

Committente:



Città di Canicattì
Libero Consorzio comunale di Agrigento



REGIONE SICILIANA

Oggetto:

"Rigenerazione urbana dello spazio di piazzale Marconi per la realizzazione di un'area attrezzata a parcheggio da utilizzare anche come area di raccolta per i fini di protezione civile", che importo complessivo del progetto di € 429.105,23." CIG. B618604d3F - CUP. PROV0000057739

Progetto:

Rigenerazione urbana dello spiazzo di Piazzale Marconi

Ubicazione:

**Via Guglielmo Marconi – Via Senatore Sant’Gangitano,
92024 Canicattì (AG)**



Elaborato:

Tabulato di calcolo

DATA	REV.	REDATTO	VISTO	APPROVATO	DESCRIZIONE
20/07/2026	00	GM	GM	EL	Emissione

Progetto verificato ai sensi del D.Lgs. n. 36/2023 con Verbale 17 del 28 LUG. 2026

Progettista

Ing. Elio Lo Giudice



Supporto alla progettazione

Ing. Giuseppe Mugnos



R.U.P.

Geom. Diego Sfalanga

Collaborazione al R.U.P.

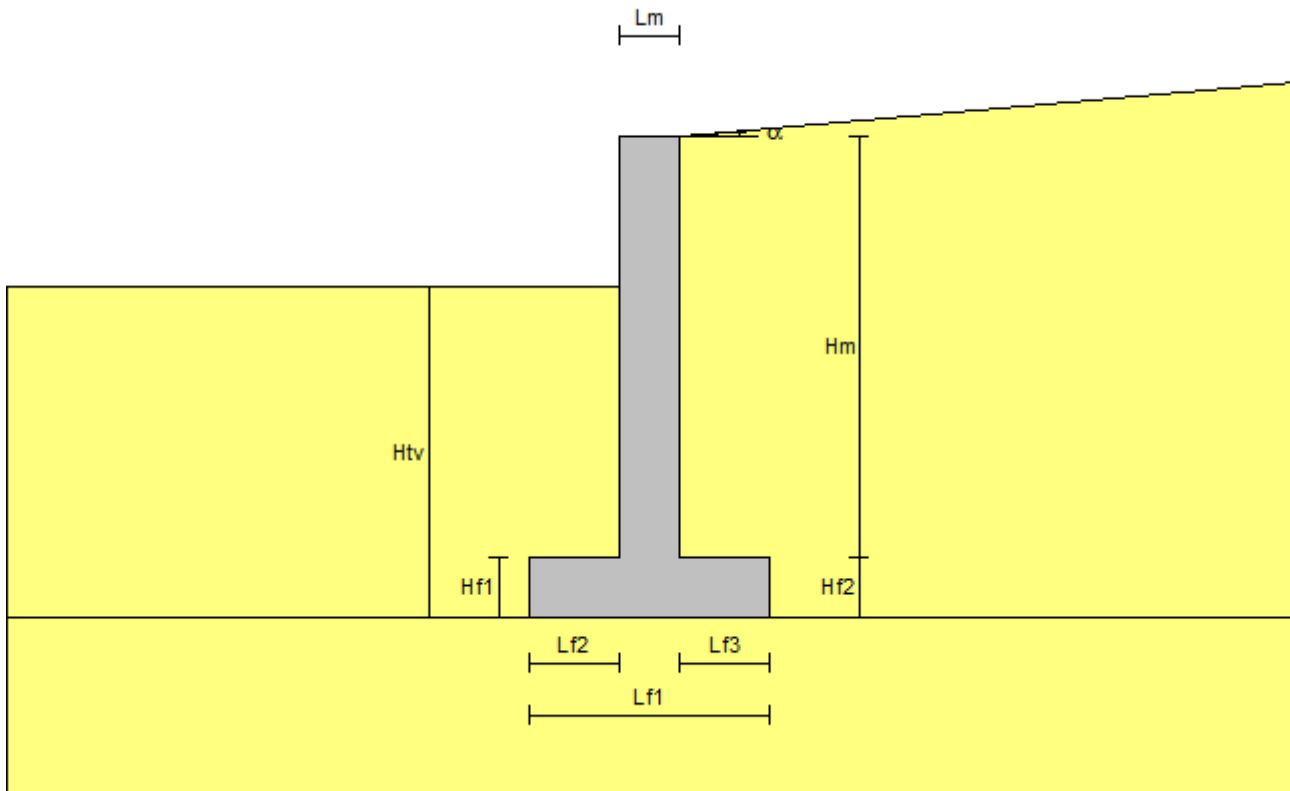
Geom. Giuseppe Cipollina
Geom. Giachino Nicosia



LO GIUDICE MUGNOS

STUDIO ASSOCIATO DI INGEGNERIA STRUTTURALE

Tabulato di calcolo muro di monte



Descrizione dell'opera

Tipo di opera:	muro in calcestruzzo armato
Tipo di sovrastruttura:	paramenti piani
Tipo di fondazione:	piana orizzontale

Caratteristiche geometriche

Mensola in elevazione

Altezza paramento	$H_m =$	1.400 m
Spessore in sommità	$L_{m1} =$	0.200 m
Spessore alla base	$L_{mb} =$	0.200 m
Inclinazione paramento esterno	$\beta_e =$	0.00 °
Inclinazione paramento interno	$\beta_i =$	0.00 °

Soletta di fondazione

Estensione	$E_f =$	35.000 m
Lunghezza totale	$L_{f1} =$	0.800 m
Lunghezza mensola a valle	$L_{f2} =$	0.300 m
Altezza bordo libero mensola a valle	$H_{f1} =$	0.200 m
Lunghezza mensola a monte	$L_{f3} =$	0.300 m
Altezza bordo libero mensola a monte	$H_{f2} =$	0.200 m
Altezza rinterro mensola a valle	$H_{tv} =$	1.100 m
Inclinazione piano di fondazione	$\psi_f =$	0.00 °

