

SOMMA URGENZA
RELAZIONE DI CALCOLO
MURO DI SOSTEGNO

Lavori di Somma Urgenza

Rifacimento muro di monte SP 135 km 3.00 in loc. Roveda – Frassilongo (TN)

Committente

Provincia Autonoma di Trento
Servizio Gestione Strade - PAT

Il Tecnico

Ing. Luca Morassut

Trento, Ottobre 2024

INDICE

1	Premessa	1
1.1	Inquadramento geografico	2
1.2	Descrizione delle opere strutturali in progetto	3
2	Criteri di calcolo	4
2.1	Stato limite ultimo	4
2.1.1	Stato limite per condizione fondamentale.....	4
2.1.2	Stato limite per condizione eccezionale (sisma).....	4
2.2	Stato limite di esercizio	5
2.2.1	Stato limite di esercizio	5
2.3	Stato limite per condizione eccezionale (sisma)	5
2.3.1	Stato limite di salvaguardia della vita (SLV)	5
2.3.2	Stato limite di salvaguardia della vita (SLD)	6
2.4	Coefficienti di combinazione	6
3	Materiali impiegati e loro caratteristiche meccaniche	7
3.1	Conglomerato cementizio	7
3.1.1	Calcestruzzo per elementi in c.a. gettati in opera.....	7
3.2	Acciaio.....	7
3.2.1	Acciaio ordinario per elementi in c.a. e c.a.p. B450C (Ex FeB44k).....	7
3.2.2	Rete elettrosaldata per elementi in c.a. e c.a.p.	8
3.2.3	Acciaio da carpenteria S355	8
3.2.4	Durabilità delle opere in calcestruzzo armato	8
3.3	Copriferro delle strutture di calcestruzzo	9
3.4	Sintesi dei copriferri da adottare per la struttura	9
4	Terreno di fondazione e opere di sostegno	10
4.1	Sintesi generica delle caratteristiche del sottosuolo.....	10
4.2	Caratteristiche geomorfologiche e litologiche del terreno	10
4.3	Caratteristiche idrogeologiche del terreno	10
4.4	Caratteristiche geotecniche dei terreni	10
4.5	Opere provvisorie.....	11
4.6	Caratterizzazione sismica del sottosuolo.....	11
5	Analisi dei carichi	12
5.1	Dati sismici di progetto	12
5.2	Pesi propri strutturali.....	12
5.3	Pesi permanenti portati	12
5.4	Carichi variabili	13
5.4.1	Carico da vento.....	13
5.4.2	Carico da neve.....	13

6	Modellazione e risoluzione della struttura	14
6.1	MAX.....	14
6.1.1	Descrizione del programma.....	14
6.1.2	Specifiche tecniche	14
6.1.3	Approccio alla modellazione e note di calcolo	14
7	Validazione della modellazione software	16
8	Relazione di Output della modellazione della struttura.....	18
8.1	Richiami teorici	18
8.2	Dati	22
8.3	Opzioni di calcolo	29
8.4	Risultati per inviluppo	30
9	Considerazioni Conclusive	48

RIFERIMENTI NORMATIVI

- **Legge n. 1086 del 5 novembre 1971**
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
- **Legge n. 64 del 2 febbraio 1974**
Provvedimenti per costruzioni con particolari prescrizioni per zone sismiche.
- **Decreto Ministero dei Lavori Pubblici del 11 Marzo 1988.**
Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- **Decreto Ministero dei Lavori Pubblici del 14 febbraio 1992**
Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- **Decreto Ministero dei Lavori Pubblici del 9 gennaio 1996**
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- **Decreto Ministero dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1996**
Norme Tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- **Decreto Ministero dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1996**
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- **Decreto Ministero dei Lavori Pubblici del 11 marzo 1988**
Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N°3274 del 20 marzo 2003.**
Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- **Circolare Ministeriale del 24 giugno 1996 n. 37406/STC**
Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D.M. 14 febbraio 1992.
- **Circolare Ministeriale del 4 luglio 1996 n. 156 AA.GG./STC.**
Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al Decreto Ministeriale 16.01.1996.
- **Circolare Ministeriale del 24.07.1988, n. 30483/STC.**
- **Circolare Ministeriale del 15 ottobre 1996 N°252.**
Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M. 09.01.1996
- **Circolare Ministeriale del 10 aprile 1997 N°65/AA.GG.**
Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16.01.1996

- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N°3274 del 20 marzo 2003.**
Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N°3431 del 03 maggio 2005.**
Gazzetta Ufficiale n.107 del 10/05/2005 - Suppl. Ordinario n.85
ORDINANZA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 3 maggio 2005
Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- **Norme Tecniche per le Costruzioni (Testo Unico)**
DM 14/09/2005 "Testo Unitario per la Normativa Tecnica sulle Costruzioni" (Testo Unico) pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 23 settembre 2005.
- **Norme Tecniche per le Costruzioni 2008:**
DM 14/01/2008 "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 04 febbraio 2008.
- **Circolare PAT Maggio 2008:**
Prima direttiva per l'applicazione del decreto del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti 14 gennaio 2008 in materia di nuove norme tecniche per le costruzioni.
- **Norme Tecniche per le Costruzioni 2018:**
D.M. 17/01/2018: "Norme tecniche per le costruzioni", G.U. n. 42 del 20.02.2018 Suppl. ord. n.8
- **Eurocodice 2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo:**
UNI EN 1992-1-1: Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1. Regole generali e regole per gli edifici.
- **Eurocodice 3: Progettazione delle strutture di acciaio:**
UNI EN 1993-1-1: Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1. Regole generali e regole per gli edifici.
- **DPR 6 giugno 2001, n. 380**
Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia.

1 Premessa

La presente relazione ha come oggetto i lavori di somma urgenza per il ripristino dell'opera di sostegno della scarpata di monte della SP 135 al km 3 in località Roveda nel comune di Frassilongo (TN).

L'intervento si rende necessario a seguito del crollo parziale della scogliera esistente avvenuto il 21/22 maggio 2024. I lavori di ripristino prevedono la realizzazione di un nuovo muro in c.a. in continuità/collegamento con i muri esistenti ai margini della frana.

Per sostenere il fronte dello scavo si prevede la realizzazione di una paratia di micropali provvisoria (opera provvisoria) composta da pali verticali e tiranti sub-orizzontali.

Sono escluse dal presente progetto le opere di ripristino del dissesto preesistente (novembre 2023) che interessano il versante soprastante dove si è formata, con l'ultimo dissesto, una nicchia di distacco che lambisce le pertinenze di una abitazione residenziale. Tale cedimento ha coinvolto le strutture di sostegno dei terrazzamenti presenti a valle del fabbricato ed il piazzale antistante lo stesso.

L'edificio e le sue pertinenze presentano segni di cedimento preesistenti.

1.1 Inquadramento geografico

L'intervento di progetto è localizzato alla km. 3.00 della SP 135 in località Roveda, nel comune di Frassilongo (TN).

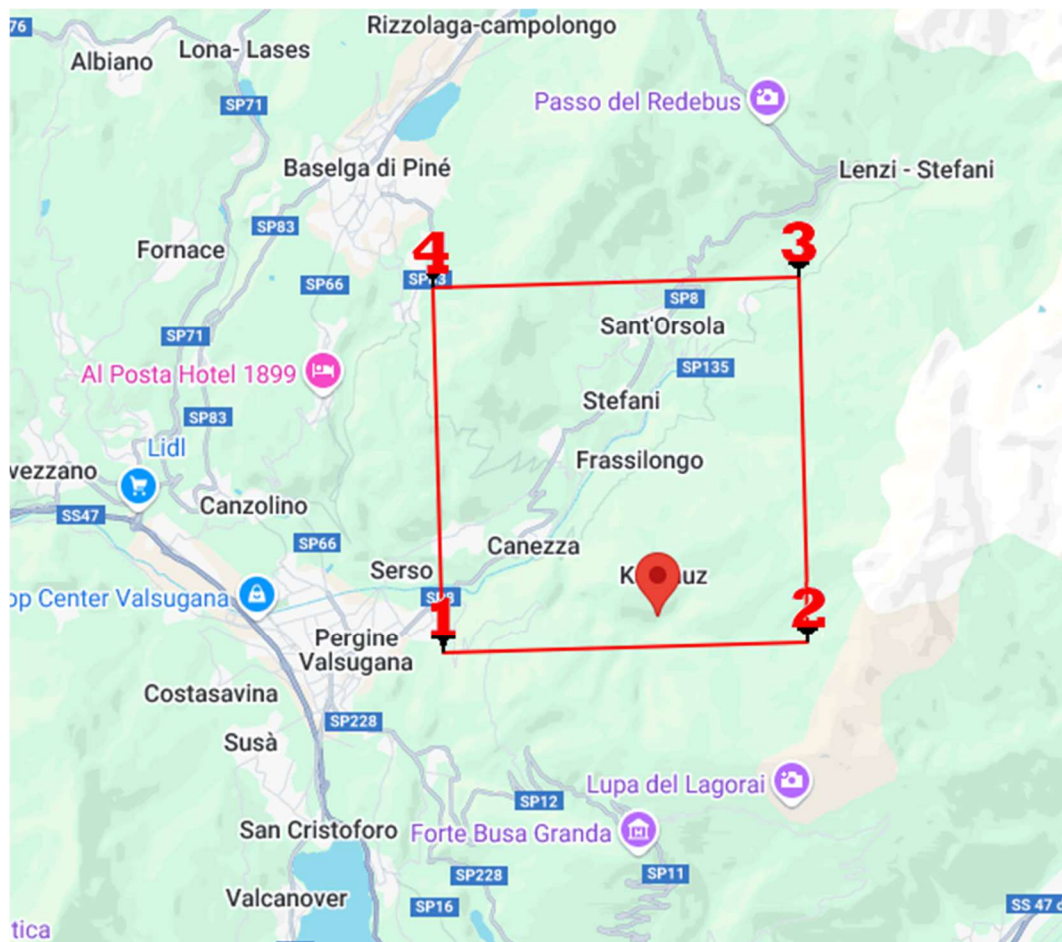


Figura 1-1 – Inquadramento geografico dell'intervento



Figura 1-2 – Vista aerea dell'area di intervento

Le coordinate del sito di intervento sono le seguenti-

- Coordinate WGS84: LAT. 46.068401, LNG. 11.301502
- Coordinate ED50: LAT. 46.069301, LNG. 11.302524

1.2 Descrizione delle opere strutturali in progetto

L'intervento prevede la realizzazione di un nuovo muro in c.a. di altezza fuori terra pari a circa 5.40 m, realizzato con piede di fondazione di circa 3.00 m. Lo spessore del paramento risulta variabile con 148 cm alla base e 40 cm in sommità.

Il muro è realizzato mediante fondazione gettata in opera e paramento costituito da due lastre prefabbricate in c.a., di spessore 12 cm quella faccia-vista e spessore 6 cm quella controterra, e getto di completamento. La lastra esterna prevede al suo interno un rivestimento di finitura in porfido.

La suola di fondazione ha spessore pari a 60 cm.

Durante la fase di realizzazione dell'opera è necessario prevedere l'inserimento di una berlinese provvisoria realizzata con micropali verticali e due ordini di tiranti orizzontali, al fine di sostenere il terreno durante la fase di scavo.

2 Criteri di calcolo

I calcoli e le verifiche sono condotti con il criterio semiprobabilistico degli stati limite secondo i metodi proposti dal D.M.17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Formulazione del criterio semiprobabilistico agli stati limite

2.1 Stato limite ultimo

Per la situazione permanente e transitoria si verifica che l'azione sollecitante di calcolo S_d sia inferiore alla resistenza ultima di calcolo R_d .

2.1.1 Stato limite per condizione fondamentale

Le azioni sollecitanti di calcolo vanno calcolate secondo la seguente formulazione:

$$F_d = \gamma_{G1} \cdot G_{k1} + \gamma_{G2} \cdot G_{k2} + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

dove:

G_{k1} è il valore caratteristico delle azioni permanenti strutturali;

G_{k2} è il valore caratteristico delle azioni permanenti non strutturali;

P_k è il valore caratteristico delle azioni di precompressione;

Q_{1k} è il valore caratteristico dell'azione base di ogni combinazione;

Q_{ki} i valori caratteristici delle azioni variabili tra loro indipendenti;

$\gamma_{G1} = 1,3$ (1,0 se il suo contributo aumenta la sicurezza);

$\gamma_{G2} = 1,5$ (0,0 se il suo contributo aumenta la sicurezza); se i carichi permanenti non strutturali sono compiutamente definiti allora è possibile adottare gli stessi coefficienti relativi ai permanenti strutturali;

$\gamma_{Qi} = 1,5$ (0,0 se il suo contributo aumenta la sicurezza);

$\Psi_{0i} =$ coefficiente di combinazione allo stato limite considerato

2.1.2 Stato limite per condizione eccezionale (sisma)

Le azioni sollecitanti di calcolo vanno calcolate secondo la seguente formulazione:

$$F_d = E + G_{k1} + G_{k2} + P_k + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

dove:

E è il valore dell'azione sismica di progetto;

G_{k1} è il valore caratteristico delle azioni permanenti strutturali;

G_{k2} è il valore caratteristico delle azioni permanenti non strutturali;

P_k è il valore caratteristico delle azioni di precompressione;

Q_{ki} i valori caratteristici delle azioni variabili tra loro indipendenti;

$\Psi_{2i} =$ coefficiente di combinazione allo stato limite considerato

2.2 Stato limite di esercizio

Devono essere effettuate le seguenti verifiche

- verifiche di deformabilità;
- verifiche di vibrazione;
- verifiche di fessurazione;
- verifiche delle tensioni di esercizio.

2.2.1 Stato limite di esercizio

Combinazione rara:

$$F_d = G_{k1} + G_{k2} + P_k + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione frequente:

$$F_d = G_{k1} + G_{k2} + P_k + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione quasi permanente:

$$F_d = G_{k1} + G_{k2} + P_k + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

dove:

- G_{k1} è il valore caratteristico delle azioni permanenti strutturali;
- G_{k2} è il valore caratteristico delle azioni permanenti non strutturali;
- P_k è il valore caratteristico delle azioni di precompressione;
- Q_{1k} è il valore caratteristico dell'azione base di ogni combinazione;
- Q_{ki} i valori caratteristici delle azioni variabili tra loro indipendenti;
- ψ_{0i} = coefficiente di combinazione allo stato limite considerato
- ψ_{1i} = coefficiente di combinazione allo stato limite considerato
- ψ_{2i} = coefficiente di combinazione allo stato limite considerato

2.3 Stato limite per condizione eccezionale (sisma)

Le azioni sollecitanti di calcolo vanno calcolate secondo la seguente formulazione:

$$F_d = E + G_{k1} + G_{k2} + P_k + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

dove:

- E è il valore dell'azione sismica di progetto;
- G_{k1} è il valore caratteristico delle azioni permanenti strutturali;
- G_{k2} è il valore caratteristico delle azioni permanenti non strutturali;
- P_k è il valore caratteristico delle azioni di precompressione;
- Q_{ki} i valori caratteristici delle azioni variabili tra loro indipendenti;
- ψ_{2i} = coefficiente di combinazione allo stato limite considerato

2.3.1 Stato limite di salvaguardia della vita (SLV)

"A seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle

azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali”.

2.3.2 Stato limite di salvaguardia della vita (SLD)

“A seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell’interruzione d’uso di parte delle apparecchiature”.

2.4 Coefficienti di combinazione

Coefficienti parziali per le azioni o per l’effetto delle azioni nelle verifiche SLU.

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

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

Coefficienti di combinazione.

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

3 Materiali impiegati e loro caratteristiche meccaniche

Nel seguito sono riportate le caratteristiche meccaniche da rispettare per i materiali impiegati nella realizzazione delle opere strutturali in cemento armato.

