- -- --	-- -- --	1.000	1,00	1,05 1,43	18,50	32,00	2

3.7.3 Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel verificare l'equilibrio alla rotazione intorno al punto più a valle dell'opera di sostegno, valutando le azioni ribaltanti e quelle stabilizzanti.

Si riportano i risultati ottenuti per la combinazione più gravosa **COMBINAZIONE n° 15**.

Combinazione n° 15 - EQU

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.10	--	Sfavorevole
carico permanente	1.10	--	Sfavorevole
Vento +	1.50	1.00	Sfavorevole

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic Indice della combinazione

A Tipo azione

I Inclinazione della spinta, espressa in [°]

V Valore dell'azione, espressa in [kN]

C_x, C_y Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]

P_x, P_y Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

ic	A	V	I	C _x	C _y	P _x	P _y
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
15	Spinta statica	8,78	16,57	8,41	2,50	0,00	-1,51
	Peso/inerzia muro			0,00	54,80/0,00	-0,83	-1,00
	Peso/inerzia rivestimento			0,00	5,85	0,00	0,00
	Risultante forze sul muro			13,05	28,62	--	--

Dettagli verifica

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]

FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
15 - EQU	116,55	92,46	1.261

3.7.4 Verifica di stabilità globale

La verifica a stabilità globale è di grande importanza specialmente se i terreni sono instabili o se il sovraccarico sul terrapieno è molto elevato. La verifica consiste nel ricercare tra le possibili superfici di rottura quella che presenta il minor coefficiente di sicurezza.

Il metodo utilizzato dal programma consiste nel suddividere in strisce la superficie di scorrimento, supposta circolare, e individua il valore del coefficiente minimo di sicurezza su una maglia di centri posta in prossimità del muro.

Combinazione n° 14 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole

Dettagli verifica

Simbologia adottata

- Ic Indice/Tipo combinazione
- C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
- R Raggio, espresso in [m]
- FS Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
14 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-1,60; 1,80	4,08	2.342

Simbologia adottata

- 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]
- Qy carico sulla 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 [kPa]
- b larghezza della striscia espressa in [m]
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
- Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

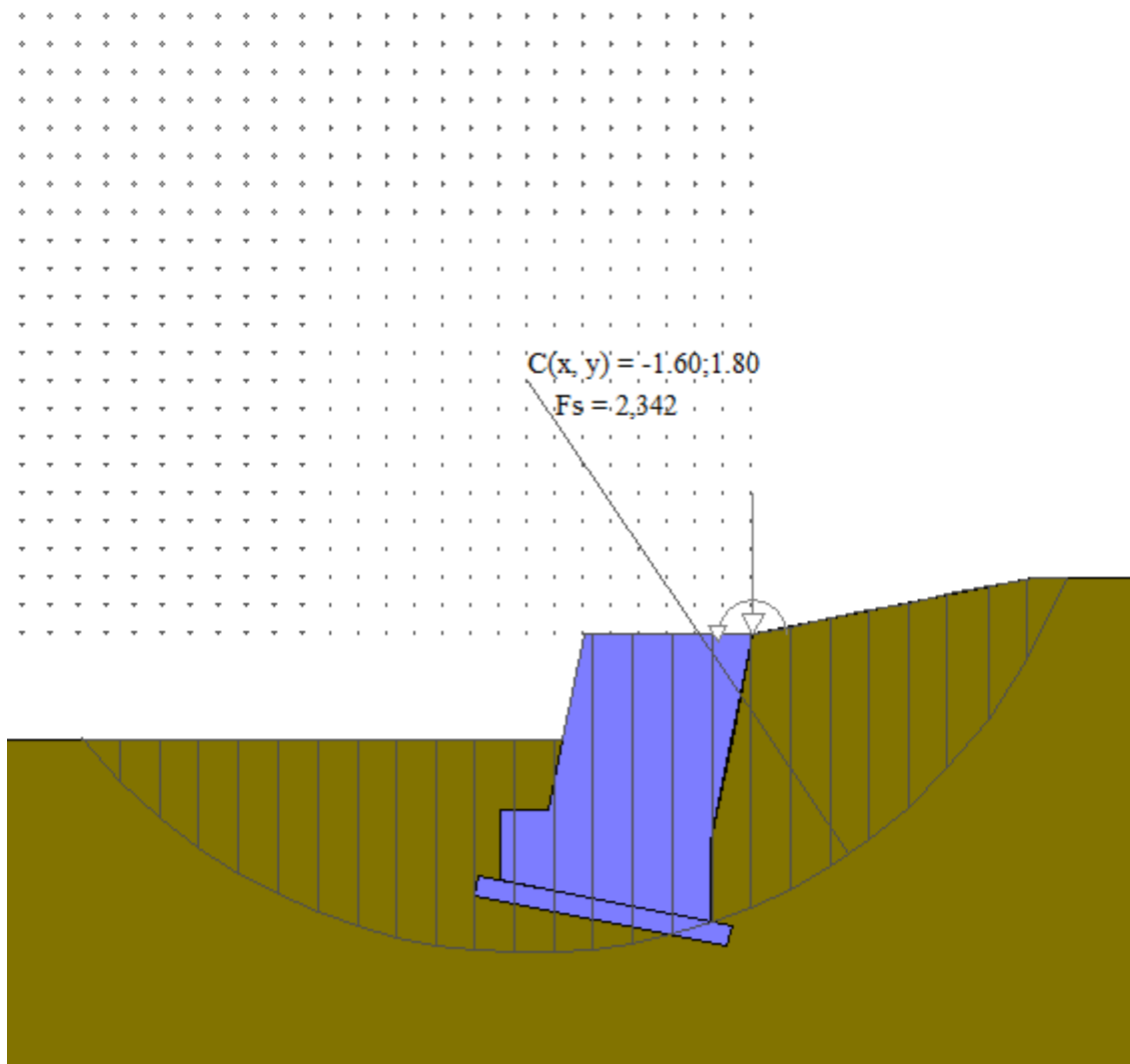
n°	W	Qy	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	1,53	0,00	2,24 - 0,28	64.497	26.560	2	0,0	
2	4,01	0,00	0,28	57.138	26.560	2	0,0	
3	5,73	0,00	0,28	50.392	26.560	2	0,0	
4	7,04	0,00	0,28	44.518	26.560	2	0,0	
5	8,06	0,00	0,28	39.195	26.560	2	0,0	
6	8,86	0,00	0,28	34.252	26.560	2	0,0	
7	9,48	0,00	0,28	29.587	26.560	2	0,0	
8	9,95	26,02	0,28	25.131	26.560	2	0,0	
9	11,72	0,00	0,28	20.832	26.560	2	0,0	
10	14,34	0,00	0,28	16.654	26.560	2	0,0	
11	14,64	0,00	0,28	12.566	26.560	2	0,0	
12	14,82	0,00	0,28	8.542	26.560	2	0,0	
13	12,22	0,00	0,28	4.560	26.560	2	0,0	
14	8,87	0,00	0,28	0.600	26.560	2	0,0	
15	8,20	0,00	0,28	-3.357	26.560	2	0,0	
16	7,75	0,00	0,28	-7.330	26.560	2	0,0	
17	7,51	0,00	0,28	-11.338	26.560	2	0,0	
18	7,16	0,00	0,28	-15.405	26.560	2	0,0	
19	6,70	0,00	0,28	-19.553	26.560	2	0,0	
20	6,12	0,00	0,28	-23.811	26.560	2	0,0	
21	5,40	0,00	0,28	-28.215	26.560	2	0,0	

3 MURO DI CONTRORIPA 1,01<H≤2,50m – senza carico mobile a tergo del muro

3.7 Verifiche geotecniche

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
22	4,54	0,00	0,28	-32.810	26.560	2	0,0	
23	3,50	0,00	0,28	-37.660	26.560	2	0,0	
24	2,26	0,00	0,28	-42.854	26.560	2	0,0	
25	0,75	0,00	-4,79 - 0,28	-47.238	26.560	2	0,0	

Inoltre, si riporta un'illustrazione del cerchio critico con la relativa suddivisione in strisce.



3.8 Verifiche strutturali

Nel seguito, sono riportati i risultati delle verifiche strutturali per le combinazioni di carico più gravose e per entrambi gli elementi di muro, paramento e fondazione. Per maggiore chiarezza, i risultati sono stati organizzati in forma tabulare, evidenziano in grigio le righe relative alle sezioni più critiche: la sezione di mezzeria del paramento, la sezione di base del paramento (all'innesto con l'elemento di fondazione) e la sezione d'incastro della fondazione di monte.

3.8.1 Sollecitazioni SLU

Simbologia adottata

N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.

T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
 M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

n°	X	N _{min}	N _{max}	T _{min}	T _{max}	M _{min}	M _{max}
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
8	-0,69	46,35	60,26	0,00	23,44	-41,95	54,24
16	-1,48	69,58	90,46	1,07	50,71	-23,68	54,79

Fondazione

n°	X	N _{min}	N _{max}	T _{min}	T _{max}	M _{min}	M _{max}
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
5	-1,45	0,00	0,00	2,00	52,13	0,15	9,79

3.8.2 Verifiche a flessione SLU

Simbologia adottata

n° indice sezione
 Y ordinata sezione espressa in [m]
 B larghezza sezione espressa in [cm]
 H altezza sezione espressa in [cm]
 A_{fi} area ferri inferiori espressa in [cmq]
 A_{fs} area ferri superiori espressa in [cmq]
 M momento agente espressa in [kNm]
 N sforzo normale agente espressa in [kN]
 M_u momento ultimi espressa in [kNm]
 N_u sforzo normale ultimo espressa in [kN]
 FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B	H	A _{fi}	A _{fs}	M	N	M _u	N _u	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
8	100	120	5,65	5,65	54,24	54,16	282,74	54,16	5.291
16	100	120	0,00	5,65	-21,67	77,39	-51,27	77,39	2.307

Fondazione

n°	B	H	A _{fi}	A _{fs}	M	N	M _u	N _u	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
5	100	57	5,65	5,65	9,79	0,00	114,33	0,00	12.871

3.8.3 Verifiche a taglio SLU

Simbologia adottata

Is indice sezione
 Y ordinata sezione espressa in [m]
 B larghezza sezione espressa in [cm]
 H altezza sezione espressa in [cm]
 A_{sw} area ferri a taglio espressa in [cmq]
 cotθ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
 V_{Rcd} resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kN]
 V_{Rsd} resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]
 V_{Rd} resistenza di progetto a taglio espressa in [kN]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A_{sw}>0.0)
 V_{Rd}=min(V_{Rcd}, V_{Rsd}).
 T taglio agente espressa in [kN]
 FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B	H	A _{sw}	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	

3 MURO DI CONTRORIPA 1,01<H≤2,50m – senza carico mobile a tergo del muro

3.8 Verifiche strutturali

n°	B	H	A _{sw}	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
8	100	120	0,00	--	0,00	0,00	379,01	23,44	16.167
16	100	120	0,00	--	0,00	0,00	382,38	50,71	7.540

Fondazione

n°	B	H	A _{sw}	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
5	100	57	0,00	--	0,00	0,00	207,22	-52,13	3.975

3.8.4 Verifiche delle tensioni SLE

Simbologia adottata

- n° indice sezione
- Y ordinata sezione, espressa in [m]
- B larghezza sezione, espresso in [cm]
- H altezza sezione, espressa in [cm]
- Afi area ferri inferiori, espresso in [cmq]
- Afs area ferri superiori, espressa in [cmq]
- M momento agente, espressa in [kNm]
- N sforzo normale agente, espressa in [kN]
- σc tensione di compressione nel cls, espressa in [kPa]
- σfi tensione nei ferri inferiori, espressa in [kPa]
- σfs tensione nei ferri superiori, espressa in [kPa]

Combinazioni SLER

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 17430 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 359949 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
8	100	120	5,65	5,65	-28,01	46,35	404 (19)	19882 (19)	9409 (22)
16	100	120	0,00	5,65	33,78	69,58	297 (19)	6074 (19)	0 (19)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 17430 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 359949 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
5	100	57	5,65	5,65	5,78	0,00	252 (19)	20378 (19)	1951 (19)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 13073 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 449936 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
8	100	120	5,65	5,65	-0,57	46,35	40 (21)	604 (21)	539 (21)

3 MURO DI CONTRORIPA 1,01<H≤2,50m – senza carico mobile a tergo del muro

3.8 Verifiche strutturali

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
16	100	120	0,00	5,65	-9,46	69,58	95 (21)	1386 (21)	0 (21)