Angolo di inclinazione terrapieno

$\alpha =$	5.00 °
------------	--------

Materiali utilizzati

Peso specifico del muro $\gamma_m = 2500 \text{ kg/m}^3$

Caratteristiche calcestruzzo

Classe di resistenza C25/30

Resistenza caratteristica $R_{ck} = 300 \text{ Kg/cm}^2$

Resistenza di calcolo a compressione $f_{cd} = 141 \text{ Kg/cm}^2$

Caratteristiche armature

Tipo acciaio B 450 C

Resistenza di calcolo $f_{yd} = 3913 \text{ Kg/cm}^2$

Caratteristiche geotecniche dei terreni

Terreno a valle del muro

Peso specifico $\gamma_{tv} = 1600 \text{ kg/m}^3$

Angolo di attrito $\varphi_v = 31.00^\circ$

Angolo di attrito terra-muro $\delta_v = 20.67^\circ$

Coesione $c'_v = 0 \text{ kg/m}^2$

Terreno di fondazione del muro

Peso specifico $\gamma_{tf} = 2150 \text{ kg/m}^3$

Angolo di attrito $\varphi_f = 37.00^\circ$

Angolo di attrito terra-muro $\delta_f = 24.67^\circ$

Coesione $c'_f = 0 \text{ kg/m}^2$

Terreno a monte del muro

Peso specifico $\gamma_{tm} = 2150 \text{ kg/m}^3$

Angolo di attrito $\varphi_m = 37.00^\circ$

Angolo di attrito terra-muro $\delta_m = 24.67^\circ$

Coesione $c'_m = 0 \text{ kg/m}^2$

Carichi applicati

Carichi distribuiti sul terreno di tipo permanente strutturale

Uniforme a valle del muro $G_{1uv} = 0 \text{ kg/m}^2$

Uniforme a monte del muro $G_{1um} = 0 \text{ kg/m}^2$

Nastriforme a monte del muro $G_{1nm} = 1200 \text{ kg/m}^2$

Distanza nastriforme dal paramento interno $d_{G1n} = 0.800 \text{ m}$

Larghezza del nastro $l_{G1n} = 0.034 \text{ m}$

Carichi distribuiti sul terreno di tipo permanente non strutturale

Uniforme a valle del muro $G_{2uv} = 0 \text{ kg/m}^2$

Uniforme a monte del muro $G_{2um} = 0 \text{ kg/m}^2$

Nastriforme a monte del muro $G_{2nm} = 0 \text{ kg/m}^2$

Distanza nastriforme dal paramento interno $d_{G2n} = 0.000 \text{ m}$

Larghezza del nastro $l_{G2n} = 0.000 \text{ m}$

Carichi distribuiti sul terreno di tipo variabile

Uniforme a valle del muro $Q_{uv} = 0 \text{ kg/m}^2$

Uniforme a monte del muro $Q_{um} = 0 \text{ kg/m}^2$

Nastriforme a monte del muro $Q_{nm} = 0 \text{ kg/m}^2$

Distanza nastriforme dal paramento interno $d_{Qn} = 0.000 \text{ m}$

Larghezza del nastro $l_{Qn} = 0.000 \text{ m}$

Normativa

Le verifiche geotecniche e di resistenza vengono eseguite secondo i dettami del D.M. 17 gennaio 2018: la verifica di stabilità globale viene effettuata secondo l'approccio DA1-C2 (A2+M2+R2) mentre le rimanenti verifiche (scorrimento, carico limite, ribaltamento e di resistenza) vengono effettuate secondo l'approccio DA2 (A1+M1+R3). Le verifiche per azioni sismiche vengono effettuate ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici: l'analisi in condizioni sismiche viene eseguita utilizzando il metodo pseudo-statico.

Parametri per la determinazione dei carichi derivanti da sisma

Località:		
Vita nominale	$V_N =$	50 anni
Tipo di costruzione	tipo =	2
Classe d'uso	$Cl_U =$	II
Coefficiente d'uso	$C_U =$	1.0
Periodo di riferimento	$V_R =$	50 anni
Probabilità di superamento	$P_{Vr} =$	10%
Periodo di ritorno	$T_R =$	475 anni
Lo spettro di risposta utilizzato è quello definito dalla normativa		
Accelerazione orizzontale massima	$a_g =$	0.0608 g
Categoria di sottosuolo	suolo =	B
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_S =$	1.20000
Categoria topografica	$C_T =$	T1
Coefficiente di amplificazione topografica	$S_T =$	1.00000
Coefficienti di riduzione dell'accelerazione orizzontale massima		
verifiche locali	$\beta_m^* =$	1.00000
verifica di stabilità globale	$\beta_s =$	0.20000
Coefficienti sismici per le verifiche locali		
orizzontale	$k_h =$	0.07296
verticale	$k_v =$	0.03648
Coefficienti sismici per le verifiche di stabilità globale		
orizzontale	$k_h =$	0.01459
verticale	$k_v =$	0.00730

* Il muro non è in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno.

Coefficienti parziali per le azioni

Tipo CMB	γ_{G1max}	γ_{G1min}	γ_{G2max}	γ_{G2min}	γ_Q/ψ_{2i}
DA2 (A1)	1.30	1.00	1.50	0.80	1.50
DA1-C2 (A2)	1.00	1.00	1.30	0.80	1.30
SIS	1.00	-	1.00	-	0.60

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tipo CMB	γ_ϕ	$\gamma_{c'}$	γ_γ
DA2 (M1)	1.00	1.00	1.00
DA1-C2 (M2)	1.25	1.25	1.00
SIS	1.00	1.00	1.00

Coefficienti per la determinazione delle masse sismiche

Carichi permanenti strutturali G1	$\gamma_{G1} = 1.00$
Carichi permanenti non strutturali G2	$\gamma_{G2} = 1.00$
Carichi variabili Q	$\psi_{Ei} = 0.60$

Coefficienti parziali per le verifiche

Verifica	DA2 (R3)	DA1-C2 (R2)	SIS
Capacità portante fondazione	1.40	-	(R3) 1.20
Scorrimento	1.10	-	(R3) 1.00
Ribaltamento	1.15	-	(R3) 1.00
Stabilità globale	-	1.10	(R2) 1.20

Combinazioni per le verifiche locali e di resistenza

CMB	Tipo	γ_{G1}	γ_{G2}	γ_Q	γ_E^1
-----	------	---------------	---------------	------------	--------------

1	DA2	1.30	1.50	1.50	0.00
2	DA2	1.00	1.50	1.50	0.00
3	SIS	1.00	1.00	0.60	+1.00
4	SIS	1.00	1.00	0.60	-1.00

¹ Il segno di γ_E indica la direzione della componente verticale dell'azione sismica: positivo ↓ e negativo ↑.