3.1 Conglomerato cementizio

Di seguito sono riportati i valori nominali di calcolo:

R_{ck}	=	Resistenza caratteristica cubica a compressione	[N/mm ²]
f_{ck}	= $0,83 \cdot R_{ck}$	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	[N/mm ²]
γ_c	= 1,5	Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo	
f_{cm}	= $f_{ck} + 8$	Resistenza media cilindrica a compressione	[N/mm ²]
f_{cd}	= $0,85 \cdot f_{ck} / \gamma_c$	Resistenza di calcolo a compressione del cls	[N/mm ²]
f_{ctm}	= $0,30 \cdot (f_{ck})^{2/3}$	Resistenza media a trazione semplice assiale	[N/mm ²]
f_{ctk}	= $0,7 \cdot f_{ctm}$	Resistenza caratteristica a trazione semplice assiale	[N/mm ²]
f_{ctm}	= $1,2 \cdot f_{ctm}$	Resistenza media a trazione per flessione	[N/mm ²]
E_{cm}	= $22000 \cdot (f_{cm}/10)^{1/2}$	Modulo elastico secante tra 0 e 0,40	[N/mm ²]

3.1.1 Calcestruzzo per elementi in c.a. gettati in opera

Calcestruzzo per elementi in c.a. realizzati in opera: fondazioni, opere di sostegno, muri e primo solaio ($\gamma_m = 1,5$):

Classe C 28 / 35

f_{ck}	= $0,83 \cdot R_{ck}$	= $0,83 \cdot 35$	=	29.05	N/mm ²
f'_{cd}	= f_{ck} / γ_m	= $29.05 / 1.50$	=	19.37	N/mm ²
f_{cd}	= $0,85 \cdot f'_{cd}$	= $0,85 \cdot 19.37$	=	16.47	N/mm ²
f_{ctm}	= $0,30 \cdot (f_{ck})^{2/3}$	= $0,30 \cdot (29.05)^{2/3}$	=	2.84	N/mm ²
f_{ctd}	= $0,7 \cdot f_{ctm} / \gamma_m$	= $0,70 \cdot 2.84 / 1.50$	=	1.33	N/mm ²
τ_{Rd}	= $0,25 \cdot f_{ctd}$	= $0,25 \cdot 1.35$	=	0.33	N/mm ²
f_{cm}	= $f_{ck} + 8$	= $29.05 + 8$	=	37.05	N/mm ²
E_c	= $22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0,3}$	= $22000 \cdot (37.05/10)^{0,3}$	=	32588	N/mm ²

3.2 Acciaio

Di seguito sono riportati i termini di calcolo:

$f_{y,nom}$	=	Valore nominale della tensione caratteristica di snervamento	[N/mm ²]
$f_{t,nom}$	=	Valore nominale della tensione caratteristica di rottura	[N/mm ²]
γ_s	= 1,15	Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio	
f_{yd}	=	Resistenza di calcolo dell'acciaio	[N/mm ²]

3.2.1 Acciaio ordinario per elementi in c.a. e c.a.p. B450C (Ex FeB44k)

($\gamma_m = 1,15$)

$$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m = 450 / 1,15 = 391,30 \text{ N/mm}^2$$

3.2.2 Rete elettrosaldata per elementi in c.a. e c.a.p.

($\gamma_m = 1,15$)

$$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m = 450 / 1,15 = 391,30 \text{ N/mm}^2$$

3.2.3 Acciaio da carpenteria S355

($\gamma_m = 1,15$)

$$f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{uk} = 510 \text{ N/mm}^2$$

3.2.4 Durabilità delle opere in calcestruzzo armato

Al fine di garantire buone prestazioni di durabilità delle opere in c.a., saranno adottati alcuni provvedimenti atti a limitare gli effetti degradanti indotti dagli attacchi chimico-fisici.

Per i provvedimenti e la definizione della classe di esposizione ambientale, si è fatto riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edito dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Con riferimento agli elementi strutturali in c.a. si individuano le seguenti classi d'esposizione:

- **Opere di sostegno: XC2;**

Per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture si è svolta la verifica di fessurazione riportata nel §4.1.2.2.4 delle NTC 2018. Dalla Tab.4.1.III, in funzione della "classe di esposizione", nel caso specifico **XC2**, si definiscono le condizioni ambientali: **ordinarie**.

Le armature impiegate, poiché costituite da acciaio ordinario, sono classificate dalla normativa come: **poco sensibili**.

In funzione quindi delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione sono individuati, attraverso la Tab. 4.1.IV, gli stati limite di fessurazione:

combinazione frequente → stato limite di apertura delle fessure $w_d \leq w_3$

combinazione quasi-permanente → stato limite di apertura delle fessure $w_d \leq w_2$

w_d : valore di calcolo di apertura delle fessure

w_2 = valore limite di apertura delle fessure pari a 0,3 mm

w_3 = valore limite di apertura delle fessure pari a 0,4 mm.

3.3 Copriferro delle strutture di calcestruzzo

Il copriferro degli elementi strutturali in c.a. è stato determinato in accordo alle raccomandazioni del D.M.17.01.2018, nello specifico ai sensi della Tabella C4.1.IV – “Copriferri minimi” di seguito riportata.

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
C_{min}	C_0	ambiente	$C > C_0$	$C_{min} < C < C_0$	$C > C_0$	$C_{min} < C < C_0$	$C > C_0$	$C_{min} < C < C_0$	$C > C_0$	$C_{min} < C < C_0$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Figura 3-1 – Tabella copriferri minimi

Dove la classe di resistenza minima C_{min} indicata in tabella deve comunque intendersi riferita alla pertinente classe di esposizione di cui alle UNI EN 206:2016. Tale norma specifica che:

- per condizioni ordinarie XC2 la classe minima del calcestruzzo è pari a C25/30;

I valori in tabella C4.1.IV fanno riferimento ad una vita utile di 50 anni e devono essere incrementati di 10 mm nel caso in cui si assuma una vita utile pari a 100 anni.

Per resistenze del calcestruzzo inferiori a C_{min} , tali valori vanno incrementati di ulteriori 5 mm.

Per produzioni di elementi sottoposte a controllo di qualità tra cui anche la verifica degli spessori dei copriferri, tali valori possono essere ridotti di 5 mm.

Infine, i valori tabellati devono essere incrementati di 10 mm per garantire le tolleranze di posa.

Di conseguenza, assumendo le ipotesi seguenti:

- calcestruzzo classe minima C25/30;
- Vita Nominale pari a 100 anni;
- Condizioni ambientali ordinarie;

si definiscono i seguenti copriferri:

- per opere di sostegno controterra (XC2): $C = 20 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 40 \text{ mm}$

Essendo le strutture di elevazione realizzate con lastre prefabbricate, i ferri di ripresa della fondazione dovranno essere posati ad una distanza di circa 2 cm rispetto alle lastre stesse, registrando quindi localmente un copriferro superiore a 40 mm.

3.4 Sintesi dei copriferri da adottare per la struttura

Il copriferro, da intendersi come ricoprimento della barra più esterna degli elementi strutturali deve essere dunque pari ai seguenti valori:

Copriferro dei muri di sostegno: $C = 40 \text{ mm}$

4 Terreno di fondazione e opere di sostegno

Le considerazioni inerenti la classificazione del sottosuolo, la sua caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica sono riportate nella relazione geologica e geotecnica redatta dal dott. geol. Stefano Facchinelli.

4.1 Sintesi generica delle caratteristiche del sottosuolo

Il sito di intervento si colloca in "Area a penalità bassa P2" ai sensi della Carta di Sintesi della Pericolosità – P.U.P..

A livello di classificazione sismica, il territorio comunale di Trento in cui è inserita la zona di interesse è classificato come zona a bassa sismicità (**zona sismica 3**).

4.2 Caratteristiche geomorfologiche e litologiche del terreno

Il rilevamento geologico e geomorfologico condotto ha permesso di inquadrare la sequenza stratigrafica locale dell'area oggetto di intervento.

La schematizzazione della situazione litostratigrafica rilevata è la seguente:

- Unità 1 – strato superficiale con accumulo detritico;
- Roccia alterata – filladi molto fratturate.

4.3 Caratteristiche idrogeologiche del terreno

Si rimanda alla relazione geologica e geotecnica del dott. geol. Stefano Facchinelli.

4.4 Caratteristiche geotecniche dei terreni

La parametrizzazione geotecnica dei terreni ha portato alla definizione dei seguenti parametri meccanici per i terreni costituenti il sito di intervento:

Unità 1 (accumulo detritico superficiale):

$$\phi=30^{\circ}$$

$$c'=0 \text{ kPa}$$

$$\gamma=19.00-20.00 \text{ kN/m}^3$$

Terrendo di riempimento:

$$\phi=35^{\circ}$$

$$c'=0 \text{ kPa}$$

$$\gamma=20.00 \text{ kN/m}^3$$

Rocchia alterata (filladi molto fratturati)

$$\phi=21^{\circ}$$

$$c'=100 \text{ kPa}$$

$$\gamma=25.00 \text{ kN/m}^3$$

Per le opere di sostegno si è fatto riferimento ad un unico angolo di attrito terreno-calcestruzzo posto pari a $(2/3)*\phi$.

4.5 Opere provvisionali

L'esecuzione dello scavo necessario per la realizzazione del muro di sostegno ha reso necessaria la stabilizzazione del terreno del rilevato presente mediante l'introduzione di un'opera di sostegno provvisoria.

Tale opera si configura come una berlinese provvisoria su micropali con due ordini di tiranti lungo lo sviluppo del paramento.

I micropali previsti sono stati realizzati con tubolari $\varnothing 127/10$ mm in acciaio S355 JR inseriti in fori con diametro di perforazione $\varnothing 200$ mm per una lunghezza di 10 m, ad interasse 50 cm.

I due ordini di tiranti, posizionati rispettivamente ad una distanza di 2.00 m e 4.00 m dalla testa della berlinese, sono realizzati mediante barre autoperforanti $\varnothing 51\text{mm}/11.5$ mm, in acciaio 460/560, posate in fori con diametro di perforazione $\varnothing 150$ mm per una lunghezza di 9.00 m ad interasse 250 cm.

4.6 Caratterizzazione sismica del sottosuolo

Il territorio in cui ricade l'area di intervento è il Comune di Trento, classificato come zona a bassa sismicità (zona sismica 3).

Sulla base delle caratteristiche geologiche della zona, al sito è stata attribuita la **Categoria di Sottosuolo A** (*"Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m"*).

La categoria topografica del sito risulta invece la **Categoria T2** (*"Pendii con inclinazione $i > 15^\circ$ "*).

5 Analisi dei carichi

Per il dimensionamento delle strutture si è fatto riferimento alla vigente normativa. Di seguito si riportano i calcoli specifici per la determinazione delle azioni orizzontali e verticali.

L'analisi dei carichi di seguito riportata fa riferimento ai pesi propri, strutturali e permanenti, nonché ai carichi variabili relativi alle strutture gettate in opera della parte interrata dell'edificio.

5.1 Dati sismici di progetto

I parametri utilizzati per la determinazione dell'azione sismica di progetto sono i seguenti:

Metodo di analisi	D.M. 17-01-18 (Norme Tecniche per le Costruzioni)
Tipo di costruzione	2
V_N	100
Classe d'uso	II
V_R	100
Località	Roveda, Frassilongo (TN) Altitudine s.l.m. 1040 m
Zona sismica	Zona 3
Categoria del suolo	A
Categoria topografica	T2

L'analisi condotta dal software utilizza metodi pseudo-statici per valutazioni di condizioni statiche e simiche.

Nello specifico, la determinazione della spinta agente sul muro mediante il metodo di Culmann con tipologia della spinta attiva.

Il metodo di calcolo della portanza utilizzato è il metodo di Vesic mentre la stabilità globale dell'opera di sostegno è stata valutata mediante il metodo di Bishop.

In fase di analisi sismica, i valori dei coefficienti sismici orizzontali k_H e k_V sono valutati dalla formulazione da normativa sulla base della definizione dell'accelerazione massima al sito a_{max} e del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito β_m .

5.2 Pesì propri strutturali

Il peso proprio strutturale del muro di sostegno è valutato in maniera automatica dal software sulla base della geometria dell'elemento e del peso specifico attribuito al materiale che lo costituisce.

5.3 Pesì permanenti portati

I pesi permanenti dell'opera di sostegno si configurano come il peso del rivestimento di finitura in porfido del paramento, già inserito nella lastra prefabbricata, ed il peso del terreno di ricoprimento sul piede di monte del muro.

Cautelativamente, il contributo stabilizzante offerto dal pacchetto di rivestimento stradale a valle del muro è stato trascurato in fase di analisi e verifica.

5.4 Carichi variabili

Si definiscono nel presente capitolo i sovraccarichi variabili, antropici e non, applicati al manufatto.

Data la natura dell'opera, l'unico carico variabile considerato agente sulla struttura risulta essere il sovraccarico da neve ed il suo accumulo a monte del muro. Questo carico risulta massimizzato il contributo della spinta verso valle, rappresentando quindi la condizione sollecitativa più gravosa per il manufatto.

I carichi variabili a valle del muro non sono stati considerati in quanto offrirebbero un contributo stabilizzante nella verifica di ribaltamento dell'opera.

Il carico da vento, agendo in direzione opposta alla spinta del terreno, è stato considerato trascurabile.

5.4.1 Carico da vento

Il carico da vento agente sulla struttura è stato considerato trascurabile.

5.4.2 Carico da neve

L'opera in oggetto è situata in Zona 1 – Alpina, ad una quota $as=855$ m s.l.m., conseguentemente il valore di riferimento del carico della neve al suolo risulta pari a:

$$q_{SK} = 1.39 * [1 + (855/728)^2] = 1.39 * [1 + (1040/728)^2] = 4.23 \text{ kN/m}^2$$

Il coefficiente di esposizione viene assunto unitario, $C_E=1$, considerando l'ipotesi cautelativa che la zona non sia soggetta ad una significativa rimozione della neve da parte del vento per via della presenza di alberi ed altre costruzioni.

Il coefficiente dinamico è assunto cautelativamente pari a $C_d=1$.

Trattandosi di carico da neve al suolo, si omette l'applicazione del coefficiente riduttivo di forma μ .

Il valore del carico da neve al suolo agente a monte del muro di sostegno corrisponde quindi a:

$$q_S = q_{SK} * \mu * C_E * C_d = 4.23 \text{ kN/m}^2 * 1 * 1 = 4.23 \text{ kN/m}^2$$

6 Modellazione e risoluzione della struttura

6.1 MAX

6.1.1 Descrizione del programma

Il programma **MAX** è dedicato all'analisi ed al calcolo dei muri di sostegno. Le diverse tipologie di muri di sostegno che è possibile analizzare con MAX sono: muri a gravità, muri a semigravità e muri a mensola.

MAX offre la possibilità di modellare la geometria del muro secondo le proprie esigenze: paramento comunque inclinato (monte e/o valle), fondazione anche ad altezza variabile e/o su piano inclinato.

Per il profilo del terrapieno a monte del muro, MAX consente la definizione per punti con possibilità di inserire sovraccarichi (concentrati e/o distribuiti) in qualsiasi punto o tratto del profilo stesso.

Il programma consente, inoltre, di inserire dei carichi lungo l'altezza del muro e di tener conto del peso dell'eventuale rivestimento. I carichi sono gestiti per condizioni e combinazioni di carico.

La caratterizzazione del terreno avviene fornendo i valori dei parametri fisici e meccanici più comuni (peso di volume naturale, peso di volume saturo, angolo di attrito, attrito terra-muro, coesione e adesione) per i vari terreni che costituiscono la stratigrafia.

Il metodo di calcolo della spinta, sia in condizioni statiche sia in condizioni sismiche, può essere scelto tra Rankine, Coulomb, Culmann e Mononobe-Okabe.

Per il calcolo della portanza della fondazione superficiale sono a disposizione i metodi di Terzaghi, Meyerhof, Hansen e Vesic.

L'analisi di stabilità del pendio nei pressi dell'opera, così come prescrive la Normativa vigente, può essere eseguita con il metodo di Fellenius o di Bishop.

6.1.2 Specifiche tecniche

Denominazione del software	: MAX 16.0
Produttore del software	: Aztec Informatica S.r.l., Corso Umberto I, 43 – loc. Casole Bruzio 87059 Casali del Manco (CS) – Italy - http://www.aztec.it
Rivenditore	: Aztec Informatica S.r.l., Corso Umberto I, 43 – loc. Casole Bruzio 87059 Casali del Manco (CS) – 0984 432617
Versione	: 16.20 G
Identificatore licenza	: AIU60867U
Intestatario della licenza	: C.S.P. ENGINEERING SRL

6.1.3 Approccio alla modellazione e note di calcolo

Il dimensionamento e le verifiche meccaniche e geotecniche delle opere di sostegno sono stati condotti attraverso il software MAX della Aztec Informatica e sono riportate negli appositi capitoli.

