REGIONE LIGURIA

Dipartimento Programmi Regionali,

Porti, Trasporti, Lavori Pubblici ed Edilizia

Settore Progetti Infrastrutture Viabilità

Porti e Logistica

Anas S.p.A.

Direzione Centrale Progettazione

InfrastruttureLiguria
GRUPPO FILSE

CONVENZIONE DEL 14 SETTEMBRE 2009 TRA REGIONE LIGURIA E INFRASTRUTTURE LIGURIA S.R.L. PER LA REALIZZAZIONE DI ATTIVITÀ PER L'ATTUAZIONE DEL PROGRAMMA DI STUDI E PROGETTAZIONI INFRASTRUTTURALI STRATEGICHE

Oggetto:

VARIANTE DI TRACCIATO ALLA S.S.1 AURELIA – CAPO NOLI

PROGETTO DEFINITIVO

Titolo:

MURO DI SOSTEGNO AURELIA STORICA DA PROG. 0+37,05 A PROGR. 0+117,00

Doc. n:. 02A\DEF\STR\R013

Rev.	Data	Sez.	Pag.	Redatto	Controllato	Approvato	Descrizione
01	15-11-2011	*4*	*79*	VP	FB	SB	Per Emissione
02	20-07-2012	*4*	*79*	VP	FB	SB	Per Emissione

Spazio riservato alla codifica ANAS

CODICE PROGETTO					CODICE ELABORATO							RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
DP	GE05	D	11	01	T	00	OS	00	STR	RE	01	*Ing. Nicola Dinnella*

INDICE

1. RELAZIONE TECNICA GENERALE 2

1.1. Descrizione dell'opera 2
1.2. Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento 6
1.3. Valutazione della sicurezza 7

2. RELAZIONE SUI MATERIALI 8

2.1. Calcestruzzo 8
2.2. Acciaio per c.a. ordinario 13
2.3. Programmi per l'analisi automatica 14

3. RELAZIONE DI CALCOLO 15

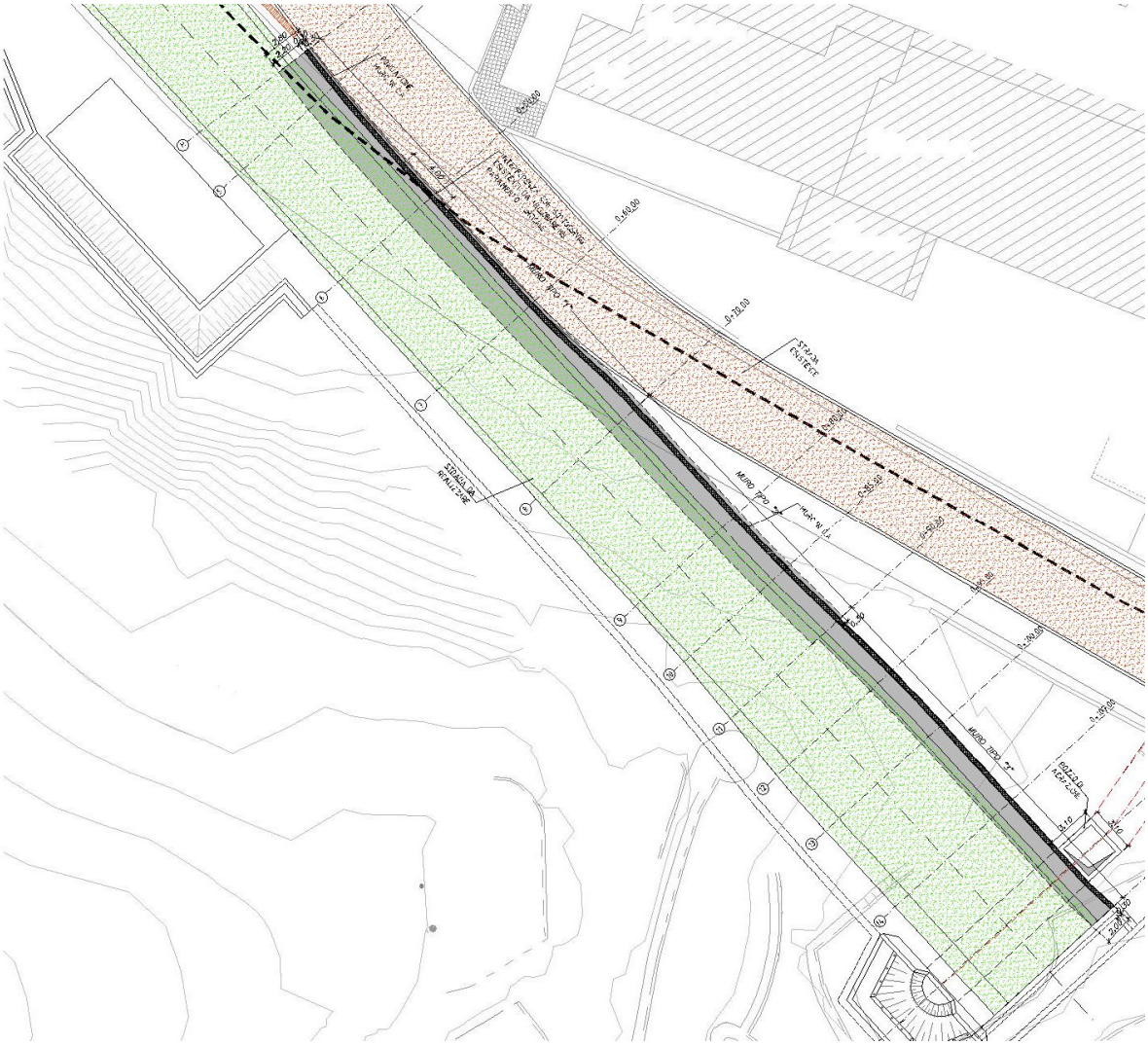
3.1. Parametri geotecnici 15
3.2. Le azioni applicate alla struttura 15
3.3. Pesi propri 15
3.4. Sovraccarichi accidentali 15
3.5. Azioni sismiche 16
3.6. Criteri di analisi e verifica 20
3.7. Muro tipo 1 26
3.8. Muro tipo 2 43
3.9. Muro tipo 3 61

4. CONCLUSIONI 78

1. RELAZIONE TECNICA GENERALE

1.1. Descrizione dell'opera

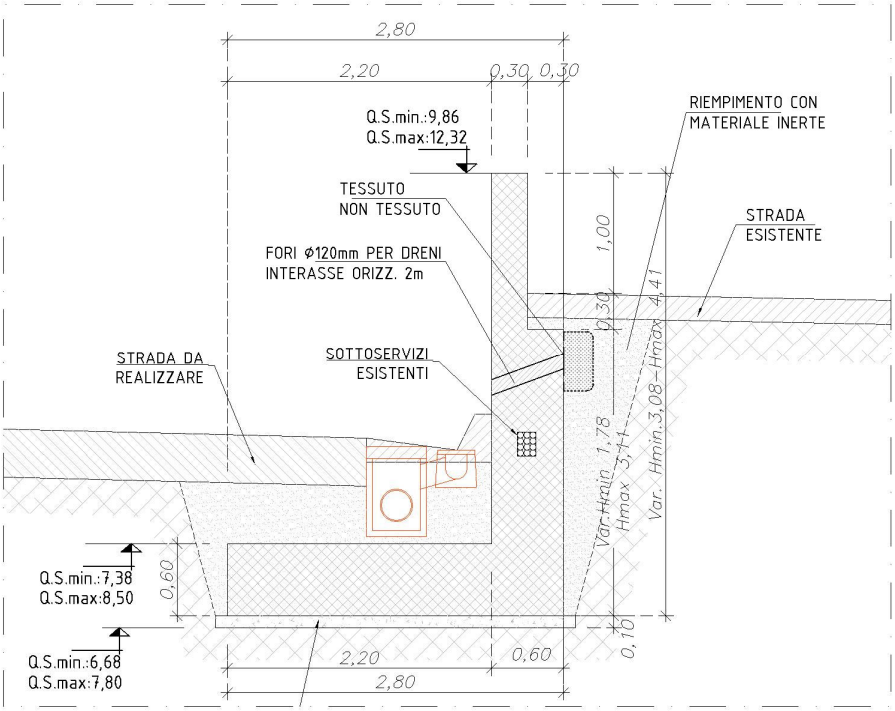
La presente relazione di calcolo è relativa alla realizzazione di un nuovo muro di sostegno, nell'ambito delle opere previste per la "Variante S.S.1 Aurelia - Capo Noli" nel Comune di Noli in Provincia di Savona. Il manufatto in oggetto si sviluppa dalla progressiva km 0+40.00 alla progressiva km 0+117.00 ed è costituito da un muro a mensola in c.a. gettato in opera.

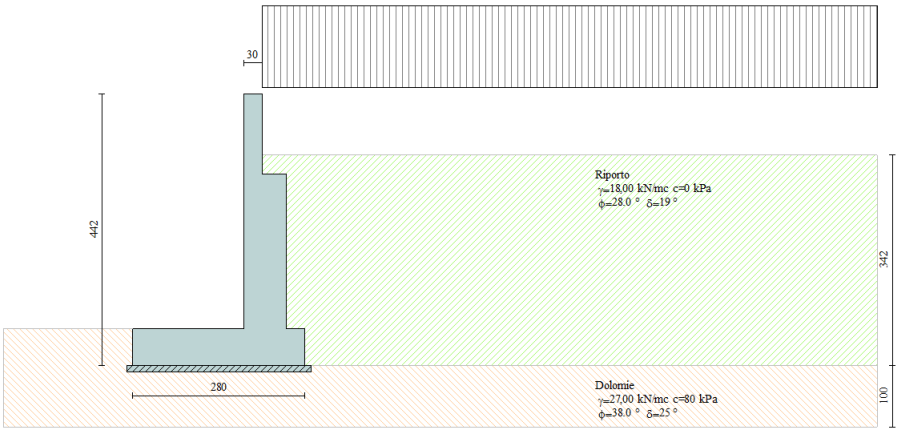


Stralcio planimetria inquadramento opera

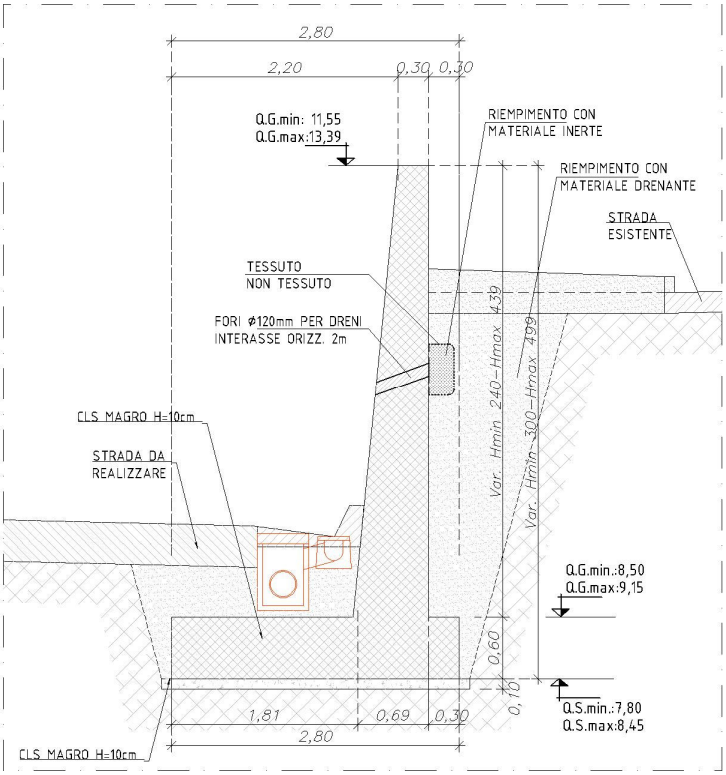
Sono previste tre sezioni tipologiche:

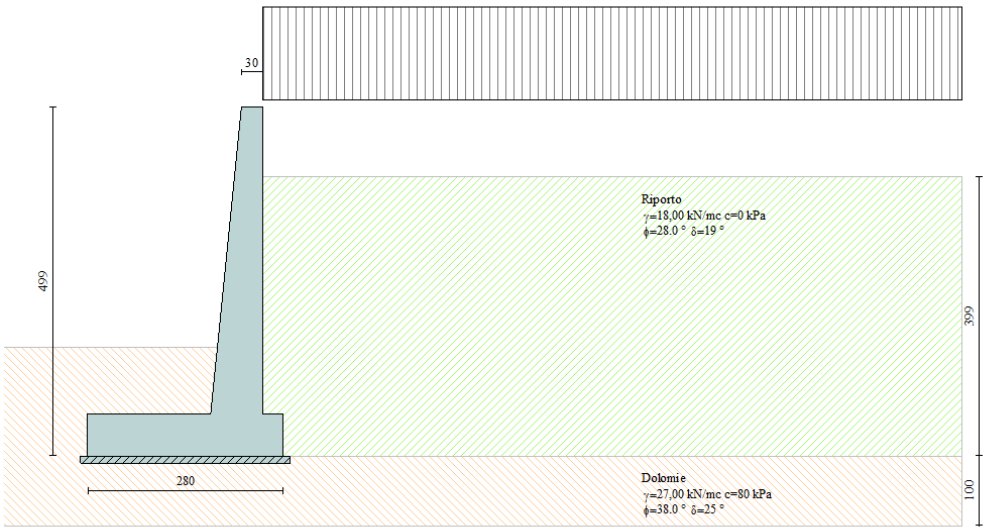
1. Muro tipo 1: altezza massima del paramento verticale di 3,82 m e spessore variabile a gradoni con larghezza minima di 30 cm e massima 70 cm; fondazione a platea in c.a. di larghezza massima 2,80 m e spessore 0,60 m (sezione n°8).



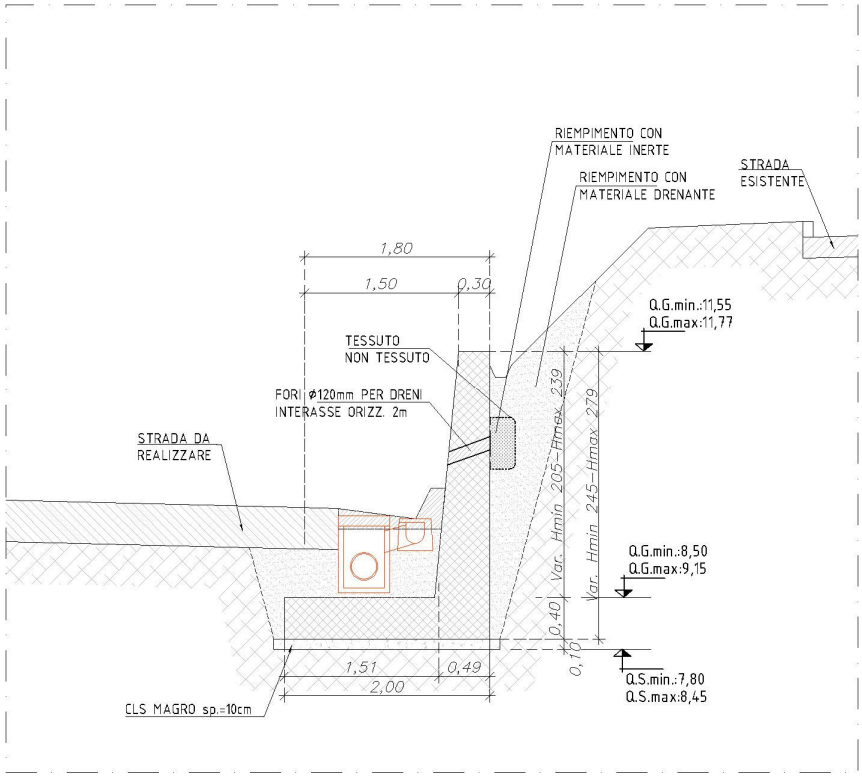


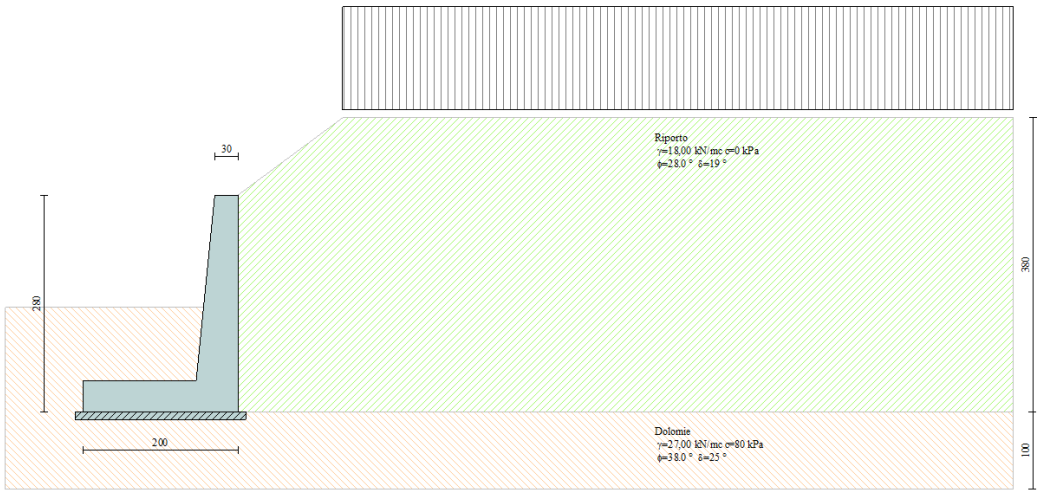
2. Muro tipo 2: altezza massima del paramento verticale di 4,39 m e spessore variabile con pendenza 1/1; fondazione a platea in c.a. di larghezza massima 2,80 m e spessore 0,60 m (sezione n°10).