Verifiche di stabilità dell'opera

Coefficienti di spinta del terreno di monte

Terreno in condizioni statiche (Coulomb)

Spinta attiva $K_{AS} = 0.2379$

Terreno in condizioni dinamiche (Mononobe-Okabe)

Componente verticale dell'azione sismica agente verso l'alto

Spinta attiva $K_{AD} = 0.2862$

Componente verticale dell'azione sismica agente verso il basso

Spinta attiva $K_{AD} = 0.2825$

Valori della spinta attiva del terreno di monte per metro di estensione del muro

Altezza di calcolo $H_t = 1.600$ m

Le spinte sono espresse in chilogrammi e le coordinate in metri.

CMB	$S_{S,X}$	$S_{S,Y}$	Y_S	X_S	$S_{D,X}$	$S_{D,Y}$	Y_D	X_D	$S_{T,X}$	$S_{T,Y}$	Y_T	X_T
1	800	355	0.544	0.500	-	-	-	-	800	355	0.544	0.500
2	616	273	0.544	0.500	-	-	-	-	616	273	0.544	0.500
3	616	273	0.544	0.500	137	63	0.800	0.500	753	336	0.591	0.500
4	616	273	0.544	0.500	95	44	0.800	0.500	710	317	0.579	0.500

Legenda

$S_{S,X}$, $S_{D,X}$, $S_{T,X}$ componente orizzontale della spinta statica, dinamica, totale del terreno

$S_{S,Y}$, $S_{D,Y}$, $S_{T,Y}$ componente verticale della spinta statica, dinamica, totale del terreno

Y_S , Y_D , Y_T ordinata del punto di applicazione della spinta statica, dinamica, totale

X_S , X_D , X_T ascissa del punto di applicazione della spinta statica, dinamica, totale

(le coordinate del punto di applicazione sono riferite al piede di valle della fondazione)

Le pressioni sono espresse in kg/m^2 .

CMB	$p_{0,S,X}$	$p_{1,S,X}$	$p_{0,D,X}$	$p_{1,D,X}$	$p_{0,S,Y}$	$p_{1,S,Y}$	$p_{0,D,Y}$	$p_{1,D,Y}$
1	0	967	0	0	0	444	0	0
2	0	744	0	0	0	342	0	0
3	0	744	86	86	0	342	39	39
4	0	744	59	59	0	342	27	27

Legenda

$p_{0,S,X}$, $p_{0,D,X}$ pressioni orizzontali agenti a quota 0 m (piano di campagna) statica e dinamica

$p_{1,S,X}$, $p_{1,D,X}$ pressioni orizzontali agenti a quota -1.600 m (fondazione) statica e dinamica

$p_{0,S,Y}$, $p_{0,D,Y}$ pressioni verticali agenti a quota 0 m (piano di campagna) statica e dinamica

$p_{1,S,Y}$, $p_{1,D,Y}$ pressioni verticali agenti a quota -1.600 m (fondazione) statica e dinamica

Forze d'inerzia per metro di estensione del muro

Componente orizzontale forza d'inerzia $F_{I,X} = 147$ kg

Ordinata del punto di applicazione della forza $Y_I = 0.744$ m

Componente verticale forza d'inerzia $F_{I,Y} = \pm 73$ kg

Ascissa del punto di applicazione della forza $X_I = 0.513$ m

Verifica a ribaltamento (superata con successo)

Nell'eseguire la verifica si considerano positive le forze verticali dirette verso il basso, le forze orizzontali dirette verso monte e i momenti aventi senso orario: se il momento ribaltante risulta positivo (quindi stabilizzante) viene posto pari a zero. Vengono prese in considerazione le combinazioni di carico dalla 1 alla 4.

Dettaglio condizioni più gravose (Combinazione 4)

Il centro di rotazione coincide con il piede di valle della soletta di fondazione.

Descrizione carico	Forza [kg]	Braccio [m]	Momento [kg·m]
Peso del muro (P_M)	1100	0.400	440.000
Peso del terreno a monte (P_{TM})	911	0.650	592.875

Peso del terreno a valle (P_{TV})	432	0.150	64.800
Componente verticale forza d'inerzia ($F_{I,Y}$)	-73	0.513	-37.679
Momento stabilizzante (M_{STAB})			1059.996

Componente orizzontale spinta totale terreno ($S_{T,X}$)	-710	0.579	-410.967
Componente verticale spinta totale terreno ($S_{T,Y}$)	317	0.500	158.377
Componente orizzontale forza d'inerzia ($F_{I,X}$)	-147	0.744	-109.171
Momento ribaltante (M_{RIB})			-361.761

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento

$$C_{RIB} = (M_{STAB} / R) / |M_{RIB}| = 2.93010$$

Verifica a schiacciamento (superata con successo)

Nell'eseguire la verifica vengono prese in considerazione le combinazioni di carico dalla 1 alla 4.