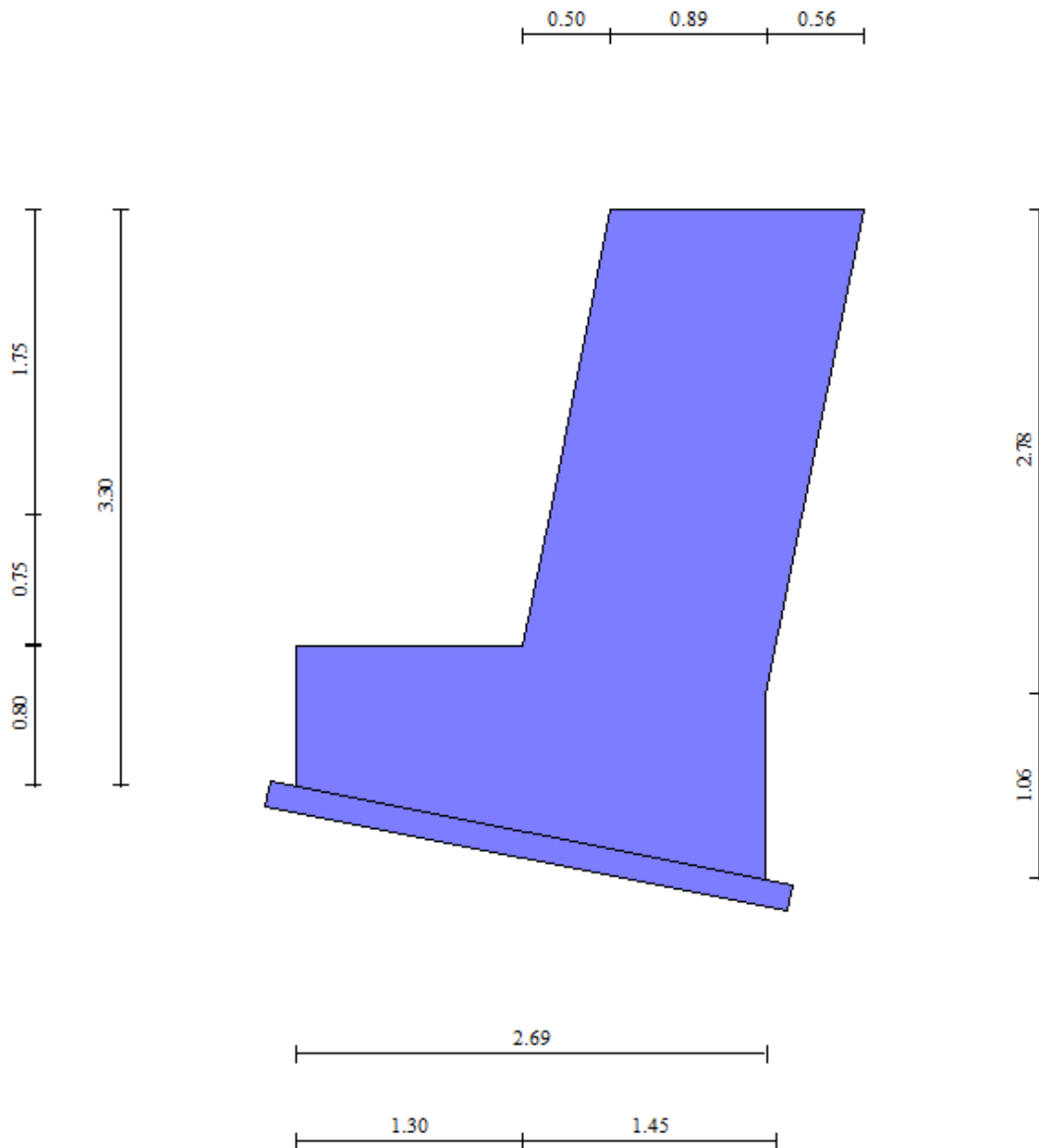
Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 13073 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 449936 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
5	100	57	5,65	5,65	0,29	0,00	13 (21)	1025 (21)	98 (21)

4. MURO DI CONTRORIPA $2,51 < H \leq 3,75\text{m}$ – con carico mobile a tergo del muro

4.1 Caratteristiche geometriche



In figura è rappresentata la parte di muro modellata in MAX15; come anticipato, il cordolo non è incluso nella modellazione, ma conteggiato come carico permanente da sommare al peso della barriera fonoassorbente. Si precisa che a causa di una limitazione intrinseca del programma di calcolo non è stato possibile rispettare la reale conformazione di monte del muro di controripa con inclinazione del paramento costante fino alla base di fondazione. Per i dettagli sulle verifiche strutturali del cordolo, si rimanda al *paragrafo 1.8*.

Geometria paramento e fondazione

Paramento

Materiale	C28/35	
Altezza paramento	2,50	[m]
Altezza paramento libero	1,75	[m]

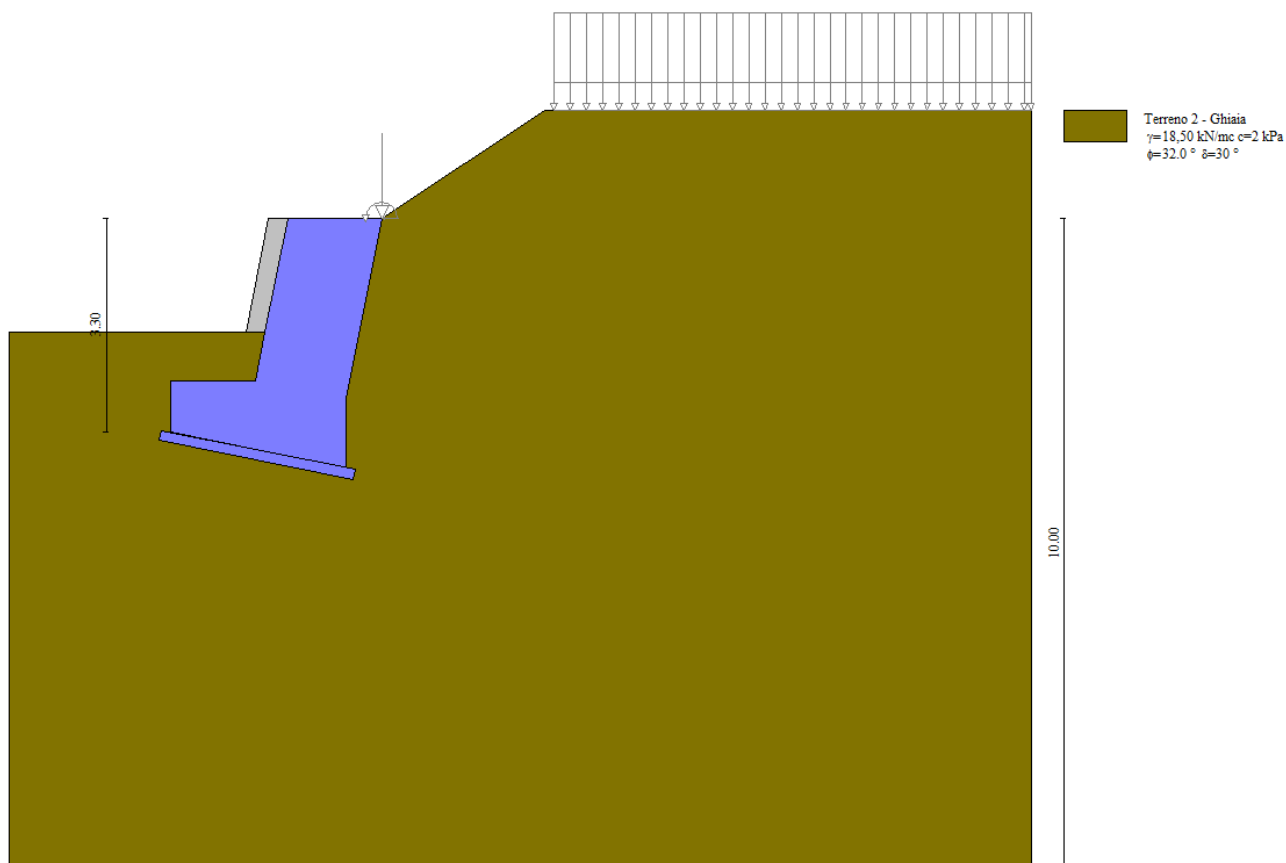
Spessore in sommità	1,45	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,45	[m]
Inclinazione paramento esterno	11,31	[°]
Inclinazione paramento interno	-11,31	[°]
Spessore rivestimento	0,30	[m]
Peso sp. rivestimento	20,0000	[kN/mc]

Fondazione

Materiale	C28/35	
Lunghezza mensola di valle	1,30	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,00	[m]
Lunghezza totale	2,75	[m]
Inclinazione piano di posa	11,31	[°]
Altezza valle esterna	0,80	[m]
Altezza valle interna	1,06	[m]
Altezza monte interna	1,06	[m]
Altezza monte esterna	1,06	[m]
Spessore magrone	0,15	[m]

4.2 Stratigrafia del terreno

La stratigrafia del terreno adottata per le verifiche in MAX deriva dalla relazione geotecnica a firma del dott. Annapaola Gradizzi: "Allargamento della carreggiata sud in corrispondenza della salita di Affi tra la prog. Km 201+285 e la prog. Km 203+930".



4.3 Condizioni di carico

In corrispondenza della sezione di muro da verificare, è prevista l'installazione di una barriera fonoassorbente di altezza 2.85 m. Pertanto, per il calcolo delle azioni agenti nella sezione di sommità del muro si è tenuto conto di un'altezza montante di 2.50 m e di una geometria del profilo HEA180.

AZIONI IN TESTA AL MURO H=3,5m, altezza complessiva della barriera 2,85m					
riferite all'origine in MAX		(x,y)	Sollecitazioni		
		x'' (m)	γ	H (kN)	N (kN) M (kNm)
1.	Montante barriera antirumore (H=2,85m)	0,950	1		0,57 0,54
2.	Pannello fonoassorbente e scossalina	0,950	1		0,66 0,63
3.	Piastra acciaio e rinforzi	0,950	1		0,21 0,20
4.	Cordolo	0,972	1		23,89 23,21
G1	AZIONE PERMANENTE	0,970		-	25,33 24,58
		(x,y)	Sollecitazioni		
Q1	AZIONE ACC. VENTO	2,74	1	± 5,70	- ± 15,62
	Vento p=	2,00 kN/mq			

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

Pesi permanenti portati del cordolo e della barriera antirumore:

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
			[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Concentrato	Paramento	0,00; 0,00	0,000	25,330	24,580				

Condizione n° 2

Pesi permanenti non strutturali della pavimentazione:

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
		[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Distribuito					2,65	10,00	6,600	6,600

Condizione n° 3

Carichi mobili distribuiti dovuti al traffico:

Coeff. di combinazione Ψ₀=0.00 - Ψ₁=0.75 - Ψ₂=0.00

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
		[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Distribuito					2,65	10,00	20,000	20,000

Condizione n° 4

Sollecitazione del vento positiva:

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.60 - \Psi_1=0.20 - \Psi_2=0.00$

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
			[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Concentrato	Paramento	0,00; 0,00	5,700	0,000	15,62				

Condizione n° 5

Sollecitazione del vento negativa:

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.60 - \Psi_1=0.20 - \Psi_2=0.00$

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
			[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Concentrato	Paramento	0,00; 0,00	-5,700	0,000	-15,62				

4.4 Combinazioni di carico

Si rimanda al *paragrafo* 1.7.5 per l'elenco delle combinazioni di carico considerate nell'analisi.

4.5 Quadro riassuntivo dei coefficienti di sicurezza calcolati

Di seguito, si riporta un quadro riassuntivo dei fattori di sicurezza relativi alle verifiche geotecniche, con evidenziate in grigio le combinazioni più gravose. I fattori di sicurezza sono stati calcolati come rapporto tra la resistenza ultima e la risultante dei carichi agenti e, in seguito, confrontati con i coefficienti **R3** riportati nella Tabelle 6.5.I e 6.8.I del D.M. 14/01/2008.