3. Muro tipo 3: altezza massima del paramento verticale di 2,40 m e spessore variabile con pendenza 1/10; fondazione a platea in c.a. di larghezza massima 2,00 m e spessore 0,40 m (sezione n°11).





1.2. Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento

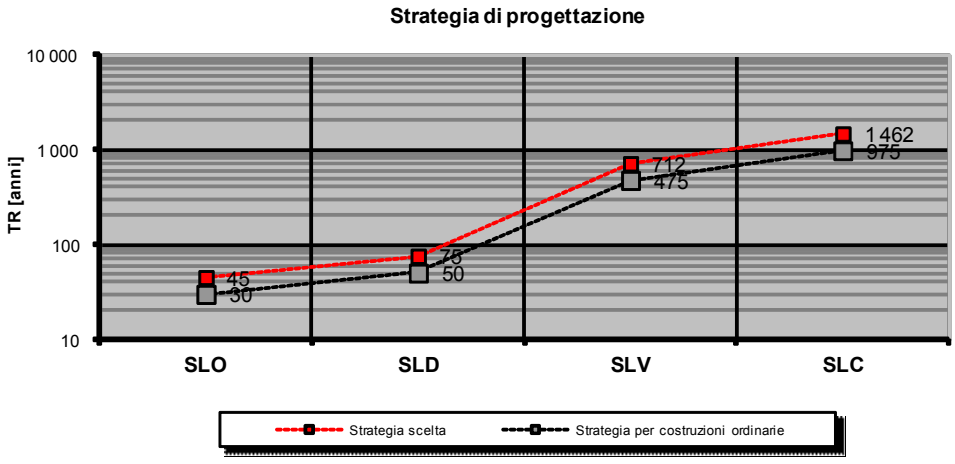
Per la progettazione strutturale si è fatto riferimento alle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008 classificando l'opera in oggetto come tipo di costruzione **2** (Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale) e classe **III** del § 2.4.2 ed ottenendo i seguenti parametri di riferimento:

Tipo di costruzione:	2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale
Vita nominale:	V_N = 50 [anni]	
Classe d'uso:	III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso
Coefficiente:	C_U = 1,50	
Periodo di riferimento:	$V_R = V_N \times C_U$ = **75** [anni]	

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica			
Stati Limite		**P_{VR}**	**T_R** [anni]
Stati limite di esercizio	**SLO**	81%	45
	SLD	63%	75
Stati limite ultimi	**SLV**	10%	712
	SLC	5%	1 462

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

$$30 \leq T_R \leq 2475$$



1.3. Valutazione della sicurezza

Per la verifica degli elementi strutturali si è adottato il metodo degli stati limite basato sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza applicando quanto previsto al §2.3. del D.M. 14-01-2008. Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza si effettua con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale:

$$R_d \leq E_d$$

dove:

R_d è la resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate;

E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni.

Per le costruzioni in calcestruzzo armato i requisiti di resistenza, funzionalità, durabilità e robustezza si garantiscono verificando il rispetto degli stati limite ultimi e degli stati limite di esercizio della struttura, dei componenti strutturali e dei collegamenti.

2. RELAZIONE SUI MATERIALI

È prescritta l'adozione dei seguenti materiali:

		UNI 11104 (prosp. 1)	UNI 11104 (prosp. 4)						
Tipo	Campi di impiego	Classe di esposizione ambientale	Classe di resistenza	R_{ck} [N/mm^2]	Rapporto (A/C) max	Contenuto minimo di cemento [kg/m^3]	Contenuto d'aria [%]	Classe di consistenza al getto	Tipo di cemento
CLS 1	MAGRONI	XC0	C20/25	25	-	-	-	-	-
CLS 2	FONDAZIONI	XC2	C28/35	35	0,6	300	-	S4	-
CLS 3	ELEVAZIONI	XC2	C28/35	35	0,6	300	-	S4	-
CLS 4		-	-	-	-	-	-	-	-
CLS 5		-	-	-	-	-	-	-	-

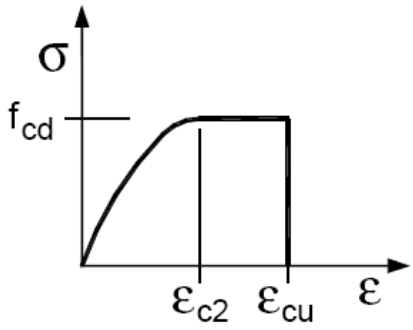
Tipo	Campi di impiego	Qualità	f_{yk} [N/mm^2]	$(f_t/f_y)_k$		$(f_y/f_{ynom})_k$	Allungamento $(A_{gt})_k$
ARM 1	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO	B 450 C	450	≥ 1,15	< 1,35	≤ 1,25	≥ 7,5 %
ARM 2		-	-	-	-	-	-

2.1. Calcestruzzo

Per il calcestruzzo si adotta un diagramma tensione-deformazione parabola-rettangolo ponendo:

ε_{c2} = 0,20 %

ε_{cu} = 0,35 %



2.1.1. Additivi

In caso di necessità dovranno essere impiegati additivi superfluidificanti di certificata efficacia allo scopo di aumentare la lavorabilità del calcestruzzo senza oltrepassare il massimo rapporto A/C = 0,5 per la classe XS1 ed il rapporto A/C = 0.6 per la classe XC2.

2.1.2. Qualità dei componenti

La sabbia deve essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 3 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine.

La ghiaia deve contenere elementi assortiti, di dimensioni fino a 16 mm, resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra e salsedine. Le ghiaie sporche vanno accuratamente lavate. Anche il pietrisco proveniente da rocce compatte, non gessose né gelive, dovrà essere privo di impurità od elementi in decomposizione.

In definitiva gli inerti dovranno essere lavati ed esenti da corpi terrosi ed organici. Non sarà consentito assolutamente il misto di fiume. L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere potabile, priva di sali (cloruri e solfuri).

Potranno essere impiegati additivi fluidificanti o superfluidificanti per contenere il rapporto acqua/cemento mantenendo la lavorabilità necessaria.

2.1.3. Prescrizione per inerti

Sabbia viva 0-7 mm, pulita, priva di materie organiche e terrose; sabbia fino a 30 mm (70 mm per fondazioni), non geliva, lavata;pietrisco di roccia compatta.

 # CLS 1 - CALCESTRUZZO PER MAGRONI

Classe di resistenza			**C20/25**	[N/mm²]
Caratteristiche del calcestruzzo				
R_{ck}	Resistenza caratteristica a compressione cubica		**25**	[N/mm²]
f_{ck}	Resistenza caratteristica a compressione cilindrica		20,00	[N/mm²]
f_{cm}	Resistenza cilindrica media	= fck+8	28,00	[N/mm²]
f_{ctm}	Resistenza media a trazione semplice	$= 0,3 \times f_{ck}^{2/3}$	2,21	[N/mm²]
f_{cfm}	Resistenza media a trazione per flessione	$= 1,2 \times f_{ctm}$	2,65	[N/mm²]
f_{ctk}	Resistenza caratteristica a trazione	$= 0,7 \times f_{ctm}$	1,55	[N/mm²]
f_{bk}	Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza (ø < 32 mm)	$= 2,2 \times \eta \times f_{ctk}$	3,48	[N/mm²]
f^*_{bk}	Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza in zona tesa	$= f_{bk} / 1,50$	2,32	[N/mm²]
E_{cm}	Modulo elastico istantaneo	$= 22000 \times [f_{cm}/10]^{0,3}$	29 962	[N/mm²]
α	Coefficiente dilatazione termica		1,00E-05	[°C^{-1}]
Resistenze di calcolo				
α_{cc}	Coefficiente riduttivo per le resistenze a lunga durata		0,85	
γ_c	Coefficiente parziale sicurezza del calcestruzzo		1,50	
f_{cd}	Resistenza di calcolo a compressione	$= \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c$	11,33	[N/mm²]
f^*_{cd}	Resistenza di calcolo a compressione elementi piani e con sp. < 50 mm	$= 0,80 \times f_{cd}$	9,07	[N/mm²]
f_{ctd}	Resistenza di calcolo a trazione allo SLU	$= f_{ctk}/\gamma_c$	1,03	[N/mm²]
f_{bd}	Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo	$= f_{bk}/\gamma_c$	2,32	[N/mm²]
f^*_{bd}	Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo in zona tesa	$= f^*_{bk}/\gamma_c$	1,55	[N/mm²]
Tensione ammissibile per combinazione:				
rara	$\sigma_{c.amm}$	$= 0,60 \times f_{ck}$	12,00	[N/mm²]
quasi permanente	$\sigma_{c.amm}$	$= 0,45 \times f_{ck}$	9,00	[N/mm²]

Classe di esposizione ambientale	*Descrizione ambiente*	*Esempi informativi*	*Condizioni ambientali (tab. 4.1III)*	*Tipologia di armatura e di elemento (tab. C4.1IV)*
XC0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico	Ordinarie	barre da c.a. - altri elementi

 # CLS 2 - CALCESTRUZZO PER FONDAZIONI

Classe di resistenza			**C28/35**	[N/mm²]
Caratteristiche del calcestruzzo				
R_{ck}	Resistenza caratteristica a compressione cubica		**35**	[N/mm²]
f_{ck}	Resistenza caratteristica a compressione cilindrica		28,00	[N/mm²]
f_{cm}	Resistenza cilindrica media	= fck+8	36,00	[N/mm²]
f_{ctm}	Resistenza media a trazione semplice	$= 0,3 \times f_{ck}^{2/3}$	2,77	[N/mm²]
f_{cfm}	Resistenza media a trazione per flessione	$= 1,2 \times f_{ctm}$	3,32	[N/mm²]
f_{ctk}	Resistenza caratteristica a trazione	$= 0,7 \times f_{ctm}$	1,94	[N/mm²]
f_{bk}	Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza (ø < 32 mm)	$= 2,2 \times \eta \times f_{ctk}$	4,36	[N/mm²]
f^*_{bk}	Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza in zona tesa	$= f_{bk} / 1,50$	2,90	[N/mm²]
E_{cm}	Modulo elastico istantaneo	$= 22000 \times [f_{cm}/10]^{0,3}$	32 308	[N/mm²]
α	Coefficiente dilatazione termica		1,00E-05	[°C^{-1}]
Resistenze di calcolo				
α_{cc}	Coefficiente riduttivo per le resistenze a lunga durata		0,85	
γ_c	Coefficiente parziale sicurezza del calcestruzzo		1,50	
f_{cd}	Resistenza di calcolo a compressione	$= \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c$	15,87	[N/mm²]
f^*_{cd}	Resistenza di calcolo a compressione elementi piani e con sp. < 50 mm	$= 0,80 \times f_{cd}$	12,69	[N/mm²]
f_{ctd}	Resistenza di calcolo a trazione allo SLU	$= f_{ctk}/\gamma_c$	1,29	[N/mm²]
f_{bd}	Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo	$= f_{bk}/\gamma_c$	2,90	[N/mm²]
f^*_{bd}	Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo in zona tesa	$= f^*_{bk}/\gamma_c$	1,94	[N/mm²]
Tensione ammissibile per combinazione:				
rara	$\sigma_{c.amm}$	$= 0,60 \times f_{ck}$	16,80	[N/mm²]
quasi permanente	$\sigma_{c.amm}$	$= 0,45 \times f_{ck}$	12,60	[N/mm²]

Classe di esposizione ambientale	*Descrizione ambiente*	*Esempi informativi*	*Condizioni ambientali* (tab. 4.1III)	*Tipologia di armatura e di elemento* (tab. C4.1IV)
XC2	Bagnato, raramente asciutto.	Parti di strutture di contenimento liquidi,fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo	Ordinarie	barre da c.a. - altri elementi

c_{min} [mm]	$\Delta c_{dur,add}$ [mm]	$c_{min,dur}$ [mm]	$ø_{max,arm}$ [mm]	$c_{min,b}$ [mm]	c_{min} [mm]	Δc_{toll} [mm]	**copriferro c_{nom} [mm]**	interferro [mm]	sp. minimo struttura [mm]	Diametro inerti D_{max} [mm]
25	0	25	16	16	25	10	**35**	25	300	20

 # CLS 3 - CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONI

Classe di resistenza			**C28/35**	[N/mm²]
Caratteristiche del calcestruzzo				
R_{ck}	Resistenza caratteristica a compressione cubica		**35**	[N/mm²]
f_{ck}	Resistenza caratteristica a compressione cilindrica		28,00	[N/mm²]
f_{cm}	Resistenza cilindrica media	= fck+8	36,00	[N/mm²]
f_{ctm}	Resistenza media a trazione semplice	$= 0,3 \times f_{ck}^{2/3}$	2,77	[N/mm²]
f_{cfm}	Resistenza media a trazione per flessione	$= 1,2 \times f_{ctm}$	3,32	[N/mm²]
f_{ctk}	Resistenza caratteristica a trazione	$= 0,7 \times f_{ctm}$	1,94	[N/mm²]
f_{bk}	Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza (ø < 32 mm)	$= 2,2 \times \eta \times f_{ctk}$	4,36	[N/mm²]
f^*_{bk}	Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza in zona tesa	$= f_{bk} / 1,50$	2,90	[N/mm²]
E_{cm}	Modulo elastico istantaneo	$= 22000 \times [f_{cm}/10]^{0,3}$	32 308	[N/mm²]
α	Coefficiente dilatazione termica		1,00E-05	[°C^{-1}]
Resistenze di calcolo				
α_{cc}	Coefficiente riduttivo per le resistenze a lunga durata		0,85	
γ_c	Coefficiente parziale sicurezza del calcestruzzo		1,50	
f_{cd}	Resistenza di calcolo a compressione	$= \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c$	15,87	[N/mm²]
f^*_{cd}	Resistenza di calcolo a compressione elementi piani e con sp. < 50 mm	$= 0,80 \times f_{cd}$	12,69	[N/mm²]
f_{ctd}	Resistenza di calcolo a trazione allo SLU	$= f_{ctk}/\gamma_c$	1,29	[N/mm²]
f_{bd}	Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo	$= f_{bk}/\gamma_c$	2,90	[N/mm²]
f^*_{bd}	Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo in zona tesa	$= f^*_{bk}/\gamma_c$	1,94	[N/mm²]
Tensione ammissibile per combinazione:				
	rara $\sigma_{c.amm}$	$= 0,60 \times f_{ck}$	16,80	[N/mm²]
	quasi permanente $\sigma_{c.amm}$	$= 0,45 \times f_{ck}$	12,60	[N/mm²]

Classe di esposizione ambientale	*Descrizione ambiente*	*Esempi informativi*	*Condizioni ambientali (tab. 4.1.III)*	*Tipologia di armatura e di elemento (tab. C4.1.IV)*
XC2	Bagnato, raramente asciutto.	Parti di strutture di contenimento liquidi,fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo	Ordinarie	barre da c.a. - altri elementi

c_{min} [mm]	$\Delta C_{dur,add}$ [mm]	$c_{min,dur}$ [mm]	$\emptyset_{max,arm}$ [mm]	$c_{min,b}$ [mm]	c_{min} [mm]	ΔC_{toll} [mm]	**copriferro c_{nom} [mm]**	interferro [mm]	sp. minimo struttura [mm]	Diametro inerti D_{max} [mm]
25	0	25	16	16	25	10	**35**	25	300	20

2.2. Acciaio per c.a. ordinario

 # ARM 1 - ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

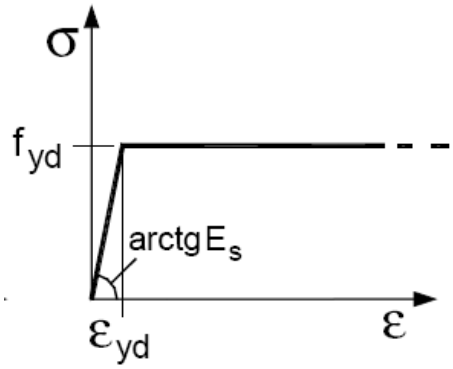
Tipo			B 450 C	
Caratteristiche dell'acciaio				
f_{yk}	Tensione caratteristica di snervamento		450	[N/mm^2]
Resistenze di calcolo				
f_{tk}	Tensione caratteristica di rottura		540	[N/mm^2]
γ_s	Coefficiente parziale sicurezza dell'acciaio		1,15	[-]
f_{yd}	Resistenza di calcolo	$= f_{yk}/\gamma_s$	391	[N/mm^2]
$\sigma_{s,amm}$	Tensione ammissibile per combinazione rara	$= 0{,}80 \times f_{yk}$	360	[N/mm^2]
E_s	Modulo elastico		206 000	[N/mm^2]

Diametro delle barre: $6 \leq \phi \leq 40$ mm.