Dettaglio condizioni più gravose (Combinazione 3)

Descrizione carico (componente ortogonale al piano di fondazione)	Forza [kg]
Peso del muro (P_M)	1100
Peso del terreno a monte (P_{TM})	911
Peso del terreno a valle (P_{TV})	432
Componente orizzontale forza d'inerzia ($F_{I,X}$)	0
Componente verticale forza d'inerzia ($F_{I,Y}$)	73
Componente orizzontale spinta totale terreno ($S_{T,X}$)	0
Componente verticale spinta totale terreno ($S_{T,Y}$)	336
Carico totale ortogonale al piano di fondazione (N_{TOT})	2853

Momento rispetto al piede di valle ($M_{TOT} = M_{STAB} + M_{RIB}$) 749.295 kg•m

Distanza carico dal piede di valle ($d_N = M_{TOT} / N_{TOT}$) 0.263 m

Eccentricità del carico ($e_N = |L_{f1} / 2 - d_N|$) 0.137 m
(Il punto di applicazione del carico è **esterno** al terzo medio)

Compressione all'estremo di valle (σ_v)	7243 kg/m ²
Compressione all'estremo di monte (σ_m)	0 kg/m ²
Ampiezza della zona compressa (B_{comp})	0.788 m
Compressione limite (σ_L)	57683 kg/m ²

Coefficiente di sicurezza allo schiacciamento

$$C_{SCH} = (\sigma_L / R) / \sigma_{max} = 6.63675$$

Verifica a scorrimento (superata con successo)

Nell'eseguire la verifica vengono prese in considerazione le combinazioni di carico dalla 1 alla 4. Il coefficiente di attrito per il terreno di fondazione è $f_t = \tan(\delta_t) = 0.45931$.

Dettaglio condizioni più gravose (Combinazione 4)

Descrizione carico	Forza ortogonale [kg]	Forza tangenziale [kg]
Peso del muro (P_M)	1100	0
Peso del terreno a monte (P_{TM})	911	0
Peso del terreno a valle (P_{TV})	432	0
Componente orizzontale forza d'inerzia ($F_{I,X}$)	0	147
Componente verticale forza d'inerzia ($F_{I,Y}$)	-73	0
Componente orizzontale spinta totale terreno ($S_{T,X}$)	0	710
Componente verticale spinta totale terreno ($S_{T,Y}$)	317	0
Carico totale (Σ_L, Σ_{II})	2687	857

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento

$$C_{SCO} = (\Sigma_L \cdot f_t / R) / \Sigma_{II} = 1.43980$$

Verifica di stabilità globale (superata con successo)

Parametri di ricerca della superficie di rottura circolare

Metodo di ricerca	Janbu
Numero di punti di generazione delle superfici	$N_{pg} = 20$
Numero delle superfici generate per punto	$N_{sp} = 100$
Lunghezza dei segmenti generati	$L_s = 1.000 \text{ m}$
Distanza della zona di generazione delle superfici	$D_{zg} = 1.000 \text{ m}$
Lunghezza della zona di generazione delle superfici	$L_{zg} = 4.000 \text{ m}$
Distanza della zona di arrivo della superfici	$D_{za} = 2.000 \text{ m}$
Lunghezza della zona di arrivo della superfici	$L_{za} = 10.000 \text{ m}$

Combinazioni

CMB	Tipo	γ_{G1}	γ_{G2}	γ_Q	γ_{E^*}	γ_ϕ	$\gamma_{c'}$	γ_γ	R2
1	DA1-C2	1.00	1.30	1.30	0.00	1.25	1.25	1.00	1.10
2	DA1-C2	1.00	1.30	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	1.10
3	DA1-C2	1.00	0.80	1.30	0.00	1.25	1.25	1.00	1.10
4	DA1-C2	1.00	0.80	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	1.10
5	SIS	1.00	1.00	0.60	+1.00	1.00	1.00	1.00	1.20
6	SIS	1.00	1.00	0.60	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.20

* Il segno di γ_E indica la direzione della componente verticale dell'azione sismica: positivo $\downarrow$ e negativo $\uparrow$.

Caratteristiche geometriche superficie di rottura (Combinazione 1)

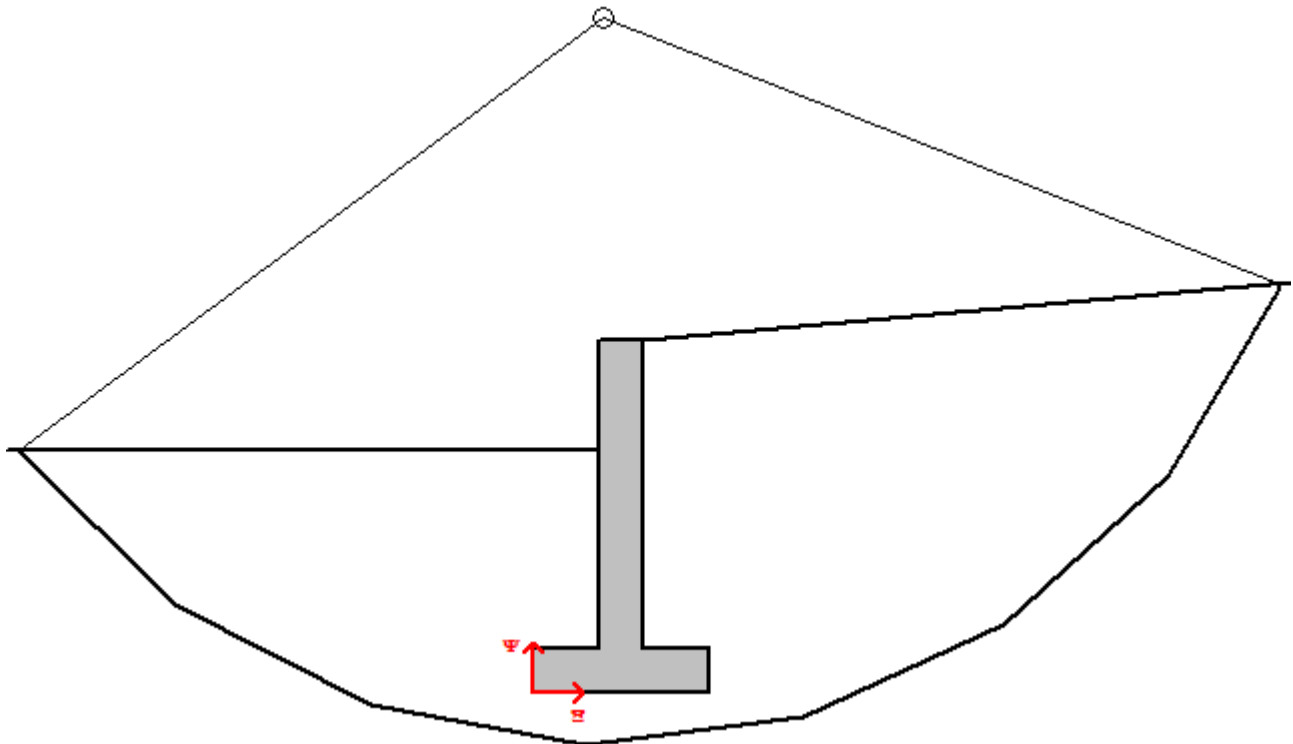
Il sistema di riferimento coincide con il piede di valle della fondazione: l'asse delle ascisse è orizzontale diretto