Simbologia adottata

- Cmb Indice/Tipo combinazione
- S Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
- FS_{SCO} Coeff. di sicurezza allo scorrimento
- FS_{RIB} Coeff. di sicurezza al ribaltamento
- FS_{QLIM} Coeff. di sicurezza a carico limite
- FS_{STAB} Coeff. di sicurezza a stabilità globale
- FS_{HYD} Coeff. di sicurezza a sifonamento
- FS_{UPL} Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		6.249		7.683			
2 - STR (A1-M1-R3)		8.341		7.592			
3 - STR (A1-M1-R3)	H + V	4.324		7.112			
4 - STR (A1-M1-R3)		9.758		9.312			
5 - STR (A1-M1-R3)		26.611		8.583			
6 - STR (A1-M1-R3)	H - V	4.111		7.673			
7 - STR (A1-M1-R3)		13.941		6.770			
8 - STR (A1-M1-R3)		6.249		7.683			
9 - STR (A1-M1-R3)		13.941		6.770			
10 - STR (A1-M1-R3)		24.722		6.947			

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
11 - STR (A1-M1-R3)		8.341		7.592			
12 - STR (A1-M1-R3)		24.722		6.947			
13 - STR (A1-M1-R3)		44.864		7.938			
14 - STR (A1-M1-R3)		9.758		9.312			
15 - STR (A1-M1-R3)		44.864		7.938			
16 - STR (A1-M1-R3)		100.000		6.491			
17 - STR (A1-M1-R3)		26.611		8.583			
18 - STR (A1-M1-R3)		100.000		6.491			
19 - GEO (A2-M2-R2)					1.847		
20 - GEO (A2-M2-R2)					1.847		
21 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.699		
22 - GEO (A2-M2-R2)					2.218		
23 - GEO (A2-M2-R2)					2.218		
24 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.667		
25 - EQU			3.751				
26 - EQU			6.025				
27 - EQU	H + V		4.374				
28 - EQU			3.650				
29 - EQU			9.725				
30 - EQU	H - V		3.802				

4.6 Opzioni di calcolo

Dati sismici

Comune	Rivoli Veronese
Provincia	Verona
Regione	Veneto
Latitudine	45.571561
Longitudine	10.811929
Indice punti di interpolazione	12061 - 12062 - 11840 - 11839
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	IV
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	100 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a _g	[m/s ²]	2.063	0.829
Accelerazione al suolo	a _g /g	[%]	0.210	0.085
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.462	2.456
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	T _c *		0.281	0.257
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.389
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β _m	kh	kv
Ultimo	0.310	10.867	5.434
Esercizio	0.180	2.739	1.369

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Vesic
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Bowles
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna

Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra.

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

4.7 Verifiche geotecniche

Si riportano i risultati ottenuti in MAX, considerando le combinazioni di carico più gravose.

4.7.1 Verifica a scorrimento

La combinazione di carico più gravosa per quanto riguarda la verifica a scorrimento è la **COMBINAZIONE n° 6**.

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
C _X , C _Y	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
P _X , P _Y	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V	I	C _X	C _Y	P _X	P _Y
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
6	Spinta statica	38,32	21,76	35,59	14,21	0,00	-2,71
	Incremento di spinta sismica		17,01	15,79	6,31	0,00	-2,59
	Peso/inerzia muro			17,36	159,71/-8,68	-1,33	-2,05
	Peso/inerzia rivestimento			1,14	10,50	0,00	0,00
	Risultante forze sul muro			2,75	25,33	--	--

Dettagli verifica

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
6 - STR (A1-M1-R3) H - V	125,63	0,00	0,00	--	--	125,63	72,64	4.111

4.7.2 Verifica a carico limite

La verifica della capacità portante del complesso fondazione-terreno è finalizzata a garantire che le azioni trasmesse dall'opera di sostegno al terreno di fondazione non superino il carico limite che lo stesso può tollerare. Il carico limite del complesso terreno-struttura è determinato mediante il metodo di Vesic.

Per la verifica a carico limite la **COMBINAZIONE n° 16** è risultata la più gravosa.

Combinazione n° 16 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.30	--	Sfavorevole
Vento -	1.50	1.00	Sfavorevole

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
C _x , C _y	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
P _x , P _y	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V	I	C _x	C _y	P _x	P _y
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
16	Spinta statica	53,79	21,76	49,96	19,94	0,00	-2,65
	Peso/inerzia muro			0,00	207,62/0,00	-1,33	-2,05
	Peso/inerzia rivestimento			0,00	13,65	0,00	0,00
	Diagramma correttivo			38,85		0,00	-1,16
	Risultante forze sul muro			-8,55	32,93	--	--

Dettagli verifica

Simbologia adottata

4 MURO DI CONTRORIPA 2,51<H≤3,75m – con carico mobile a tergo del muro

4.7 Verifiche geotecniche

- n° Indice combinazione
- N Carico verticale totale, espresso in [kN]
- Qu carico limite del terreno, espresso in [kN]
- Qd Portanza di progetto, espresso in [kN]
- FS Fattore di sicurezza (rapporto tra portanza ultimo **Qu** e carico agente al piano di posa **N**)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
16 - STR (A1-M1-R3)	276,94	1797,50	1283,93	6.491

Simbologia adottata

- n° Indice combinazione
 - Nc, Nq, N_γ Fattori di capacità portante
 - ic, iq, i_γ Fattori di inclinazione del carico
 - dc, dq, d_γ Fattori di profondità del piano di posa
 - gc, gq, g_γ Fattori di inclinazione del profilo topografico
 - bc, bq, b_γ Fattori di inclinazione del piano di posa
 - sc, sq, s_γ Fattori di forma della fondazione
 - pc, pq, p_γ Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
 - r_γ Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B_γN_γ, viene moltiplicato per questo fattore
 - D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
 - B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
 - H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
 - γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
 - φ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
 - c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]
- Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Vesic).

n°	Nc Nq N _γ	ic iq i _γ	dc dq d _γ	gc gq g _γ	bc bq b _γ	sc sq s _γ	pc pq p _γ	r _γ	D	B' H	γ	φ	c
									[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[kPa]
16	35.490 23.177 30.215	0.906 0.910 0.867	1.221 1.153 1.000	1.000 1.000 1.000	0.923 0.769 0.769	-- -- --	-- -- --	0.963	1,55	1,87 2,53	18,50	32,00	2

4.7.3 Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel verificare l'equilibrio alla rotazione intorno al punto più a valle dell'opera di sostegno, valutando le azioni ribaltanti e quelle stabilizzanti. Si riportano i risultati ottenuti per la combinazione più gravosa **COMBINAZIONE n° 28**.

Combinazione n° 28 - EQU

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.10	--	Sfavorevole
carico permanente	1.10	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	0.90	--	Favorevole
Vento +	1.50	1.00	Sfavorevole

Spinta e forze

Simbologia adottata

- Ic Indice della combinazione
- A Tipo azione
- I Inclinazione della spinta, espressa in [°]
- V Valore dell'azione, espressa in [kN]
- C_x, C_y Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
- P_x, P_y Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V	I	C _x	C _y	P _x	P _y
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
28	Spinta statica	63,80	16,55	61,15	18,18	0,00	-2,55
	Peso/Inerzia muro			0,00	143,73/0,00	-1,33	-2,05
	Peso/Inerzia rivestimento			0,00	13,65	0,00	0,00
	Risultante forze sul muro			8,55	27,86	--	--

Dettagli verifica

Simbologia adottata

- n° Indice combinazione
 - M_s Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
 - M_r Momento ribaltante, espresso in [kNm]
 - FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)
- La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	M _s	M _r	FS
	[kNm]	[kNm]	
28 - EQU	455,61	124,82	3.650

4.7.4 Verifica di stabilità globale

La verifica a stabilità globale è di grande importanza specialmente se i terreni sono instabili o se il sovraccarico sul terrapieno è molto elevato. La verifica consiste nel ricercare tra le possibili superfici di rottura quella che presenta il minor coefficiente di sicurezza. Il metodo utilizzato dal programma consiste nel suddividere in strisce la superficie di scorrimento, supposta circolare, e individua il valore del coefficiente minimo di sicurezza su una maglia di centri posta in prossimità del muro.

Combinazione n° 24 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole

Dettagli verifica

Simbologia adottata

- Ic Indice/Tipo combinazione
- C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
- R Raggio, espresso in [m]

FS Fattore di sicurezza

lc	C	R	FS
	[m]	[m]	
24 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-2,20; 5,60	9,59	1.667

Simbologia adottata

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]

Qy carico sulla 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 [kPa]

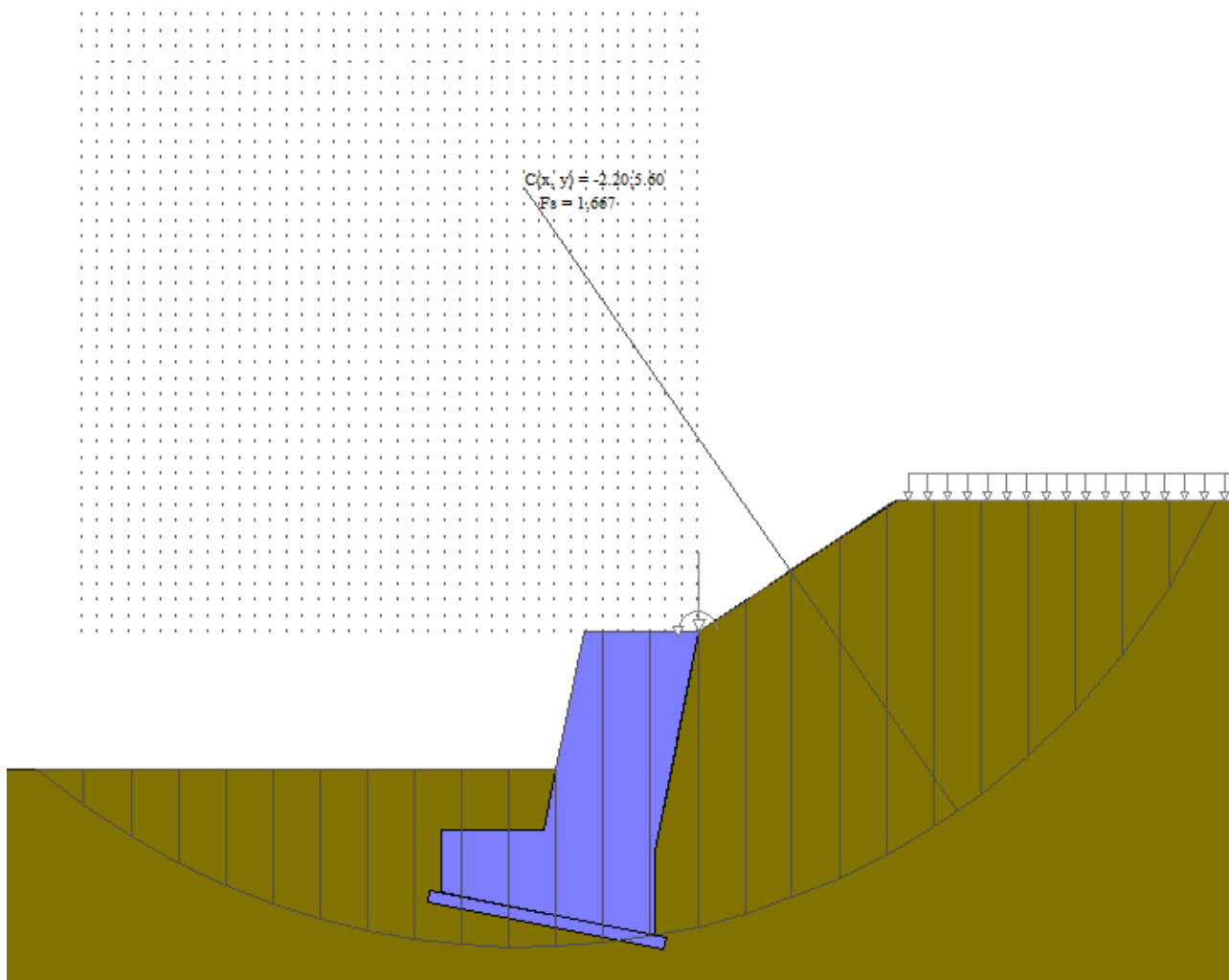
b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

n°	W	Qy	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	6,11	3,94	6,56 - 0,60	61.627	26.560	2	0,0	
2	16,98	3,94	0,60	55.197	26.560	2	0,0	
3	25,57	3,94	0,60	49.330	26.560	2	0,0	
4	32,61	3,94	0,60	44.105	26.560	2	0,0	
5	38,51	3,94	0,60	39.312	26.560	2	0,0	
6	43,51	3,94	0,60	34.830	26.560	2	0,0	
7	47,67	2,15	0,60	30.582	26.560	2	0,0	
8	48,25	0,00	0,60	26.515	26.560	2	0,0	
9	46,86	0,00	0,60	22.587	26.560	2	0,0	
10	44,95	0,00	0,60	18.769	26.560	2	0,0	
11	42,55	25,33	0,60	15.035	26.560	2	0,0	
12	47,86	0,00	0,60	11.367	26.560	2	0,0	
13	56,64	0,00	0,60	7.745	26.560	2	0,0	
14	49,21	0,00	0,60	4.154	26.560	2	0,0	
15	28,73	0,00	0,60	0.580	26.560	2	0,0	
16	27,84	0,00	0,60	-2.992	26.560	2	0,0	
17	25,26	0,00	0,60	-6.576	26.560	2	0,0	
18	23,05	0,00	0,60	-10.186	26.560	2	0,0	
19	21,64	0,00	0,60	-13.837	26.560	2	0,0	
20	19,78	0,00	0,60	-17.548	26.560	2	0,0	
21	17,45	0,00	0,60	-21.336	26.560	2	0,0	
22	14,60	0,00	0,60	-25.225	26.560	2	0,0	
23	11,20	0,00	0,60	-29.243	26.560	2	0,0	
24	7,17	0,00	0,60	-33.428	26.560	2	0,0	
25	2,43	0,00	-8,38 - 0,60	-37.093	26.560	2	0,0	

Inoltre, si riporta un'illustrazione del cerchio critico con la relativa suddivisione in strisce.