E' ammesso l'uso di acciai forniti in rotoli per diametri ≤ 16 mm.

Qualora il costruttore adottasse giunzioni delle barre in opera o fuori opera o assemblaggi delle gabbie di armatura mediante saldatura, si prescrive l'uso di acciaio **saldabile**.

Per l'acciaio si adotta un diagramma tensione-deformazione elastico-perfettamente plastico indefinito.



2.3. Programmi per l'analisi automatica

La progettazione delle opere è stata eseguita utilizzando i programmi di calcolo di seguito riportati:

MAX vers. 10.10d distribuito da AZTEC Informatica ®. Il programma MAX è dedicato all'analisi ed al calcolo di muri di sostegno.



3. RELAZIONE DI CALCOLO

3.1. Parametri geotecnici

Di seguito sono riportati i parametri geotecnici di riferimento utilizzati per il dimensionamento delle opere in oggetto.

Strato	**RILEVATO**				
PARAMETRI EFFICACI	**peso di volume**	γ	=	18,0	kN/m^3
Condizioni drenate	**Angolo d'attrito interno**	ϕ'	=	28	°
(lungo termine)	**Coesione drenata**	c	=	00,00	kPa

Strato	**Dolomie**				
PARAMETRI EFFICACI	**peso di volume**	γ	=	27,0	kN/m^3
Condizioni drenate	**Angolo d'attrito interno**	ϕ'	=	38	°
(lungo termine)	**Coesione drenata**	c	=	80,00	kPa

3.2. Le azioni applicate alla struttura

Le azioni agenti sulla struttura allo Stato Limite Ultimo (F_d) sono fornite dalla seguente relazione fondamentale:

$$F_d = \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \ldots$$

Per gli stati limite di esercizio (SLE) si devono prendere in esame le combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti con $\gamma_g=\gamma_q=1$ e applicando ai valori caratteristici delle azioni variabili adeguati coefficienti ψ_0, ψ_1, ψ_2.

3.3. Pesi propri

Peso proprio calcestruzzo armato 25,00 kN/m^3

3.4. Sovraccarichi accidentali

Tali carichi sono costituiti dai mezzi, anche di lavoro, circolanti sulla strada.

q_{acc} = 20,00 kN/m^2

3.5. Azioni sismiche

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente S_e (T) , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R. Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR}, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T^*_C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il sito in esame, Comune di Noli, Provincia di Savona, Via Aurelia, ha le seguenti coordinate geografiche espresse in gradi sessadecimali:

	WGS84	ED50
Longitudine:	8.41897°	8.4200°
Latitudine:	44.19919°	44.2002°



Secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14-01-2008, definite le coordinate del sito interessato dal progetto, questo sarà sempre compreso tra 4 punti della griglia di accelerazioni (Allegato B). Si otterranno così i Parametri Spettrali P(a_g, F_o, T_C*).

Comune di Noli - Coordinate sito (Datum - ED50) : Long. = 8.4212° ; Lat. = 44.1994°
Punti della maglia: 17576 17577 17798 17799

Valori dei parametri ag, Fo, Tc* per i periodi di ritorno TR associati a ciascun Stato Limite

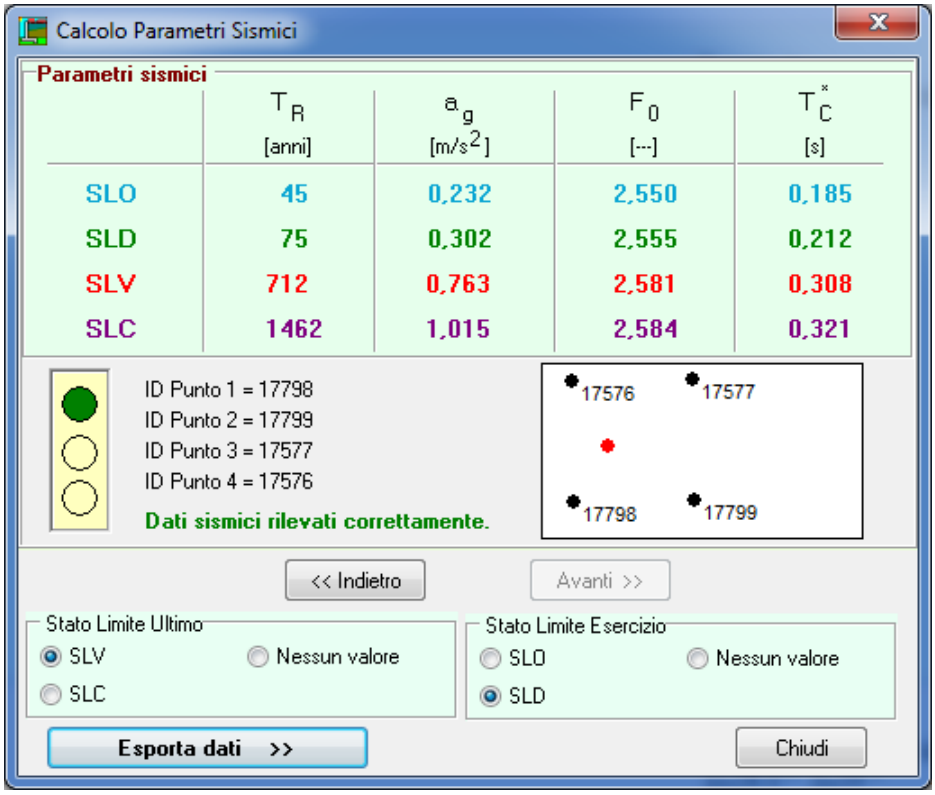
STATO LIMITE	TR [anni]	a_g [g]	F_o	T_c* [s]
SLO	45	0,024	2,550	0,185
SLD	75	0,031	2,554	0,211
SLV	712	0,078	2,582	0,308
SLC	1462	0,103	2,585	0,321

La descrizione dell'azione sismica, deve tener conto anche dei possibili effetti di amplificazione locale determinati dalla natura e dallo spessore degli strati di terreno più superficiali. In mancanza di studi più approfonditi ciò può essere fatto individuando la categoria di suolo su cui l'opera insiste e di conseguenza la forma spettrale da agganciare al valore di a_g relativo alle condizioni di sito rigido. Nel caso in esame, ai fini del

dimensionamento strutturale, si è considerato come categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione terreno per l'amplificazione sismica la categoria **B**:

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

La categoria topografica assunta è del tipo **T2**: *Pendii con inclinazione media i>15°* a cui corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica S_T=1,20.




Opzioni sisma
D.M. 1996
Coefficiente di intensità sismica [%] 7,00
N.T.C. 2008
Analisi SLU
Accelerazione al suolo ag [m/s^2] ag/g = 0,08 0,763
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F0 2,581
Periodo inizio tratto spettro a velocità costanteTc* 0,308
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico Ss Tipo B 1,200
Coefficiente di riduzione (βm) C 0,18
Analisi SLE
Accelerazione al suolo ag [m/s^2] ag/g = 0,03 0,302
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F0 2,555
Periodo inizio tratto spettro a velocità costanteTc* 0,212
Coefficiente stratigrafico Ss 1,200
Coefficiente di riduzione (βm) C 0,18
Coefficiente amplificazione topografica ST T2 1,20
Kh = ag/g * Ss * St * βm
Coefficiente di intensità sismica orizzontale SLU Kh [%] = 2,01
Coefficiente di intensità sismica orizzontale SLE Kh [%] = 0,80
Intensità sismica Verticale/Orizzontale 0,50
Forma diagramma incremento sismico
Rettangolare
Stessa forma diagramma statico

3.6. Criteri di analisi e verifica

Calcolo della spinta sul muro

Metodo di Culmann

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

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

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

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

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

Spinta in presenza di sisma

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

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

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

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

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

dove θ = *arctg(C)* essendo *C* il coefficiente di intensità sismica.

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

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

dove il coefficiente *A* vale

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

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

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

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

$$F_i = CW$$

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

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

Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante

di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r.

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

Deve quindi essere verificata la seguente diseguaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} >= \eta_r$$

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 sisulta 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

La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che $\eta_s>=1.3$

$$\frac{F_r}{F_s} >= \eta_s$$

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_r la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

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

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

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:

$$\frac{Q_u}{R} >= \eta_q$$

La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che η_q>=2.0

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

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

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

In questa espressione

c	coesione del terreno in fondazione;
ϕ	angolo di attrito del terreno in fondazione;
γ	peso di volume del terreno in fondazione;
B	larghezza della fondazione;
D	profondità del piano di posa;
q	pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

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

$N_q = A \text{ tg}^2(45° + \phi/2)$

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

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

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$K_p = tg^2(45°+\phi/2)$

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

Fattori di profondità

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

$d_q = d_\gamma = 1$ per $\phi = 0$

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

Fattori di inclinazione

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

$i_c = i_q = (1 - \theta°/90)^2$

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

$i_\gamma = 0$ per $\phi = 0$

Verifica alla stabilità globale

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

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

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

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:

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

dove il termine *m* è espresso da

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

In questa espressione *n* è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i_{esima} rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i_{esima} , c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine *m* che è funzione di η. Quindi essa viene risolta per successive approsimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di *m* ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

3.7. Muro tipo 1

Normativa

N.T.C. 2008 - Approccio 1

Simbologia adottata

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

Carichi	*Effetto*		*A1*	*A2*	*EQU*	*HYD*
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	0,90	0,90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,30	1,00	1,10	1,30
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,50	1,30	1,50	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		*M1*	*M2*	*M2*	*M1*
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

Carichi	*Effetto*		*A1*	*A2*	*EQU*	*HYD*
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00	1,00	1,30
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00	1,00	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		*M1*	*M2*	*M2*	*M1*
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00	1,00	1,00

FONDAZIONE SUPERFICIALE

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

Verifica	*Coefficienti parziali*		
	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1,00	1,00	1,40
Scorrimento	1,00	1,00	1,10
Resistenza del terreno a valle	1,00	1,00	1,40
Stabilità globale		1,10	

Geometria muro e fondazione

Descrizione **Muro a gradoni in c.a.**

Descrizione dei gradoni

Simbologia adottata

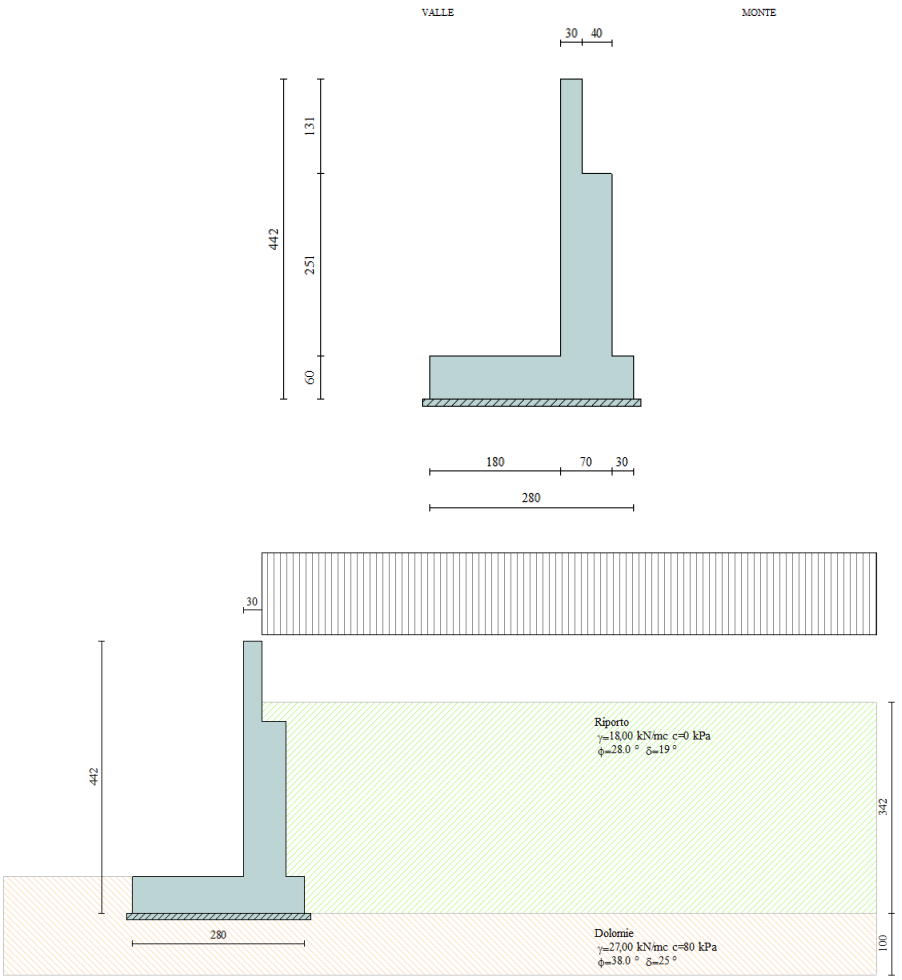
Nr. numero d'ordine del gradone (a partire dall'alto)
Bs base superiore del gradone espressa in [m]
Bi base inferiore del gradone espressa in [m]
Hg altezza del gradone espressa in [m]
α_e inclinazione esterna del gradone espressa in [°]
α_i inclinazione interna del gradone espressa in [°]

Nr.	Bs	Bi	Hg	α_e	α_i
1	0,30	0,30	1,31	0,00	0,00
2	0,70	0,70	2,51	0,00	0,00

Altezza del paramento 3,82 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	1,80 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,30 [m]
Lunghezza totale fondazione	2,80 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	0,60 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]



Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo	
Peso specifico	25 [kN/mc]
Classe di Resistenza	C28/35
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	35000 [kPa]
Modulo elastico E	32587986 [kPa]
Acciaio	
Tipo	B450C
Tensione di snervamento σ_{fa}	449936 [kPa]

Geometria profilo terreno a monte del muro

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

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

N	X	Y	A
1	0,01	-1,00	-89,43
2	10,00	-1,00	0,00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0,00 [°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0,00 [m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

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

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Riporto	18,00	19,00	28.00	18.67	0,0	0,0
Dolomie	27,00	27,00	38.00	25.33	80,0	40,0

Stratigrafia

Terreno spingente: Riporto
Terreno di fondazione: Dolomie

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate
Carichi verticali positivi verso il basso.
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.
Momento positivo senso antiorario.