verso monte e l'asse delle ordinate è verticale diretto verso l'alto.

Ascissa centro	$X_{cs} = 0.320 \text{ m}$
Ordinata centro	$Y_{cs} = 3.067 \text{ m}$
Raggio	$R_s = 3.308 \text{ m}$

Coefficiente di sicurezza alla stabilità globale

$C_{SG} = 3.03364$



Verifica delle armature

La verifica viene effettuata considerando lo stato limite ultimo, pertanto, si eseguono i seguenti controlli:

- Verifica N/M: si visualizza il valore del rapporto S_d/S_u ottenuto con incremento proporzionale delle sollecitazioni (S_d = sollecitazione di progetto derivante da N e M, S_u = sollecitazione ultima);
- Verifica (25): si visualizza il valore del rapporto N_d/N_u , dove N_u viene ottenuto con riduzione del 25% di f_{cd} (N_d = sollecitazione normale di progetto, N_u = sollecitazione normale ultima);
- Verifica taglio: si visualizza il valore del rapporto V_d/V_{rd} .

(V_d = sollecitazione a taglio di progetto, V_{rd} = resistenza di progetto a taglio per elementi senza armature trasversali resistenti a taglio).

Tutti i valori dei rapporti devono essere minori o uguali a 1 affinché la verifica sia superata.

Si riporta inoltre il valore del rapporto tra posizione dell'asse neutro e altezza utile della sezione (rapporto x/d) alla rottura della sezione (per sola flessione).

Le sollecitazioni riportate si riferiscono ad un tratto di muro di estensione 1 m.

Mensola in elevazione

Le quote delle sezioni sono riferite allo spiccatto di fondazione.

Sezione 1 (verificata)

Caratteristiche

Quota [m]	B [cm]	H [cm]	A_f [cm ²]	A_f' [cm ²]
0.933	100.0	20.0	(1 Ø 12 / 40 cm) 2.83	(1 Ø 12 / 20 cm) 5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (V) [kg]	Momento flettente (M) [kg•m]
242	108	21.019

Rapporto $x/d = 0.13729$

Verifica N/M	$S_d/S_u = 0.00285$
Verifica (25)	$N_d/N_u = 0.00113$
Verifica taglio	$V_d/V_{rd} = 0.01285$

Sezione 2 (verificata)

Caratteristiche

Quota [m]	B [cm]	H [cm]	A_f [cm ²]	A_f' [cm ²]
0.467	100.0	20.0	[(1 Ø 12 + 1 Ø 12) / 40 cm] 5.65	(1 Ø 12 / 20 cm) 5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (V) [kg]	Momento flettente (M) [kg•m]
484	343	127.678

Rapporto $x/d = 0.16946$

Verifica N/M	$S_d/S_u = 0.02596$
Verifica (25)	$N_d/N_u = 0.00216$
Verifica taglio	$V_d/V_{rd} = 0.04049$

Sezione 3 (verificata)

Caratteristiche

Quota [m]	B [cm]	H [cm]	A_f [cm ²]	A_f' [cm ²]
0.000	100.0	20.0	(1 Ø 12 / 20 cm) 5.65	(1 Ø 12 / 20 cm) 5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (V) [kg]	Momento flettente (M) [kg•m]
726	698	382.807

Rapporto $x/d = 0.16946$

Verifica N/M	$S_d/S_u = 0.09261$
Verifica (25)	$N_d/N_u = 0.00324$
Verifica taglio	$V_d/V_{rd} = 0.08218$

Sezione d'incastro mensola di fondazione a valle (verificata)

Caratteristiche

L_{mensola} [m]	B [cm]	H [cm]	A_f [cm ²]	A_f' [cm ²]
0.400	100.0	20.0	(1 Ø 12 / 20 cm) 5.65	(1 Ø 12 / 20 cm) 5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Compressione terreno estremo di valle	$\sigma_v =$	7243 kg/m ²		
Compressione terreno all'incastro	$\sigma_i =$	3566 kg/m ²		
Lunghezza zona compressa	$L_c =$	0.400 m		
Descrizione carico	Forza [kg]	Braccio [m]	Momento [kg•m]	
Forza di compressione terreno	-2162	0.223	-481.369	
Peso della mensola	150	0.250	37.500	
Peso del terreno	432	0.250	108.000	
Inerzia verticale (terreno e cls)	21	0.250	5.308	
Sforzo di taglio [kg]	Momento flettente [kg•m]			
1558	330.561			
Rapporto x/d = 0.16946				
Verifica N/M		S_d/S_u = 0.09332		
Verifica taglio		V_d/V_{rd} = 0.18558		

Sezione d'incastro mensola di fondazione a monte (verificata)