4.8 Verifiche strutturali

Nel seguito, sono riportati i risultati delle verifiche strutturali per le combinazioni di carico più gravose e per entrambi gli elementi di muro, paramento e fondazione. Per maggiore chiarezza, i risultati sono stati organizzati in forma tabulare, evidenziano in grigio le righe relative alle sezioni più critiche: la sezione di mezzeria del paramento, la sezione di base del paramento (all'innesto con l'elemento di fondazione) e la sezione d'incastro della fondazione di monte.

4.8.1 Sollecitazioni SLU

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
- T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
- M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

n°	X	N _{min}	N _{max}	T _{min}	T _{max}	M _{min}	M _{max}
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
15	-1,39	74,72	97,14	5,14	18,36	-26,67	28,01
29	-2,78	124,12	161,35	20,10	52,75	-13,40	26,24

Fondazione

n°	X	N _{min}	N _{max}	T _{min}	T _{max}	M _{min}	M _{max}
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
14	-1,95	0,00	0,00	23,96	47,14	6,83	26,50

4.8.2 Verifiche a flessione SLU

Simbologia adottata

- n° indice sezione
- Y ordinata sezione espressa in [m]
- B larghezza sezione espresso in [cm]
- H altezza sezione espressa in [cm]
- Afi area ferri inferiori espresso in [cmq]
- Afs area ferri superiori espressa in [cmq]
- M momento agente espressa in [kNm]
- N sforzo normale agente espressa in [kN]
- Mu momento ultimi espressa in [kNm]
- Nu sforzo normale ultimo espressa in [kN]
- FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
15	100	145	0,00	5,65	-26,42	82,32	-64,88	82,32	2.403
29	100	145	0,00	5,65	-11,50	131,72	-98,06	131,72	7.933

Fondazione

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
14	100	106	5,65	5,65	26,50	0,00	221,48	0,00	8.639

4.8.3 Verifiche a taglio SLU

Simbologia adottata

- Is indice sezione
- Y ordinata sezione espressa in [m]
- B larghezza sezione espresso in [cm]
- H altezza sezione espressa in [cm]
- A_{sw} area ferri a taglio espresso in [cmq]
- cotθ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
- V_{Rcd} resistenza di progetto 'taglio compressione' espressa in [kN]
- V_{Rsd} resistenza di progetto 'taglio trazione' espressa in [kN]
- V_{Rd} resistenza di progetto a taglio espresso in [kN]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A_{sw}>0.0)
- V_{Rd}=min(V_{Rcd}, V_{Rsd}).
- T taglio agente espressa in [kN]
- FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B	H	A _{sw}	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
15	100	145	0,00	--	0,00	0,00	445,03	18,36	24.238
29	100	145	0,00	--	0,00	0,00	452,23	52,75	8.574

Fondazione

n°	B	H	A _{sw}	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	

4 MURO DI CONTRORIPA 2,51<H≤3,75m – con carico mobile a tergo del muro

4.8 Verifiche strutturali

n°	B	H	A _{sw}	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
14	100	106	0,00	--	0,00	0,00	336,97	-47,14	7.148

4.8.4 Verifiche delle tensioni SLE

Simbologia adottata

- n° indice sezione
- Y ordinata sezione, espressa in [m]
- B larghezza sezione, espresso in [cm]
- H altezza sezione, espressa in [cm]
- Afi area ferri inferiori, espresso in [cmq]
- Afs area ferri superiori, espressa in [cmq]
- M momento agente, espressa in [kNm]
- N sforzo normale agente, espressa in [kN]
- σc tensione di compressione nel cls, espressa in [kPa]
- σfi tensione nei ferri inferiori, espressa in [kPa]
- σfs tensione nei ferri superiori, espressa in [kPa]

Combinazioni SLER

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 17430 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 359949 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
15	100	145	0,00	5,65	-12,40	74,72	85 (34)	1248 (34)	0 (31)
29	100	145	0,00	5,65	-8,34	124,12	107 (34)	1587 (34)	0 (31)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 17430 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 359949 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
14	100	106	5,65	5,65	8,40	0,00	132 (31)	15157 (31)	1314 (31)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 13073 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 449936 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
15	100	145	0,00	5,65	-1,97	74,72	56 (33)	835 (33)	0 (33)
29	100	145	0,00	5,65	-5,99	124,12	100 (33)	1494 (33)	0 (33)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 13073 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 449936 [kPa]

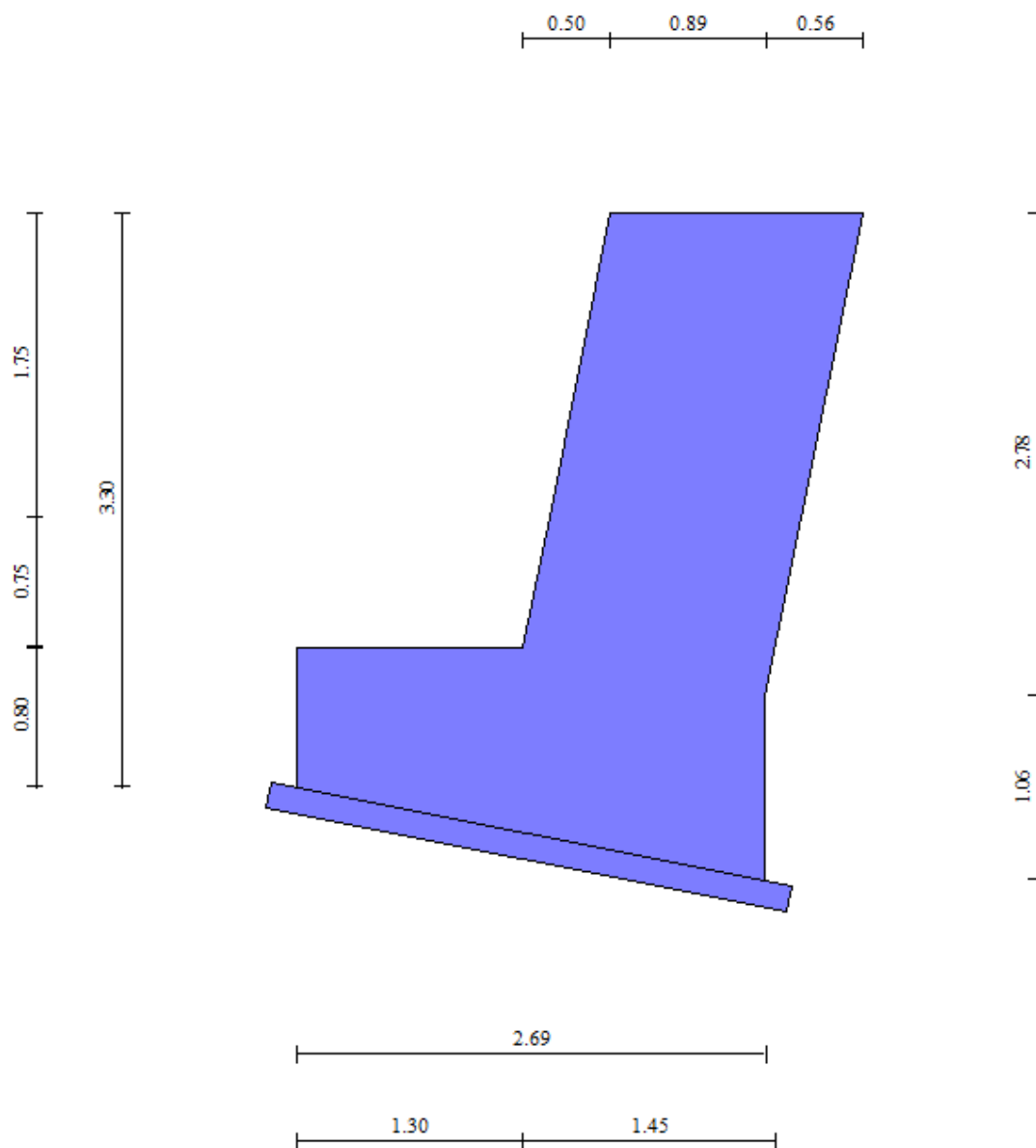
n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
14	100	106	5,65	5,65	6,91	0,00	109 (33)	12458 (33)	1080 (33)

4 MURO DI CONTRORIPA 2,51<H≤3,75m – con carico mobile a tergo del muro

4.8 Verifiche strutturali

5. MURO DI CONTRORIPA $2,51 < H \leq 3,75\text{m}$ – senza carico mobile a tergo del muro

5.1 Caratteristiche geometriche



In figura è rappresentata la parte di muro modellata in MAX15; come anticipato, il cordolo non è incluso nella modellazione, ma conteggiato come carico permanente da sommare al peso della barriera fonoassorbente. Si precisa che a causa di una limitazione intrinseca del programma di calcolo non è stato possibile rispettare la reale conformazione di monte del muro di controripa con inclinazione del paramento costante fino alla base di fondazione. Per i dettagli sulle verifiche strutturali del cordolo, si rimanda al *paragrafo 1.8*.

Geometria paramento e fondazione

Paramento

Materiale	C28/35	
Altezza paramento	2,50	[m]
Altezza paramento libero	1,75	[m]

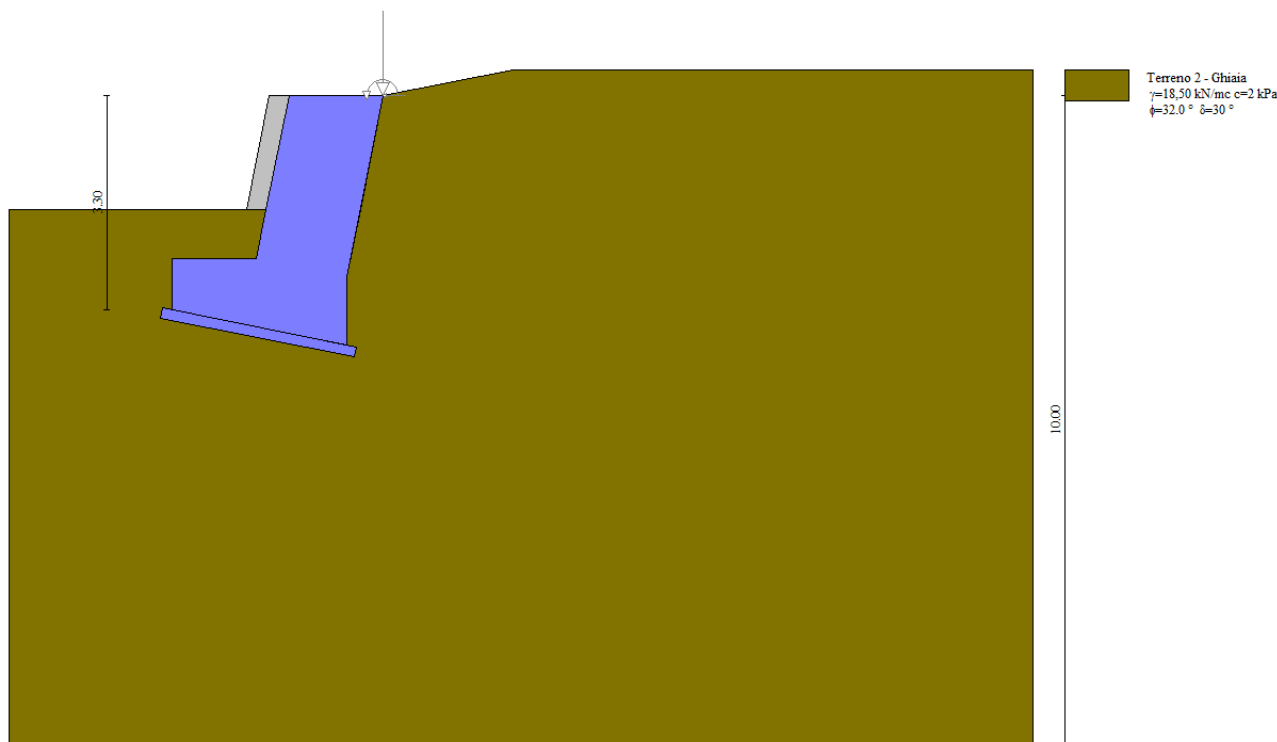
Spessore in sommità	1,45	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,45	[m]
Inclinazione paramento esterno	11,31	[°]
Inclinazione paramento interno	-11,31	[°]
Spessore rivestimento	0,30	[m]
Peso sp. rivestimento	20,0000	[kN/mc]

Fondazione

Materiale	C28/35	
Lunghezza mensola di valle	1,30	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,00	[m]
Lunghezza totale	2,75	[m]
Inclinazione piano di posa	11,31	[°]
Altezza valle esterna	0,80	[m]
Altezza valle interna	1,06	[m]
Altezza monte interna	1,06	[m]
Altezza monte esterna	1,06	[m]
Spessore magrone	0,15	[m]

5.2 Stratigrafia del terreno

La stratigrafia del terreno adottata per le verifiche in MAX deriva dalla relazione geotecnica a firma del dott. Annapaola Gradizzi: "Allargamento della carreggiata sud in corrispondenza della salita di Affi tra la prog. Km 201+285 e la prog. Km 203+930".