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

Condizione n° 1 (Accidentali)
D Profilo **X_i**=0,00 **X_f**=10,00 **Q_i**=20,0000 **Q_f**=20,0000

Descrizione combinazioni di carico

Si
mbologia adottata

F/S	Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
γ	Coefficiente di partecipazione della condizione
Ψ	Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30
Accidentali	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 2 - Caso A2-M2 (GEO)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 3 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	0,90	1.00	0,90
Peso proprio terrapieno	FAV	0,90	1.00	0,90
Spinta terreno	SFAV	1,10	1.00	1,10
Accidentali	SFAV	1.10	1.00	1.10

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

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 5 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 13 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 14 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 15 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni **Stato limite**

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

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

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali	Aggressive
Armatura ad aderenza migliorata	
Verifica fessurazione	
Sensibilità delle armature	Poco sensibile
Valori limite delle aperture delle fessure	w_1 = 0.20 w_2 = 0.30 w_3 = 0.40
Metodo di calcolo aperture delle fessure	Circ. Min. 252 (15/10/1996)
Verifica delle tensioni	
Combinazione di carico	Rara $\sigma_c < 0.60\ f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80\ f_{yk}$ Quasi permanente $\sigma_c < 0.45\ f_{ck}$

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00
Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

Impostazioni avanzate

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

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

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

C	Tipo	Sisma	CS_{sco}	CS_{rib}	CS_{qlim}	CS_{stab}
1	A1-M1 - [1]	--	2,68	--	60,46	--
2	A2-M2 - [1]	--	2,20	--	28,63	--
3	EQU - [1]	--	--	2,94	--	--
4	STAB - [1]	--	--	--	--	2,56
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	3,15	--	69,83	--
6	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	3,11	--	68,48	--
7	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	2,04	--	27,55	--
8	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	2,06	--	28,09	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3,08	--	--
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3,14	--	--
11	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	2,46
12	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	2,48
13	SLEQ - [1]	--	3,40	--	71,38	--
14	SLEF - [1]	--	3,40	--	71,38	--
15	SLER - [1]	--	3,40	--	71,38	--

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :
Origine in testa al muro (spigolo di monte)
Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte
Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto
Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle
Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Meyerhof
Calcolo della stabilità globale	metodo di Fellenius
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	0.76 [m/s^2]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione (β_m)	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S)$ = 2.01
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$ = 1.01

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.00 [m/s^2]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione (β_m)	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S)$ = 0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$ = 0.00

Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico
Partecipazione spinta passiva (percento)	0,0
Lunghezza del muro	10,00 [m]
Peso muro	93,9002 [kN]
Baricentro del muro	X=-0,30 Y=-3,05

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 0,70 Y = -4,42
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,70 Y = -1,00
Altezza della superficie di spinta	3,42 [m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0,00 [°]

COMBINAZIONE n° 3

Valore della spinta statica	74,4186	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	71,8411	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	19,4162	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,70	[m]	Y = -3,06	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	15,12	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51,90	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	31,1950	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,50	[m]	Y = -2,24	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	71,8411	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	135,1214	[kN]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	98,0260	[kNm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	287,7164	[kNm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	135,1214	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	71,8411	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,00	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,80	[m]		
Risultante in fondazione	153,0324	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	28,00	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-0,5204	[kNm]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 2.94

COMBINAZIONE n° 7

Valore della spinta statica	67,6533	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	65,3101	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	17,6511	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,70	[m]	Y = -3,06	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	15,12	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51,90	[°]		
Incremento sismico della spinta	3,2164	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,70	[m]	Y = -3,06	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	50,72	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	31,5500	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,50	[m]	Y = -2,24	[m]
Inerzia del muro	1,8920	[kN]		
Inerzia verticale del muro	0,9460	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,6357	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,3178	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	70,9428	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	145,2043	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	145,2043	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	70,9428	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,03	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,80	[m]
Risultante in fondazione	161,6081	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	26,04	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-4,8728	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	4000,3756	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,80	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	48,13	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	55,59	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	N_c = 35.51	N_q = 23.19	N_γ = 22.05
Fattori forma	s_c = 1,00	s_q = 1,00	s_γ = 1,00
Fattori inclinazione	i_c = 0,51	i_q = 0,51	i_γ = 0,03
Fattori profondità	d_c = 1,08	d_q = 1,04	d_γ = 1,04

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

N'_c = 19.32	N'_q = 12.17	N'_γ = 0.80

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.04
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	27.55

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 7
L'ordinata Y(espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm
Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN
Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,19	1,3765	0,0104	0,1000
2	0,56	4,1294	0,0796	0,2759
3	0,94	6,8823	0,2233	0,5403
4	1,31	9,6352	0,8040	3,1094
5	1,50	15,2708	4,3375	6,3324
6	1,89	21,8979	7,7298	11,4131
7	2,28	28,5250	13,2880	17,5509
8	2,66	35,1522	21,4205	24,7457
9	3,05	41,7793	32,5354	32,9975
10	3,43	48,4064	47,0408	42,3064
11	3,82	55,0336	65,3450	52,6724

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 7
L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,36	2,1863	12,2036
3	0,72	8,8280	24,7523
4	1,08	20,0494	37,6463
5	1,44	35,9748	50,8855
6	1,80	56,7284	64,4699

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 7
L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,06	-0,0539	-1,7977
3	0,12	-0,2159	-3,6051
4	0,18	-0,4867	-5,4220
5	0,24	-0,8667	-7,2485
6	0,30	-1,3567	-9,0846

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 7

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
B base della sezione espressa in [cm]
H altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u momento ultimo espresso in [kNm]
CS coefficiente sicurezza sezione
VRcd Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,19	100, 30	15,71	15,71	5088,25	-38,38	3696,63	153,47	--	--
2	0,56	100, 30	15,71	15,71	4951,82	-95,47	1199,17	153,83	--	--
3	0,94	100, 30	15,71	15,71	4739,50	-153,80	688,65	154,19	--	--
4	1,31	100, 30	15,71	15,71	3216,35	-268,39	333,81	154,55	--	--
5	1,50	100, 70	21,99	15,71	5043,44	-1432,55	330,27	265,75	--	--
6	1,89	100, 70	21,99	15,71	3866,37	-1364,80	176,56	266,69	--	--
7	2,28	100, 70	21,99	15,71	2550,11	-1187,94	89,40	267,63	--	--
8	2,66	100, 70	21,99	15,71	1643,04	-1001,21	46,74	268,56	--	--
9	3,05	100, 70	21,99	15,71	1102,69	-858,71	26,39	269,50	--	--
10	3,43	100, 70	21,99	15,71	791,58	-769,25	16,35	270,44	--	--
11	3,82	100, 70	21,99	15,71	601,93	-714,71	10,94	271,38	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 7

Simbologia adottata
B base della sezione espressa in [cm]
H altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u momento ultimo espresso in [kNm]
CS coefficiente sicurezza sezione
VRcd Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

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

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 60	15,71	15,71	0,00	0,00	1000,00	217,60	--	--
2	0,36	100, 60	15,71	15,71	0,00	328,51	150,26	217,60	--	--
3	0,72	100, 60	15,71	15,71	0,00	328,51	37,21	217,60	--	--
4	1,08	100, 60	15,71	15,71	0,00	328,51	16,39	217,60	--	--
5	1,44	100, 60	15,71	15,71	0,00	328,51	9,13	217,60	--	--
6	1,80	100, 60	15,71	15,71	0,00	328,51	5,79	217,60	--	--

Fondazione di monte

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

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 60	15,71	15,71	0,00	0,00	1000,00	217,60	--	--
2	0,06	100, 60	15,71	15,71	0,00	-328,51	6096,63	217,60	--	--
3	0,12	100, 60	15,71	15,71	0,00	-328,51	1521,45	217,60	--	--
4	0,18	100, 60	15,71	15,71	0,00	-328,51	675,00	217,60	--	--
5	0,24	100, 60	15,71	15,71	0,00	-328,51	379,02	217,60	--	--
6	0,30	100, 60	15,71	15,71	0,00	-328,51	242,14	217,60	--	--

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 11
Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)
W peso della striscia espresso in [kN]
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b larghezza della striscia espressa in [m]
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Metodo di Fellenius
Numero di cerchi analizzati 36
Numero di strisce25

Cerchio critico
Coordinate del centro X[m]= -0,68 Y[m]= 1,70
Raggio del cerchio R[m]= 6,28
Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3,70
Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,00
Larghezza della striscia dx[m]= 0,35
Coefficiente di sicurezza C= 2.46
Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α(°)	Wsinα	b/cosα	ϕ	c	u
1	8,8977	60.66	7,7562	0,0070	23.04	0	0
2	12,4113	55.32	10,2068	0,0060	23.04	0	0
3	15,2879	50.06	11,7217	0,0053	23.04	0	0
4	17,6918	45.33	12,5820	0,0049	23.04	0	0
5	19,7404	40.97	12,9433	0,0045	23.04	0	0
6	21,5044	36.88	12,9070	0,0043	23.04	0	0
7	23,0300	33.01	12,5456	0,0041	23.04	0	0
8	24,3493	29.30	11,9143	0,0039	23.04	0	0
9	25,4854	25.71	11,0576	0,0038	23.04	0	0
10	26,4557	22.24	10,0122	0,0037	23.04	0	0
11	27,2732	18.85	8,8101	0,0036	23.04	0	0
12	27,9478	15.52	7,4792	0,0035	23.04	0	0
13	29,4077	12.25	6,2403	0,0035	29.56	47	0
14	34,7317	9.02	5,4454	0,0035	32.01	64	0
15	38,8698	5.82	3,9403	0,0034	32.01	64	0
16	13,8830	2.63	0,6381	0,0034	32.01	64	0
17	6,2259	-0.54	-0,0588	0,0034	32.01	64	0
18	6,1300	-3.72	-0,3976	0,0034	32.01	64	0
19	5,8941	-6.91	-0,7089	0,0034	32.01	64	0
20	5,5285	-10.12	-0,9713	0,0035	32.01	64	0
21	4,2662	-13.36	-0,9859	0,0035	26.45	24	0
22	3,1114	-16.65	-0,8915	0,0036	23.04	0	0
23	2,3890	-19.99	-0,8169	0,0036	23.04	0	0
24	1,5206	-23.41	-0,6042	0,0037	23.04	0	0
25	0,4954	-26.92	-0,2243	0,0038	23.04	0	0

ΣW_i= 402,5284 [kN]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$= 140,5407 [kN]
$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i$= 178,2621 [kN]
$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i$= 182,1333 [kN]

Inviluppo Sollecitazioni paramento

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kNm]
Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]
Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,19	1,3765	1,3765	0,0041	0,0104	0,0455	0,1000
2	0,56	4,1294	4,1294	0,0413	0,0796	0,1577	0,2759
3	0,94	6,8823	6,8823	0,1266	0,2233	0,3429	0,5403
4	1,31	9,6352	9,6352	0,6046	0,8040	2,5084	3,1094
5	1,50	15,2708	15,9674	3,8949	4,3375	5,1892	6,3324
6	1,89	21,8979	22,5945	6,6581	7,7298	9,2625	11,4131
7	2,28	28,5250	29,2216	11,1568	13,2880	14,1776	17,5509
8	2,66	35,1522	35,8488	17,7160	21,4205	19,9346	24,7457
9	3,05	41,7793	42,4759	26,6608	32,5354	26,5334	32,9975
10	3,43	48,4064	49,1030	38,3162	47,0408	33,9739	42,3064
11	3,82	55,0336	55,7302	53,0074	65,3450	42,2563	52,6724

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,19	1,3765	1,3765	0,0034	0,0034	0,0369	0,0369
2	0,56	4,1294	4,1294	0,0335	0,0335	0,1280	0,1280
3	0,94	6,8823	6,8823	0,1028	0,1028	0,2784	0,2784
4	1,31	9,6352	9,6352	0,4906	0,4906	2,2178	2,2178
5	1,50	15,2708	15,2708	3,6611	3,6611	4,7830	4,7830
6	1,89	21,8979	21,8979	6,2201	6,2201	8,6068	8,6068
7	2,28	28,5250	28,5250	10,4133	10,4133	13,2475	13,2475
8	2,66	35,1522	35,1522	16,5564	16,5564	18,7052	18,7052
9	3,05	41,7793	41,7793	24,9647	24,9647	24,9799	24,9799
10	3,43	48,4064	48,4064	35,9537	35,9537	32,0716	32,0716
11	3,82	55,0336	55,0336	49,8390	49,8390	39,9803	39,9803

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di valle

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,36	1,3385	2,1863	7,6988	12,2036
3	0,72	5,7322	8,8280	16,9731	24,7523
4	1,08	13,7482	20,0494	27,8228	37,6463
5	1,44	25,9537	35,9748	40,2480	50,8855
6	1,80	42,9158	56,7284	54,2487	64,4699

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,36	1,0746	1,0746	6,3056	6,3056
3	0,72	4,7817	4,7817	14,6248	14,6248
4	1,08	11,8461	11,8461	24,9578	24,9578
5	1,44	22,9929	22,9929	37,3044	37,3044
6	1,80	38,9470	38,9470	51,6648	51,6648

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di monte

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,06	-0,0675	-0,0293	-2,2573	-0,9857
3	0,12	-0,2716	-0,1192	-4,5527	-2,0163
4	0,18	-0,6146	-0,2722	-6,8861	-3,0919
5	0,24	-1,0987	-0,4911	-9,2575	-4,2123
6	0,30	-1,7263	-0,7786	-11,6671	-5,3775

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,06	-0,0231	-0,0231	-0,7801	-0,7801
3	0,12	-0,0947	-0,0947	-1,6162	-1,6162
4	0,18	-0,2182	-0,2182	-2,5081	-2,5081
5	0,24	-0,3968	-0,3968	-3,4561	-3,4561
6	0,30	-0,6340	-0,6340	-4,4599	-4,4599

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
B base della sezione espressa in [cm]
H altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]
σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]
N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u momento ultimo espresso in [kNm]
CS coefficiente sicurezza sezione
VRcd Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,19	100, 30	15,71	15,71	5088,25	-15,49	3696,63	153,47	--	--
2	0,56	100, 30	15,71	15,71	4951,82	-50,57	1199,17	153,83	--	--
3	0,94	100, 30	15,71	15,71	4739,50	-91,29	688,65	154,19	--	--
4	1,31	100, 30	15,71	15,71	3216,35	-235,71	333,81	154,55	--	--
5	1,50	100, 70	21,99	15,71	5043,44	-1417,67	330,27	265,75	--	--
6	1,89	100, 70	21,99	15,71	3866,37	-1364,80	176,56	266,69	--	--
7	2,28	100, 70	21,99	15,71	2550,11	-1187,94	89,40	267,63	--	--
8	2,66	100, 70	21,99	15,71	1643,04	-1001,21	46,74	268,56	--	--
9	3,05	100, 70	21,99	15,71	1102,69	-858,71	26,39	269,50	--	--
10	3,43	100, 70	21,99	15,71	791,58	-769,25	16,35	270,44	--	--
11	3,82	100, 70	21,99	15,71	601,93	-714,71	10,94	271,38	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0,19	100, 30	15,71	15,71	4	0	-58	-61
2	0,56	100, 30	15,71	15,71	14	1	-159	-198
3	0,94	100, 30	15,71	15,71	25	1	-237	-358
4	1,31	100, 30	15,71	15,71	54	10	-129	-703
5	1,50	100, 70	21,99	15,71	65	9	434	-889
6	1,89	100, 70	21,99	15,71	110	15	1080	-1484
7	2,28	100, 70	21,99	15,71	185	24	2744	-2442
8	2,66	100, 70	21,99	15,71	295	33	5842	-3807
9	3,05	100, 70	21,99	15,71	444	45	10657	-5614
10	3,43	100, 70	21,99	15,71	636	57	17427	-7910
11	3,82	100, 70	21,99	15,71	876	71	26380	-10748

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

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

Fondazione di valle

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

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 60	15,71	15,71	0,00	0,00	1000,00	217,60	--	--
2	0,36	100, 60	15,71	15,71	0,00	328,51	150,26	217,60	--	--
3	0,72	100, 60	15,71	15,71	0,00	328,51	37,21	217,60	--	--
4	1,08	100, 60	15,71	15,71	0,00	328,51	16,39	217,60	--	--
5	1,44	100, 60	15,71	15,71	0,00	328,51	9,13	217,60	--	--
6	1,80	100, 60	15,71	15,71	0,00	328,51	5,79	217,60	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
7	0,00	100, 60	15,71	15,71	0	0	0	0
8	0,36	100, 60	15,71	15,71	26	13	1321	-267
9	0,72	100, 60	15,71	15,71	115	31	5877	-1189
10	1,08	100, 60	15,71	15,71	286	52	14559	-2946
11	1,44	100, 60	15,71	15,71	555	78	28258	-5717
12	1,80	100, 60	15,71	15,71	941	109	47865	-9684

Fondazione di monte

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

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 60	15,71	15,71	0,00	0,00	1000,00	217,60	--	--
2	0,06	100, 60	15,71	15,71	0,00	-328,51	4864,76	217,60	--	--
3	0,12	100, 60	15,71	15,71	0,00	-328,51	1209,37	217,60	--	--
4	0,18	100, 60	15,71	15,71	0,00	-328,51	534,50	217,60	--	--
5	0,24	100, 60	15,71	15,71	0,00	-328,51	298,99	217,60	--	--
6	0,30	100, 60	15,71	15,71	0,00	-328,51	190,30	217,60	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
7	0,00	100, 60	15,71	15,71	0	0	0	0
8	0,06	100, 60	15,71	15,71	1	-2	-6	28
9	0,12	100, 60	15,71	15,71	2	-3	-24	116
10	0,18	100, 60	15,71	15,71	5	-5	-54	268
11	0,24	100, 60	15,71	15,71	10	-7	-99	488
12	0,30	100, 60	15,71	15,71	15	-9	-158	779

Elenco ferri

Simbologia adottata

Destinazione Destinazione ferro
ϕ Diametro ferro espresso in [mm]
n Numero tondini
L Lunghezza totale ferro espressa in [cm]
P Peso singolo ferro espresso in [kN]
P_g Peso gruppo espresso in [kN]

Destinazione	ϕ	n	L	P	P_g
Fondazione	20,00	5	396,00	0,0958	0,4789
Fondazione	20,00	5	396,00	0,0958	0,4789
Paramento	20,00	5	188,00	0,0455	0,2273
Paramento	20,00	5	434,00	0,1050	0,5248
Paramento	20,00	7	188,00	0,0455	0,3183
Paramento	20,00	7	311,00	0,0752	0,5265
Paramento	20,00	5	178,00	0,0430	0,2152
Paramento	20,00	5	442,00	0,1069	0,5345