La parametrizzazione sismica eseguita dal software è stata verificata attraverso quella estratta dall'applicativo web di GEOSTRU.

L'analisi del muro eseguita dal programma riporta sollecitazioni e risultati da intendersi per metro lineare di struttura.

Lo spessore del rivestimento di finitura in porfido è stato introdotto nella modellazione con uno spessore di circa 6 cm, rappresentando quindi metà dello spessore della lastra prefabbricata da 12 cm.

Il dimensionamento dell'armatura è stato eseguito considerando un copriferro di 4 cm per le strutture di fondazione, mentre per i ferri di ripresa del paramento verticale, tale valore di copriferro è stato incrementato per tenere conto della presenza delle due lastre prefabbricate. I ferri di ripresa sono stati dimensionati considerando una posa ad una distanza di circa 2 cm dalla lastra superficiale.

Il ricoprimento del piede di valle è stato cautelativamente trascurato nelle verifiche, in modo da massimizzare la condizione di instabilità del manufatto.

7 Validazione della modellazione software

Al fine di verificare la correttezza della modellazione effettuata e la rispondenza tra i carichi applicati le sollecitazioni prodotte sull'opera di sostegno, si è provveduto alla verifica delle risultanti dei pesi propri e delle spinte applicate al manufatto. Tali valori, al fine di garantire una coerenza con quanto ottenuto dalla modellazione, sono considerati per una larghezza unitaria di 1.00 m.

Il peso proprio del muro, escludendo i 6 cm di rivestimento di finitura in porfido, è di seguito definito:

$$- G_1 = 25.00 \text{ kN/m}^3 * (3.00 \text{ m} * 0.60 \text{ m} + (1.42 \text{ m} + 0.34 \text{ m}) * 5.40 \text{ m} / 2) = 163.80 \text{ kN}$$

La risultante del peso proprio determinata dalla modellazione corrisponde a:

$$- G_1 = 163.80 \text{ kN}$$

La risultante tra quanto modellato e quanto determinato dal software è perfettamente coincidente.

Si è inoltre valutato il peso del terrapieno agente sul piede di monte del muro:

$$- G_{2, \text{TERRENO}} = 20.00 \text{ kN/m}^3 * 1.00 \text{ m} * 5.40 \text{ m} = 108 \text{ kN}$$

Il valore ottenuto dalla modellazione comprende la totalità del terrapieno, considerando quindi l'inclinazione del terrapieno di riempimento e non la proiezione verticale sul piede di fondazione. Tale valore corrisponde a:

$$- G_{2, \text{TERRAPIENO}} = 114.35 \text{ kN}$$

Il valore ottenuto da modellazione risulta compatibile con quanto stimato analiticamente.

Il valore della spinta statica esercitata sul muro dal terreno è determinato mediante il metodo di Culmann che si configura come metodo grafico e quindi applica un procedimento di modellazione difficilmente ricostruibile analiticamente.

Al fine di effettuare considerazioni inerenti la correttezza dei risultati ottenuti, si è proceduto alla stima delle risultanti in via analitica mediante il metodo di Coulomb. Questo confronto non si pone l'obiettivo di ricavare il medesimo valore della spinta ma di individuare una risultante compatibile con quella ottenuta dalla modellazione.

Il coefficiente di spinta attivo secondo la formulazione di Coulomb si definisce pari a:

$$- K_A = \tan^2(45^\circ - \varnothing/2) = \tan^2(45^\circ - 35^\circ/2) = 0.271$$

Da cui la spinta applicata sul paramento di altezza $H=5.40$ m risulta:

$$- S_A = 0.5 * \gamma * H^2 * K_A = 0.50 * 20.00 \text{ kN/m}^3 * (5.40 \text{ m})^2 * 0.271 = 79 \text{ kN}$$

Il contributo del sovraccarico distribuito della neve, trascurando l'inclinazione crescente del profilo montuoso di monte, corrisponde a:

$$- S_Q = q * H * K_A = 4.23 \text{ kN/m}^2 * 5.40 \text{ m} * 0.271 = 6.20 \text{ kN}$$

La risultante della spinta in combinazione SLU corrisponde quindi a:

$$- S_{\text{SLU}} = \gamma_G * S_A + \gamma_Q * S_Q = 1.30 * 79 \text{ kN} + 1.50 * 6.20 \text{ kN} = 112 \text{ kN}$$

Le risultanti ottenute dalla modellazione software per la medesima combinazione di carico (Combinazione n.1) sono di seguito riportate:

- Spinta statica: $S_A = 77 \text{ kN}$
- Spinta SLU: $S_{\text{TOT}} = 108.5 \text{ kN}$

I risultati ottenuti dalla modellazione sono quindi compatibili con quanto determinato analiticamente (preso atto delle ipotesi di calcolo e delle semplificazioni introdotte).

Si è infine provveduto alla verifica del momento stabilizzante secondo la trattazione precedentemente illustrata.

Il momento stabilizzante è stato valutato rispetto al punto estremo di valle del piede della fondazione, considerando il peso proprio con coefficiente unitario, il peso del terreno di riporto e della spinta con coefficiente $\gamma_G=1.30$ ed il contributo del carico variabile con coefficiente $\gamma_Q=1.50$.

Momento stabilizzante:

$$- M_{\text{STAB}} = 1.00 \cdot 163.80 \text{ kN} \cdot 1.50 \text{ m} + 1.30 \cdot 108 \text{ kN} \cdot 2.50 \text{ m} + 1.30 \cdot 79 \text{ kN} \cdot \sin(23.33^\circ) \cdot 2.00 \text{ m} + 1.50 \cdot 6.90 \text{ kN} \cdot \sin(23.33^\circ) \cdot 2.00 \text{ m} = 686.24 \text{ kNm}$$

Il valore è perfettamente compatibile con quanto ricavato dalla modellazione nella medesima configurazione di carico (Combinazione n.10) per la quale si ricava:

$$- M_{\text{STAB,Rd}} = 681.37 \text{ kNm}$$

Sulla base delle verifiche condotte i risultati ottenuti dalla modellazione risultano concordi con quanto determinato analiticamente e conseguentemente la validazione del modello risulta soddisfatta.

8 Relazione di Output della modellazione della struttura

Si riporta di seguito l'output del programma di calcolo relativo all'analisi condotta per l'opera di sostegno.

8.1 Richiami teorici

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

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Se il muro è in calcestruzzo armato: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

Se il muro è a gravità: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

Calcolo della spinta sul muro

Valori caratteristici e valori di calcolo

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

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

Metodo di Culmann

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

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

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

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

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di falda

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

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

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

Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana). La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

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

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta \quad \beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h .
In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

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

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

dove il coefficiente A vale

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

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

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

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

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

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

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

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

Verifica a ribaltamento

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

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza:

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

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

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s .

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

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B , la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \tan \delta_f + c_a B$$

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

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

Verifica al carico limite

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

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

La formula di Vesic è analoga alla formula di Hansen. Cambia solo il fattore N_γ e l'espressione di alcuni coefficienti. Di seguito sono riportate per intero tutte le espressioni.

Caso generale $\phi > 0$

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

Caso di terreno puramente coesivo $\phi = 0$

$$q_u = 5.14 c_u \left(1 + s_c + d_c - i_c - g_c - b_c \right) + q$$

I fattori che compaiono in queste espressioni sono espressi da:

N	fattori di capacità portante
s	fattori di forma
d	fattori di profondità
i	fattori di inclinazione del carico
b	fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata), con η inclinazione del piano di posa
g	fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio), con β pendenza del pendio

Fattori di capacità portante		$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$	$N_q = e^{\pi \tan \varphi} K_p$	$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \varphi$
Fattori di forma	$\varphi = 0$	$s_c = 0.2 \frac{B}{L}$		
	$\varphi > 0$	$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L}$	$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \varphi$	$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$
Fattori di profondità	$\varphi = 0$	$d_c = 0.4k$		
	$\varphi > 0$	$d_c = 1 + 0.4k$	$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 k$	$d_\gamma = 1$
Fattori di inclinazione del carico	$\varphi = 0$	$i_c = 1 - \frac{mH}{A_f c_a N_c}$		
	$\varphi > 0$	$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$	$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^m$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^{m+1}$
Fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata)	$\varphi = 0$	$b_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$		
	$\varphi > 0$	$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$	$b_q = (1 - \eta \tan \varphi)^2$	$b_\gamma = (1 - \eta \tan \varphi)^2$
Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio)	$\varphi = 0$	$g_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$		
	$\varphi > 0$	$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$	$g_q = (1 - \tan \beta)^2$	$g_\gamma = (1 - \tan \beta)^2$

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

Dove i coeff. k e m assumono le seguenti espressioni:

$k = \frac{D}{B}$ se $\frac{D}{B} \leq 1$	$k = \arctan \frac{D}{B}$ se $\frac{D}{B} > 1$	$m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$
---	--	---

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

$H < V \tan \delta + A_f c_a$	$\beta \leq \varphi$	$i_q, i_\gamma > 0$	$\beta + \eta \leq 90^\circ$
-------------------------------	----------------------	---------------------	------------------------------

Riduzione per eccentricità del carico

Nel caso in cui il carico al piano di posa della fondazione risulta eccentrico, Meyerhof propone di moltiplicare la capacità portante ultima per un fattore correttivo R_e

$R_e = 1.0 - 2.0 \frac{e}{B}$	per terreni coesivi
$R_e = 1.0 - \sqrt{\frac{e}{B}}$	per terreni incoerenti

con e eccentricità del carico e B la dimensione minore della fondazione.

Riduzione per effetto piastra

Per valori elevati di B (dimensione minore della fondazione), Bowles propone di utilizzare un fattore correttivo r_γ del solo termine sul peso di volume ($0.5 B \gamma N_\gamma$) quando B supera i 2 m.

$$r_\gamma = 1.0 - 0.25 \log \frac{B}{2.0}$$

Il termine sul peso di volume diventa:

$$0.5B\gamma N_\gamma r_\gamma$$

Verifica alla stabilità globale

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

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro. Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_{i=0}^n \left[\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi_i}{m} \right]}{\sum_{i=0}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da

$$m = \left(1 + \frac{\tan \varphi_i \tan \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

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

8.2 Dati

Materiali

Simbologia adottata

n° Indice materiale
Descr Descrizione del materiale

Calcestruzzo armato

C Classe di resistenza del cls
N / E Calcestruzzo Nuovo o Esistente
A Classe di resistenza dell'acciaio
 γ Peso specifico, espresso in [kN/mc]
 R_{ck} Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [N/mm²]
 f_{cm} Resistenza caratteristica media a compressione, espressa in [N/mm²]
E Modulo elastico, espresso in [N/mm²]
 ν Coeff. di Poisson
n Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	N / E	C	A	γ [kN/mc]	R_{ck} / f_{cm} [N/mm ²]]	E [N/mm ²]]	ν	n	ntc
6	C28/35	N E	C28/35	B450C	25,0000	35,000 33,000	32588,0 31475,7	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f_{yk} [N/mm ²]	f_{uk} [N/mm ²]	f_{ym} [N/mm ²]
B450C	449,936	549,966	449,936

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

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

n° numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	1,68	0,00	0.000
3	8,04	2,49	21.381
4	11,00	4,35	32.144
5	11,50	4,35	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 10,00 [m]

Paramento

Materiale C28/35
Altezza paramento 5,40 [m]
Altezza paramento libero 5,40 [m]
Spessore in sommità 0,34 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione 1,42 [m]
Inclinazione paramento esterno 11,31 [°]
Inclinazione paramento interno 0,00 [°]
Spessore rivestimento 0,06 [m]
Peso sp. rivestimento 25,0000 [kN/mc]

Fondazione

Materiale C28/35
Lunghezza mensola di valle 0,58 [m]

Lunghezza mensola di monte	1,00	[m]
Lunghezza totale	3,00	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,60	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

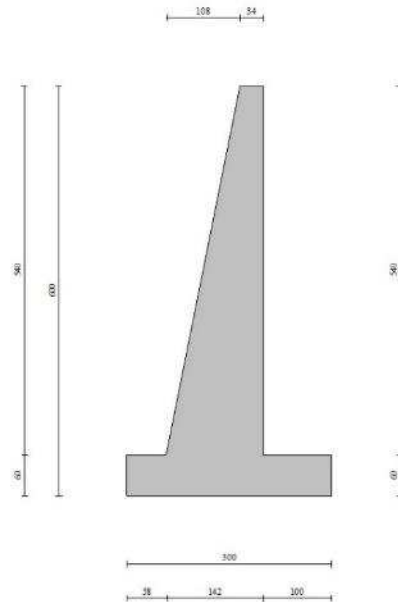


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

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

Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix

Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
τ_l	Tensione tangenziale limite, espressa in [N/mm ²]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [N/mm ²]	c_a [N/mm ²]	Cesp	τ_l [N/mm ²]
1	unità 1	19,0000	20,0000	30,000	20,000	0,000	0,000	---	---
2	riempimento	20,0000	20,0000	35,000	23,330	0,000	0,000	---	---
3	roccia alterata	25,0000	25,0000	21,000	14,000	0,100	0,050	---	---

Stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
α	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
K _{wn} , K _{wt}	Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm ² /cm

Per calcolo pali (solo se presenti)

K _w	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
K _s	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

$K_{st_{sta}}$, $K_{st_{sis}}$ Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm ³]	Kwt [Kg/cm ³]	Kw [Kg/cm ³]	Ks	Cesp	Kst _{sta}	Kst _{sis}
1	4,00	35.000	unità 1	5.000	2.887	---	---	---	---	---
2	1,98	0.000	roccia alterata	5.000	1.919	---	---	---	---	---
3	3,00	0.000	unità 1	5.000	2.887	---	---	---	---	---

Terreno di riempimento: riempimento
Inclinazione riempimento (rispetto alla verticale): 10.00 [°]

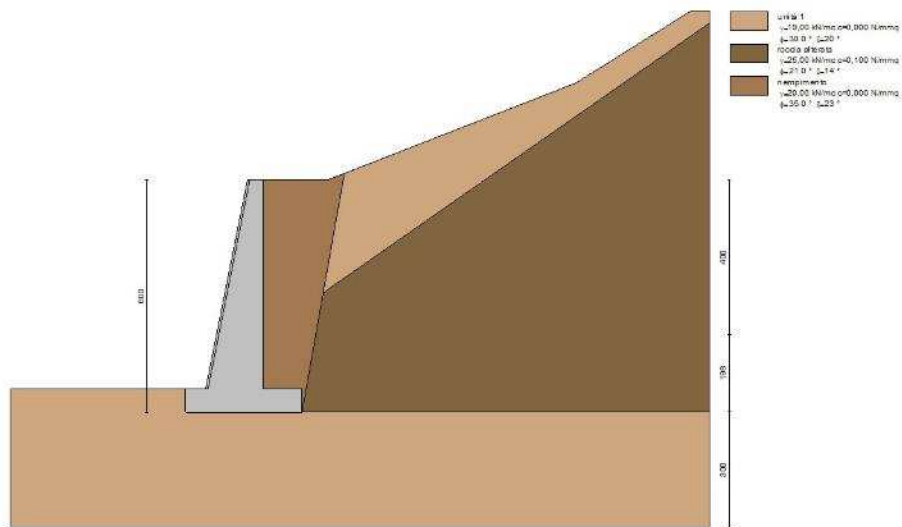


Fig. 2 - Stratigrafia

Condizioni di carico

Simbologia adottata

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]
- Q_f Intensità del carico per x=X_f espressa in [kN]

Condizione n° 1 (qs - neve al suolo) - VARIABILE

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.70 - \Psi_1=0.50 - \Psi_2=0.20$

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Distribuito					0,00	11,50	4,2300	4,2300

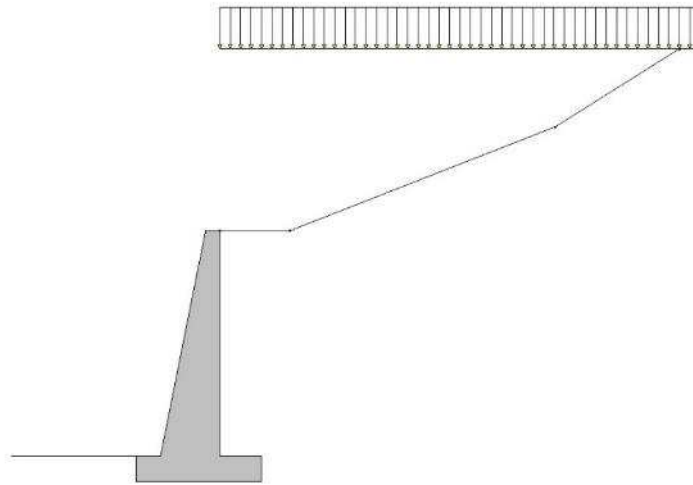


Fig. 3 - Carichi sul terreno

Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche	
			UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\theta)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_k per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Descrizione combinazioni di carico

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:
- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \Psi_{0,2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{1,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff. $\Psi_{0,i}$, $\Psi_{1,i}$, $\Psi_{2,i}$ sono definiti nelle singole condizioni variabili.