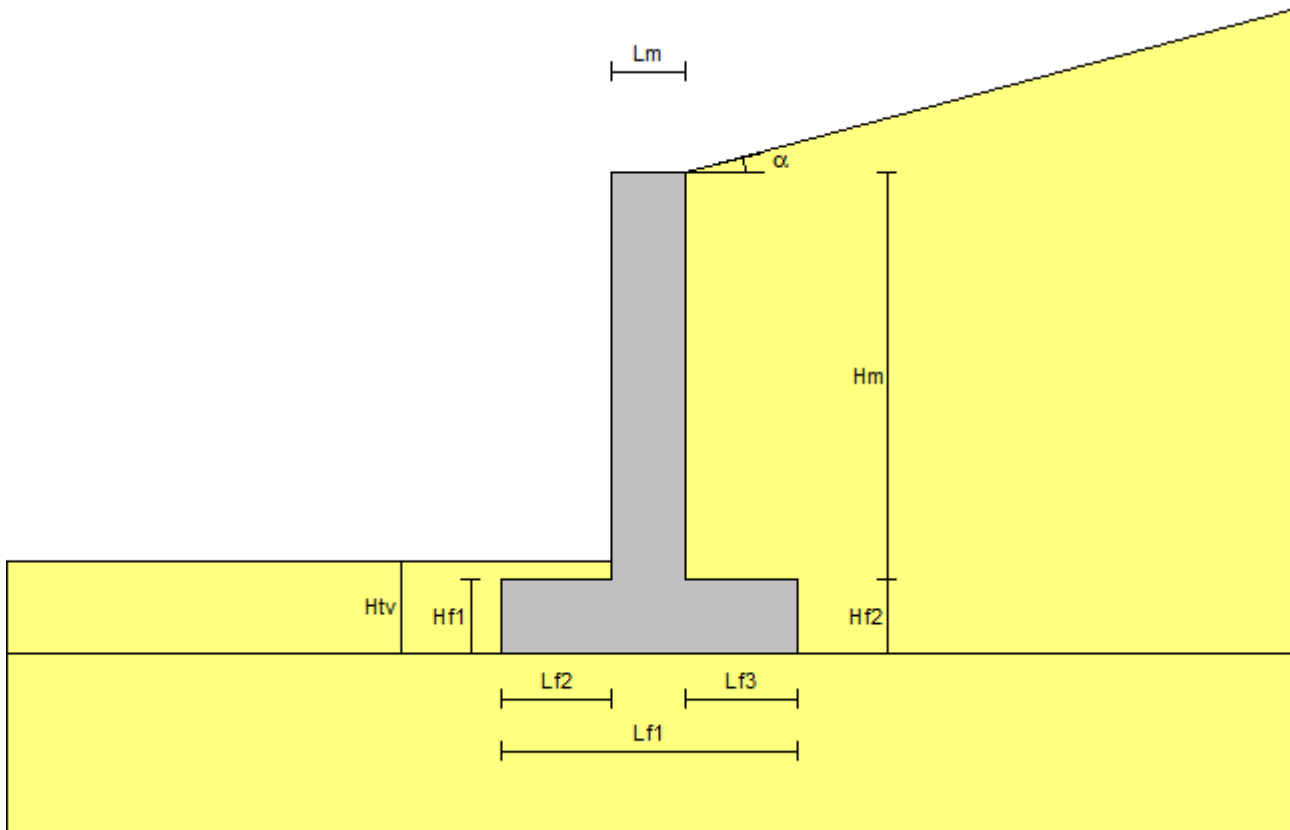
Caratteristiche

L_{mensola} [m]	B [cm]	H [cm]	A_f [cm ²]	A_f' [cm ²]
0.400	100.0	20.0	(1 Ø 12 / 20 cm) 5.65	(1 Ø 12 / 20 cm) 5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Compressione terreno estremo di monte	$\sigma_m =$	0 kg/m ²		
Compressione terreno all'incastro	$\sigma_i =$	3566 kg/m ²		
Lunghezza zona compressa	$L_c =$	0.388 m		
Descrizione carico	Forza [kg]	Braccio [m]	Momento [kg•m]	
Forza di compressione terreno	-691	0.129	-89.397	
Peso della mensola	150	0.250	37.500	
Peso del terreno	911	0.250	228.289	
Inerzia verticale (terreno e cls)	39	0.250	9.696	
Sforzo di taglio [kg]	Momento flettente [kg•m]			
-409	-186.088			
Rapporto x/d = 0.16946				
Verifica N/M		S _d /S _u = 0.05253		
Verifica taglio		V _d /V _{rd} = 0.04867		

Tabulato di calcolo muro di valle



Descrizione dell'opera

Tipo di opera:	muro in calcestruzzo armato
Tipo di sovrastruttura:	paramenti piani
Tipo di fondazione:	piana orizzontale

Caratteristiche geometriche

Mensola in elevazione

Altezza paramento	$H_m =$	1.100 m
Spessore in sommità	$L_{m1} =$	0.200 m
Spessore alla base	$L_{mb} =$	0.200 m
Inclinazione paramento esterno	$\beta_e =$	0.00 °
Inclinazione paramento interno	$\beta_i =$	0.00 °

Soletta di fondazione

Estensione	$E_f =$	35.000 m
Lunghezza totale	$L_{f1} =$	0.800 m
Lunghezza mensola a valle	$L_{f2} =$	0.300 m
Altezza bordo libero mensola a valle	$H_{f1} =$	0.200 m
Lunghezza mensola a monte	$L_{f3} =$	0.300 m
Altezza bordo libero mensola a monte	$H_{f2} =$	0.200 m
Altezza rinterro mensola a valle	$H_{tv} =$	0.250 m
Inclinazione piano di fondazione	$\psi_f =$	0.00 °

<u>Angolo di inclinazione terrapieno</u>	$\alpha =$	15.00 °
--	------------	---------

Materiali utilizzati

Peso specifico del muro	$\gamma_m =$	2500 kg/m ³
-------------------------	--------------	------------------------