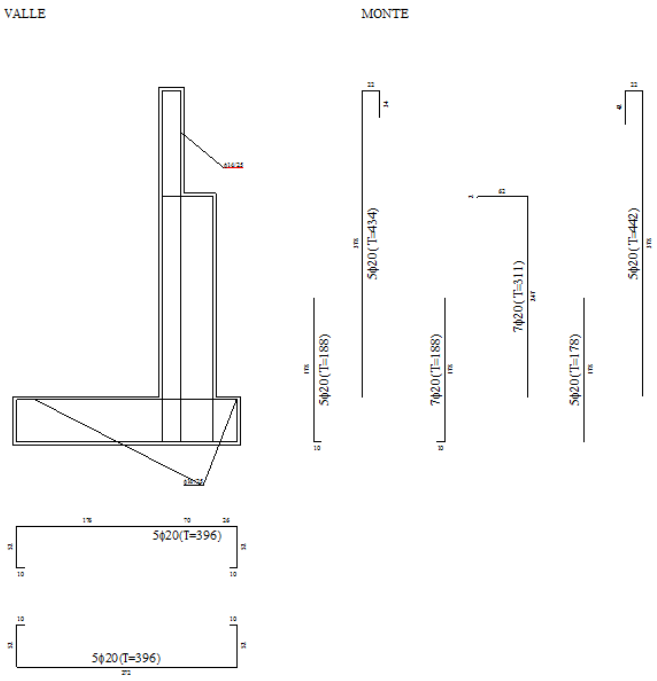
Computo dei ferri (per metro lineare di muro)

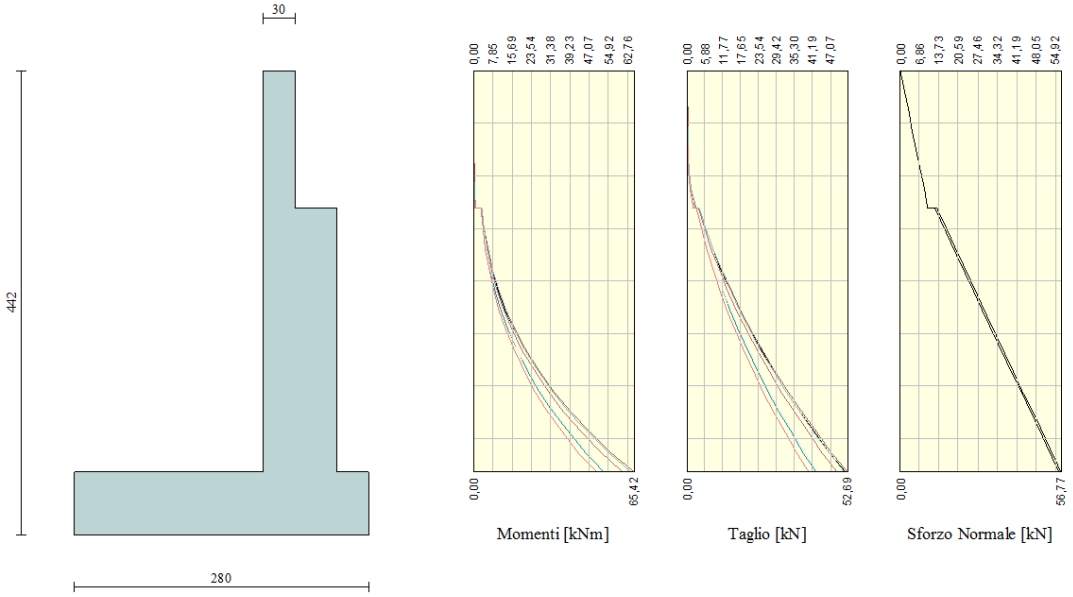
Diametro (mm)	Lunghezza (m)	Peso (kg)
20	136.63	336.95
14	57.00	68.88

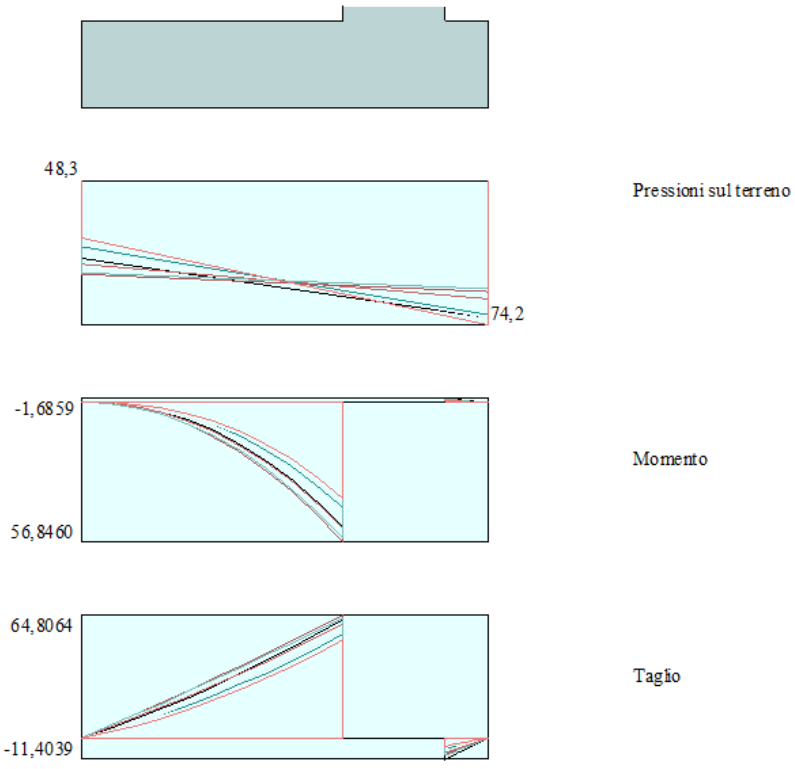
Computo delle quantità (per metro lineare di muro)

Calcestruzzo in elevazione	(mc)	2.15
Calcestruzzo in fondazione	(mc)	1.68
Calcestruzzo magro	(mc)	0.28
Acciaio per armature	(kg)	405.83

Incidenza armatura (elevazione + fondazione) = 405,83 / (2,15 + 1,68) ≈ 110 kg/mc




30
442
280
0,00 7,85 15,69 23,54 31,38 39,23 47,07 54,92 62,76
0,00
65,42
Momenti [kNm]
0,00 5,88 11,77 17,65 23,54 29,42 35,30 41,19 47,07
0,00
52,69
Taglio [kN]
0,00 6,86 13,73 20,59 27,46 34,32 41,19 48,05 54,92
0,00
56,77
Sforzo Normale [kN]


48,3
74,2
Pressioni sul terreno
-1,6859
56,8460
Momento
64,8064
-11,4039
Taglio

3.8. Muro tipo 2

Normativa

N.T.C. 2008 - Approccio 1

Simbologia adottata

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

Carichi	*Effetto*		*A1*	*A2*	*EQU*	*HYD*
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	0,90	0,90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,30	1,00	1,10	1,30
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,50	1,30	1,50	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		*M1*	*M2*	*M2*	*M1*
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

Carichi	*Effetto*		*A1*	*A2*	*EQU*	*HYD*
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00	1,00	1,30
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00	1,00	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		*M1*	*M2*	*M2*	*M1*
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00	1,00	1,00

FONDAZIONE SUPERFICIALE

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

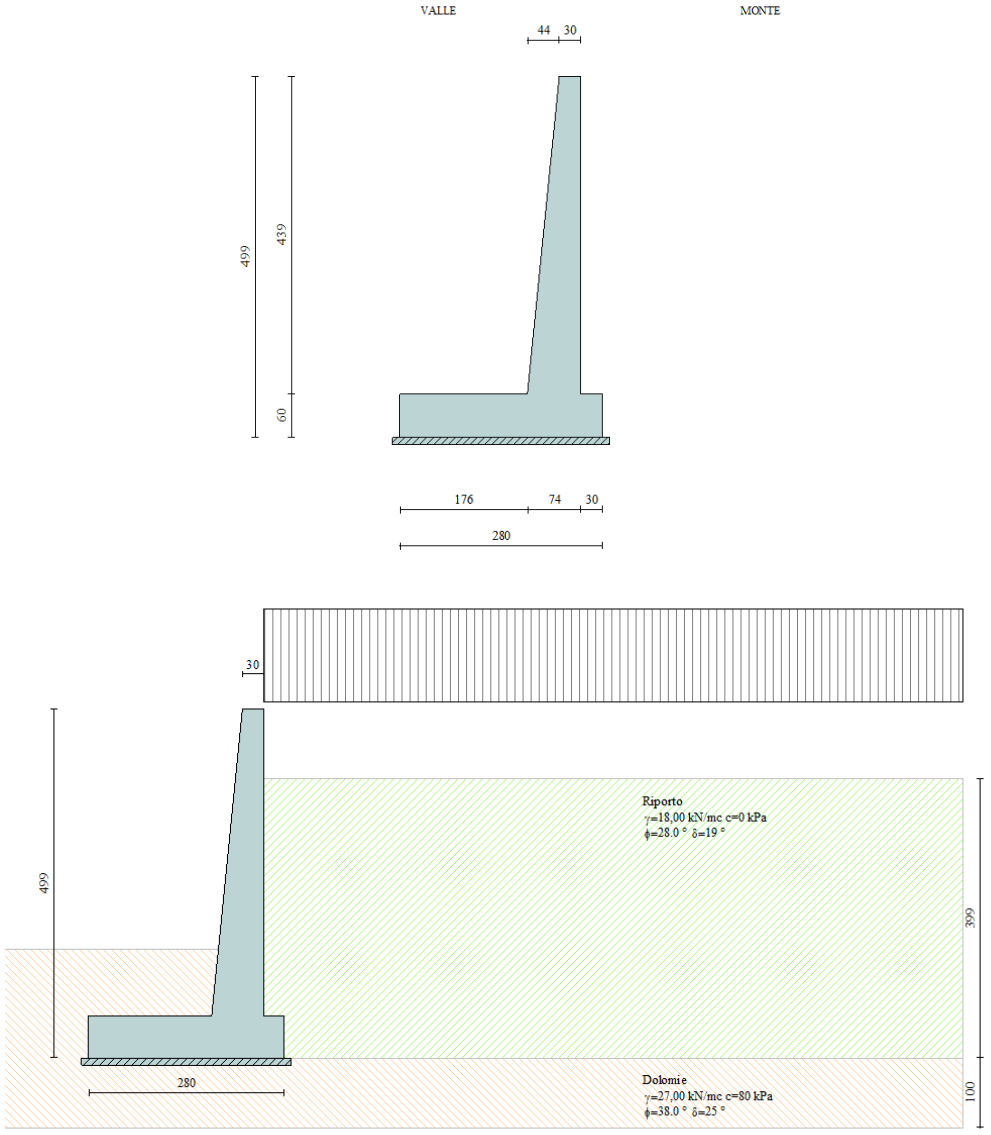
Verifica	*Coefficienti parziali*		
	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1,00	1,00	1,40
Scorrimento	1,00	1,00	1,10
Resistenza del terreno a valle	1,00	1,00	1,40
Stabilità globale		1,10	

Geometria muro e fondazione

Descrizione	**Muro a mensola in c.a.**
Altezza del paramento	4,39 [m]
Spessore in sommità	0,30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,74 [m]
Inclinazione paramento esterno	5,71 [°]
Inclinazione paramento interno	0,00 [°]
Lunghezza del muro	10,00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	1,76 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,30 [m]
Lunghezza totale fondazione	2,80 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	0,60 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]



Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

Peso specifico	25 [kN/mc]
Classe di Resistenza	C28/35
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	35000 [kPa]
Modulo elastico E	32587986 [kPa]
Acciaio	
Tipo	B450C
Tensione di snervamento σ_{fa}	449936 [kPa]

Geometria profilo terreno a monte del muro

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

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

N	X	Y	A
1	0,01	-1,00	-89,43
2	10,00	-1,00	0,00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0,00 [°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0,95 [m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

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

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Riporto	18,00	19,00	28.00	18.67	0,0	0,0
Dolomie	27,00	27,00	38.00	25.33	80,0	40,0

Stratigrafia

Terreno spingente: Riporto
Terreno di fondazione: Dolomie

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate
Carichi verticali positivi verso il basso.
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.
Momento positivo senso antiorario.

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

Condizione n° 1 (Accidentali)
D Profilo **X_i**=0,00 **X_f**=10,00 **Q_i**=20,0000 **Q_f**=20,0000

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

F/S	Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
γ	Coefficiente di partecipazione della condizione
Ψ	Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30
Accidentali	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 2 - Caso A2-M2 (GEO)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 3 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	0,90	1.00	0,90
Peso proprio terrapieno	FAV	0,90	1.00	0,90
Spinta terreno	SFAV	1,10	1.00	1,10
Accidentali	SFAV	1.10	1.00	1.10

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

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 5 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 13 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 14 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 15 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni **Stato limite**

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

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

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali	Aggressive
Armatura ad aderenza migliorata	
Verifica fessurazione	
Sensibilità delle armature	Poco sensibile
Valori limite delle aperture delle fessure	w_1 = 0.20 w_2 = 0.30 w_3 = 0.40
Metodo di calcolo aperture delle fessure	Circ. Min. 252 (15/10/1996)
Verifica delle tensioni	
Combinazione di carico	Rara $\sigma_c < 0.60\ f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80\ f_{yk}$ Quasi permanente $\sigma_c < 0.45\ f_{ck}$

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00
Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

Impostazioni avanzate

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

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

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

C	Tipo	Sisma	CS_{sco}	CS_{rib}	CS_{qlim}	CS_{stab}
1	A1-M1 - [1]	--	2,09	--	63,93	--
2	A2-M2 - [1]	--	1,72	--	28,83	--
3	EQU - [1]	--	--	2,04	--	--
4	STAB - [1]	--	--	--	--	2,67
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	2,49	--	82,34	--
6	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	2,46	--	80,87	--
7	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,61	--	25,80	--
8	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,62	--	26,27	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,20	--	--
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2,22	--	--
11	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	2,54
12	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	2,56
13	SLEQ - [1]	--	2,66	--	88,44	--
14	SLEF - [1]	--	2,66	--	88,44	--
15	SLER - [1]	--	2,66	--	88,44	--

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :
Origine in testa al muro (spigolo di monte)
Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte
Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto
Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle
Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Meyerhof
Calcolo della stabilità globale	metodo di Fellenius
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	0.76 [m/s^2]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione (β_m)	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 2.01$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 1.01$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.00 [m/s^2]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione (β_m)	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.00$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.00$

Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico
Partecipazione spinta passiva (percento)	0,0
Lunghezza del muro	10,00 [m]
Peso muro	97,0875 [kN]
Baricentro del muro	X=-0,62 Y=-3,43

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 0,30 Y = -4,99
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,30 Y = -1,00
Altezza della superficie di spinta	3,99 [m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0,00 [°]

COMBINAZIONE n° 3

Valore della spinta statica	95,5929	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	92,2819	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	24,9407	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,30	[m]	Y = -3,42	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	15,12	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51,90	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	23,1564	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,15	[m]	Y = -2,69	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	92,2819	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	135,4759	[kN]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	144,6859	[kNm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	294,9006	[kNm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	135,4759	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	92,2819	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,29	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,80	[m]		
Risultante in fondazione	163,9197	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	34,26	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	39,3838	[kNm]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 2.04

COMBINAZIONE n° 7

Valore della spinta statica	86,9026	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	83,8927	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	22,6734	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,30	[m]	Y = -3,42	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	15,12	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51,90	[°]		
Incremento sismico della spinta	4,1316	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,30	[m]	Y = -3,42	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	50,72	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	24,3960	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,15	[m]	Y = -2,69	[m]
Inerzia del muro	1,9562	[kN]		
Inerzia verticale del muro	0,9781	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,4916	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,2458	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	90,3289	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	146,4587	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	146,4587	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	90,3289	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,21	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,80	[m]
Risultante in fondazione	172,0740	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	31,66	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	31,4027	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	3778,6859	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,80	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	76,38	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	28,28	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	N_c = 35.51	N_q = 23.19	N_γ = 22.05
Fattori forma	s_c = 1,00	s_q = 1,00	s_γ = 1,00
Fattori inclinazione	i_c = 0,42	i_q = 0,42	i_γ = 0,00
Fattori profondità	d_c = 1,20	d_q = 1,10	d_γ = 1,10

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

N'_c = 17.90	N'_q = 10.72	N'_γ = 0.00

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.61
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	25.80

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 7
L'ordinata Y(espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm
Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN
Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,44	3,4644	-0,0104	0,1505
3	0,88	7,3996	-0,0098	0,4229
4	1,32	11,8059	0,3995	3,1494
5	1,76	16,6830	2,5666	8,3794
6	2,19	22,0311	7,2192	14,9866
7	2,63	27,8501	14,9516	22,9707
8	3,07	34,1400	26,3576	32,3317
9	3,51	40,9008	42,0314	43,0697
10	3,95	48,1326	62,5671	55,1845
11	4,39	55,8353	88,5587	68,6763