I valori dei coeff. γ_G e γ_Q , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

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
qs - neve al suolo	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - 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
qs - neve al suolo	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - 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
qs - neve al suolo	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
qs - neve al suolo	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
qs - neve al suolo	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
qs - neve al suolo	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
qs - neve al suolo	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - 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
qs - neve al suolo	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - 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
qs - neve al suolo	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
qs - neve al suolo	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
qs - neve al suolo	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
qs - neve al suolo	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
qs - neve al suolo	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
qs - neve al suolo	1.00	0.50	Sfavorevole

Combinazione n° 15 - SLEQ

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
qs - neve al suolo	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 16 - SLEQ H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
qs - neve al suolo	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 17 - SLEQ H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
qs - neve al suolo	1.00	0.20	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Trento
Provincia	TN
Regione	
Latitudine	46.068350
Longitudine	11.301321
Indice punti di interpolazione	9849 - 9627 - 9626 - 9848
Vita nominale	100 anni
Classe d'uso	II
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	100 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	0.928	0.440
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.095	0.045
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	FO		2.679	2.526
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	T_c^*		0.352	0.281
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	S_s		A	1.000
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	S_t		T2	1.200

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh [%]	kv [%]
Ultimo	0.380	4.316	2.158
Ultimo - Ribaltamento	0.570	6.474	3.237
Esercizio	0.470	2.528	1.264

Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

8.3 Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Correzione Incremento Sismico per presenza di falda	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	Meyerhof
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ($0.5B\gamma_{N_1}$)	Larghezza effettiva (B)
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione

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
---	--------

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	50.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	0.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	SI
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	1,50 [cm]

Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (SLU)

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

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite di Esercizio (SLE)

Paramento e fondazione muro

Verifiche strutturali nelle combinazioni SLD SI

Condizioni ambientali	Aggressive
Armatura ad aderenza migliorata	SI

Verifica a fessurazione

Sensibilità armatura	Sensibile
Metodo di calcolo aperture delle fessure	NTC 2018 - CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.
Calcolo momento fessurazione	Apertura
Resistenza a trazione per	Flessione
Valori limite aperture delle fessure:	$w_1=0.20$
	$w_2=0.30$
	$w_3=0.40$

Verifica delle tensioni

Valori limite delle tensioni nei materiali:

Combinazione	Calcestruzzo	Acciaio
Rara	$0.60 f_{ck}$	$0.80 f_{yk}$
Frequente	$1.00 f_{ck}$	$1.00 f_{yk}$
Quasi permanente	$0.45 f_{ck}$	$1.00 f_{yk}$

8.4 Risultati per inviluppo

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]
1	Spinta statica	118,18	23,33	108,52	46,80	1,00	-3,61
	Peso/Inerzia muro			0,00	163,80/0,00	-0,50	-3,92
	Peso/Inerzia rivestimento			0,00	8,10	-0,91	-2,70
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	114,35/0,00	0,50	-2,70
	Resistenza passiva terreno antistante				-5,13		
2	Spinta statica	83,78	23,33	76,93	33,18	1,00	-3,66
	Incremento di spinta sismica		10,04	9,22	3,98	1,00	-2,70
	Peso/Inerzia muro			7,07	163,80/3,53	-0,50	-3,92
	Peso/Inerzia rivestimento			0,35	8,10	-0,91	-2,70
	Peso/Inerzia terrapieno			4,70	108,85/2,35	0,50	-2,70
	Resistenza passiva terreno antistante				-5,13		

Risultanti globali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
M _r	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
M _s	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	M _r [kNm]	M _s [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	333,05	108,52	259,81	681,37	0,234
2 - STR (A1-M1-R3)	323,79	98,27	241,48	642,21	0,262
3 - STR (A1-M1-R3)	310,59	94,95	241,71	628,21	0,256
4 - STR (A1-M1-R3)	417,02	108,52	259,81	838,90	0,111
5 - STR (A1-M1-R3)	365,45	108,52	259,81	762,37	0,125
6 - STR (A1-M1-R3)	384,62	108,52	259,81	757,90	0,205
7 - GEO (A2-M2-R2)	322,45	107,39	274,85	650,00	0,337
8 - GEO (A2-M2-R2)	323,79	98,27	241,48	642,21	0,262
9 - GEO (A2-M2-R2)	310,59	94,95	241,71	628,21	0,256
10 - EQU (A1-M1-R3)	333,05	108,52	259,81	681,37	0,234
11 - EQU (A1-M1-R3)	328,60	108,67	271,48	652,05	0,342
12 - EQU (A1-M1-R3)	309,04	104,25	273,66	631,42	0,342
13 - SLER	319,68	82,42	196,60	642,31	0,106
14 - SLEF	316,08	78,99	186,05	632,58	0,087
15 - SLEQ	313,92	76,93	179,73	626,75	0,076
16 - SLEQ	319,70	89,43	215,90	635,77	0,187
17 - SLEQ	311,97	87,48	216,04	627,56	0,181

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

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)		1.164		2.046			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.251		2.226			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.245		2.316			
4 - STR (A1-M1-R3)		1.446		2.295			
5 - STR (A1-M1-R3)		1.273		2.281			
6 - STR (A1-M1-R3)		1.337		2.115			
7 - GEO (A2-M2-R2)					1.913		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				2.301		
9 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				2.349		
10 - EQU (A1-M1-R3)			2.623				
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		2.402				
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.307				

Verifica a scorrimento fondazione

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]	
1 - STR (A1-M1-R3)	121,22	5,13	0,00	--	--	126,35	108,52	1.164
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	113,04	5,13	0,00	--	--	118,17	94,95	1.245

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

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

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	333,05	681,55	486,82	2.046
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	323,79	720,88	600,73	2.226

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
lr, lrc	Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
ry	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B\gamma_N$ 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 [N/mm ²]

σ_v Pressione terreno valle, espressa in [N/mm²]
 σ_m Pressione terreno monte, espressa in [N/mm²]
 Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Vesic).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	lr	lrc	Re	γ
1	30.140	0.469	1.080	1.000	1.000	--	--	--	--	0.721	0.956
	18.401	0.498	1.058	1.000	1.000	--	--	--	--		
	22.402	0.336	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--		
2	30.140	0.500	1.080	1.000	1.000	--	--	--	--	0.704	0.956
	18.401	0.527	1.058	1.000	1.000	--	--	--	--		
	22.402	0.367	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--		

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [kN/mc]	ϕ [°]	c [N/mm ²]
1	0,60	3,00	2,60	19,00	30,00	0,000
2	0,60	3,00	2,60	19,00	30,00	0,000

n°	σ_v [N/mm ²]	σ_m [N/mm ²]
1	0,160	0,062
2	0,156	0,060

Verifica a ribaltamento

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 [kNm]	Mr [kNm]	FS
10 - EQU (A1-M1-R3)	681,37	259,81	2.623
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	631,42	273,66	2.307

Verifica stabilità globale muro + terreno

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 [m]	R [m]	FS
7 - GEO (A2-M2-R2)	-3,06; 0,76	7,90	1.913
8 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-3,06; 0,76	7,90	2.301

Dettagli strisce verifiche stabilità

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]
 Qf carico acqua 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 [N/mm²]
 b larghezza della striscia espressa in [m]
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mm²]
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [N/mm²]

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [N/mm ²]	u [N/mm ²]	Tx; Ty [kN]
1	19,55	2,83	0,00	4,84 - 0,51	78.539	24.791	0,000	0,0000	
2	38,91	2,83	0,00	0,51	64.743	17.071	0,080	0,0000	
3	47,90	2,83	0,00	0,51	56.951	17.071	0,080	0,0000	
4	53,92	2,83	0,00	0,51	50.593	17.071	0,080	0,0000	
5	58,17	2,83	0,00	0,51	45.018	17.071	0,080	0,0000	
6	61,46	2,83	0,00	0,51	39.948	17.071	0,080	0,0000	
7	64,16	2,83	0,00	0,51	35.234	17.071	0,080	0,0000	
8	66,96	2,83	0,00	0,51	30.781	24.791	0,000	0,0000	
9	66,27	2,83	0,00	0,51	26.527	24.791	0,000	0,0000	
10	76,61	1,16	0,00	0,51	22.427	24.791	0,000	0,0000	
11	69,89	0,00	0,00	0,51	18.445	24.791	0,000	0,0000	
12	38,45	0,00	0,00	0,51	14.553	24.791	0,000	0,0000	
13	17,88	0,00	0,00	0,51	10.730	24.791	0,000	0,0000	
14	16,88	0,00	0,00	0,51	6.954	24.791	0,000	0,0000	
15	16,77	0,00	0,00	0,51	3.209	24.791	0,000	0,0000	
16	16,89	0,00	0,00	0,51	-0.522	24.791	0,000	0,0000	
17	16,68	0,00	0,00	0,51	-4.256	24.791	0,000	0,0000	
18	16,14	0,00	0,00	0,51	-8.008	24.791	0,000	0,0000	
19	15,26	0,00	0,00	0,51	-11.795	24.791	0,000	0,0000	
20	14,03	0,00	0,00	0,51	-15.636	24.791	0,000	0,0000	
21	12,44	0,00	0,00	0,51	-19.550	24.791	0,000	0,0000	
22	10,46	0,00	0,00	0,51	-23.562	24.791	0,000	0,0000	
23	8,04	0,00	0,00	0,51	-27.702	24.791	0,000	0,0000	
24	5,16	0,00	0,00	0,51	-32.006	24.791	0,000	0,0000	
25	1,73	0,00	0,00	-8,01 - 0,51	-35.590	24.791	0,000	0,0000	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [N/mm ²]	u [N/mm ²]	Tx; Ty [kN]
1	19,55	0,43	0,00	4,84 - 0,51	78.539	30.000	0,000	0,0000	
2	38,91	0,43	0,00	0,51	64.743	21.000	0,100	0,0000	
3	47,90	0,43	0,00	0,51	56.951	21.000	0,100	0,0000	
4	53,92	0,43	0,00	0,51	50.593	21.000	0,100	0,0000	
5	58,17	0,43	0,00	0,51	45.018	21.000	0,100	0,0000	
6	61,46	0,43	0,00	0,51	39.948	21.000	0,100	0,0000	
7	64,16	0,43	0,00	0,51	35.234	21.000	0,100	0,0000	
8	66,96	0,43	0,00	0,51	30.781	30.000	0,000	0,0000	
9	66,27	0,43	0,00	0,51	26.527	30.000	0,000	0,0000	
10	76,61	0,18	0,00	0,51	22.427	30.000	0,000	0,0000	
11	69,89	0,00	0,00	0,51	18.445	30.000	0,000	0,0000	
12	38,45	0,00	0,00	0,51	14.553	30.000	0,000	0,0000	
13	17,88	0,00	0,00	0,51	10.730	30.000	0,000	0,0000	
14	16,88	0,00	0,00	0,51	6.954	30.000	0,000	0,0000	
15	16,77	0,00	0,00	0,51	3.209	30.000	0,000	0,0000	
16	16,89	0,00	0,00	0,51	-0.522	30.000	0,000	0,0000	
17	16,68	0,00	0,00	0,51	-4.256	30.000	0,000	0,0000	
18	16,14	0,00	0,00	0,51	-8.008	30.000	0,000	0,0000	
19	15,26	0,00	0,00	0,51	-11.795	30.000	0,000	0,0000	
20	14,03	0,00	0,00	0,51	-15.636	30.000	0,000	0,0000	
21	12,44	0,00	0,00	0,51	-19.550	30.000	0,000	0,0000	
22	10,46	0,00	0,00	0,51	-23.562	30.000	0,000	0,0000	
23	8,04	0,00	0,00	0,51	-27.702	30.000	0,000	0,0000	
24	5,16	0,00	0,00	0,51	-32.006	30.000	0,000	0,0000	
25	1,73	0,00	0,00	-8,01 - 0,51	-35.590	30.000	0,000	0,0000	

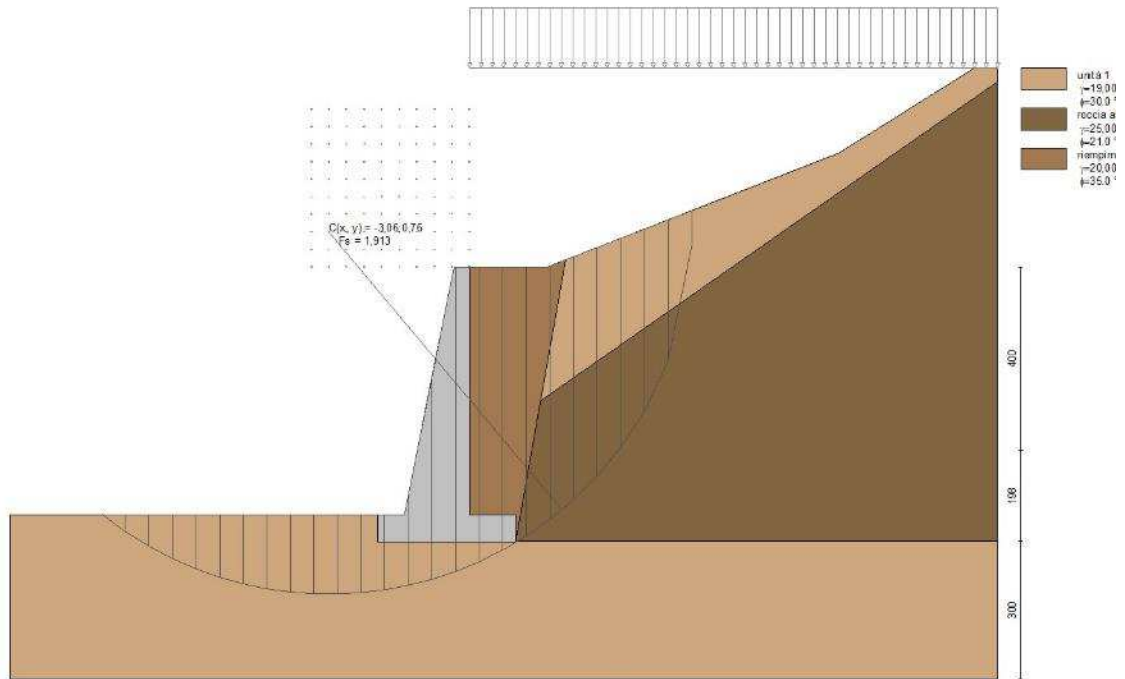


Fig. 4 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n° Indice della sezione

X Posizione della sezione, espresso in [m]

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)