Caratteristiche calcestruzzo

Classe di resistenza		C25/30
Resistenza caratteristica	$R_{ck} =$	300 Kg/cm ²
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} =$	141 Kg/cm ²

Caratteristiche armature

Tipo acciaio		B 450 C
Resistenza di calcolo	$f_{yd} =$	3913 Kg/cm ²

Caratteristiche geotecniche dei terreni

Terreno a valle del muro

Peso specifico	$\gamma_{tv} =$	2150 kg/m ³
Angolo di attrito	$\varphi_v =$	37.00 °
Angolo di attrito terra-muro	$\delta_v =$	24.67 °
Coesione	$c'_v =$	0 kg/m ²

Terreno di fondazione del muro

Peso specifico	$\gamma_{tf} =$	2150 kg/m ³
Angolo di attrito	$\varphi_f =$	37.00 °
Angolo di attrito terra-muro	$\delta_f =$	24.67 °
Coesione	$c'_f =$	0 kg/m ²

Terreno a monte del muro

Peso specifico	$\gamma_{tm} =$	1850 kg/m ³
Angolo di attrito	$\varphi_m =$	31.00 °
Angolo di attrito terra-muro	$\delta_m =$	20.67 °
Coesione	$c'_m =$	0 kg/m ²

Carichi applicati

Carichi distribuiti sul terreno di tipo permanente strutturale

Uniforme a valle del muro	$G1_{uv} =$	0 kg/m ²
Uniforme a monte del muro	$G1_{um} =$	0 kg/m ²
Nastriforme a monte del muro	$G1_{nm} =$	0 kg/m ²
Distanza nastriforme dal paramento interno	$d_{G1n} =$	0.000 m
Larghezza del nastro	$l_{G1n} =$	0.000 m

Carichi distribuiti sul terreno di tipo permanente non strutturale

Uniforme a valle del muro	$G2_{uv} =$	0 kg/m ²
Uniforme a monte del muro	$G2_{um} =$	0 kg/m ²
Nastriforme a monte del muro	$G2_{nm} =$	0 kg/m ²
Distanza nastriforme dal paramento interno	$d_{G2n} =$	0.000 m
Larghezza del nastro	$l_{G2n} =$	0.000 m

Carichi distribuiti sul terreno di tipo variabile

Uniforme a valle del muro	$Q_{uv} =$	0 kg/m ²
Uniforme a monte del muro	$Q_{um} =$	0 kg/m ²
Nastriforme a monte del muro	$Q_{nm} =$	0 kg/m ²
Distanza nastriforme dal paramento interno	$d_{Qn} =$	0.000 m
Larghezza del nastro	$l_{Qn} =$	0.000 m

Normativa

Le verifiche geotecniche e di resistenza vengono eseguite secondo i dettami del D.M. 17 gennaio 2018: la verifica di stabilità globale viene effettuata secondo l'approccio DA1-C2 (A2+M2+R2) mentre le rimanenti verifiche (scorrimento, carico limite, ribaltamento e di resistenza) vengono effettuate secondo l'approccio DA2 (A1+M1+R3). Le verifiche per azioni sismiche vengono effettuate ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici: l'analisi in condizioni sismiche viene eseguita utilizzando il metodo pseudo-statico.

Parametri per la determinazione dei carichi derivanti da sisma

Località:		
Vita nominale	$V_N =$	50 anni
Tipo di costruzione	tipo =	2
Classe d'uso	$C_U =$	II
Coefficiente d'uso	$C_U =$	1.0
Periodo di riferimento	$V_R =$	50 anni
Probabilità di superamento	$P_{Vr} =$	10%
Periodo di ritorno	$T_R =$	475 anni
Lo spettro di risposta utilizzato è quello definito dalla normativa		
Accelerazione orizzontale massima	$a_g =$	0.0608 g
Categoria di sottosuolo	suolo =	B
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_S =$	1.20000
Categoria topografica	$C_T =$	T1
Coefficiente di amplificazione topografica	$S_T =$	1.00000
Coefficienti di riduzione dell'accelerazione orizzontale massima		
verifiche locali	$\beta_m^* =$	1.00000
verifica di stabilità globale	$\beta_s =$	0.20000
Coefficienti sismici per le verifiche locali		
orizzontale	$k_h =$	0.07296
verticale	$k_v =$	0.03648
Coefficienti sismici per le verifiche di stabilità globale		
orizzontale	$k_h =$	0.01459
verticale	$k_v =$	0.00730

* Il muro non è in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno.

Coefficienti parziali per le azioni

Tipo CMB	γ_{G1max}	γ_{G1min}	γ_{G2max}	γ_{G2min}	γ_Q/ψ_{2i}
DA2 (A1)	1.30	1.00	1.50	0.80	1.50
DA1-C2 (A2)	1.00	1.00	1.30	0.80	1.30
SIS	1.00	-	1.00	-	0.60

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tipo CMB	γ_ϕ	$\gamma_{c'}$	γ_γ
DA2 (M1)	1.00	1.00	1.00
DA1-C2 (M2)	1.25	1.25	1.00
SIS	1.00	1.00	1.00

Coefficienti per la determinazione delle masse sismiche

Carichi permanenti strutturali G1	$\gamma_{G1} = 1.00$
Carichi permanenti non strutturali G2	$\gamma_{G2} = 1.00$
Carichi variabili Q	$\psi_{Ei} = 0.60$

Coefficienti parziali per le verifiche

Verifica	DA2 (R3)	DA1-C2 (R2)	SIS
Capacità portante fondazione	1.40	-	(R3) 1.20
Scorrimento	1.10	-	(R3) 1.00
Ribaltamento	1.15	-	(R3) 1.00
Stabilità globale	-	1.10	(R2) 1.20

Combinazioni per le verifiche locali e di resistenza

CMB	Tipo	γ_{G1}	γ_{G2}	γ_Q	γ_E^1
1	DA2	1.30	1.50	1.50	0.00
2	DA2	1.00	1.50	1.50	0.00
3	SIS	1.00	1.00	0.60	+1.00
4	SIS	1.00	1.00	0.60	-1.00

¹ Il segno di γ_E indica la direzione della componente verticale dell'azione sismica: positivo ↓ e negativo ↑.