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 7
L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,35	3,6954	20,6415
3	0,70	14,2818	39,1537
4	1,06	31,0097	55,5367
5	1,41	53,1298	69,7904
6	1,76	79,8924	81,9149

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 7
L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,06	-0,1208	-4,0164
3	0,12	-0,4807	-7,9708
4	0,18	-1,0761	-11,8635
5	0,24	-1,9031	-15,6942
6	0,30	-2,9584	-19,5531

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 7

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
B base della sezione espressa in [cm]
H altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u momento ultimo espresso in [kNm]
CS coefficiente sicurezza sezione
VRcd Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 30	15,71	15,71	0,00	0,00	1000,00	145,62	--	--
2	0,44	100, 34	15,71	15,71	5079,76	15,25	1466,29	156,37	--	--
3	0,88	100, 39	15,71	15,71	5593,48	7,43	755,91	166,60	--	--
4	1,32	100, 43	15,71	15,71	5797,39	-196,16	491,06	176,40	--	--
5	1,76	100, 48	15,71	15,71	3820,83	-587,81	229,03	185,87	--	--
6	2,19	100, 52	25,13	15,71	2413,19	-790,77	109,54	227,63	--	--
7	2,63	100, 56	25,13	15,71	1443,43	-774,92	51,83	237,96	--	--
8	3,07	100, 61	25,13	15,71	983,23	-759,10	28,80	248,05	--	--
9	3,51	100, 65	25,13	15,71	737,39	-757,77	18,03	257,93	--	--
10	3,95	100, 70	25,13	15,71	596,92	-775,94	12,40	267,64	--	--
11	4,39	100, 74	25,13	15,71	506,55	-803,42	9,07	277,19	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 7

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

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

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 60	15,71	15,71	0,00	0,00	1000,00	206,70	--	--
2	0,35	100, 60	15,71	15,71	0,00	327,45	88,61	206,70	--	--
3	0,70	100, 60	15,71	15,71	0,00	327,45	22,93	206,70	--	--
4	1,06	100, 60	15,71	15,71	0,00	327,45	10,56	206,70	--	--
5	1,41	100, 60	15,71	15,71	0,00	327,45	6,16	206,70	--	--
6	1,76	100, 60	15,71	15,71	0,00	327,45	4,10	206,70	--	--

Fondazione di monte

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

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 60	15,71	15,71	0,00	0,00	1000,00	206,70	--	--
2	0,06	100, 60	15,71	15,71	0,00	-327,45	2710,66	206,70	--	--
3	0,12	100, 60	15,71	15,71	0,00	-327,45	681,15	206,70	--	--
4	0,18	100, 60	15,71	15,71	0,00	-327,45	304,30	206,70	--	--
5	0,24	100, 60	15,71	15,71	0,00	-327,45	172,06	206,70	--	--
6	0,30	100, 60	15,71	15,71	0,00	-327,45	110,68	206,70	--	--

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 11
Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)
W peso della striscia espresso in [kN]
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b larghezza della striscia espressa in [m]
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Metodo di Fellenius
Numero di cerchi analizzati 36
Numero di strisce25

Cerchio critico
Coordinate del centro X[m]= -1,13 Y[m]= 2,26
Raggio del cerchio R[m]= 7,39
Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,85
Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,51
Larghezza della striscia dx[m]= 0,45
Coefficiente di sicurezza C= 2.54
Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α(°)	Wsinα	b/cosα	ϕ	c	u
1	12,2847	59.85	10,6229	0,0089	23.04	0	0
2	18,0255	53.85	14,5544	0,0076	23.04	0	0
3	22,6468	48.22	16,8868	0,0067	23.04	0	0
4	26,4675	43.16	18,1041	0,0061	23.04	0	0
5	29,6866	38.49	18,4775	0,0057	23.04	0	0
6	32,4224	34.12	18,1844	0,0054	23.04	0	0
7	34,7514	29.96	17,3522	0,0051	23.04	0	0
8	36,7265	25.96	16,0788	0,0050	23.04	0	0
9	38,3856	22.10	14,4439	0,0048	23.04	0	0
10	39,7561	18.35	12,5143	0,0047	23.04	0	0
11	40,8585	14.67	10,3485	0,0046	23.04	0	0
12	42,6909	11.06	8,1871	0,0045	27.43	31	0
13	54,0623	7.49	7,0432	0,0045	32.01	64	0
14	24,9193	3.94	1,7141	0,0045	32.01	64	0
15	15,9237	0.42	0,1161	0,0045	32.01	64	0
16	15,8071	-3.11	-0,8568	0,0045	32.01	64	0
17	15,3851	-6.64	-1,7800	0,0045	32.01	64	0
18	14,0213	-10.21	-2,4845	0,0045	29.64	47	0
19	12,0423	-13.81	-2,8744	0,0046	23.04	0	0
20	11,0010	-17.47	-3,3025	0,0047	23.04	0	0
21	9,6957	-21.20	-3,5069	0,0048	23.04	0	0
22	8,1073	-25.04	-3,4311	0,0049	23.04	0	0
23	6,2101	-29.00	-3,0102	0,0051	23.04	0	0
24	3,9690	-33.11	-2,1682	0,0053	23.04	0	0
25	1,3356	-37.43	-0,8118	0,0056	23.04	0	0

ΣW_i= 567,1824 [kN]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$= 160,4020 [kN]
$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i$= 246,5178 [kN]
$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i$= 182,1831 [kN]

Inviluppo Sollecitazioni paramento

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kNm]
Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]
Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,44	3,4644	3,4644	-0,0259	-0,0104	0,0769	0,1505
3	0,88	7,3996	7,3996	-0,0764	-0,0098	0,2612	0,4229
4	1,32	11,8059	11,8059	0,2237	0,3995	2,5607	3,1494
5	1,76	16,6830	16,6830	1,9646	2,5666	6,7460	8,3794
6	2,19	22,0311	22,0311	5,6200	7,2192	12,0301	14,9866
7	2,63	27,8501	27,8501	11,7131	14,9516	18,4129	22,9707
8	3,07	34,1400	34,1400	20,7159	26,3576	25,8941	32,3317
9	3,51	40,9008	40,9008	33,1001	42,0314	34,4740	43,0697
10	3,95	48,1326	48,1326	49,3376	62,5671	44,1524	55,1845
11	4,39	55,8353	55,8353	69,9004	88,5587	54,9293	68,6763

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,44	3,4644	3,4644	-0,0281	-0,0281	0,0625	0,0625
3	0,88	7,3996	7,3996	-0,0913	-0,0913	0,2128	0,2128
4	1,32	11,8059	11,8059	0,1128	0,1128	2,2521	2,2521
5	1,76	16,6830	16,6830	1,6195	1,6195	6,2148	6,2148
6	2,19	22,0311	22,0311	4,9851	4,9851	11,2336	11,2336
7	2,63	27,8501	27,8501	10,6625	10,6625	17,3084	17,3084
8	3,07	34,1400	34,1400	19,1050	19,1050	24,4392	24,4392
9	3,51	40,9008	40,9008	30,7658	30,7658	32,6258	32,6258
10	3,95	48,1326	48,1326	46,0979	46,0979	41,8684	41,8684
11	4,39	55,8353	55,8353	65,5545	65,5545	52,1669	52,1669

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di valle

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,35	2,4931	3,6954	14,1085	20,6415
3	0,70	9,8922	14,2818	27,8748	39,1537
4	1,06	22,0769	31,0097	41,2991	55,5367
5	1,41	38,9266	53,1298	54,3813	69,7904
6	1,76	60,3211	79,8924	67,1214	81,9149

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,35	2,1898	2,1898	12,4671	12,4671
3	0,70	8,7943	8,7943	25,0831	25,0831
4	1,06	19,8658	19,8658	37,8479	37,8479
5	1,41	35,4567	35,4567	50,7616	50,7616
6	1,76	55,6194	55,6194	63,8243	63,8243

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di monte

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,06	-0,1419	-0,0847	-4,7234	-2,8215
3	0,12	-0,5661	-0,3384	-9,4117	-5,6331
4	0,18	-1,2706	-0,7605	-14,0648	-8,4349
5	0,24	-2,2532	-1,3504	-18,6826	-11,2268
6	0,30	-3,5122	-2,1078	-23,3823	-14,0989

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,06	-0,0765	-0,0765	-2,5492	-2,5492
3	0,12	-0,3060	-0,3060	-5,1027	-5,1027
4	0,18	-0,6889	-0,6889	-7,6605	-7,6605
5	0,24	-1,2253	-1,2253	-10,2227	-10,2227
6	0,30	-1,9160	-1,9160	-12,8792	-12,8792

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
B base della sezione espressa in [cm]
H altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]
σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]
N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u momento ultimo espresso in [kNm]
CS coefficiente sicurezza sezione
VRcd Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 30	15,71	15,71	0,00	0,00	1000,00	145,62	--	--
2	0,44	100, 34	15,71	15,71	5033,73	15,25	1453,01	156,37	--	--
3	0,88	100, 39	15,71	15,71	5506,16	7,43	744,11	166,60	--	--
4	1,32	100, 43	15,71	15,71	5797,39	-112,34	491,06	176,40	--	--
5	1,76	100, 48	15,71	15,71	3820,83	-529,45	229,03	185,87	--	--
6	2,19	100, 52	25,13	15,71	2413,19	-790,77	109,54	227,63	--	--
7	2,63	100, 56	25,13	15,71	1443,43	-774,92	51,83	237,96	--	--
8	3,07	100, 61	25,13	15,71	983,23	-759,10	28,80	248,05	--	--
9	3,51	100, 65	25,13	15,71	737,39	-757,77	18,03	257,93	--	--
10	3,95	100, 70	25,13	15,71	596,92	-775,94	12,40	267,64	--	--
11	4,39	100, 74	25,13	15,71	506,55	-803,42	9,07	277,19	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0,00	100, 30	15,71	15,71	0	0	0	0
2	0,44	100, 34	15,71	15,71	10	0	-146	-120
3	0,88	100, 39	15,71	15,71	20	1	-290	-220
4	1,32	100, 43	15,71	15,71	28	7	-333	-406
5	1,76	100, 48	15,71	15,71	68	17	-29	-925
6	2,19	100, 52	25,13	15,71	149	28	1343	-1939
7	2,63	100, 56	25,13	15,71	270	39	4433	-3396
8	3,07	100, 61	25,13	15,71	418	51	9003	-5189
9	3,51	100, 65	25,13	15,71	590	63	14963	-7295
10	3,95	100, 70	25,13	15,71	785	75	22285	-9697
11	4,39	100, 74	25,13	15,71	1001	88	30960	-12380

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

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

Fondazione di valle

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

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 60	15,71	15,71	0,00	0,00	1000,00	206,70	--	--
2	0,35	100, 60	15,71	15,71	0,00	327,45	88,61	206,70	--	--
3	0,70	100, 60	15,71	15,71	0,00	327,45	22,93	206,70	--	--
4	1,06	100, 60	15,71	15,71	0,00	327,45	10,56	206,70	--	--
5	1,41	100, 60	15,71	15,71	0,00	327,45	6,16	206,70	--	--
6	1,76	100, 60	15,71	15,71	0,00	327,45	4,10	206,70	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
7	0,00	100, 60	15,71	15,71	0	0	0	0
8	0,35	100, 60	15,71	15,71	53	26	2691	-545
9	0,70	100, 60	15,71	15,71	212	53	10808	-2187
10	1,06	100, 60	15,71	15,71	480	80	24415	-4940
11	1,41	100, 60	15,71	15,71	856	107	43576	-8816
12	1,76	100, 60	15,71	15,71	1343	134	68355	-13830

Fondazione di monte

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

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 60	15,71	15,71	0,00	0,00	1000,00	206,70	--	--
2	0,06	100, 60	15,71	15,71	0,00	-327,45	2307,93	206,70	--	--
3	0,12	100, 60	15,71	15,71	0,00	-327,45	578,42	206,70	--	--
4	0,18	100, 60	15,71	15,71	0,00	-327,45	257,72	206,70	--	--
5	0,24	100, 60	15,71	15,71	0,00	-327,45	145,33	206,70	--	--
6	0,30	100, 60	15,71	15,71	0,00	-327,45	93,23	206,70	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
7	0,00	100, 60	15,71	15,71	0	0	0	0
8	0,06	100, 60	15,71	15,71	2	-5	-19	94
9	0,12	100, 60	15,71	15,71	7	-11	-76	376
10	0,18	100, 60	15,71	15,71	17	-16	-171	847
11	0,24	100, 60	15,71	15,71	30	-21	-305	1506
12	0,30	100, 60	15,71	15,71	46	-27	-476	2355

Elenco ferri

Simbologia adottata

Destinazione Destinazione ferro
ϕ Diametro ferro espresso in [mm]
n Numero tondini
L Lunghezza totale ferro espressa in [cm]
P Peso singolo ferro espresso in [kN]
P_g Peso gruppo espresso in [kN]

Destinazione	**ϕ**	**n**	**L**	**P**	**P_g**
Fondazione	20,00	5	395,90	0,0957	0,4787
Fondazione	20,00	5	395,90	0,0957	0,4787
Paramento	20,00	5	188,59	0,0456	0,2281
Paramento	20,00	5	498,17	0,1205	0,6024
Paramento	20,00	3	188,00	0,0455	0,1364
Paramento	20,00	3	280,50	0,0678	0,2035
Paramento	20,00	5	188,00	0,0455	0,2273
Paramento	20,00	5	496,00	0,1200	0,5998
Fondazione	8,00	9	68,09	0,0026	0,0237
Paramento	8,00	9	60,05	0,0023	0,0209

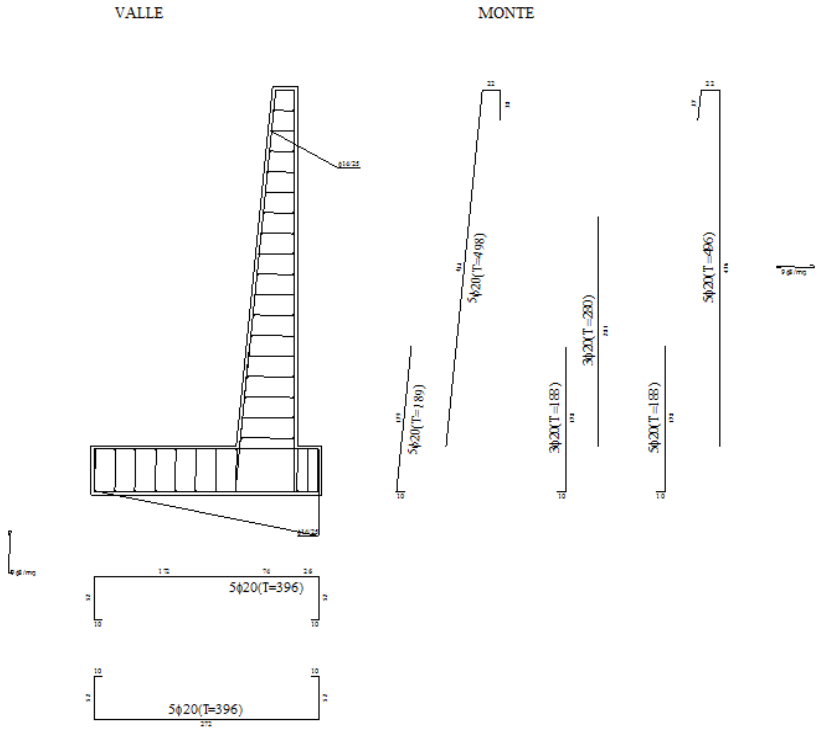
Computo dei ferri (per metro lineare di muro)

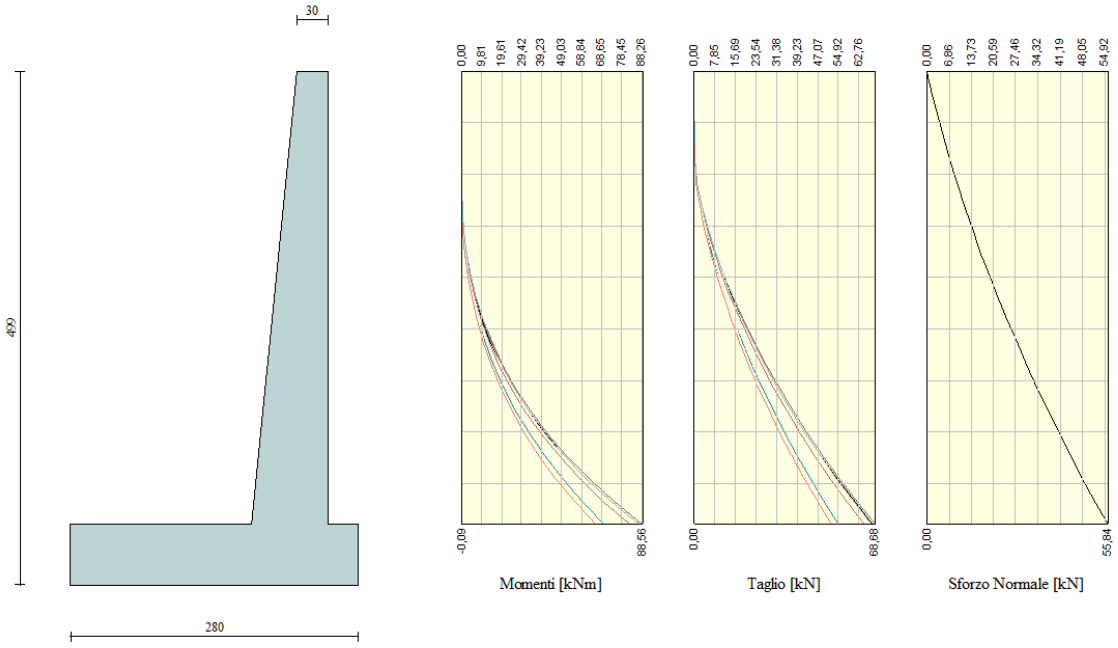
Diametro (mm)	Lunghezza (m)	Peso (kg)
20	122.18	301.32
14	58.00	70.09
8	42.11	16.62