La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

Paramento

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,89	1,21	0,04	0,25	-0,01	-0,01
3	-0,20	1,86	2,51	0,13	0,55	-0,02	0,00
4	-0,30	2,89	3,91	0,26	0,89	-0,03	0,02
5	-0,40	3,99	5,39	0,44	1,28	-0,05	0,06
6	-0,50	5,16	6,96	0,66	1,72	-0,06	0,12
7	-0,60	6,40	8,62	0,92	2,21	-0,07	0,21
8	-0,70	7,71	10,38	1,23	2,74	-0,06	0,33
9	-0,80	9,09	12,22	1,59	3,32	-0,04	0,49
10	-0,90	10,53	14,15	1,99	3,95	0,00	0,68
11	-1,00	12,05	16,17	2,44	4,62	0,05	0,92
12	-1,10	13,64	18,29	2,93	5,34	0,13	1,20
13	-1,20	15,29	20,49	3,46	6,11	0,24	1,53
14	-1,30	17,02	22,78	4,04	6,92	0,38	1,91
15	-1,40	18,81	25,17	4,67	7,78	0,56	2,35
16	-1,50	20,68	27,64	5,34	8,70	0,77	2,84
17	-1,60	22,61	30,21	6,05	9,75	1,02	3,40
18	-1,70	24,61	32,86	6,81	10,86	1,32	4,03
19	-1,80	26,68	35,60	7,62	12,02	1,66	4,73
20	-1,90	28,83	38,44	8,46	13,24	2,06	5,50
21	-2,00	31,04	41,36	9,36	14,52	2,51	6,35
22	-2,10	33,32	44,38	10,30	15,86	3,02	7,28
23	-2,20	35,67	47,48	11,28	17,26	3,59	8,30
24	-2,30	38,08	50,68	12,31	18,71	4,22	9,40
25	-2,40	40,57	53,96	13,38	20,23	4,93	10,60

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]
26	-2,50	43,13	57,34	14,50	21,80	5,70	11,89
27	-2,60	45,76	60,81	15,67	23,44	6,55	13,28
28	-2,70	48,46	64,38	16,88	25,15	7,48	14,83
29	-2,80	51,23	68,05	18,15	26,96	8,49	16,55
30	-2,90	54,08	71,84	19,48	28,89	9,58	18,40
31	-3,00	57,01	75,75	20,89	30,96	10,76	20,38
32	-3,10	60,03	79,80	22,40	33,19	12,03	22,50
33	-3,20	63,16	83,97	24,01	35,55	13,40	24,78
34	-3,30	66,37	88,27	25,73	38,05	14,87	27,22
35	-3,40	69,68	92,68	27,55	40,67	16,46	29,85
36	-3,50	73,08	97,21	29,47	43,40	18,17	32,68
37	-3,60	76,58	101,84	31,48	46,25	20,01	35,70
38	-3,70	80,16	106,60	33,58	49,20	21,99	38,94
39	-3,80	83,82	111,46	35,76	52,27	24,13	42,41
40	-3,90	87,58	116,44	38,03	55,44	26,41	46,10
41	-4,00	91,42	121,53	40,39	58,73	28,87	50,04
42	-4,10	95,35	126,73	42,83	62,12	31,49	54,22
43	-4,20	99,36	132,04	45,35	65,63	34,29	58,66
44	-4,30	103,46	137,47	47,96	69,24	37,27	63,38
45	-4,40	107,64	143,00	50,65	72,95	40,44	68,37
46	-4,50	111,92	148,65	53,42	76,78	43,81	73,64
47	-4,60	116,27	154,41	56,28	80,71	47,38	79,21
48	-4,70	120,70	160,25	59,18	84,68	51,18	85,10
49	-4,80	125,17	166,15	62,07	88,63	55,20	91,33
50	-4,90	129,66	172,05	64,89	92,46	59,48	97,91
51	-5,00	134,15	177,94	67,59	96,09	64,02	104,86
52	-5,10	138,63	183,80	70,14	99,51	68,80	112,16
53	-5,20	143,09	189,64	72,55	102,72	73,81	119,78
54	-5,30	147,54	195,46	74,81	105,72	79,05	127,72
55	-5,40	151,96	201,24	76,93	108,52	84,50	135,95

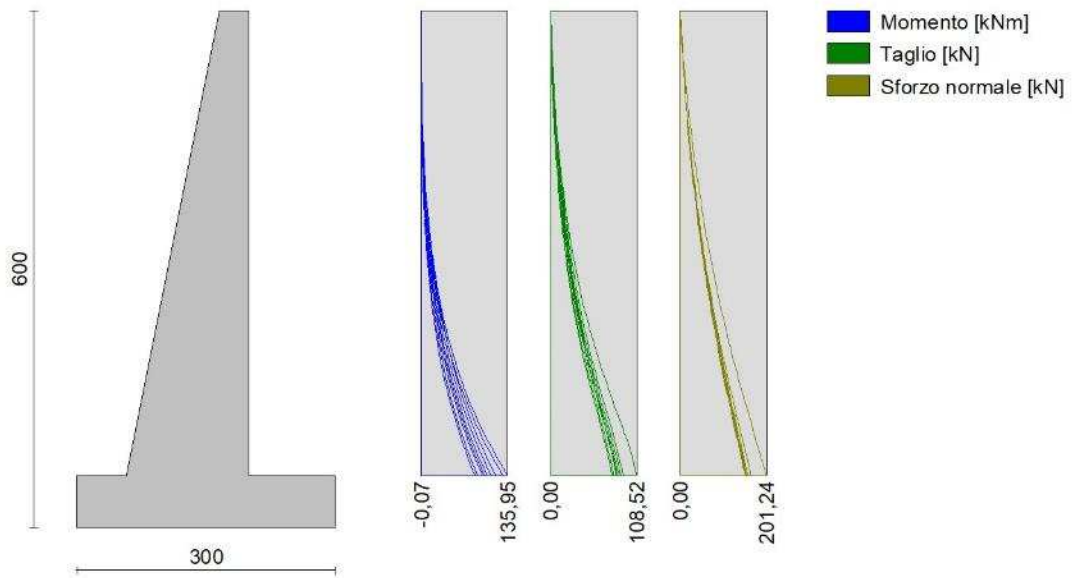


Fig. 5 - Paramento

Fondazione

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]
1	-2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-1,90	0,00	0,00	9,87	15,05	0,48	0,73
3	-1,81	0,00	0,00	19,67	29,79	1,91	2,90
4	-1,71	0,00	0,00	29,38	44,23	4,28	6,48

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]
5	-1,61	0,00	0,00	39,01	58,37	7,58	11,44
6	-1,52	0,00	0,00	48,56	72,21	11,82	17,75
7	-1,42	0,00	0,00	58,04	85,74	16,97	25,39
8	0,00	0,00	0,00	-83,14	-27,82	-44,27	-14,63
9	0,10	0,00	0,00	-76,29	-25,42	-36,30	-11,96
10	0,20	0,00	0,00	-69,11	-22,94	-29,03	-9,54
11	0,30	0,00	0,00	-61,60	-20,38	-22,49	-7,38
12	0,40	0,00	0,00	-53,77	-17,72	-16,72	-5,47
13	0,50	0,00	0,00	-45,62	-14,99	-11,74	-3,84
14	0,60	0,00	0,00	-37,15	-12,16	-7,60	-2,48
15	0,70	0,00	0,00	-28,35	-9,25	-4,32	-1,41
16	0,80	0,00	0,00	-19,22	-6,25	-1,94	-0,63
17	0,90	0,00	0,00	-9,77	-3,17	-0,49	-0,16
18	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

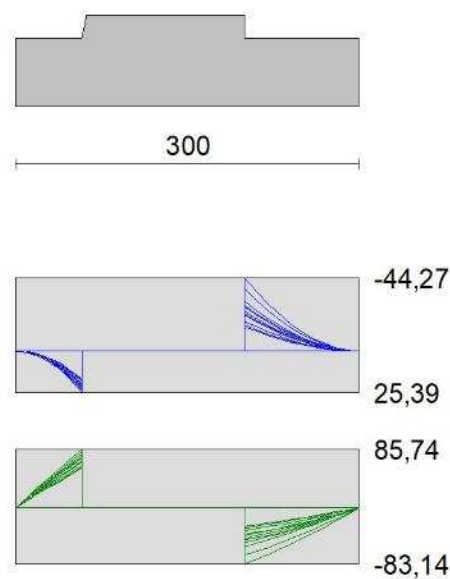


Fig. 6 - Fondazione

Verifiche strutturali

Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n°	indice sezione
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]
M _{rd}	momento resistente espresso in [kNm]
N _{rd}	sforzo normale resistente espresso in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mrd [kNm]	Nrd [kN]	FS
1	100	34	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000
2	100	36	10,05	10,05	-0,01	1,21	-49,62	5527,61	4562.079
3	100	38	10,05	10,05	-0,02	2,51	-45,23	5791,00	2303.706
4	100	40	10,05	10,05	-0,02	3,91	-33,69	6054,38	1549.991
5	100	42	10,05	10,05	-0,01	5,39	-14,93	6317,77	1172.513
6	100	44	10,05	10,05	0,01	6,96	11,08	6581,16	945.515
7	100	46	10,05	10,05	0,06	8,62	44,45	6844,54	793.780
8	100	48	10,05	10,05	0,12	10,38	85,33	7107,93	685.087
9	100	50	10,05	10,05	0,22	12,22	133,81	7371,31	603.322
10	100	52	10,05	10,05	0,35	14,15	190,00	7634,70	539.528
11	100	54	10,05	10,05	0,52	16,17	253,97	7898,08	488.329
12	100	56	10,05	10,05	0,73	18,29	325,79	8161,47	446.303
13	100	58	10,05	10,05	0,99	20,49	403,76	8388,06	409.370
14	100	60	10,05	10,05	1,29	22,78	477,83	8416,66	369.416
15	100	62	10,05	10,05	1,66	25,17	555,78	8447,09	335.638
16	100	64	10,05	10,05	2,08	27,64	636,17	8461,94	306.136
17	100	66	10,05	10,05	3,40	24,22	950,16	6762,98	279.233
18	100	68	10,05	10,05	4,03	26,33	1028,57	6720,69	255.227
19	100	70	10,05	10,05	4,73	28,52	1108,97	6688,64	234.565
20	100	72	10,05	10,05	5,50	30,77	1186,98	6640,80	215.832
21	100	74	10,05	10,05	6,35	33,09	1266,43	6600,79	199.467
22	100	76	10,05	10,05	7,28	35,49	1347,68	6569,43	185.126
23	100	78	10,05	10,05	8,30	37,95	1427,48	6530,55	172.079
24	100	80	10,05	10,05	9,40	40,49	1505,63	6484,97	160.179
25	100	82	10,05	10,05	10,60	43,09	1585,15	6446,41	149.599
26	100	84	10,05	10,05	11,89	45,77	1666,06	6414,12	140.146
27	100	86	10,05	10,05	13,28	48,51	1738,21	6350,24	130.896
28	100	88	10,05	10,05	14,83	52,02	1807,25	6339,55	121.860
29	100	90	10,05	10,05	16,55	55,03	1872,42	6224,58	113.116
30	100	92	10,05	10,05	18,40	58,14	1938,64	6125,05	105.359
31	100	94	10,05	10,05	20,38	61,35	1991,45	5995,77	97.723
32	100	96	10,05	10,05	22,50	64,69	2046,78	5884,51	90.968
33	100	98	10,05	10,05	24,78	68,13	2104,17	5786,34	84.927
34	100	100	10,05	10,05	27,22	71,69	2151,44	5665,40	79.031
35	100	102	10,05	10,05	29,85	75,34	2191,44	5530,55	73.408
36	100	104	10,05	10,05	32,68	79,09	2233,06	5405,10	68.338
37	100	106	10,05	10,05	35,70	82,94	2276,18	5287,91	63.752
38	100	108	10,05	10,05	38,94	86,89	2299,46	5130,78	59.046
39	100	110	10,05	10,05	42,41	90,94	2319,46	4974,20	54.696
40	100	112	10,05	10,05	46,10	95,09	2341,89	4830,39	50.800
41	100	114	10,05	10,05	50,04	99,33	2366,57	4698,03	47.298
42	100	116	10,05	10,05	54,22	103,67	2367,56	4526,68	43.665
43	100	118	10,05	10,05	58,66	108,10	2364,61	4357,34	40.307
44	100	120	10,05	10,05	63,38	112,64	2365,61	4204,23	37.326
45	100	122	10,05	10,05	68,37	117,26	2370,12	4065,34	34.668
46	100	124	10,05	10,05	73,64	121,99	2368,32	3923,21	32.160
47	100	126	10,05	10,05	79,21	126,81	2337,69	3742,44	29.512
48	100	128	10,05	10,05	85,10	131,70	2311,88	3577,78	27.167
49	100	130	10,05	10,05	91,33	136,63	2289,30	3424,79	25.067
50	100	132	10,05	10,05	97,91	141,55	2268,45	3279,59	23.169
51	100	134	12,06	12,06	104,86	146,44	2486,62	3472,71	23.714
52	100	136	12,06	12,06	112,16	151,29	2453,53	3309,65	21.876
53	100	138	12,06	12,06	119,78	156,10	2380,87	3102,75	19.876
54	100	140	12,06	12,06	127,72	160,87	2318,13	2919,79	18.150
55	100	142	12,06	12,06	135,95	165,60	2253,64	2745,11	16.576

Fondazione

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mrd [kNm]	Nrd [kN]	FS
1	100	60	12,06	12,06	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.0 00
2	100	60	12,06	12,06	0,73	0,00	238,59	0,00	326.992
3	100	60	12,06	12,06	2,90	0,00	238,59	0,00	82.297
4	100	60	12,06	12,06	6,48	0,00	238,59	0,00	36.824
5	100	60	12,06	12,06	11,44	0,00	238,59	0,00	20.854
6	100	60	12,06	12,06	17,75	0,00	238,59	0,00	13.438
7	100	60	12,06	12,06	25,39	0,00	238,59	0,00	9.397
8	100	60	12,06	12,06	-44,27	0,00	-238,59	0,00	5.389
9	100	60	12,06	12,06	-36,30	0,00	-238,59	0,00	6.573
10	100	60	12,06	12,06	-29,03	0,00	-238,59	0,00	8.220
11	100	60	12,06	12,06	-22,49	0,00	-238,59	0,00	10.610
12	100	60	12,06	12,06	-16,72	0,00	-238,59	0,00	14.274
13	100	60	12,06	12,06	-11,74	0,00	-238,59	0,00	20.318
14	100	60	12,06	12,06	-7,60	0,00	-238,59	0,00	31.385
15	100	60	12,06	12,06	-4,32	0,00	-238,59	0,00	55.169
16	100	60	12,06	12,06	-1,94	0,00	-238,59	0,00	122.750
17	100	60	12,06	12,06	-0,49	0,00	-238,59	0,00	485.600
18	100	60	12,06	12,06	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.0 00

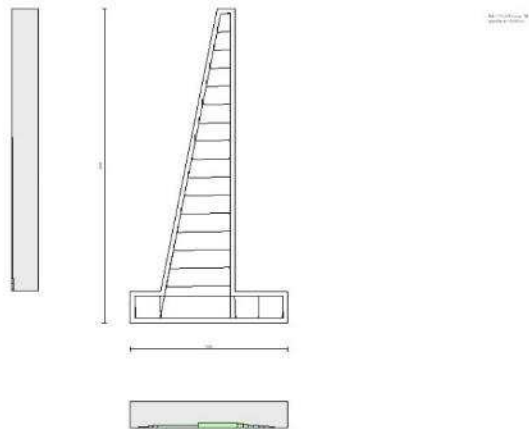


Fig. 7 - Paramento (Inviluppo)