5.3 Condizioni di carico

In corrispondenza della sezione di muro da verificare, è prevista l'installazione di una barriera fonoassorbente di altezza 2.85 m. Pertanto, per il calcolo delle azioni agenti nella sezione di sommità del muro si è tenuto conto di un'altezza montante di 2.50 m e di una geometria del profilo HEA180.

AZIONI IN TESTA AL MURO H=3,5m, altezza complessiva della barriera 2,85m						
riferite all'origine in MAX		(x,y)	Sollecitazioni			
		x'' (m)	γ	H (kN)	N (kN)	M (kNm)
1.	Montante barriera antirumore (H=2,85m)	0,950	1		0,57	0,54
2.	Pannello fonoassorbente e scossalina	0,950	1		0,66	0,63
3.	Piastra acciaio e rinforzi	0,950	1		0,21	0,20
4.	Cordolo	0,972	1		23,89	23,21
G1	AZIONE PERMANENTE	0,970		-	25,33	24,58
		(x,y)				
		y'' (m)		H (kN)	N (kN)	M (kNm)
Q1	AZIONE ACC. VENTO	2,74	1	± 5,70	-	± 15,62
	Vento p=			2,00 kN/mq		

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

Pesi permanenti portati del cordolo e della barriera antirumore:

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
			[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Concentrato	Paramento	0,00; 0,00	0,000	25,330	24,580				

Condizione n° 2

Sollecitazione del vento positiva:

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.60 - \Psi_1=0.20 - \Psi_2=0.00$

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
			[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Concentrato	Paramento	0,00; 0,00	5,700	0,000	15,62				

Condizione n° 3

Sollecitazione del vento negativa:

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.60 - \Psi_1=0.20 - \Psi_2=0.00$

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
			[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Concentrato	Paramento	0,00; 0,00	-5,700	0,000	-15,62				

5.4 Combinazioni di carico

Si rimanda al *paragrafo* 1.7.6 per l'elenco delle combinazioni di carico considerate nell'analisi.

5.5 Quadro riassuntivo dei coefficienti di sicurezza calcolati

Di seguito, si riporta un quadro riassuntivo dei fattori di sicurezza relativi alle verifiche geotecniche, con evidenziate in grigio le combinazioni più gravose. I fattori di sicurezza sono stati calcolati come rapporto tra la resistenza ultima e la risultante dei carichi agenti e, in seguito, confrontati con i coefficienti **R3** riportati nella Tabelle 6.5.I e 6.8.I del D.M. 14/01/2008.

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS _{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS _{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS _{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS _{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS _{HYD}	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS _{UPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		100.000		10.269			
2 - STR (A1-M1-R3)		100.000		7.423			
3 - STR (A1-M1-R3)	H + V	12.157		8.838			
4 - STR (A1-M1-R3)	H - V	10.682		9.567			
5 - STR (A1-M1-R3)		100.000		7.186			
6 - STR (A1-M1-R3)		100.000		10.269			
7 - STR (A1-M1-R3)		100.000		7.186			
8 - STR (A1-M1-R3)		100.000		5.726			
9 - STR (A1-M1-R3)		100.000		7.423			
10 - STR (A1-M1-R3)		100.000		5.726			
11 - GEO (A2-M2-R2)					2.982		
12 - GEO (A2-M2-R2)					2.982		
13 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				2.196		
14 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				2.142		
15 - EQU			4.273				
16 - EQU			17.692				
17 - EQU	H + V		5.455				
18 - EQU	H - V		4.531				

5.6 Opzioni di calcolo

Dati sismici

Comune	Rivoli Veronese
Provincia	Verona
Regione	Veneto
Latitudine	45.571561
Longitudine	10.811929
Indice punti di interpolazione	12061 - 12062 - 11840 - 11839
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	IV
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	100 anni

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]		2.063	0.829
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]		0.210	0.085
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.462	2.456
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.281	0.257
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.389	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	0.310	10.867	5.434
Esercizio	0.180	2.739	1.369

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

Spinta

Metodo di calcolo della spinta Culmann
 Tipo di spinta Spinta attiva
 Terreno a bassa permeabilità NO
 Superficie di spinta limitata NO

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza Vesic
 Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati) Ponderata
 Criterio di riduzione per eccentricità della portanza Bowles
 Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento) Nessuna

Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra.

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale Bishop

5.7 Verifiche geotecniche

Si riportano i risultati ottenuti in MAX, considerando le combinazioni di carico più gravose.

5.7.1 Verifica a scorrimento

La combinazione di carico più gravosa per quanto riguarda la verifica a scorrimento è la **COMBINAZIONE n° 8**.

Combinazione n° 8 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Vento -	1.50	1.00	Sfavorevole

Spinta e forze

Simbologia adottata

- Ic Indice della combinazione
- A Tipo azione
- I Inclinazione della spinta, espressa in [°]
- V Valore dell'azione, espressa in [kN]
- C_X, C_Y Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
- P_X, P_Y Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V	I	C _X	C _Y	P _X	P _Y
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
8	Spinta statica	33,24	21,76	30,87	12,32	0,00	-2,73
	Peso/inerzia muro			0,00	207,62/0,00	-1,33	-2,05
	Peso/inerzia rivestimento			0,00	13,65	0,00	0,00
	Diagramma correttivo			43,98		0,00	-1,16
	Risultante forze sul muro			-8,55	32,93	--	--

Dettagli verifica

Simbologia adottata

- n° Indice combinazione
- Rsa Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
- Rpt Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
- Rps Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
- Rp Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
- Rt Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
- R Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
- T Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
- FS Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
8 - STR (A1-M1-R3)	161,80	0,00	0,00	--	--	161,80	30,87	100.000

5.7.2 Verifica a carico limite

La verifica della capacità portante del complesso fondazione-terreno è finalizzata a garantire che le azioni trasmesse dall'opera di sostegno al terreno di fondazione non superino il carico limite che lo stesso può tollerare. Il carico limite del complesso terreno-struttura è determinato mediante il metodo di Vesic.

Per la verifica a carico limite la **COMBINAZIONE n° 8** è risultata la più gravosa.

Combinazione n° 8 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Vento -	1.50	1.00	Sfavorevole

Spinta e forze

Simbologia adottata

- Ic Indice della combinazione

- A Tipo azione
- I Inclinazione della spinta, espressa in [°]
- V Valore dell'azione, espressa in [kN]
- C_X, C_Y Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
- P_X, P_Y Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

ic	A	V	I	C _X	C _Y	P _X	P _Y
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
8	Spinta statica	33,24	21,76	30,87	12,32	0,00	-2,73
	Peso/inerzia muro			0,00	207,62/0,00	-1,33	-2,05
	Peso/inerzia rivestimento			0,00	13,65	0,00	0,00
	Diagramma correttivo			43,98		0,00	-1,16
	Risultante forze sul muro			-8,55	32,93	--	--

Dettagli verifica

Simbologia adottata

- n° Indice combinazione
- N Carico verticale totale, espresso in [kN]
- Qu carico limite del terreno, espresso in [kN]
- Qd Portanza di progetto, espresso in [kN]
- FS Fattore di sicurezza (rapporto tra portanza ultima **Qu** e carico agente al piano di posa **N**)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
8 - STR (A1-M1-R3)	265,72	1521,56	1086,83	5.726

Simbologia adottata

- n° Indice combinazione
- N_c, N_q, N_γ Fattori di capacità portante
- ic, iq, i_γ Fattori di inclinazione del carico
- dc, dq, d_γ Fattori di profondità del piano di posa
- gc, gq, g_γ Fattori di inclinazione del profilo topografico
- bc, bq, b_γ Fattori di inclinazione del piano di posa
- sc, sq, s_γ Fattori di forma della fondazione
- pc, pq, p_γ Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
- r_γ Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B_γN_γ, viene moltiplicato per questo fattore
- D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
- B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
- H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
- γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
- φ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
- c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Vesic).

n°	N _c N _q N _γ	ic iq i _γ	dc dq d _γ	gc gq g _γ	bc bq b _γ	sc sq s _γ	pc pq p _γ	r _γ	D	B' H	γ	φ	c
									[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[kPa]
8	35.490 23.177 30.215	0.781 0.790 0.700	1.221 1.153 1.000	1.000 1.000 1.000	0.923 0.769 0.769	-- -- --	-- -- --	0.963	1,55	1,87 2,53	18,50	32,00	2

5.7.3 Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel verificare l'equilibrio alla rotazione intorno al punto più a valle dell'opera di sostegno, valutando le azioni ribaltanti e quelle stabilizzanti.

Si riportano i risultati ottenuti per la combinazione più gravosa **COMBINAZIONE n° 15**.

Combinazione n° 15 - EQU

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.10	--	Sfavorevole
carico permanente	1.10	--	Sfavorevole
Vento +	1.50	1.00	Sfavorevole

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic Indice della combinazione

A Tipo azione

I Inclinazione della spinta, espressa in [°]

V Valore dell'azione, espressa in [kN]

C_x, C_y Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]

P_x, P_y Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

ic	A	V	I	C _x	C _y	P _x	P _y
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
15	Spinta statica	38,23	16,55	36,64	10,89	0,00	-2,69
	Peso/Inerzia muro			0,00	143,73/0,00	-1,33	-2,05
	Peso/Inerzia rivestimento			0,00	13,65	0,00	0,00
	Risultante forze sul muro			8,55	27,86	--	--

Dettagli verifica

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

M_s Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

M_r Momento ribaltante, espresso in [kNm]

FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	M _s	M _r	FS
	[kNm]	[kNm]	
15 - EQU	431,94	101,08	4.273

5.7.4 Verifica di stabilità globale

La verifica a stabilità globale è di grande importanza specialmente se i terreni sono instabili o se il sovraccarico sul terrapieno è molto elevato. La verifica consiste nel ricercare tra le possibili superfici di rottura quella che presenta il minor coefficiente di sicurezza.

Il metodo utilizzato dal programma consiste nel suddividere in strisce la superficie di scorrimento, supposta circolare, e individua il valore del coefficiente minimo di sicurezza su una maglia di centri posta in prossimità del muro.

Combinazione n° 14 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole

Dettagli verifica

Simbologia adottata

- Ic Indice/Tipo combinazione
- C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
- R Raggio, espresso in [m]
- FS Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
14 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-2,60; 4,00	8,11	2.142

Simbologia adottata

- 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]
- Qy carico sulla 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 [kPa]
- b larghezza della striscia espressa in [m]
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
- Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