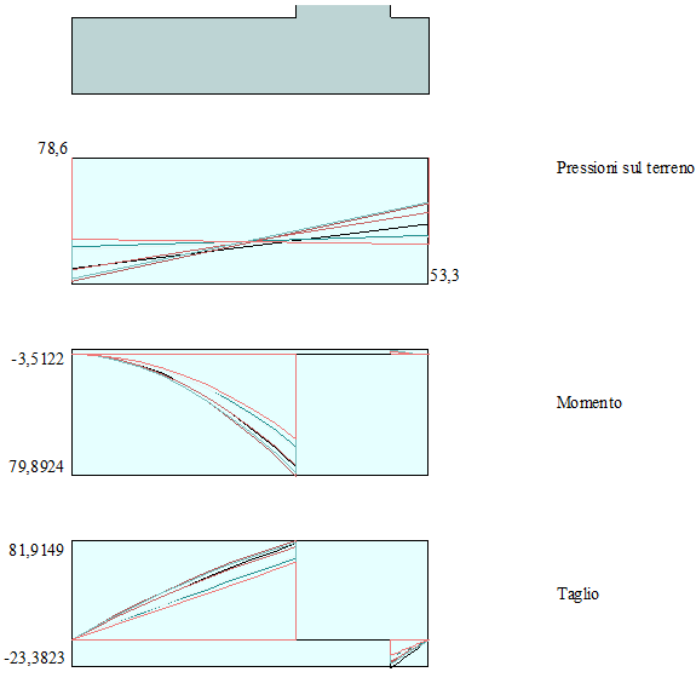
Computo delle quantità (per metro lineare di muro)

Calcestruzzo in elevazione	(mc)	2.28
Calcestruzzo in fondazione	(mc)	1.68
Calcestruzzo magro	(mc)	0.28
Acciaio per armature	(kg)	388.03

Incidenza armatura (elevazione e fondazione) = 388,03 / (2,28 + 1,68) = ≈ 100 kg/mc




30
400
280
0,00 9,81 19,61 29,42 39,23 49,03 58,84 68,65 78,45 88,26
-0,09
88,56
Momenti [kNm]
0,00 7,85 15,69 23,54 31,38 39,23 47,07 54,92 62,76
0,00
68,68
Taglio [kN]
0,00 6,86 13,73 20,59 27,46 34,32 41,19 48,05 54,92
0,00
55,84
Sforzo Normale [kN]


78,6
53,3
Pressioni sul terreno
-3,5122
79,8924
Momento
81,9149
-23,3823
Taglio

3.9. Muro tipo 3

Normativa

N.T.C. 2008 - Approccio 1

Simbologia adottata

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

Carichi	*Effetto*		*A1*	*A2*	*EQU*	*HYD*
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	0,90	0,90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,30	1,00	1,10	1,30
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,50	1,30	1,50	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		*M1*	*M2*	*M2*	*M1*
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

Carichi	*Effetto*		*A1*	*A2*	*EQU*	*HYD*
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00	1,00	1,30
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00	1,00	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		*M1*	*M2*	*M2*	*M1*
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00	1,00	1,00

FONDAZIONE SUPERFICIALE

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

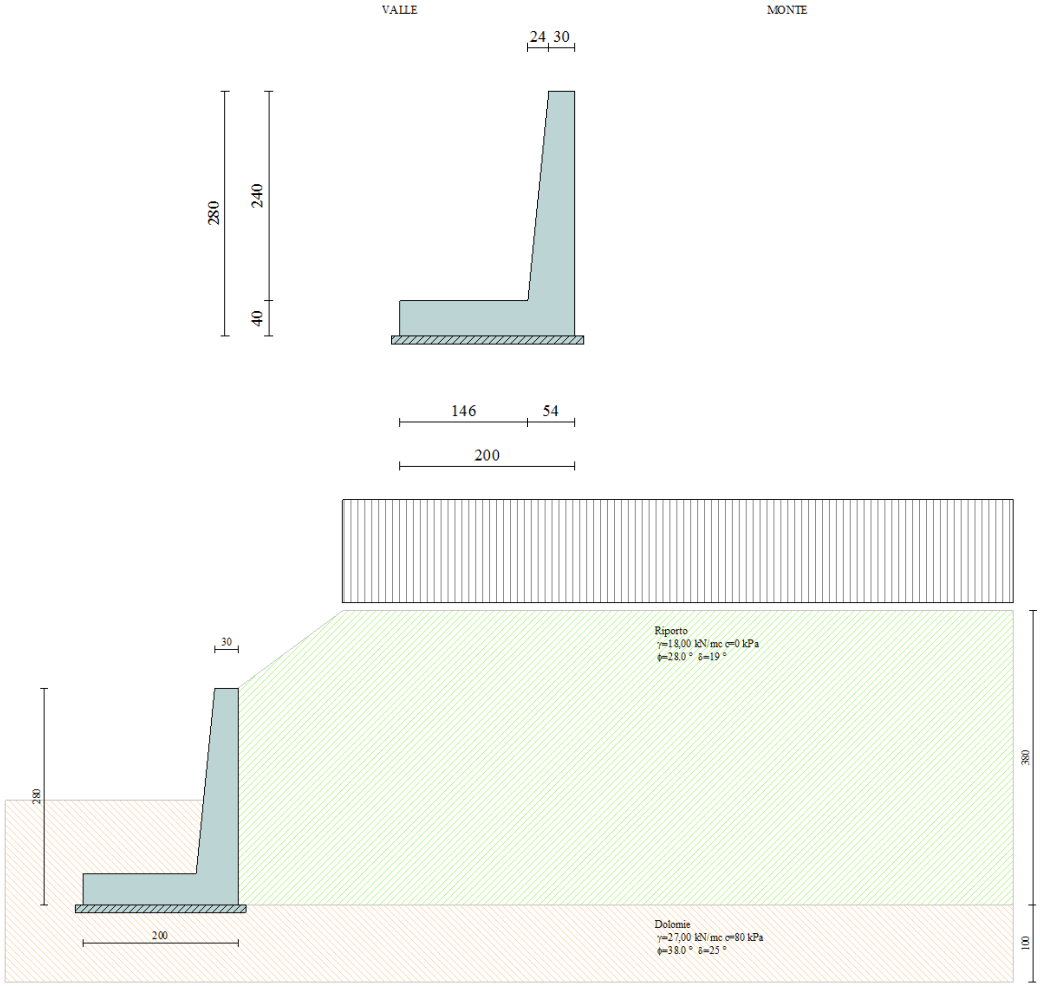
Verifica	*Coefficienti parziali*		
	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1,00	1,00	1,40
Scorrimento	1,00	1,00	1,10
Resistenza del terreno a valle	1,00	1,00	1,40
Stabilità globale		1,10	

Geometria muro e fondazione

Descrizione	**Muro a mensola in c.a.**
Altezza del paramento	2,40 [m]
Spessore in sommità	0,30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,54 [m]
Inclinazione paramento esterno	5,71 [°]
Inclinazione paramento interno	0,00 [°]
Lunghezza del muro	10,00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	1,46 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,00 [m]
Lunghezza totale fondazione	2,00 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	0,40 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]



Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

Peso specifico	25,000 [kN/mc]
Classe di Resistenza	C28/35
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	35000 [kPa]
Modulo elastico E	32587986 [kPa]

Acciaio

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

Geometria profilo terreno a monte del muro

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

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

N	X	Y	A
1	1,35	1,00	36,53
2	10,00	1,00	0,00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0,00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0,95	[m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

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

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Riporto	18,00	19,00	28.00	18.67	0,0	0,0
Dolomie	27,00	27,00	38.00	25.33	80,0	40,0

Stratigrafia

Terreno spingente:	Riporto
Terreno di fondazione:	Dolomie

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate
Carichi verticali positivi verso il basso.
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.
Momento positivo senso antiorario.

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

<u>Condizione n° 1 (Accidentali)</u>

D Profilo **X_i**=1,35 **X_f**=10,00 **Q_i**=20,0000 **Q_f**=20,0000

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

F/S	Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
γ	Coefficiente di partecipazione della condizione
Ψ	Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30
Accidentali	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 2 - Caso A2-M2 (GEO)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 3 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	0,90	1.00	0,90
Peso proprio terrapieno	FAV	0,90	1.00	0,90
Spinta terreno	SFAV	1,10	1.00	1,10
Accidentali	SFAV	1.10	1.00	1.10

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

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 5 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 13 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 14 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 15 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Accidentali	SFAV	1.00	1.00	1.00

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni **Stato limite**

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

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

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali	Aggressive
Armatura ad aderenza migliorata	
Verifica fessurazione	
Sensibilità delle armature	Poco sensibile
Valori limite delle aperture delle fessure	w_1 = 0.20 w_2 = 0.30 w_3 = 0.40
Metodo di calcolo aperture delle fessure	Circ. Min. 252 (15/10/1996)
Verifica delle tensioni	
Combinazione di carico	Rara $\sigma_c < 0.60\ f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80\ f_{yk}$ Quasi permanente $\sigma_c < 0.45\ f_{ck}$

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su $N\gamma$ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00
Coefficiente correttivo su $N\gamma$ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

Impostazioni avanzate

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

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

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

C	Tipo	Sisma	CS_{sco}	CS_{rib}	CS_{qlim}	CS_{stab}
1	A1-M1 - [1]	--	1,65	--	40,70	--
2	A2-M2 - [1]	--	1,18	--	17,11	--
3	EQU - [1]	--	--	1,27	--	--
4	STAB - [1]	--	--	--	--	2,37
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	2,19	--	59,52	--
6	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	2,16	--	58,48	--
7	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,04	--	14,73	--
8	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,05	--	14,99	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	1,38	--	--
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	1,39	--	--
11	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	2,28
12	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	2,30
13	SLEQ - [1]	--	2,31	--	66,95	--
14	SLEF - [1]	--	2,31	--	66,95	--
15	SLER - [1]	--	2,31	--	66,95	--

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :
Origine in testa al muro (spigolo di monte)
Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte
Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto
Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle
Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Meyerhof
Calcolo della stabilità globale	metodo di Fellenius
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	0.76 [m/s^2]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione (β_m)	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 2.01$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 1.01$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.00 [m/s^2]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione (β_m)	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.00$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.00$

Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico
Partecipazione spinta passiva (percento)	0,0
Lunghezza del muro	10,00 [m]
Peso muro	45,2000 [kN]
Baricentro del muro	X=-0,56 Y=-1,88

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 0,00 Y = -2,80
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,00 Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta	2,80 [m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0,00 [°]

COMBINAZIONE n° 3

Valore della spinta statica	67,6850	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	65,3406	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	17,6594	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,00	[m]	Y = -1,67	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	15,12	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	46,06	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,0000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	65,3406	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	58,3394	[kN]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	73,9869	[kNm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	93,7864	[kNm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	58,3394	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	65,3406	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,66	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,02	[m]		
Risultante in fondazione	87,5950	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	48,24	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	38,5399	[kNm]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.27			

COMBINAZIONE n° 7

Valore della spinta statica	61,5318	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	59,4006	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	16,0540	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,00	[m]	Y = -1,67	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	15,12	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	46,06	[°]		
Incremento sismico della spinta	3,4014	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,00	[m]	Y = -1,67	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	44,96	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,0000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]
Inerzia del muro	0,9107	[kN]		
Inerzia verticale del muro	0,4554	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,0000	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,0000	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	63,5949	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	62,5968	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	62,5968	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	63,5949	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,56	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,33	[m]		
Risultante in fondazione	89,2338	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	45,45	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	34,9093	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	922,3164	[kN]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,33	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	94,35	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,00	[kPa]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	N_c = 35.51	N_q = 23.19	N_γ = 22.05
Fattori forma	s_c = 1,00	s_q = 1,00	s_γ = 1,00
Fattori inclinazione	i_c = 0,24	i_q = 0,24	i_γ = 0,18
Fattori profondità	d_c = 1,24	d_q = 1,12	d_γ = 1,12

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

N'_c = 10.82	N'_q = 6.37	N'_γ = 4.37

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.04
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	14.73

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 7
L'ordinata Y(espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm
Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN
Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,12	0,9179	0,0592	1,0522
3	0,24	1,8718	0,2488	2,2818
4	0,36	2,8615	0,5921	3,7080
5	0,48	3,8870	1,1114	5,3157
6	0,60	4,9485	1,8277	7,0930
7	0,72	6,0459	2,7605	9,0301
8	0,84	7,1791	3,9281	11,1192
9	0,96	8,3482	5,3484	13,3539
10	1,08	9,5532	7,0380	15,7288
11	1,20	10,7940	9,0135	18,2391
12	1,32	12,0708	11,2906	20,8812
13	1,44	13,3834	13,8847	23,6518
14	1,56	14,7319	16,8108	26,5480
15	1,68	16,1163	20,0835	29,5673
16	1,80	17,5366	23,7175	32,7077
17	1,92	18,9927	27,7268	35,9674
18	2,04	20,4848	32,1255	39,3448
19	2,16	22,0127	36,9273	42,8384
20	2,28	23,5765	42,1460	46,4471
21	2,40	25,1761	47,7950	50,1699

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 7
L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,15	0,8621	11,5569
3	0,29	3,3009	21,5982
4	0,44	7,0950	30,1240
5	0,58	12,0233	37,1341
6	0,73	17,8644	42,6286
7	0,88	24,3971	46,6076
8	1,02	31,4001	49,0709
9	1,17	38,6521	50,0187
10	1,31	45,9318	49,4508
11	1,46	53,0459	47,9968

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 7

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
B base della sezione espressa in [cm]
H altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u momento ultimo espresso in [kNm]
CS coefficiente sicurezza sezione
VRcd Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 30	18,85	15,71	0,00	0,00	1000,00	162,90	--	--
2	0,12	100, 31	18,85	15,71	3909,74	-252,07	4259,26	166,24	--	--
3	0,24	100, 32	18,85	15,71	2679,49	-356,14	1431,54	169,53	--	--
4	0,36	100, 34	18,85	15,71	1846,81	-382,12	645,41	172,78	--	--
5	0,48	100, 35	18,85	15,71	1265,33	-361,80	325,52	175,97	--	--
6	0,60	100, 36	18,85	15,71	922,47	-340,71	186,41	179,12	--	--
7	0,72	100, 37	18,85	15,71	718,92	-328,25	118,91	182,23	--	--
8	0,84	100, 38	18,85	15,71	588,23	-321,86	81,94	185,31	--	--
9	0,96	100, 40	18,85	15,71	500,26	-320,50	59,92	188,34	--	--
10	1,08	100, 41	18,85	15,71	437,16	-322,06	45,76	191,34	--	--
11	1,20	100, 42	18,85	15,71	389,79	-325,49	36,11	194,32	--	--
12	1,32	100, 43	18,85	15,71	352,99	-330,17	29,24	197,26	--	--
13	1,44	100, 44	18,85	15,71	323,61	-335,73	24,18	200,17	--	--
14	1,56	100, 46	18,85	15,71	299,66	-341,94	20,34	203,05	--	--
15	1,68	100, 47	18,85	15,71	279,77	-348,64	17,36	205,91	--	--
16	1,80	100, 48	18,85	15,71	263,01	-355,71	15,00	208,74	--	--
17	1,92	100, 49	18,85	15,71	248,71	-363,08	13,09	211,55	--	--
18	2,04	100, 50	18,85	15,71	236,37	-370,68	11,54	214,34	--	--
19	2,16	100, 52	18,85	15,71	225,62	-378,48	10,25	217,11	--	--
20	2,28	100, 53	18,85	15,71	216,17	-386,44	9,17	219,85	--	--
21	2,40	100, 54	18,85	15,71	207,82	-394,53	8,25	222,58	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 7