Verifiche a taglio

Simbologia adottata

n° (o ls)	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]
cotgθ	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 [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	100	34	0,00	--	0,00	0,00	132,10	0,00	100.000
2	100	36	0,00	--	0,00	0,00	136,55	0,25	545.712
3	100	38	0,00	--	0,00	0,00	140,88	0,55	257.050
4	100	40	0,00	--	0,00	0,00	146,54	0,89	164.101
5	100	42	0,00	--	0,00	0,00	152,76	1,28	118.941
6	100	44	0,00	--	0,00	0,00	158,93	1,72	92.267
7	100	46	0,00	--	0,00	0,00	165,05	2,21	74.761
8	100	48	0,00	--	0,00	0,00	171,12	2,74	62.455
9	100	50	0,00	--	0,00	0,00	177,15	3,32	53.372
10	100	52	0,00	--	0,00	0,00	183,14	3,95	46.418
11	100	54	0,00	--	0,00	0,00	189,10	4,62	40.942
12	100	56	0,00	--	0,00	0,00	195,03	5,34	36.528
13	100	58	0,00	--	0,00	0,00	200,93	6,11	32.903
14	100	60	0,00	--	0,00	0,00	206,80	6,92	29.879
15	100	62	0,00	--	0,00	0,00	212,65	7,78	27.323
16	100	64	0,00	--	0,00	0,00	218,47	8,70	25.102
17	100	66	0,00	--	0,00	0,00	224,28	9,75	23.002
18	100	68	0,00	--	0,00	0,00	230,07	10,86	21.194
19	100	70	0,00	--	0,00	0,00	235,84	12,02	19.623
20	100	72	0,00	--	0,00	0,00	241,60	13,24	18.247
21	100	74	0,00	--	0,00	0,00	247,35	14,52	17.034
22	100	76	0,00	--	0,00	0,00	253,08	15,86	15.957
23	100	78	0,00	--	0,00	0,00	258,80	17,26	14.997
24	100	80	0,00	--	0,00	0,00	264,51	18,71	14.136
25	100	82	0,00	--	0,00	0,00	270,21	20,23	13.360
26	100	84	0,00	--	0,00	0,00	275,90	21,80	12.656
27	100	86	0,00	--	0,00	0,00	281,58	23,44	12.014
28	100	88	0,00	--	0,00	0,00	287,25	25,15	11.420
29	100	90	0,00	--	0,00	0,00	292,92	26,96	10.864
30	100	92	0,00	--	0,00	0,00	298,59	28,89	10.335
31	100	94	0,00	--	0,00	0,00	304,26	30,96	9.826
32	100	96	0,00	--	0,00	0,00	309,93	33,19	9.339
33	100	98	0,00	--	0,00	0,00	315,60	35,55	8.877
34	100	100	0,00	--	0,00	0,00	321,26	38,05	8.443
35	100	102	0,00	--	0,00	0,00	326,93	40,67	8.039
36	100	104	0,00	--	0,00	0,00	332,60	43,40	7.664
37	100	106	0,00	--	0,00	0,00	338,27	46,25	7.315
38	100	108	0,00	--	0,00	0,00	343,95	49,20	6.991
39	100	110	0,00	--	0,00	0,00	349,62	52,27	6.689
40	100	112	0,00	--	0,00	0,00	355,29	55,44	6.408
41	100	114	0,00	--	0,00	0,00	360,97	58,73	6.146
42	100	116	0,00	--	0,00	0,00	366,65	62,12	5.902
43	100	118	0,00	--	0,00	0,00	372,33	65,63	5.674
44	100	120	0,00	--	0,00	0,00	378,02	69,24	5.460
45	100	122	0,00	--	0,00	0,00	383,71	72,95	5.260
46	100	124	0,00	--	0,00	0,00	389,40	76,78	5.072
47	100	126	0,00	--	0,00	0,00	395,10	80,71	4.895
48	100	128	0,00	--	0,00	0,00	400,80	84,68	4.733
49	100	130	0,00	--	0,00	0,00	406,49	88,63	4.586
50	100	132	0,00	--	0,00	0,00	412,18	92,46	4.458
51	100	134	0,00	--	0,00	0,00	417,85	96,09	4.349
52	100	136	0,00	--	0,00	0,00	423,50	99,51	4.256
53	100	138	0,00	--	0,00	0,00	429,15	102,72	4.178
54	100	140	0,00	--	0,00	0,00	434,78	105,72	4.112
55	100	142	0,00	--	0,00	0,00	439,90	108,52	4.054

Fondazione

n°	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	100	60	0,00	--	0,00	0,00	204,42	0,00	100.000
2	100	60	0,00	--	0,00	0,00	204,42	-15,05	13.586
3	100	60	0,00	--	0,00	0,00	204,42	-29,79	6.862
4	100	60	0,00	--	0,00	0,00	204,42	-44,23	4.622
5	100	60	0,00	--	0,00	0,00	204,42	-58,37	3.502

n°	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
6	100	60	0,00	--	0,00	0,00	204,42	-72,21	2.831
7	100	60	0,00	--	0,00	0,00	204,42	-85,74	2.384
8	100	60	0,00	--	0,00	0,00	204,42	-83,14	2.459
9	100	60	0,00	--	0,00	0,00	204,42	-76,29	2.680
10	100	60	0,00	--	0,00	0,00	204,42	-69,11	2.958
11	100	60	0,00	--	0,00	0,00	204,42	-61,60	3.318
12	100	60	0,00	--	0,00	0,00	204,42	-53,77	3.801
13	100	60	0,00	--	0,00	0,00	204,42	-45,62	4.481
14	100	60	0,00	--	0,00	0,00	204,42	-37,15	5.503
15	100	60	0,00	--	0,00	0,00	204,42	-28,35	7.212
16	100	60	0,00	--	0,00	0,00	204,42	-19,22	10.635
17	100	60	0,00	--	0,00	0,00	204,42	-9,77	20.918
18	100	60	0,00	--	0,00	0,00	204,42	0,00	100.000

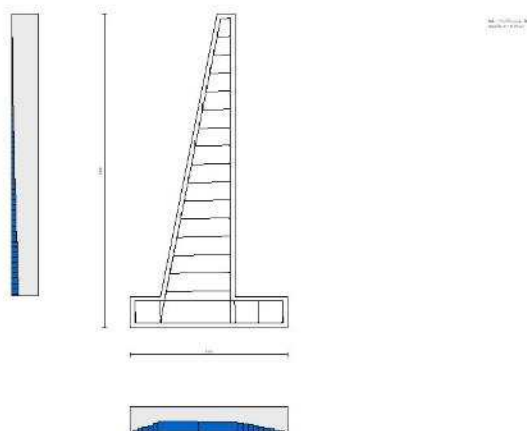


Fig. 8 - Paramento (Inviluppo)

Verifica delle tensioni

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 [N/mm²]
- σ_{fi} tensione nei ferri inferiori, espressa in [N/mm²]
- σ_{fs} tensione nei ferri superiori, espressa in [N/mm²]

Combinazioni SLER

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	17,430	[N/mm ²]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	359,949	[N/mm ²]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	σ_c [N/mmq]	σ_{fi} [N/mmq]	σ_{fs} [N/mmq]
1	100	34	10,05	10,05	0,00	0,00	0,000 (13)	0,000 (13)	0,000 (13)
2	100	36	10,05	10,05	-0,01	0,93	0,003 (13)	0,038 (13)	0,033 (13)
3	100	38	10,05	10,05	-0,02	1,92	0,005 (13)	0,075 (13)	0,065 (13)
4	100	40	10,05	10,05	-0,02	2,99	0,008 (13)	0,110 (13)	0,098 (13)
5	100	42	10,05	10,05	-0,02	4,12	0,010 (13)	0,142 (13)	0,133 (13)
6	100	44	10,05	10,05	0,00	5,32	0,011 (13)	0,170 (13)	0,169 (13)
7	100	46	10,05	10,05	0,03	6,60	0,014 (13)	0,196 (13)	0,208 (13)
8	100	48	10,05	10,05	0,07	7,94	0,017 (13)	0,217 (13)	0,250 (13)
9	100	50	10,05	10,05	0,14	9,35	0,021 (13)	0,235 (13)	0,294 (13)
10	100	52	10,05	10,05	0,23	10,83	0,024 (13)	0,249 (13)	0,342 (13)
11	100	54	10,05	10,05	0,34	12,38	0,028 (13)	0,259 (13)	0,392 (13)
12	100	56	10,05	10,05	0,49	14,00	0,032 (13)	0,266 (13)	0,446 (13)
13	100	58	10,05	10,05	0,68	15,69	0,037 (13)	0,269 (13)	0,503 (13)
14	100	60	10,05	10,05	0,90	17,44	0,042 (13)	0,268 (13)	0,562 (13)
15	100	62	10,05	10,05	1,16	19,27	0,046 (13)	0,264 (13)	0,625 (13)
16	100	64	10,05	10,05	1,46	21,17	0,052 (13)	0,257 (13)	0,691 (13)
17	100	66	10,05	10,05	1,82	23,13	0,057 (13)	0,246 (13)	0,759 (13)
18	100	68	10,05	10,05	2,22	25,17	0,062 (13)	0,233 (13)	0,831 (13)
19	100	70	10,05	10,05	2,69	27,27	0,068 (13)	0,216 (13)	0,905 (13)
20	100	72	10,05	10,05	3,20	29,45	0,074 (13)	0,197 (13)	0,981 (13)
21	100	74	10,05	10,05	3,78	31,69	0,080 (13)	0,175 (13)	1,060 (13)
22	100	76	10,05	10,05	4,43	34,00	0,086 (13)	0,150 (13)	1,141 (13)
23	100	78	10,05	10,05	5,14	36,39	0,092 (13)	0,121 (13)	1,225 (13)
24	100	80	10,05	10,05	5,93	38,84	0,099 (13)	0,086 (13)	1,313 (13)
25	100	82	10,05	10,05	6,79	41,36	0,106 (13)	0,043 (13)	1,405 (13)
26	100	84	10,05	10,05	7,73	43,95	0,113 (13)	0,006 (13)	1,500 (13)
27	100	86	10,05	10,05	8,75	46,61	0,121 (13)	0,065 (13)	1,600 (13)
28	100	88	10,05	10,05	9,86	49,35	0,129 (13)	0,131 (13)	1,703 (13)
29	100	90	10,05	10,05	11,05	52,16	0,137 (13)	0,207 (13)	1,810 (13)
30	100	92	10,05	10,05	12,33	55,07	0,146 (13)	0,292 (13)	1,922 (13)
31	100	94	10,05	10,05	13,71	58,07	0,154 (13)	0,386 (13)	2,038 (13)
32	100	96	10,05	10,05	15,18	61,16	0,164 (13)	0,490 (13)	2,158 (13)
33	100	98	10,05	10,05	16,77	64,36	0,173 (13)	0,607 (13)	2,284 (13)
34	100	100	10,05	10,05	18,48	67,65	0,184 (13)	0,740 (13)	2,416 (13)
35	100	102	10,05	10,05	20,33	71,03	0,194 (13)	0,890 (13)	2,555 (13)
36	100	104	10,05	10,05	22,31	74,50	0,206 (13)	1,059 (13)	2,701 (13)
37	100	106	10,05	10,05	24,44	78,06	0,218 (13)	1,252 (13)	2,855 (13)
38	100	108	10,05	10,05	26,72	81,70	0,230 (13)	1,469 (13)	3,018 (13)
39	100	110	10,05	10,05	29,17	85,43	0,244 (13)	1,715 (13)	3,189 (13)
40	100	112	10,05	10,05	31,79	89,25	0,258 (13)	1,991 (13)	3,369 (13)
41	100	114	10,05	10,05	34,58	93,15	0,273 (13)	2,300 (13)	3,558 (13)
42	100	116	10,05	10,05	37,56	97,14	0,289 (13)	2,645 (13)	3,757 (13)
43	100	118	10,05	10,05	40,73	101,21	0,305 (13)	3,029 (13)	3,965 (13)
44	100	120	10,05	10,05	44,09	105,38	0,323 (13)	3,456 (13)	4,183 (13)
45	100	122	10,05	10,05	47,66	109,62	0,341 (13)	3,928 (13)	4,411 (13)
46	100	124	10,05	10,05	51,44	113,95	0,360 (13)	4,447 (13)	4,649 (13)
47	100	126	10,05	10,05	55,43	118,37	0,380 (13)	5,018 (13)	4,897 (13)
48	100	128	10,05	10,05	59,66	122,85	0,401 (13)	5,650 (13)	5,157 (13)
49	100	130	10,05	10,05	64,14	127,38	0,423 (13)	6,353 (13)	5,430 (13)
50	100	132	10,05	10,05	68,88	131,92	0,447 (13)	7,141 (13)	5,716 (13)
51	100	134	12,06	12,06	73,90	136,44	0,456 (13)	7,294 (13)	5,848 (13)
52	100	136	12,06	12,06	79,17	140,94	0,480 (13)	8,150 (13)	6,143 (13)
53	100	138	12,06	12,06	84,69	145,43	0,505 (13)	9,079 (13)	6,447 (13)
54	100	140	12,06	12,06	90,43	149,90	0,531 (13)	10,075 (13)	6,758 (13)
55	100	142	12,06	12,06	96,40	154,35	0,559 (13)	11,198 (13)	7,093 (13)

FondazioneTensione massima di compressione nel calcestruzzo
Tensione massima di trazione dell'acciaio17,430 [N/mmq]
359,949 [N/mmq]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	σ_c [N/mmq]	σ_{fi} [N/mmq]	σ_{fs} [N/mmq]
1	100	60	12,06	12,06	0,00	0,00	0,000 (13)	0,000 (13)	0,000 (13)
2	100	60	12,06	12,06	0,52	0,00	0,018 (13)	0,912 (13)	0,063 (13)
3	100	60	12,06	12,06	2,06	0,00	0,071 (13)	3,633 (13)	0,252 (13)
4	100	60	12,06	12,06	4,62	0,00	0,158 (13)	8,143 (13)	0,566 (13)
5	100	60	12,06	12,06	8,18	0,00	0,280 (13)	14,421 (13)	1,002 (13)

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	σ_c [N/mmq]	σ_{fi} [N/mmq]	σ_{fs} [N/mmq]
6	100	60	12,06	12,06	12,73	0,00	0,436 (13)	22,447 (13)	1,560 (13)
7	100	60	12,06	12,06	18,26	0,00	0,626 (13)	32,200 (13)	2,237 (13)
8	100	60	12,06	12,06	-17,92	0,00	0,614 (13)	2,196 (13)	31,610 (13)
9	100	60	12,06	12,06	-14,69	0,00	0,504 (13)	1,801 (13)	25,914 (13)
10	100	60	12,06	12,06	-11,75	0,00	0,403 (13)	1,440 (13)	20,720 (13)
11	100	60	12,06	12,06	-9,10	0,00	0,312 (13)	1,115 (13)	16,051 (13)
12	100	60	12,06	12,06	-6,76	0,00	0,232 (13)	0,829 (13)	11,930 (13)
13	100	60	12,06	12,06	-4,75	0,00	0,163 (13)	0,582 (13)	8,380 (13)
14	100	60	12,06	12,06	-3,08	0,00	0,105 (13)	0,377 (13)	5,425 (13)
15	100	60	12,06	12,06	-1,75	0,00	0,060 (13)	0,214 (13)	3,086 (13)
16	100	60	12,06	12,06	-0,79	0,00	0,027 (13)	0,096 (13)	1,387 (13)
17	100	60	12,06	12,06	-0,20	0,00	0,007 (13)	0,024 (13)	0,351 (13)
18	100	60	12,06	12,06	0,00	0,00	0,000 (13)	0,000 (13)	0,000 (13)