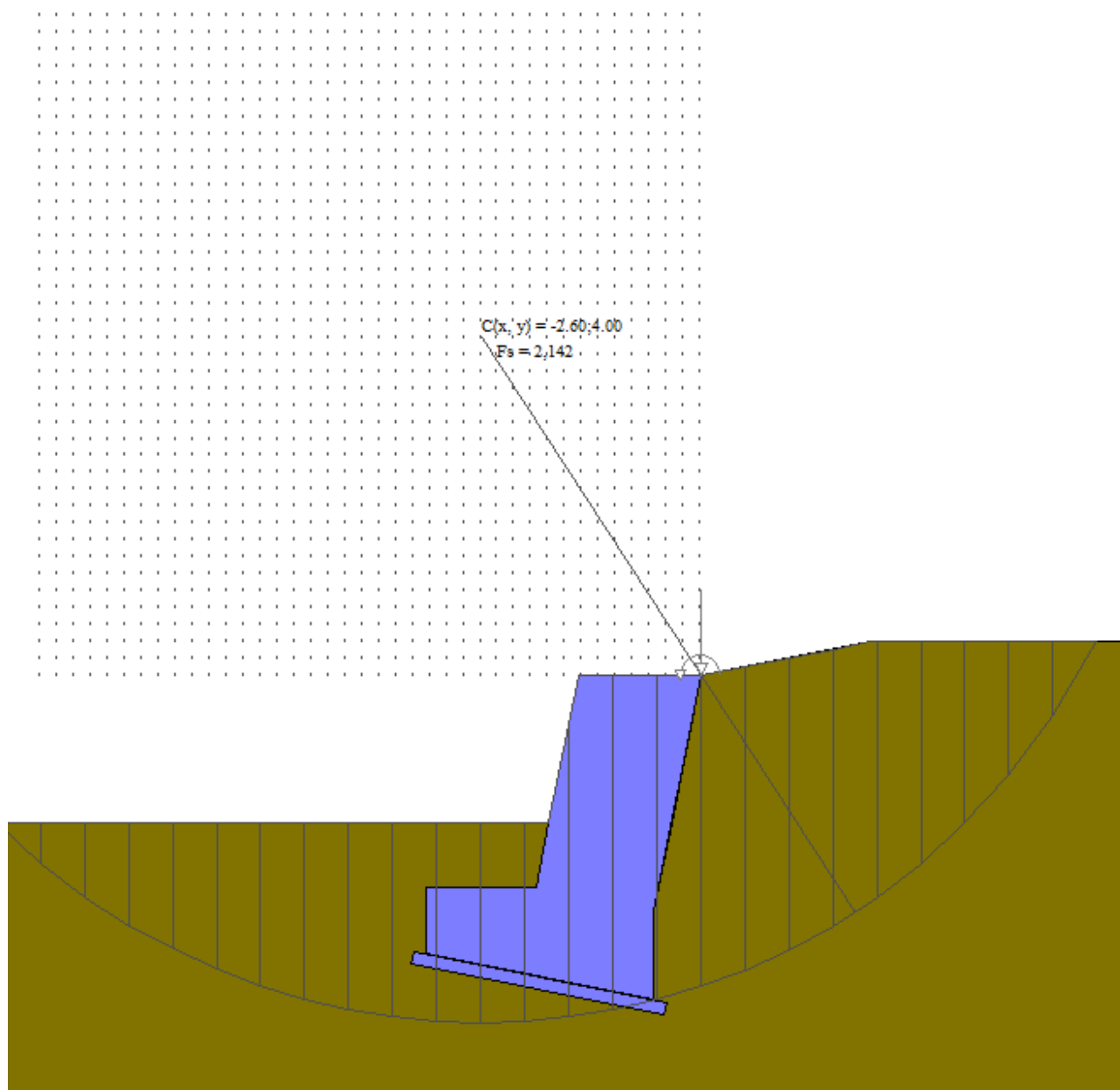
n°	W	Qy	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	4,25	0,00	4,68 - 0,52	59.506	26.560	2	0,0	
2	11,88	0,00	0,52	53.360	26.560	2	0,0	
3	17,98	0,00	0,52	47.554	26.560	2	0,0	
4	23,01	0,00	0,52	42.342	26.560	2	0,0	
5	27,21	0,00	0,52	37.535	26.560	2	0,0	
6	30,40	0,00	0,52	33.024	26.560	2	0,0	
7	32,41	0,00	0,52	28.734	26.560	2	0,0	
8	33,93	0,00	0,52	24.615	26.560	2	0,0	
9	35,02	25,33	0,52	20.629	26.560	2	0,0	
10	40,37	0,00	0,52	16.744	26.560	2	0,0	
11	49,77	0,00	0,52	12.938	26.560	2	0,0	
12	49,27	0,00	0,52	9.190	26.560	2	0,0	
13	30,50	0,00	0,52	5.480	26.560	2	0,0	
14	25,72	0,00	0,52	1.794	26.560	2	0,0	
15	25,39	0,00	0,52	-1.885	26.560	2	0,0	
16	22,92	0,00	0,52	-5.571	26.560	2	0,0	
17	21,67	0,00	0,52	-9.281	26.560	2	0,0	
18	20,68	0,00	0,52	-13.031	26.560	2	0,0	

5 MURO DI CONTRORIPA 2,51<H≤3,75m – senza carico mobile a tergo del muro

5.7 Verifiche geotecniche

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
19	19,34	0,00	0,52	-16.839	26.560	2	0,0	
20	17,63	0,00	0,52	-20.725	26.560	2	0,0	
21	15,53	0,00	0,52	-24.715	26.560	2	0,0	
22	13,00	0,00	0,52	-28.838	26.560	2	0,0	
23	9,99	0,00	0,52	-33.132	26.560	2	0,0	
24	6,42	0,00	0,52	-37.650	26.560	2	0,0	
25	2,19	0,00	-8,33 - 0,52	-41.840	26.560	2	0,0	

Inoltre, si riporta un'illustrazione del cerchio critico con la relativa suddivisione in strisce.



5.8 Verifiche strutturali

Nel seguito, sono riportati i risultati delle verifiche strutturali per le combinazioni di carico più gravose e per entrambi gli elementi di muro, paramento e fondazione. Per maggiore chiarezza, i risultati sono stati organizzati in forma tabulare, evidenziano in grigio le righe relative alle sezioni più critiche: la sezione di mezzeria del paramento, la sezione di base del paramento (all'innesto con l'elemento di fondazione) e la sezione d'incastro della fondazione di monte.

5.8.1 Sollecitazioni SLU

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
- T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
- M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

n°	X	N _{min}	N _{max}	T _{min}	T _{max}	M _{min}	M _{max}
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
15	-1,39	74,72	97,14	6,54	20,65	-24,45	27,86
29	-2,78	124,12	161,35	13,79	47,78	-12,69	18,63

Fondazione

n°	X	N _{min}	N _{max}	T _{min}	T _{max}	M _{min}	M _{max}
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
14	-1,95	0,00	0,00	21,78	38,43	5,80	19,63

5.8.2 Verifiche a flessione SLU

Simbologia adottata

- n° indice sezione
- Y ordinata sezione espressa in [m]
- B larghezza sezione espresso in [cm]
- H altezza sezione espressa in [cm]
- Afi area ferri inferiori espresso in [cmq]
- Afs area ferri superiori espressa in [cmq]
- M momento agente espressa in [kNm]
- N sforzo normale agente espressa in [kN]
- Mu momento ultimi espresso in [kNm]
- Nu sforzo normale ultimo espressa in [kN]
- FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
15	100	145	0,00	5,65	-24,21	82,32	-64,88	82,32	2.615
29	100	145	0,00	5,65	-10,79	131,72	-98,06	131,72	8.411

Fondazione

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
14	100	106	5,65	5,65	19,63	0,00	221,48	0,00	11.826

5.8.3 Verifiche a taglio SLU

Simbologia adottata

- Is indice sezione
- Y ordinata sezione espressa in [m]
- B larghezza sezione espresso in [cm]
- H altezza sezione espressa in [cm]

5 MURO DI CONTRORIPA 2,51<H≤3,75m – senza carico mobile a tergo del muro

5.8 Verifiche strutturali

- A_{sw} area ferri a taglio espresso in [cmq]
- cotθ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
- V_{Rcd} resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kN]
- V_{Rsd} resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]
- V_{Rd} resistenza di progetto a taglio espresso in [kN]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A_{sw}>0.0)
- V_{Rd}=min(V_{Rcd}, V_{Rsd}).
- T taglio agente espressa in [kN]
- FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B	H	A _{sw}	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
15	100	145	0,00	--	0,00	0,00	445,03	20,65	21.549
29	100	145	0,00	--	0,00	0,00	452,23	47,78	9.464

Fondazione

n°	B	H	A _{sw}	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
14	100	106	0,00	--	0,00	0,00	336,97	-38,43	8.770

5.8.4 Verifiche delle tensioni SLE

Simbologia adottata

- n° indice sezione
- Y ordinata sezione, espressa in [m]
- B larghezza sezione, espresso in [cm]
- H altezza sezione, espressa in [cm]
- A_{fi} area ferri inferiori, espresso in [cmq]
- A_{fs} area ferri superiori, espressa in [cmq]
- M momento agente, espressa in [kNm]
- N sforzo normale agente, espressa in [kN]
- σ_c tensione di compressione nel cls, espressa in [kPa]
- σ_{fi} tensione nei ferri inferiori, espressa in [kPa]
- σ_{fs} tensione nei ferri superiori, espressa in [kPa]

Combinazioni SLER

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 17430 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 359949 [kPa]

n°	B	H	A _{fi}	A _{fs}	M	N	σ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
15	100	145	0,00	5,65	-16,16	74,72	97 (19)	1396 (22)	0 (19)
29	100	145	0,00	5,65	-9,19	124,12	109 (22)	1621 (22)	0 (19)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 17430 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 359949 [kPa]

n°	B	H	A _{fi}	A _{fs}	M	N	σ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
14	100	106	5,65	5,65	8,20	0,00	129 (19)	14795 (19)	1283 (19)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 13073 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 449936 [kPa]

5 MURO DI CONTRORIPA 2,51<H≤3,75m – senza carico mobile a tergo del muro

5.8 Verifiche strutturali

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
15	100	145	0,00	5,65	-0,51	74,72	52 (21)	777 (21)	0 (21)
29	100	145	0,00	5,65	-5,36	124,12	99 (21)	1469 (21)	0 (21)

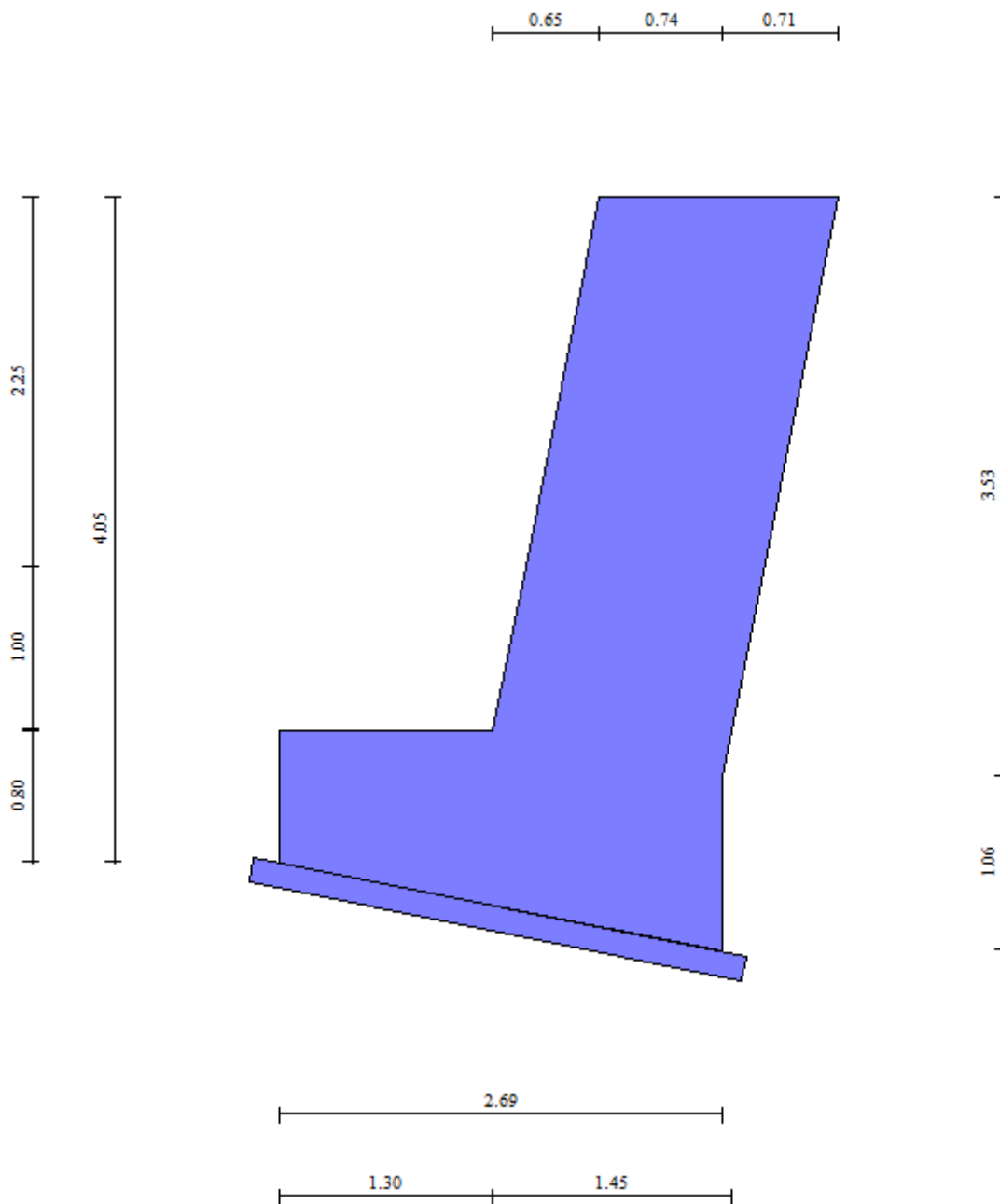
Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 13073 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 449936 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
14	100	106	5,65	5,65	5,94	0,00	94 (21)	10704 (21)	928 (21)

6. MURO DI CONTRORIPA $3,76 < H \leq 4,50\text{m}$ – con carico mobile a tergo del muro

6.1 Caratteristiche geometriche



In figura è rappresentata la parte di muro modellata in MAX15; come anticipato, il cordolo non è incluso nella modellazione, ma conteggiato come carico permanente da sommare al peso della barriera fonoassorbente. Si precisa che a causa di una limitazione intrinseca del programma di calcolo non è stato possibile rispettare la reale conformazione di monte del muro di controripa con inclinazione del paramento costante fino alla base di fondazione. Per i dettagli sulle verifiche strutturali del cordolo, si rimanda al *paragrafo 1.8*.