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

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

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 40	15,71	15,71	0,00	0,00	1000,00	177,07	--	--
2	0,15	100, 40	15,71	15,71	0,00	207,39	240,56	177,07	--	--
3	0,29	100, 40	15,71	15,71	0,00	207,39	62,83	177,07	--	--
4	0,44	100, 40	15,71	15,71	0,00	207,39	29,23	177,07	--	--
5	0,58	100, 40	15,71	15,71	0,00	207,39	17,25	177,07	--	--
6	0,73	100, 40	15,71	15,71	0,00	207,39	11,61	177,07	--	--
7	0,88	100, 40	15,71	15,71	0,00	207,39	8,50	177,07	--	--
8	1,02	100, 40	15,71	15,71	0,00	207,39	6,60	177,07	--	--
9	1,17	100, 40	15,71	15,71	0,00	207,39	5,37	177,07	--	--
10	1,31	100, 40	15,71	15,71	0,00	207,39	4,52	177,07	--	--
11	1,46	100, 40	15,71	15,71	0,00	207,39	3,91	177,07	--	--

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 11
Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)
W peso della striscia espresso in [kN]
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b larghezza della striscia espressa in [m]
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Metodo di Fellenius
Numero di cerchi analizzati 36
Numero di strisce25

Cerchio critico
Coordinate del centro X[m]= -1,06 Y[m]= 1,90
Raggio del cerchio R[m]= 4,82
Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4,53
Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,69
Larghezza della striscia dx[m]= 0,33
Coefficiente di sicurezza C= 2.28
Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α(°)	Wsinα	b/cosα	ϕ	c	u
1	9,6180	72.30	9,1626	0,0106	23.04	0	0
2	14,5060	62.19	12,8303	0,0069	23.04	0	0
3	17,7174	54.62	14,4454	0,0056	23.04	0	0
4	20,1773	48.30	15,0659	0,0048	23.04	0	0
5	22,1655	42.70	15,0330	0,0044	23.04	0	0
6	23,8105	37.58	14,5206	0,0041	23.04	0	0
7	25,1846	32.79	13,6377	0,0038	23.04	0	0
8	19,9210	28.24	9,4268	0,0037	23.04	0	0
9	18,7125	23.89	7,5771	0,0035	23.04	0	0
10	18,0505	19.67	6,0767	0,0034	23.04	0	0
11	17,2288	15.57	4,6240	0,0033	23.04	0	0
12	21,7411	11.54	4,3511	0,0033	29.77	48	0
13	15,1373	7.58	1,9963	0,0033	32.01	64	0
14	9,7490	3.65	0,6203	0,0032	32.01	64	0
15	9,8279	-0.27	-0,0455	0,0032	32.01	64	0
16	9,7242	-4.18	-0,7087	0,0032	32.01	64	0
17	9,4374	-8.11	-1,3319	0,0033	32.01	64	0
18	8,3454	-12.09	-1,7474	0,0033	28.48	39	0
19	7,5411	-16.12	-2,0937	0,0034	23.04	0	0
20	6,9019	-20.24	-2,3874	0,0034	23.04	0	0
21	6,1012	-24.47	-2,5270	0,0035	23.04	0	0
22	5,1235	-28.85	-2,4719	0,0037	23.04	0	0
23	3,9467	-33.42	-2,1737	0,0039	23.04	0	0
24	2,5390	-38.25	-1,5719	0,0041	23.04	0	0
25	0,8524	-43.43	-0,5860	0,0044	23.04	0	0

ΣW_i= 324,0601 [kN]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$= 111,7225 [kN]
$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i$= 129,9255 [kN]
$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i$= 134,8181 [kN]

Inviluppo Sollecitazioni paramento

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kNm]
Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]
Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,12	0,9179	0,9179	0,0368	0,0592	0,6777	1,0522
3	0,24	1,8718	1,8718	0,1585	0,2488	1,5228	2,2818
4	0,36	2,8615	2,8615	0,3869	0,5921	2,5498	3,7080
5	0,48	3,8870	3,8870	0,7425	1,1114	3,7417	5,3157
6	0,60	4,9485	4,9485	1,2441	1,8277	5,0846	7,0930
7	0,72	6,0459	6,0459	1,9088	2,7605	6,5678	9,0301
8	0,84	7,1791	7,1791	2,7527	3,9281	8,1828	11,1192
9	0,96	8,3482	8,3482	3,7911	5,3484	9,9225	13,3539
10	1,08	9,5532	9,5532	5,0382	7,0380	11,7810	15,7288
11	1,20	10,7940	10,7940	6,5079	9,0135	13,7536	18,2391
12	1,32	12,0708	12,0708	8,2134	11,2906	15,8362	20,8812
13	1,44	13,3834	13,3834	10,1674	13,8847	18,0255	23,6518
14	1,56	14,7319	14,7319	12,3824	16,8108	20,3185	26,5480
15	1,68	16,1163	16,1163	14,8704	20,0835	22,7129	29,5673
16	1,80	17,5366	17,5366	17,6432	23,7175	25,2064	32,7077
17	1,92	18,9927	18,9927	20,7124	27,7268	27,7974	35,9674
18	2,04	20,4848	20,4848	24,0895	32,1255	30,4842	39,3448
19	2,16	22,0127	22,0127	27,7855	36,9273	33,2655	42,8384
20	2,28	23,5765	23,5765	31,8116	42,1460	36,1402	46,4471
21	2,40	25,1761	25,1761	36,1787	47,7950	39,1070	50,1699

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,12	0,9179	0,9179	0,0341	0,0341	0,6328	0,6328
3	0,24	1,8718	1,8718	0,1474	0,1474	1,4254	1,4254
4	0,36	2,8615	2,8615	0,3606	0,3606	2,3920	2,3920
5	0,48	3,8870	3,8870	0,6932	0,6932	3,5161	3,5161
6	0,60	4,9485	4,9485	1,1633	1,1633	4,7845	4,7845
7	0,72	6,0459	6,0459	1,7872	1,7872	6,1869	6,1869
8	0,84	7,1791	7,1791	2,5803	2,5803	7,7151	7,7151
9	0,96	8,3482	8,3482	3,5571	3,5571	9,3622	9,3622
10	1,08	9,5532	9,5532	4,7312	4,7312	11,1228	11,1228
11	1,20	10,7940	10,7940	6,1157	6,1157	12,9920	12,9920
12	1,32	12,0708	12,0708	7,7233	7,7233	14,9663	14,9663
13	1,44	13,3834	13,3834	9,5662	9,5662	17,0421	17,0421
14	1,56	14,7319	14,7319	11,6561	11,6561	19,2169	19,2169
15	1,68	16,1163	16,1163	14,0046	14,0046	21,4883	21,4883
16	1,80	17,5366	17,5366	16,6228	16,6228	23,8541	23,8541
17	1,92	18,9927	18,9927	19,5219	19,5219	26,3128	26,3128
18	2,04	20,4848	20,4848	22,7126	22,7126	28,8628	28,8628
19	2,16	22,0127	22,0127	26,2057	26,2057	31,5028	31,5028
20	2,28	23,5765	23,5765	30,0115	30,0115	34,2316	34,2316
21	2,40	25,1761	25,1761	34,1406	34,1406	37,0483	37,0483

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di valle

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,15	0,5112	0,8621	6,9001	11,5569
3	0,29	1,9850	3,3009	13,1880	21,5982
4	0,44	4,3323	7,0950	18,8638	30,1240
5	0,58	7,4635	12,0233	23,9275	37,1341
6	0,73	11,2893	17,8644	28,3790	42,6286
7	0,88	15,7204	24,3971	32,2184	46,6076
8	1,02	20,6673	31,4001	35,4457	49,0709
9	1,17	26,0407	38,6521	38,0609	50,0187
10	1,31	31,7513	45,9318	40,0639	49,4508
11	1,46	37,7096	53,0459	41,4547	49,5261

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,15	0,4724	0,4724	6,3818	6,3818
3	0,29	1,8376	1,8376	12,2311	12,2311
4	0,44	4,0179	4,0179	17,5477	17,5477
5	0,58	6,9356	6,9356	22,3318	22,3318
6	0,73	10,5129	10,5129	26,5833	26,5833
7	0,88	14,6720	14,6720	30,3023	30,3023
8	1,02	19,3352	19,3352	33,4887	33,4887
9	1,17	24,4248	24,4248	36,1425	36,1425
10	1,31	29,8629	29,8629	38,2637	38,2637
11	1,46	35,5719	35,5719	39,8523	39,8523

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

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

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

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 30	18,85	15,71	0,00	0,00	1000,00	162,90	--	--
2	0,12	100, 31	18,85	15,71	3909,74	-187,31	4259,26	166,24	--	--
3	0,24	100, 32	18,85	15,71	2679,49	-302,94	1431,54	169,53	--	--
4	0,36	100, 34	18,85	15,71	1846,81	-378,59	645,41	172,78	--	--
5	0,48	100, 35	18,85	15,71	1265,33	-361,80	325,52	175,97	--	--
6	0,60	100, 36	18,85	15,71	922,47	-340,71	186,41	179,12	--	--
7	0,72	100, 37	18,85	15,71	718,92	-328,25	118,91	182,23	--	--
8	0,84	100, 38	18,85	15,71	588,23	-321,86	81,94	185,31	--	--
9	0,96	100, 40	18,85	15,71	500,26	-320,50	59,92	188,34	--	--
10	1,08	100, 41	18,85	15,71	437,16	-322,06	45,76	191,34	--	--
11	1,20	100, 42	18,85	15,71	389,79	-325,49	36,11	194,32	--	--
12	1,32	100, 43	18,85	15,71	352,99	-330,17	29,24	197,26	--	--
13	1,44	100, 44	18,85	15,71	323,61	-335,73	24,18	200,17	--	--
14	1,56	100, 46	18,85	15,71	299,66	-341,94	20,34	203,05	--	--
15	1,68	100, 47	18,85	15,71	279,77	-348,64	17,36	205,91	--	--
16	1,80	100, 48	18,85	15,71	263,01	-355,71	15,00	208,74	--	--
17	1,92	100, 49	18,85	15,71	248,71	-363,08	13,09	211,55	--	--
18	2,04	100, 50	18,85	15,71	236,37	-370,68	11,54	214,34	--	--
19	2,16	100, 52	18,85	15,71	225,62	-378,48	10,25	217,11	--	--
20	2,28	100, 53	18,85	15,71	216,17	-386,44	9,17	219,85	--	--
21	2,40	100, 54	18,85	15,71	207,82	-394,53	8,25	222,58	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0,00	100, 30	18,85	15,71	0	0	0	0
2	0,12	100, 31	18,85	15,71	4	3	-19	-57
3	0,24	100, 32	18,85	15,71	12	6	7	-154
4	0,36	100, 34	18,85	15,71	25	10	155	-308
5	0,48	100, 35	18,85	15,71	45	13	494	-523
6	0,60	100, 36	18,85	15,71	70	18	1039	-792
7	0,72	100, 37	18,85	15,71	101	22	1792	-1116
8	0,84	100, 38	18,85	15,71	137	26	2755	-1491
9	0,96	100, 40	18,85	15,71	177	31	3926	-1919
10	1,08	100, 41	18,85	15,71	222	36	5306	-2396
11	1,20	100, 42	18,85	15,71	272	40	6891	-2922
12	1,32	100, 43	18,85	15,71	325	45	8681	-3496
13	1,44	100, 44	18,85	15,71	383	50	10672	-4115
14	1,56	100, 46	18,85	15,71	444	54	12862	-4779
15	1,68	100, 47	18,85	15,71	508	59	15248	-5485
16	1,80	100, 48	18,85	15,71	576	64	17827	-6232
17	1,92	100, 49	18,85	15,71	647	68	20596	-7019
18	2,04	100, 50	18,85	15,71	720	73	23553	-7844
19	2,16	100, 52	18,85	15,71	797	78	26695	-8705
20	2,28	100, 53	18,85	15,71	876	83	30019	-9603
21	2,40	100, 54	18,85	15,71	958	87	33524	-10534

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

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

Fondazione di valle

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

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 40	15,71	15,71	0,00	0,00	1000,00	177,07	--	--
2	0,15	100, 40	15,71	15,71	0,00	207,39	240,56	177,07	--	--
3	0,29	100, 40	15,71	15,71	0,00	207,39	62,83	177,07	--	--
4	0,44	100, 40	15,71	15,71	0,00	207,39	29,23	177,07	--	--
5	0,58	100, 40	15,71	15,71	0,00	207,39	17,25	177,07	--	--
6	0,73	100, 40	15,71	15,71	0,00	207,39	11,61	177,07	--	--
7	0,88	100, 40	15,71	15,71	0,00	207,39	8,50	177,07	--	--
8	1,02	100, 40	15,71	15,71	0,00	207,39	6,60	177,07	--	--
9	1,17	100, 40	15,71	15,71	0,00	207,39	5,37	177,07	--	--
10	1,31	100, 40	15,71	15,71	0,00	207,39	4,52	177,07	--	--
11	1,46	100, 40	15,71	15,71	0,00	207,39	3,91	177,07	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
12	0,00	100, 40	15,71	15,71	0	0	0	0
13	0,15	100, 40	15,71	15,71	23	21	923	-205
14	0,29	100, 40	15,71	15,71	90	40	3592	-796
15	0,44	100, 40	15,71	15,71	196	57	7853	-1740
16	0,58	100, 40	15,71	15,71	338	73	13556	-3003
17	0,73	100, 40	15,71	15,71	513	87	20549	-4552
18	0,88	100, 40	15,71	15,71	715	99	28678	-6353
19	1,02	100, 40	15,71	15,71	943	109	37793	-8372
20	1,17	100, 40	15,71	15,71	1191	118	47741	-10576
21	1,31	100, 40	15,71	15,71	1456	125	58371	-12930
22	1,46	100, 40	15,71	15,71	1735	130	69529	-15402

Elenco ferri

Simbologia adottata

Destinazione Destinazione ferro
ϕ Diametro ferro espresso in [mm]
n Numero tondini
L Lunghezza totale ferro espressa in [cm]
P Peso singolo ferro espresso in [kN]
P_g Peso gruppo espresso in [kN]

Destinazione	**ϕ**	**n**	**L**	**P**	**P_g**
Fondazione	20,00	5	266,00	0,0643	0,3217
Fondazione	20,00	5	266,00	0,0643	0,3217
Paramento	20,00	5	357,36	0,0864	0,4321
Paramento	20,00	6	356,00	0,0861	0,5166
Fondazione	8,00	9	48,14	0,0019	0,0168
Paramento	8,00	9	50,13	0,0019	0,0175

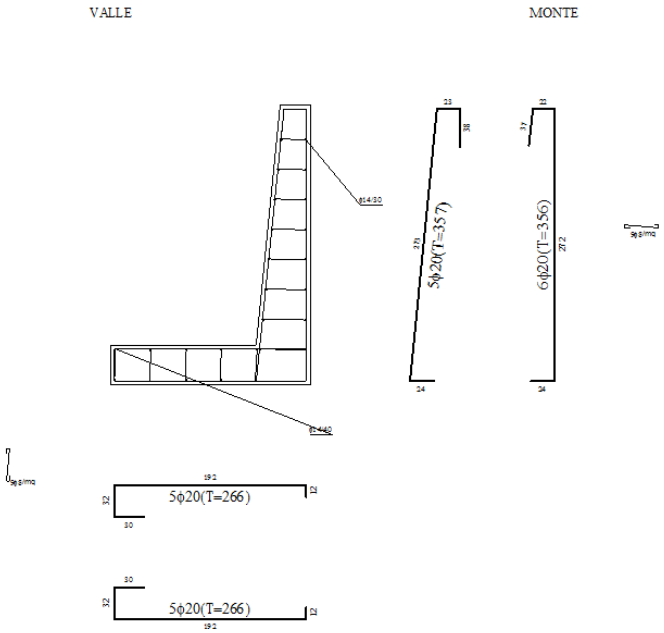
Computo dei ferri (per metro lineare di muro)

Diametro (mm)	Lunghezza (m)	Peso (kg)
20	65.83	162.34
14	0.00	0.00
8	20.23	7.98

Computo delle quantità (per metro lineare di muro)

Calcestruzzo in elevazione	(mc)	1.01
Calcestruzzo in fondazione	(mc)	0.80
Calcestruzzo magro	(mc)	0.20
Acciaio per armature	(kg)	170.32

Incidenza armatura (elevazione + fondazione) = 170,32 / (1,01 + 0,80) ≈ 100 kg/mc



4. CONCLUSIONI

Il progetto è stato redatto in conformità dell'art.17 della Legge 2.2.74 n°64 e dei decreti ministeriali emanati ai sensi degli artt.1 e 3 della medesima legge, ed in particolare delle nuove "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Le analisi condotte confermano che tutte le verifiche prescritte dalla normativa vigente risultano soddisfatte. Le strutture soddisfano, pertanto, i requisiti di sicurezza prescritti dalle vigenti Leggi.