Combinazioni SLEFParamento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 29,050 [N/mmq]
Tensione massima di trazione dell'acciaio 449,936 [N/mmq]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	σ_c [N/mmq]	σ_{fi} [N/mmq]	σ_{fs} [N/mmq]
1	100	34	10,05	10,05	0,00	0,00	0,000 (14)	0,000 (14)	0,000 (14)
2	100	36	10,05	10,05	-0,01	0,91	0,003 (14)	0,037 (14)	0,033 (14)
3	100	38	10,05	10,05	-0,02	1,88	0,005 (14)	0,074 (14)	0,063 (14)
4	100	40	10,05	10,05	-0,03	2,92	0,008 (14)	0,110 (14)	0,094 (14)
5	100	42	10,05	10,05	-0,04	4,04	0,010 (14)	0,145 (14)	0,124 (14)
6	100	44	10,05	10,05	-0,04	5,22	0,012 (14)	0,177 (14)	0,156 (14)
7	100	46	10,05	10,05	-0,03	6,47	0,014 (14)	0,206 (14)	0,190 (14)
8	100	48	10,05	10,05	-0,01	7,79	0,016 (14)	0,232 (14)	0,227 (14)
9	100	50	10,05	10,05	0,03	9,18	0,018 (14)	0,254 (14)	0,265 (14)
10	100	52	10,05	10,05	0,08	10,64	0,021 (14)	0,273 (14)	0,307 (14)
11	100	54	10,05	10,05	0,16	12,17	0,024 (14)	0,289 (14)	0,352 (14)
12	100	56	10,05	10,05	0,27	13,77	0,028 (14)	0,301 (14)	0,399 (14)
13	100	58	10,05	10,05	0,40	15,44	0,032 (14)	0,309 (14)	0,450 (14)
14	100	60	10,05	10,05	0,57	17,18	0,036 (14)	0,314 (14)	0,503 (14)
15	100	62	10,05	10,05	0,78	18,98	0,041 (14)	0,316 (14)	0,560 (14)
16	100	64	10,05	10,05	1,03	20,86	0,045 (14)	0,314 (14)	0,619 (14)
17	100	66	10,05	10,05	1,32	22,81	0,050 (14)	0,309 (14)	0,682 (14)
18	100	68	10,05	10,05	1,66	24,82	0,055 (14)	0,301 (14)	0,747 (14)
19	100	70	10,05	10,05	2,05	26,91	0,060 (14)	0,290 (14)	0,815 (14)
20	100	72	10,05	10,05	2,49	29,06	0,066 (14)	0,277 (14)	0,886 (14)
21	100	74	10,05	10,05	2,99	31,28	0,071 (14)	0,260 (14)	0,959 (14)
22	100	76	10,05	10,05	3,55	33,57	0,077 (14)	0,241 (14)	1,034 (14)
23	100	78	10,05	10,05	4,17	35,94	0,083 (14)	0,219 (14)	1,112 (14)
24	100	80	10,05	10,05	4,86	38,37	0,089 (14)	0,194 (14)	1,192 (14)
25	100	82	10,05	10,05	5,63	40,87	0,095 (14)	0,167 (14)	1,275 (14)
26	100	84	10,05	10,05	6,46	43,44	0,101 (14)	0,138 (14)	1,360 (14)
27	100	86	10,05	10,05	7,38	46,08	0,108 (14)	0,102 (14)	1,448 (14)
28	100	88	10,05	10,05	8,37	48,79	0,115 (14)	0,061 (14)	1,539 (14)
29	100	90	10,05	10,05	9,45	51,58	0,122 (14)	0,012 (14)	1,635 (14)
30	100	92	10,05	10,05	10,61	54,44	0,130 (14)	0,043 (14)	1,734 (14)
31	100	94	10,05	10,05	11,87	57,40	0,137 (14)	0,105 (14)	1,836 (14)
32	100	96	10,05	10,05	13,21	60,45	0,145 (14)	0,175 (14)	1,943 (14)
33	100	98	10,05	10,05	14,66	63,60	0,154 (14)	0,254 (14)	2,054 (14)
34	100	100	10,05	10,05	16,22	66,85	0,163 (14)	0,343 (14)	2,171 (14)
35	100	102	10,05	10,05	17,90	70,19	0,172 (14)	0,445 (14)	2,293 (14)
36	100	104	10,05	10,05	19,71	73,61	0,182 (14)	0,560 (14)	2,422 (14)
37	100	106	10,05	10,05	21,67	77,13	0,192 (14)	0,691 (14)	2,557 (14)
38	100	108	10,05	10,05	23,76	80,73	0,203 (14)	0,841 (14)	2,699 (14)
39	100	110	10,05	10,05	26,01	84,43	0,214 (14)	1,011 (14)	2,849 (14)
40	100	112	10,05	10,05	28,42	88,20	0,227 (14)	1,203 (14)	3,007 (14)
41	100	114	10,05	10,05	31,00	92,07	0,240 (14)	1,420 (14)	3,174 (14)
42	100	116	10,05	10,05	33,76	96,02	0,253 (14)	1,665 (14)	3,349 (14)
43	100	118	10,05	10,05	36,69	100,05	0,268 (14)	1,941 (14)	3,533 (14)
44	100	120	10,05	10,05	39,82	104,18	0,283 (14)	2,249 (14)	3,727 (14)
45	100	122	10,05	10,05	43,14	108,39	0,299 (14)	2,594 (14)	3,930 (14)

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[N/mmq]	[N/mmq]	[N/mmq]
46	100	124	10,05	10,05	46,66	112,68	0,315 (14)	2,977 (14)	4,142 (14)
47	100	126	10,05	10,05	50,39	117,06	0,333 (14)	3,403 (14)	4,365 (14)
48	100	128	10,05	10,05	54,35	121,51	0,352 (14)	3,879 (14)	4,599 (14)
49	100	130	10,05	10,05	58,55	126,00	0,371 (14)	4,415 (14)	4,846 (14)
50	100	132	10,05	10,05	63,00	130,51	0,392 (14)	5,021 (14)	5,106 (14)
51	100	134	12,06	12,06	67,72	135,01	0,403 (14)	5,264 (14)	5,255 (14)
52	100	136	12,06	12,06	72,68	139,49	0,425 (14)	5,949 (14)	5,528 (14)
53	100	138	12,06	12,06	77,88	143,97	0,448 (14)	6,703 (14)	5,810 (14)
54	100	140	12,06	12,06	83,31	148,42	0,472 (14)	7,520 (14)	6,100 (14)
55	100	142	12,06	12,06	88,95	152,87	0,498 (14)	8,449 (14)	6,414 (14)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo
Tensione massima di trazione dell'acciaio

29,050 [N/mmq]
449,936 [N/mmq]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[N/mmq]	[N/mmq]	[N/mmq]
1	100	60	12,06	12,06	0,00	0,00	0,000 (14)	0,000 (14)	0,000 (14)
2	100	60	12,06	12,06	0,49	0,00	0,017 (14)	0,869 (14)	0,060 (14)
3	100	60	12,06	12,06	1,96	0,00	0,067 (14)	3,463 (14)	0,241 (14)
4	100	60	12,06	12,06	4,40	0,00	0,151 (14)	7,768 (14)	0,540 (14)
5	100	60	12,06	12,06	7,81	0,00	0,267 (14)	13,766 (14)	0,957 (14)
6	100	60	12,06	12,06	12,16	0,00	0,417 (14)	21,442 (14)	1,490 (14)
7	100	60	12,06	12,06	17,45	0,00	0,598 (14)	30,778 (14)	2,139 (14)
8	100	60	12,06	12,06	-15,86	0,00	0,544 (14)	1,944 (14)	27,972 (14)
9	100	60	12,06	12,06	-12,99	0,00	0,445 (14)	1,591 (14)	22,902 (14)
10	100	60	12,06	12,06	-10,37	0,00	0,355 (14)	1,271 (14)	18,288 (14)
11	100	60	12,06	12,06	-8,02	0,00	0,275 (14)	0,983 (14)	14,150 (14)
12	100	60	12,06	12,06	-5,96	0,00	0,204 (14)	0,730 (14)	10,504 (14)
13	100	60	12,06	12,06	-4,18	0,00	0,143 (14)	0,512 (14)	7,370 (14)
14	100	60	12,06	12,06	-2,70	0,00	0,093 (14)	0,331 (14)	4,765 (14)
15	100	60	12,06	12,06	-1,54	0,00	0,053 (14)	0,188 (14)	2,707 (14)
16	100	60	12,06	12,06	-0,69	0,00	0,024 (14)	0,084 (14)	1,215 (14)
17	100	60	12,06	12,06	-0,17	0,00	0,006 (14)	0,021 (14)	0,307 (14)
18	100	60	12,06	12,06	0,00	0,00	0,000 (14)	0,000 (14)	0,000 (14)

Combinazioni SLEQ**Paramento**

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo
Tensione massima di trazione dell'acciaio

13,073 [N/mmq]
449,936 [N/mmq]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[N/mmq]	[N/mmq]	[N/mmq]
1	100	34	10,05	10,05	0,00	0,00	0,000 (15)	0,000 (15)	0,000 (15)
2	100	36	10,05	10,05	-0,01	0,95	0,003 (16)	0,039 (16)	0,034 (16)
3	100	38	10,05	10,05	-0,01	1,96	0,005 (15)	0,075 (16)	0,069 (16)
4	100	40	10,05	10,05	-0,01	3,05	0,008 (15)	0,111 (15)	0,105 (16)
5	100	42	10,05	10,05	0,01	4,21	0,010 (15)	0,147 (15)	0,144 (16)
6	100	44	10,05	10,05	0,04	5,44	0,013 (16)	0,180 (15)	0,185 (16)
7	100	46	10,05	10,05	0,10	6,73	0,016 (16)	0,212 (15)	0,229 (16)
8	100	48	10,05	10,05	0,17	8,10	0,020 (16)	0,241 (15)	0,277 (16)
9	100	50	10,05	10,05	0,27	9,54	0,024 (16)	0,266 (15)	0,328 (16)
10	100	52	10,05	10,05	0,40	11,04	0,028 (16)	0,288 (15)	0,382 (16)
11	100	54	10,05	10,05	0,56	12,62	0,033 (16)	0,307 (15)	0,440 (16)
12	100	56	10,05	10,05	0,76	14,27	0,038 (16)	0,322 (15)	0,501 (16)
13	100	58	10,05	10,05	0,99	15,99	0,043 (16)	0,334 (15)	0,565 (16)
14	100	60	10,05	10,05	1,28	17,77	0,048 (16)	0,342 (15)	0,633 (16)
15	100	62	10,05	10,05	1,60	19,63	0,053 (16)	0,347 (15)	0,703 (16)
16	100	64	10,05	10,05	1,98	21,56	0,059 (16)	0,349 (15)	0,776 (16)
17	100	66	10,05	10,05	2,42	23,55	0,065 (16)	0,348 (15)	0,853 (16)
18	100	68	10,05	10,05	2,91	25,62	0,071 (16)	0,343 (15)	0,932 (16)
19	100	70	10,05	10,05	3,46	27,76	0,078 (16)	0,335 (15)	1,014 (16)
20	100	72	10,05	10,05	4,07	29,96	0,084 (16)	0,325 (15)	1,100 (16)
21	100	74	10,05	10,05	4,76	32,24	0,091 (16)	0,311 (15)	1,190 (16)
22	100	76	10,05	10,05	5,51	34,59	0,098 (16)	0,295 (15)	1,284 (16)

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[N/mmq]	[N/mmq]	[N/mmq]
23	100	78	10,05	10,05	6,35	37,00	0,106 (16)	0,276 (15)	1,382 (16)
24	100	80	10,05	10,05	7,26	39,49	0,114 (16)	0,255 (15)	1,485 (16)
25	100	82	10,05	10,05	8,25	42,05	0,122 (16)	0,231 (15)	1,593 (16)
26	100	84	10,05	10,05	9,33	44,67	0,131 (16)	0,278 (16)	1,706 (16)
27	100	86	10,05	10,05	10,49	47,37	0,140 (16)	0,380 (16)	1,823 (16)
28	100	88	10,05	10,05	11,75	50,14	0,150 (16)	0,496 (16)	1,945 (16)
29	100	90	10,05	10,05	13,11	52,98	0,160 (16)	0,626 (16)	2,072 (16)
30	100	92	10,05	10,05	14,56	55,91	0,170 (16)	0,771 (16)	2,204 (16)
31	100	94	10,05	10,05	16,11	58,91	0,181 (16)	0,930 (16)	2,341 (16)
32	100	96	10,05	10,05	17,77	62,01	0,192 (16)	1,105 (16)	2,482 (16)
33	100	98	10,05	10,05	19,54	65,20	0,204 (16)	1,297 (16)	2,629 (16)
34	100	100	10,05	10,05	21,44	68,49	0,216 (16)	1,506 (16)	2,781 (16)
35	100	102	10,05	10,05	23,46	71,88	0,229 (16)	1,738 (16)	2,940 (16)
36	100	104	10,05	10,05	25,62	75,36	0,242 (16)	1,993 (16)	3,106 (16)
37	100	106	10,05	10,05	27,92	78,93	0,256 (16)	2,276 (16)	3,280 (16)
38	100	108	10,05	10,05	30,39	82,58	0,270 (16)	2,590 (16)	3,462 (16)
39	100	110	10,05	10,05	33,02	86,33	0,285 (16)	2,937 (16)	3,652 (16)
40	100	112	10,05	10,05	35,82	90,16	0,301 (16)	3,320 (16)	3,851 (16)
41	100	114	10,05	10,05	38,80	94,08	0,318 (16)	3,743 (16)	4,059 (16)
42	100	116	10,05	10,05	41,96	98,09	0,336 (16)	4,207 (16)	4,276 (16)
43	100	118	10,05	10,05	45,32	102,18	0,354 (16)	4,715 (16)	4,503 (16)
44	100	120	10,05	10,05	48,88	106,36	0,373 (16)	5,271 (16)	4,739 (16)
45	100	122	10,05	10,05	52,64	110,63	0,393 (16)	5,875 (16)	4,984 (16)
46	100	124	10,05	10,05	56,62	114,98	0,414 (16)	6,532 (16)	5,239 (16)
47	100	126	10,05	10,05	60,82	119,42	0,436 (16)	7,242 (16)	5,503 (16)
48	100	128	10,05	10,05	65,26	123,93	0,458 (16)	8,017 (16)	5,778 (16)
49	100	130	10,05	10,05	69,95	128,48	0,482 (16)	8,866 (16)	6,065 (16)
50	100	132	10,05	10,05	74,90	133,06	0,507 (16)	9,802 (16)	6,364 (16)
51	100	134	12,06	12,06	80,13	137,63	0,512 (16)	9,721 (16)	6,460 (16)
52	100	136	12,06	12,06	85,62	142,20	0,538 (16)	10,700 (16)	6,766 (16)
53	100	138	12,06	12,06	91,36	146,75	0,564 (16)	11,753 (16)	7,080 (16)
54	100	140	12,06	12,06	97,34	151,28	0,590 (16)	12,873 (16)	7,400 (16)
55	100	142	12,06	12,06	103,55	155,81	0,620 (16)	14,130 (16)	7,745 (16)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo
Tensione massima di trazione dell'acciaio

13,073 [N/mmq]
449,936 [N/mmq]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[N/mmq]	[N/mmq]	[N/mmq]
1	100	60	12,06	12,06	0,00	0,00	0,000 (15)	0,000 (15)	0,000 (15)
2	100	60	12,06	12,06	0,58	0,00	0,020 (16)	1,025 (16)	0,071 (16)
3	100	60	12,06	12,06	2,31	0,00	0,079 (16)	4,075 (16)	0,283 (16)
4	100	60	12,06	12,06	5,17	0,00	0,177 (16)	9,115 (16)	0,633 (16)
5	100	60	12,06	12,06	9,14	0,00	0,313 (16)	16,110 (16)	1,119 (16)
6	100	60	12,06	12,06	14,19	0,00	0,486 (16)	25,024 (16)	1,739 (16)
7	100	60	12,06	12,06	20,31	0,00	0,696 (16)	35,820 (16)	2,489 (16)
8	100	60	12,06	12,06	-22,35	0,00	0,766 (17)	2,738 (17)	39,406 (17)
9	100	60	12,06	12,06	-18,39	0,00	0,630 (17)	2,253 (17)	32,426 (17)
10	100	60	12,06	12,06	-14,76	0,00	0,506 (17)	1,808 (17)	26,021 (17)
11	100	60	12,06	12,06	-11,47	0,00	0,393 (17)	1,406 (17)	20,229 (17)
12	100	60	12,06	12,06	-8,56	0,00	0,293 (17)	1,048 (17)	15,087 (17)
13	100	60	12,06	12,06	-6,03	0,00	0,207 (17)	0,739 (17)	10,634 (17)
14	100	60	12,06	12,06	-3,92	0,00	0,134 (17)	0,480 (17)	6,906 (17)
15	100	60	12,06	12,06	-2,23	0,00	0,077 (17)	0,274 (17)	3,941 (17)
16	100	60	12,06	12,06	-1,01	0,00	0,035 (17)	0,123 (17)	1,776 (17)
17	100	60	12,06	12,06	-0,26	0,00	0,009 (17)	0,031 (17)	0,450 (17)
18	100	60	12,06	12,06	0,00	0,00	0,000 (15)	0,000 (15)	0,000 (15)

Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

n° indice sezione
Y ordinata sezione espressa in [m]
B larghezza sezione espresso in [cm]
H altezza sezione espressa in [cm]
Af area ferri zona tesa espresso in [cmq]

Aeff	area efficace espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kNm]
Mpf	momento di formazione/apertura fessure espressa in [kNm]
ϵ	deformazione espresso in %
Sm	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w	apertura delle fessure espressa in [mm]

Combinazioni SLEFParamentoApertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ϵ	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	34	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (14)
2	100	36	10,05	938,69	-0,01	-78,36	0,000000	0,00	0,000 (14)
3	100	38	10,05	995,91	-0,02	-87,61	0,000000	0,00	0,000 (14)
4	100	40	10,05	1053,33	-0,03	-97,35	0,000000	0,00	0,000 (14)
5	100	42	10,05	1110,92	-0,04	-107,57	0,000000	0,00	0,000 (14)
6	100	44	10,05	1168,68	-0,04	-118,28	0,000000	0,00	0,000 (14)
7	100	46	10,05	1226,60	-0,03	-129,47	0,000000	0,00	0,000 (14)
8	100	48	10,05	1284,65	-0,01	-141,14	0,000000	0,00	0,000 (14)
9	100	50	10,05	1342,84	0,03	153,30	0,000000	0,00	0,000 (14)
10	100	52	10,05	1401,15	0,08	165,93	0,000000	0,00	0,000 (14)
11	100	54	10,05	1459,59	0,16	179,04	0,000000	0,00	0,000 (14)
12	100	56	10,05	1518,13	0,27	192,63	0,000000	0,00	0,000 (14)
13	100	58	10,05	1576,78	0,40	206,69	0,000000	0,00	0,000 (14)
14	100	60	10,05	1635,53	0,57	221,25	0,000000	0,00	0,000 (14)
15	100	62	10,05	1694,37	0,78	236,28	0,000000	0,00	0,000 (14)
16	100	64	10,05	1753,30	1,03	251,78	0,000000	0,00	0,000 (14)
17	100	66	10,05	1812,32	1,32	267,77	0,000000	0,00	0,000 (14)
18	100	68	10,05	1871,42	1,66	284,23	0,000000	0,00	0,000 (14)
19	100	70	10,05	1930,59	2,05	301,17	0,000000	0,00	0,000 (14)
20	100	72	10,05	1989,84	2,49	318,60	0,000000	0,00	0,000 (14)
21	100	74	10,05	2049,16	2,99	336,51	0,000000	0,00	0,000 (14)
22	100	76	10,05	2108,55	3,55	354,89	0,000000	0,00	0,000 (14)
23	100	78	10,05	2167,99	4,17	373,77	0,000000	0,00	0,000 (14)
24	100	80	10,05	2200,00	4,86	393,11	0,000000	0,00	0,000 (14)
25	100	82	10,05	2200,00	5,63	412,95	0,000000	0,00	0,000 (14)
26	100	84	10,05	2200,00	6,46	433,25	0,000000	0,00	0,000 (14)
27	100	86	10,05	2200,00	7,38	454,07	0,000000	0,00	0,000 (14)
28	100	88	10,05	2200,00	8,37	475,34	0,000000	0,00	0,000 (14)
29	100	90	10,05	2200,00	9,45	497,11	0,000000	0,00	0,000 (14)
30	100	92	10,05	2200,00	10,61	519,38	0,000000	0,00	0,000 (14)
31	100	94	10,05	2200,00	11,87	542,12	0,000000	0,00	0,000 (14)
32	100	96	10,05	2200,00	13,21	565,34	0,000000	0,00	0,000 (14)
33	100	98	10,05	2200,00	14,66	589,09	0,000000	0,00	0,000 (14)
34	100	100	10,05	2200,00	16,22	613,29	0,000000	0,00	0,000 (14)
35	100	102	10,05	2200,00	17,90	638,03	0,000000	0,00	0,000 (14)
36	100	104	10,05	2200,00	19,71	663,21	0,000000	0,00	0,000 (14)
37	100	106	10,05	2200,00	21,67	688,91	0,000000	0,00	0,000 (14)
38	100	108	10,05	2200,00	23,76	715,14	0,000000	0,00	0,000 (14)
39	100	110	10,05	2200,00	26,01	741,83	0,000000	0,00	0,000 (14)
40	100	112	10,05	2200,00	28,42	768,99	0,000000	0,00	0,000 (14)
41	100	114	10,05	2200,00	31,00	796,70	0,000000	0,00	0,000 (14)
42	100	116	10,05	2200,00	33,76	824,89	0,000000	0,00	0,000 (14)
43	100	118	10,05	2200,00	36,69	853,57	0,000000	0,00	0,000 (14)
44	100	120	10,05	2200,00	39,82	882,74	0,000000	0,00	0,000 (14)
45	100	122	10,05	2200,00	43,14	912,42	0,000000	0,00	0,000 (14)
46	100	124	10,05	2200,00	46,66	942,61	0,000000	0,00	0,000 (14)
47	100	126	10,05	2200,00	50,39	973,31	0,000000	0,00	0,000 (14)
48	100	128	10,05	2200,00	54,35	1004,46	0,000000	0,00	0,000 (14)
49	100	130	10,05	2200,00	58,55	1036,16	0,000000	0,00	0,000 (14)
50	100	132	10,05	2200,00	63,00	1068,28	0,000000	0,00	0,000 (14)
51	100	134	12,06	2200,00	67,72	1111,49	0,000000	0,00	0,000 (14)
52	100	136	12,06	2200,00	72,68	1144,84	0,000000	0,00	0,000 (14)
53	100	138	12,06	2200,00	77,88	1178,62	0,000000	0,00	0,000 (14)
54	100	140	12,06	2200,00	83,31	1212,93	0,000000	0,00	0,000 (14)
55	100	142	12,06	2200,00	88,95	1244,32	0,000000	0,00	0,000 (14)

FondazioneApertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	60	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (14)
2	100	60	12,06	1614,84	0,49	222,56	0,000000	0,00	0,000 (14)
3	100	60	12,06	1614,84	1,96	222,56	0,000000	0,00	0,000 (14)
4	100	60	12,06	1614,84	4,40	222,56	0,000000	0,00	0,000 (14)
5	100	60	12,06	1614,84	7,81	222,56	0,000000	0,00	0,000 (14)
6	100	60	12,06	1614,84	12,16	222,56	0,000000	0,00	0,000 (14)
7	100	60	12,06	1614,84	17,45	222,56	0,000000	0,00	0,000 (14)
8	100	60	12,06	1614,84	-15,86	-222,56	0,000000	0,00	0,000 (14)
9	100	60	12,06	1614,84	-12,99	-222,56	0,000000	0,00	0,000 (14)
10	100	60	12,06	1614,84	-10,37	-222,56	0,000000	0,00	0,000 (14)
11	100	60	12,06	1614,84	-8,02	-222,56	0,000000	0,00	0,000 (14)
12	100	60	12,06	1614,84	-5,96	-222,56	0,000000	0,00	0,000 (14)
13	100	60	12,06	1614,84	-4,18	-222,56	0,000000	0,00	0,000 (14)
14	100	60	12,06	1614,84	-2,70	-222,56	0,000000	0,00	0,000 (14)
15	100	60	12,06	1614,84	-1,54	-222,56	0,000000	0,00	0,000 (14)
16	100	60	12,06	1614,84	-0,69	-222,56	0,000000	0,00	0,000 (14)
17	100	60	12,06	1614,84	-0,17	-222,56	0,000000	0,00	0,000 (14)
18	100	60	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (14)

Combinazioni SLEQ**Paramento**Apertura limite fessure $w_{lim}=0.00$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	34	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (15)
2	100	36	10,05	938,69	-0,01	-78,36	0,000000	0,00	0,000 (15)
3	100	38	10,05	995,92	-0,02	-87,61	0,000000	0,00	0,000 (15)
4	100	40	10,05	1053,34	-0,03	-97,35	0,000000	0,00	0,000 (15)
5	100	42	10,05	1110,94	-0,05	-107,57	0,000000	0,00	0,000 (15)
6	100	44	10,05	1168,70	-0,06	-118,28	0,000000	0,00	0,000 (15)
7	100	46	10,05	1226,62	-0,07	-129,47	0,000000	0,00	0,000 (15)
8	100	48	10,05	1284,68	-0,06	-141,14	0,000000	0,00	0,000 (15)
9	100	50	10,05	1342,87	-0,04	-153,29	0,000000	0,00	0,000 (15)
10	100	52	10,05	1401,19	0,00	-165,92	0,000000	0,00	0,000 (15)
11	100	54	10,05	1459,62	0,05	179,03	0,000000	0,00	0,000 (15)
12	100	56	10,05	1518,17	0,13	192,61	0,000000	0,00	0,000 (15)
13	100	58	10,05	1576,83	0,24	206,68	0,000000	0,00	0,000 (15)
14	100	60	10,05	1635,58	0,38	221,23	0,000000	0,00	0,000 (15)
15	100	62	10,05	1694,43	0,56	236,25	0,000000	0,00	0,000 (15)
16	100	64	10,05	1753,36	0,77	251,76	0,000000	0,00	0,000 (15)
17	100	66	10,05	1812,38	1,02	267,74	0,000000	0,00	0,000 (15)
18	100	68	10,05	1871,49	1,32	284,20	0,000000	0,00	0,000 (15)
19	100	70	10,05	1930,66	1,66	301,15	0,000000	0,00	0,000 (15)
20	100	72	10,05	1989,92	2,06	318,58	0,000000	0,00	0,000 (15)
21	100	74	10,05	2049,24	2,51	336,48	0,000000	0,00	0,000 (15)
22	100	76	10,05	2108,63	3,02	354,86	0,000000	0,00	0,000 (15)
23	100	78	10,05	2168,08	3,59	373,72	0,000000	0,00	0,000 (15)
24	100	80	10,05	2200,00	4,22	393,07	0,000000	0,00	0,000 (15)
25	100	82	10,05	2200,00	4,93	412,90	0,000000	0,00	0,000 (15)
26	100	84	10,05	2200,00	5,70	433,22	0,000000	0,00	0,000 (15)
27	100	86	10,05	2200,00	6,55	454,01	0,000000	0,00	0,000 (15)
28	100	88	10,05	2200,00	7,48	475,30	0,000000	0,00	0,000 (15)
29	100	90	10,05	2200,00	8,49	497,07	0,000000	0,00	0,000 (15)
30	100	92	10,05	2200,00	9,58	519,31	0,000000	0,00	0,000 (15)
31	100	94	10,05	2200,00	10,76	542,05	0,000000	0,00	0,000 (15)
32	100	96	10,05	2200,00	12,03	565,27	0,000000	0,00	0,000 (15)
33	100	98	10,05	2200,00	13,40	589,01	0,000000	0,00	0,000 (15)
34	100	100	10,05	2200,00	14,87	613,22	0,000000	0,00	0,000 (15)
35	100	102	10,05	2200,00	16,46	637,92	0,000000	0,00	0,000 (15)
36	100	104	10,05	2200,00	18,17	663,12	0,000000	0,00	0,000 (15)

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
37	100	106	10,05	2200,00	20,01	688,83	0,000000	0,00	0,000 (15)
38	100	108	10,05	2200,00	21,99	715,02	0,000000	0,00	0,000 (15)
39	100	110	10,05	2200,00	24,13	741,71	0,000000	0,00	0,000 (15)
40	100	112	10,05	2200,00	26,41	768,90	0,000000	0,00	0,000 (15)
41	100	114	10,05	2200,00	28,87	796,56	0,000000	0,00	0,000 (15)
42	100	116	10,05	2200,00	31,49	824,73	0,000000	0,00	0,000 (15)
43	100	118	10,05	2200,00	34,29	853,42	0,000000	0,00	0,000 (15)
44	100	120	10,05	2200,00	37,27	882,57	0,000000	0,00	0,000 (15)
45	100	122	10,05	2200,00	40,44	912,25	0,000000	0,00	0,000 (15)
46	100	124	10,05	2200,00	43,81	942,43	0,000000	0,00	0,000 (15)
47	100	126	10,05	2200,00	47,38	973,13	0,000000	0,00	0,000 (15)
48	100	128	10,05	2200,00	51,18	1004,28	0,000000	0,00	0,000 (15)
49	100	130	10,05	2200,00	55,20	1035,96	0,000000	0,00	0,000 (15)
50	100	132	10,05	2200,00	59,48	1068,13	0,000000	0,00	0,000 (15)
51	100	134	12,06	2200,00	64,02	1111,28	0,000000	0,00	0,000 (15)
52	100	136	12,06	2200,00	68,80	1144,63	0,000000	0,00	0,000 (15)
53	100	138	12,06	2200,00	73,81	1178,46	0,000000	0,00	0,000 (15)
54	100	140	12,06	2200,00	79,05	1212,73	0,000000	0,00	0,000 (15)
55	100	142	12,06	2200,00	84,50	1244,11	0,000000	0,00	0,000 (15)

FondazioneApertura limite fessure $w_{lim}=0.00$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	60	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (15)
2	100	60	12,06	1614,84	0,48	222,56	0,000000	0,00	0,000 (15)
3	100	60	12,06	1614,84	1,91	222,56	0,000000	0,00	0,000 (15)
4	100	60	12,06	1614,84	4,28	222,56	0,000000	0,00	0,000 (15)
5	100	60	12,06	1614,84	7,58	222,56	0,000000	0,00	0,000 (15)
6	100	60	12,06	1614,84	11,82	222,56	0,000000	0,00	0,000 (15)
7	100	60	12,06	1614,84	16,97	222,56	0,000000	0,00	0,000 (15)
8	100	60	12,06	1614,84	-14,63	-222,56	0,000000	0,00	0,000 (15)
9	100	60	12,06	1614,84	-11,96	-222,56	0,000000	0,00	0,000 (15)
10	100	60	12,06	1614,84	-9,54	-222,56	0,000000	0,00	0,000 (15)
11	100	60	12,06	1614,84	-7,38	-222,56	0,000000	0,00	0,000 (15)
12	100	60	12,06	1614,84	-5,47	-222,56	0,000000	0,00	0,000 (15)
13	100	60	12,06	1614,84	-3,84	-222,56	0,000000	0,00	0,000 (15)
14	100	60	12,06	1614,84	-2,48	-222,56	0,000000	0,00	0,000 (15)
15	100	60	12,06	1614,84	-1,41	-222,56	0,000000	0,00	0,000 (15)
16	100	60	12,06	1614,84	-0,63	-222,56	0,000000	0,00	0,000 (15)
17	100	60	12,06	1614,84	-0,16	-222,56	0,000000	0,00	0,000 (15)
18	100	60	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (15)

9 Considerazioni Conclusive

La presente relazione ha come oggetto la realizzazione del nuovo muro di sostegno in ca nell'ambito dei lavori di Somma Urgenza da eseguirsi in località Roveda, nel comune di Frassilongo (TN), in corrispondenza della km. 3.00 lungo la SP 135.

Il progetto strutturale e le relative analisi sono stati eseguiti nel pieno rispetto della normativa vigente, sia per quanto riguarda le ipotesi di calcolo che per le modalità di modellazione, calcolo e verifica. In conclusione, del presente lavoro si ritiene che gli elementi strutturali oggetto del calcolo, realizzati in conformità a quanto riportato nel presente documento e negli elaborati grafici allegati (che ne costituiscono parte integrante), siano idonei a resistere ai carichi e sovraccarichi – così come risultanti dalla modellazione e dal controllo analitico effettuato nelle diverse condizioni analizzate e rispondano pertanto a quanto previsto dalla vigente normativa.

Per maggiori dettagli sulle opere strutturali di nuova realizzazione si rimando agli elaborati grafici allegati alla presente relazione.

Sono escluse dal presente progetto le opere di ripristino del dissesto preesistente (novembre 2023) che interessano il versante soprastante e le pertinenze di una abitazione residenziale. Tale cedimento ha coinvolto le strutture di sostegno dei terrazzamenti presenti a valle del fabbricato ed il piazzale antistante.

L'edificio e le sue pertinenze presentano segni di cedimento preesistenti.

Il Tecnico

Ing. Luca Morassut