Geometria paramento e fondazione

Paramento

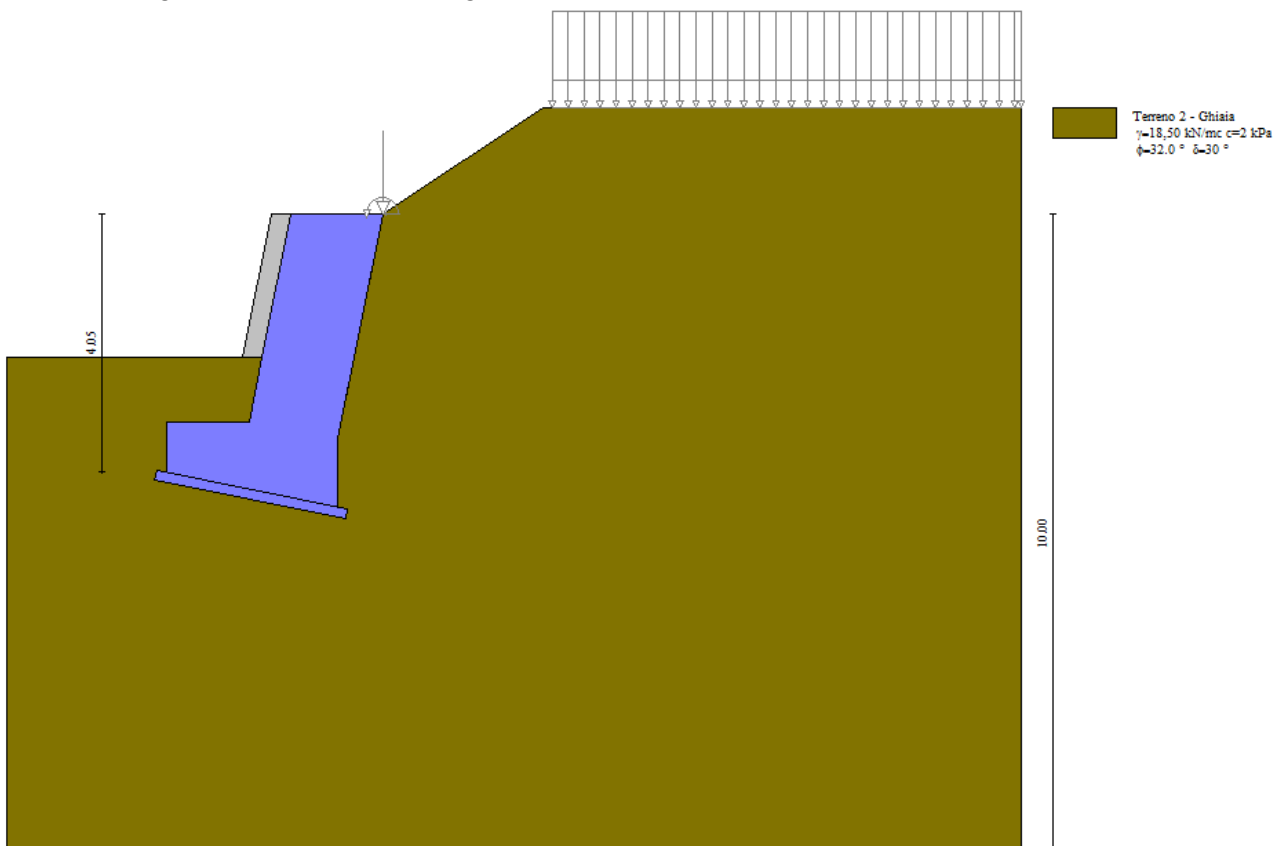
Materiale	C28/35	
Altezza paramento	3,25	[m]
Altezza paramento libero	2,25	[m]
Spessore in sommità	1,45	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,45	[m]
Inclinazione paramento esterno	11,31	[°]
Inclinazione paramento interno	-11,31	[°]
Spessore rivestimento	0,30	[m]
Peso sp. rivestimento	20,0000	[kN/mc]

Fondazione

Materiale	C28/35	
Lunghezza mensola di valle	1,30	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,00	[m]
Lunghezza totale	2,75	[m]
Inclinazione piano di posa	11,31	[°]
Altezza valle esterna	0,80	[m]
Altezza valle interna	1,06	[m]
Altezza monte interna	1,06	[m]
Altezza monte esterna	1,06	[m]
Spessore magrone	0,15	[m]

6.2 Stratigrafia del terreno

La stratigrafia del terreno adottata per le verifiche in MAX deriva dalla relazione geotecnica a firma del dott. Anna Paola Gradizzi: "Allargamento della carreggiata sud in corrispondenza della salita di Affi tra la prog. Km 201+285 e la prog. Km 203+930".



6.3 Condizioni di carico

In corrispondenza della sezione di muro da verificare, è prevista l'installazione di una barriera fonoassorbente di altezza 1.85 m. Pertanto, per il calcolo delle azioni agenti nella sezione di sommità del muro si è tenuto conto di un'altezza montante di 1.50 m e di una geometria del profilo HEA180.

AZIONI IN TESTA AL MURO H=4,5m, altezza complessiva della barriera 1,85m					
riferite all'origine in MAX		(x,y)	Sollecitazioni		
		x'' (m)	γ	H (kN)	N (kN) M (kNm)
1.	Montante barriera antirumore (H=1,85m)	1,150	1		0,34 0,40
2.	Pannello fonoassorbente e scossalina	1,150	1		0,43 0,49
3.	Piastra acciaio e rinforzi	1,150	1		0,21 0,24
4.	Cordolo 1,2 x 0,5	1,172	1		23,89 27,99
G1	AZIONE PERMANENTE	1,171		-	24,87 29,12

		(x,y)			
		y'' (m)		H (kN)	N (kN) M (kNm)
Q1	AZIONE ACC. VENTO		1	± 3,70	- ± 8,29

Vento p= 2,00 kN/mq

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

Pesi permanenti portati del cordolo e della barriera antirumore:

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
			[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Concentrato	Paramento	0,00; 0,00	0,000	24,87	29,12				

Condizione n° 2

Pesi permanenti non strutturali della pavimentazione:

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
		[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Distribuito					2,65	10,00	6,600	6,600

Condizione n° 3

Carichi mobili distribuiti dovuti al traffico:

Coeff. di combinazione Ψ₀=0.00 - Ψ₁=0.75 - Ψ₂=0.00

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
		[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Distribuito					2,65	10,00	20,000	20,000

Condizione n° 4

Sollecitazione del vento positiva:

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.60 - \Psi_1=0.20 - \Psi_2=0.00$

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
			[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Concentrato	Paramento	0,00; 0,00	3,700	0,000	8,29				

Condizione n° 5

Sollecitazione del vento negativa:

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.60 - \Psi_1=0.20 - \Psi_2=0.00$

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
			[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Concentrato	Paramento	0,00; 0,00	-3,700	0,000	-8,29				

6.4 Combinazioni di carico

Si rimanda al *paragrafo* 1.7.5 per l'elenco delle combinazioni di carico considerate nell'analisi.

6.5 Quadro riassuntivo dei coefficienti di sicurezza calcolati

Di seguito, si riporta un quadro riassuntivo dei fattori di sicurezza relativi alle verifiche geotecniche, con evidenziate in grigio le combinazioni più gravose. I fattori di sicurezza sono stati calcolati come rapporto tra la resistenza ultima e la risultante dei carichi agenti e, in seguito, confrontati con i coefficienti **R3** riportati nella Tabelle 6.5.I e 6.8.I del D.M. 14/01/2008.

Simbologia adottata

- Cmb Indice/Tipo combinazione
- S Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
- FS_{SCO} Coeff. di sicurezza allo scorrimento
- FS_{RIB} Coeff. di sicurezza al ribaltamento
- FS_{QLIM} Coeff. di sicurezza a carico limite
- FS_{STAB} Coeff. di sicurezza a stabilità globale
- FS_{HYD} Coeff. di sicurezza a sifonamento
- FS_{UPL} Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		4.505		6.419			
2 - STR (A1-M1-R3)		5.037		6.240			
3 - STR (A1-M1-R3)	H + V	3.371		6.346			
4 - STR (A1-M1-R3)		6.812		7.395			
5 - STR (A1-M1-R3)		9.189		7.506			
6 - STR (A1-M1-R3)	H - V	3.229		6.875			
7 - STR (A1-M1-R3)		8.144		5.636			
8 - STR (A1-M1-R3)		4.505		6.419			
9 - STR (A1-M1-R3)		8.144		5.636			
10 - STR (A1-M1-R3)		9.555		5.867			

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
11 - STR (A1-M1-R3)		5.037		6.240			
12 - STR (A1-M1-R3)		9.555		5.867			
13 - STR (A1-M1-R3)		17.146		6.308			
14 - STR (A1-M1-R3)		6.812		7.395			
15 - STR (A1-M1-R3)		17.146		6.308			
16 - STR (A1-M1-R3)		34.577		6.815			
17 - STR (A1-M1-R3)		9.189		7.506			
18 - STR (A1-M1-R3)		34.577		6.815			
19 - GEO (A2-M2-R2)					1.817		
20 - GEO (A2-M2-R2)					1.817		
21 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.656		
22 - GEO (A2-M2-R2)					2.139		
23 - GEO (A2-M2-R2)					2.139		
24 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.625		
25 - EQU			3.277				
26 - EQU			3.995				
27 - EQU	H + V		3.375				
28 - EQU			3.600				
29 - EQU			5.413				
30 - EQU	H - V		3.032				

6.6 Opzioni di calcolo

Dati sismici

Comune	Rivoli Veronese
Provincia	Verona
Regione	Veneto
Latitudine	45.571561
Longitudine	10.811929
Indice punti di interpolazione	12061 - 12062 - 11840 - 11839
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	IV
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	100 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a _g	[m/s ²]	2.063	0.829
Accelerazione al suolo	a _g /g	[%]	0.210	0.085
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.462	2.456
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	T _c *		0.281	0.257
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.389
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β _m	kh	kv
Ultimo	0.310	10.867	5.434
Esercizio	0.180	2.739	1.369

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Vesic
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Bowles
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna

Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra.

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

6.7 Verifiche geotecniche

Si riportano i risultati ottenuti in MAX, considerando le combinazioni di carico più gravose.

6.7.1 Verifica a scorrimento

La combinazione di carico più gravosa per quanto riguarda la verifica a scorrimento è la **COMBINAZIONE n° 6.**

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
C _x , C _y	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
P _x , P _y	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V	I	C _x	C _y	P _x	P _y
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
6	Spinta statica	53,92	21,26	50,25	19,55	0,00	-3,18
	Incremento di spinta sismica		21,93	20,44	7,95	0,00	-3,10
	Peso/inerzia muro			20,25	186,37/-10,13	-1,39	-2,45
	Peso/inerzia rivestimento			1,47	13,50	0,00	0,00
	Risultante forze sul muro			2,70	24,87	--	--

Dettagli verifica

6 MURO DI CONTRORIPA 3,76<H≤4,50m – con carico mobile a tergo del muro

6.7 Verifiche geotecniche

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
6 - STR (A1-M1-R3) H - V	147,84	0,00	0,00	--	--	147,84	95,11	3.229

6.7.2 Verifica a carico limite

La verifica della capacità portante del complesso fondazione-terreno è finalizzata a garantire che le azioni trasmesse dall'opera di sostegno al terreno di fondazione non superino il carico limite che lo stesso può tollerare. Il carico limite del complesso terreno-struttura è determinato mediante il metodo di Vesic.

Per la verifica a carico limite la **COMBINAZIONE n° 7** è risultata la più gravosa.

Combinazione n° 7 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico permanente	1.30	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.30	--	Sfavorevole
Vento +	1.50	0.60	Sfavorevole
Carico mobile	1.50	1.00	Sfavorevole

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
C _x , C _y	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
P _x , P _y	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V	I	C _x	C _y	P _x	P _y
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
7	Spinta statica	92,45	21,26	86,16	33,52	0,00	-3,06
	Peso/inerzia muro			0,00	242,28/0,00	-1,39	-2,45
	Peso/inerzia rivestimento			0,00	17,55	0,00	0,00
	Risultante forze sul muro			3,33	32,33	--	--

Dettagli verifica

Simbologia adottata

6 MURO DI CONTRORIPA 3,76<H≤4,50m – con carico mobile a tergo del muro

6.7 Verifiche geotecniche

n° Indice combinazione
 N Carico verticale totale, espresso in [kN]
 Qu carico limite del terreno, espresso in [kN]
 Qd Portanza di progetto, espresso in [kN]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra portanza ultima **Qu** e carico agente al piano di posa **N**)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
7 - STR (A1-M1-R3)	336,90	1898,93	1356,38	5.636

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
 Nc, Nq, N_γ Fattori di capacità portante
 ic, iq, i_γ Fattori di inclinazione del carico
 dc, dq, d_γ Fattori di profondità del piano di posa
 gc, gq, g_γ Fattori di inclinazione del profilo topografico
 bc, bq, b_γ Fattori di inclinazione del piano di posa
 sc, sq, s_γ Fattori di forma della fondazione
 pc, pq, p_γ Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
 r_γ Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B_γN_γ, viene moltiplicato per questo fattore
 D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
 B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
 H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
 γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
 φ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
 c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]
 Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Vesic).

n°	Nc Nq N _γ	ic iq i _γ	dc dq d _γ	gc gq g _γ	bc bq b _γ	sc sq s _γ	pc pq p _γ	r _γ	D	B' H	γ	φ	c
									[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[kPa]
7	35.490	0.861	1.257	1.000	0.923	--	--	0.963	1,80	1,88 2,53	18,50	32,00	2
	23.177	0.867	1.177	1.000	0.769	--	--						
	30.215	0.806	1.000	1.000	0.769	--	--						

6.7.3 Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel verificare l'equilibrio alla rotazione intorno al punto più a valle dell'opera di sostegno, valutando le azioni ribaltanti e quelle stabilizzanti.
 Si riportano i risultati ottenuti per la combinazione più gravosa **COMBINAZIONE n° 30**.

Combinazione n° 30 - EQU H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Favorevole

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic Indice della combinazione
 A Tipo azione
 I Inclinazione della spinta, espressa in [°]
 V Valore dell'azione, espressa in [kN]
 C_x, C_y Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
 P_x, P_y Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V	I	C _x	C _y	P _x	P _y
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
30	Spinta statica	77,84	16,05	74,81	21,52	0,00	-3,03
	Incremento di spinta sismica		25,79	24,78	7,13	0,00	-3,10
	Peso/inerzia muro			20,25	186,37/-10,13	-1,39	-2,45
	Peso/inerzia rivestimento			0,00	17,55	0,00	0,00
	Risultante forze sul muro			2,70	24,87	--	--

Dettagli verifica

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)
 La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
30 - EQU H - V	603,03	198,92	3.032

6.7.4 Verifica di stabilità globale

La verifica a stabilità globale è di grande importanza specialmente se i terreni sono instabili o se il sovraccarico sul terrapieno è molto elevato. La verifica consiste nel ricercare tra le possibili superfici di rottura quella che presenta il minor coefficiente di sicurezza.

Il metodo utilizzato dal programma consiste nel suddividere in strisce la superficie di scorrimento, supposta circolare, e individua il valore del coefficiente minimo di sicurezza su una maglia di centri posta in prossimità del muro.

Combinazione n° 24 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico permanente	1.00	--	Sfavorevole
Carico pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole

Dettagli verifica

Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione
 C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
 R Raggio, espresso in [m]
 FS Fattore di sicurezza

lc	C	R	FS
	[m]	[m]	
24 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-2,40; 5,60	10,34	1.625

Simbologia adottata

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]

Qy carico sulla 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 [kPa]

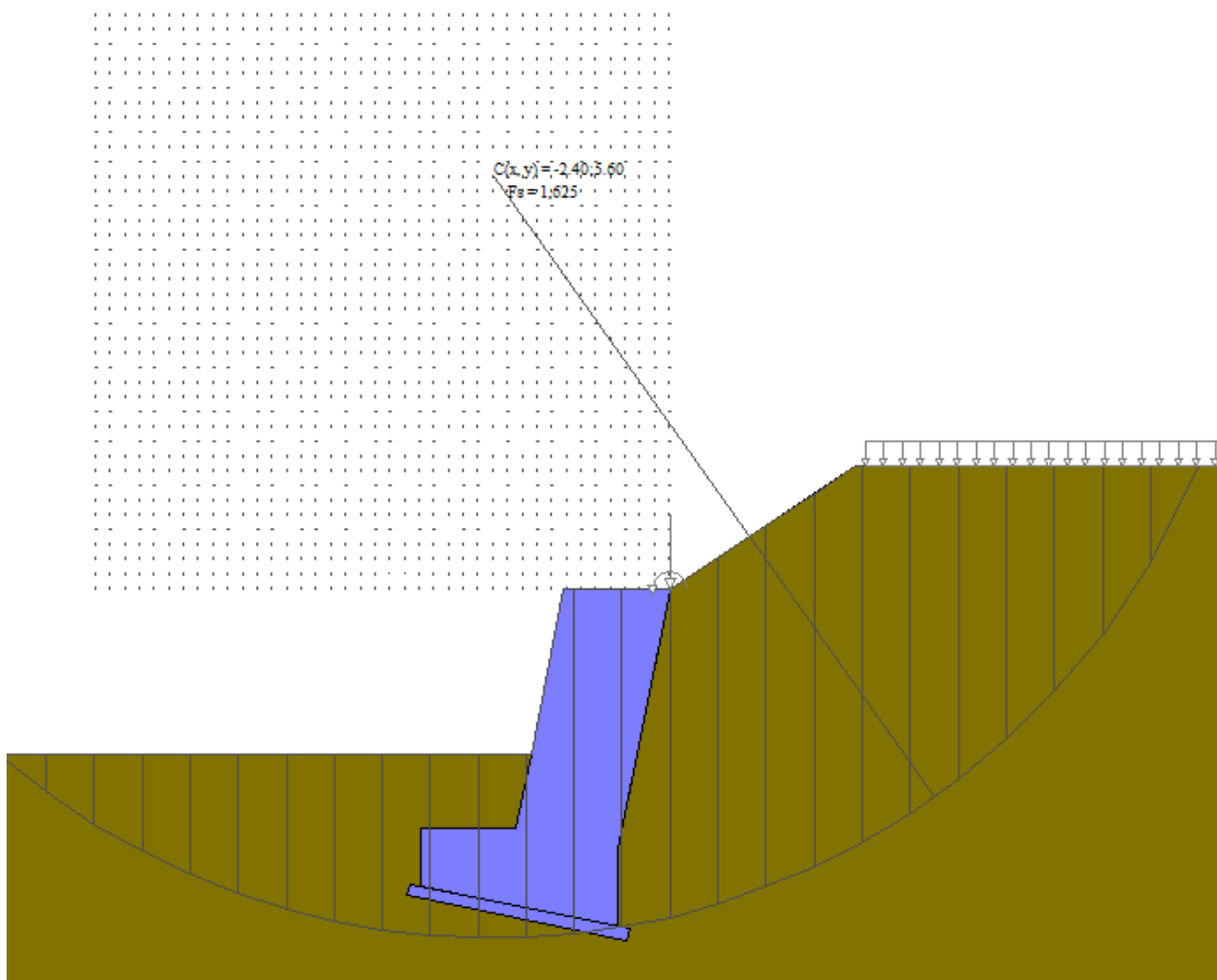
b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

n°	W	Qy	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	7,82	4,31	7,17 - 0,65	63.267	26.560	2	0,0	
2	21,56	4,31	0,65	56.374	26.560	2	0,0	
3	32,22	4,31	0,65	50.277	26.560	2	0,0	
4	40,88	4,31	0,65	44.894	26.560	2	0,0	
5	48,11	4,31	0,65	39.980	26.560	2	0,0	
6	54,21	4,31	0,65	35.402	26.560	2	0,0	
7	59,38	4,02	0,65	31.072	26.560	2	0,0	
8	61,91	0,00	0,65	26.932	26.560	2	0,0	
9	60,39	0,00	0,65	22.940	26.560	2	0,0	
10	58,15	0,00	0,65	19.063	26.560	2	0,0	
11	55,33	24,87	0,65	15.275	26.560	2	0,0	
12	61,09	0,00	0,65	11.555	26.560	2	0,0	
13	74,16	0,00	0,65	7.884	26.560	2	0,0	
14	58,23	0,00	0,65	4.245	26.560	2	0,0	
15	34,28	0,00	0,65	0.623	26.560	2	0,0	
16	33,31	0,00	0,65	-2.996	26.560	2	0,0	
17	29,80	0,00	0,65	-6.627	26.560	2	0,0	
18	27,97	0,00	0,65	-10.286	26.560	2	0,0	
19	26,28	0,00	0,65	-13.987	26.560	2	0,0	
20	24,04	0,00	0,65	-17.749	26.560	2	0,0	
21	21,22	0,00	0,65	-21.593	26.560	2	0,0	
22	17,78	0,00	0,65	-25.542	26.560	2	0,0	
23	13,65	0,00	0,65	-29.626	26.560	2	0,0	
24	8,77	0,00	0,65	-33.885	26.560	2	0,0	
25	3,01	0,00	-9,14 - 0,65	-37.873	26.560	2	0,0	

Inoltre, si riporta un'illustrazione del cerchio critico con la relativa suddivisione in strisce.



6.8 Verifiche strutturali

Nel seguito, sono riportati i risultati delle verifiche strutturali per le combinazioni di carico più gravose e per entrambi gli elementi di muro, paramento e fondazione. Per maggiore chiarezza, i risultati sono stati organizzati in forma tabulare, evidenziano in grigio le righe relative alle sezioni più critiche: la sezione di mezzeria del paramento, la sezione di base del paramento (all'innesto con l'elemento di fondazione) e la sezione d'incastro della fondazione di monte.

6.8.1 Sollecitazioni SLU

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
- T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
- M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]
19	-1,76	87,59	113,87	9,66	18,81	-15,13	16,53
37	-3,53	150,32	195,42	35,25	60,56	-1,12	29,28

Fondazione

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]

6 MURO DI CONTRORIPA 3,76<H≤4,50m – con carico mobile a tergo del muro

6.8 Verifiche strutturali

n°	X	N _{min}	N _{max}	T _{min}	T _{max}	M _{min}	M _{max}
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
15	-2,10	0,00	0,00	33,31	64,16	11,22	36,61

6.8.2 Verifiche a flessione SLU

Simbologia adottata

- n° indice sezione
- Y ordinata sezione espressa in [m]
- B larghezza sezione espresso in [cm]
- H altezza sezione espressa in [cm]
- Afi area ferri inferiori espresso in [cmq]
- Afs area ferri superiori espressa in [cmq]
- M momento agente espressa in [kNm]
- N sforzo normale agente espressa in [kN]
- Mu momento ultimi espresso in [kNm]
- Nu sforzo normale ultimo espressa in [kN]
- FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
19	100	145	0,00	5,65	-15,13	95,06	-73,43	95,06	4.618
37	100	145	0,00	5,65	29,28	150,32	409,88	150,32	14.448

Fondazione

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
15	100	106	5,65	5,65	36,61	0,00	221,48	0,00	6.188

6.8.3 Verifiche a taglio SLU

Simbologia adottata

- Is indice sezione
- Y ordinata sezione espressa in [m]
- B larghezza sezione espresso in [cm]
- H altezza sezione espressa in [cm]
- A_{sw} area ferri a taglio espresso in [cmq]
- cotθ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
- V_{Rcd} resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kN]
- V_{Rsd} resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]
- V_{Rd} resistenza di progetto a taglio espresso in [kN]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A_{sw}>0.0)
- V_{Rd}=min(V_{Rcd}, V_{Rsd}).
- T taglio agente espressa in [kN]
- FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B	H	A _{sw}	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
19	100	145	0,00	--	0,00	0,00	446,91	18,81	23.760
37	100	145	0,00	--	0,00	0,00	456,06	60,33	7.560

Fondazione

n°	B	H	A _{sw}	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
15	100	106	0,00	--	0,00	0,00	336,97	-64,16	5.252

6.8.4 Verifiche delle tensioni SLE

Simbologia adottata

6 MURO DI CONTRORIPA 3,76<H≤4,50m – con carico mobile a tergo del muro

6.8 Verifiche strutturali

- n° indice sezione
- Y ordinata sezione, espressa in [m]
- B larghezza sezione, espresso in [cm]
- H altezza sezione, espressa in [cm]
- Afi area ferri inferiori, espresso in [cmq]
- Afs area ferri superiori, espressa in [cmq]
- M momento agente, espressa in [kNm]
- N sforzo normale agente, espressa in [kN]
- σ_c tensione di compressione nel cls, espressa in [kPa]
- σ_{fi} tensione nei ferri inferiori, espressa in [kPa]
- σ_{fs} tensione nei ferri superiori, espressa in [kPa]

Combinazioni SLER

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 17430 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 359949 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
19	100	145	0,00	5,65	-7,49	87,59	80 (34)	1184 (34)	0 (31)
37	100	145	0,00	5,65	-0,29	150,32	110 (31)	1534 (37)	0 (31)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 17430 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 359949 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
15	100	106	5,65	5,65	12,08	0,00	190 (31)	21783 (31)	1889 (31)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 13073 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 449936 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
19	100	145	0,00	5,65	-0,29	87,59	60 (33)	899 (33)	0 (33)
37	100	145	0,00	5,65	0,73	150,32	107 (33)	1493 (33)	0 (33)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 13073 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 449936 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
15	100	106	5,65	5,65	11,28	0,00	178 (33)	20335 (33)	1763 (33)