Verifiche di stabilità dell'opera

Coefficienti di spinta del terreno di monte

Terreno in condizioni statiche (Coulomb)

Spinta attiva $K_{AS} = 0.3541$

Terreno in condizioni dinamiche (Mononobe-Okabe)

Componente verticale dell'azione sismica agente verso l'alto

Spinta attiva $K_{AD} = 0.4347$

Componente verticale dell'azione sismica agente verso il basso

Spinta attiva $K_{AD} = 0.4282$

Valori della spinta attiva del terreno di monte per metro di estensione del muro

Altezza di calcolo $H_t = 1.300 \text{ m}$

Le spinte sono espresse in chilogrammi e le coordinate in metri.

CMB	$S_{S,X}$	$S_{S,Y}$	Y_S	X_S	$S_{D,X}$	$S_{D,Y}$	Y_D	X_D	$S_{T,X}$	$S_{T,Y}$	Y_T	X_T
1	673	254	0.433	0.500	-	-	-	-	673	254	0.433	0.500
2	518	195	0.433	0.500	-	-	-	-	518	195	0.433	0.500
3	518	195	0.433	0.500	131	49	0.650	0.500	649	245	0.477	0.500
4	518	195	0.433	0.500	95	36	0.650	0.500	613	231	0.467	0.500

Legenda

$S_{S,X}$, $S_{D,X}$, $S_{T,X}$ componente orizzontale della spinta statica, dinamica, totale del terreno

$S_{S,Y}$, $S_{D,Y}$, $S_{T,Y}$ componente verticale della spinta statica, dinamica, totale del terreno

Y_S , Y_D , Y_T ordinata del punto di applicazione della spinta statica, dinamica, totale

X_S , X_D , X_T ascissa del punto di applicazione della spinta statica, dinamica, totale

(le coordinate del punto di applicazione sono riferite al piede di valle della fondazione)

Le pressioni sono espresse in kg/m^2 .

CMB	$p_{0,S,x}$	$p_{1,S,x}$	$p_{0,D,x}$	$p_{1,D,x}$	$p_{0,S,y}$	$p_{1,S,y}$	$p_{0,D,y}$	$p_{1,D,y}$
1	0	1036	0	0	0	391	0	0
2	0	797	0	0	0	301	0	0
3	0	797	101	101	0	301	38	38
4	0	797	73	73	0	301	27	27

Legenda

$p_{0,S,x}$, $p_{0,D,x}$ pressioni orizzontali agenti a quota 0 m (piano di campagna) statica e dinamica

$p_{1,S,x}$, $p_{1,D,x}$ pressioni orizzontali agenti a quota -1.300 m (fondazione) statica e dinamica

$p_{0,S,y}$, $p_{0,D,y}$ pressioni verticali agenti a quota 0 m (piano di campagna) statica e dinamica

$p_{1,S,y}$, $p_{1,D,y}$ pressioni verticali agenti a quota -1.300 m (fondazione) statica e dinamica

Forze d'inerzia per metro di estensione del muro

Componente orizzontale forza d'inerzia $F_{I,X} = 115 \text{ kg}$

Ordinata del punto di applicazione della forza $Y_I = 0.594 \text{ m}$

Componente verticale forza d'inerzia $F_{I,Y} = \pm 58 \text{ kg}$

Ascissa del punto di applicazione della forza $X_I = 0.501 \text{ m}$

Verifica a ribaltamento (superata con successo)

Nell'eseguire la verifica si considerano positive le forze verticali dirette verso il basso, le forze orizzontali dirette verso monte e i momenti aventi senso orario: se il momento ribaltante risulta positivo (quindi stabilizzante) viene posto pari a zero. Vengono prese in considerazione le combinazioni di carico dalla 1 alla 4.

Dettaglio condizioni più gravose (Combinazione 4)

Il centro di rotazione coincide con il piede di valle della soletta di fondazione.

Descrizione carico	Forza [kg]	Braccio [m]	Momento [kg·m]
Peso del muro (P_M)	950	0.400	380.000
Peso del terreno a monte (P_{TM})	633	0.652	412.440
Peso del terreno a valle (P_{TV})	32	0.150	4.837
Componente verticale forza d'inerzia ($F_{I,Y}$)	-58	0.501	-28.908
Momento stabilizzante (M_{STAB})			768.369
Componente orizzontale spinta totale terreno ($S_{T,X}$)	-613	0.467	-285.967
Componente verticale spinta totale terreno ($S_{T,Y}$)	231	0.500	115.558
Componente orizzontale forza d'inerzia ($F_{I,X}$)	-115	0.594	-68.580
Momento ribaltante (M_{RIB})			-238.989

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento

$$C_{RIB} = (M_{STAB} / R) / |M_{RIB}| = 3.21508$$

Verifica a schiacciamento (superata con successo)

Nell'eseguire la verifica vengono prese in considerazione le combinazioni di carico dalla 1 alla 4.

Dettaglio condizioni più gravose (Combinazione 3)

Descrizione carico (componente ortogonale al piano di fondazione)	Forza [kg]
Peso del muro (P_M)	950
Peso del terreno a monte (P_{TM})	633
Peso del terreno a valle (P_{TV})	32
Componente orizzontale forza d'inerzia ($F_{I,X}$)	0
Componente verticale forza d'inerzia ($F_{I,Y}$)	58
Componente orizzontale spinta totale terreno ($S_{T,X}$)	0
Componente verticale spinta totale terreno ($S_{T,Y}$)	245
Carico totale ortogonale al piano di fondazione (N_{TOT})	1918

Momento rispetto al piede di valle ($M_{TOT} = M_{STAB} + M_{RIB}$) 570.340 kg·m

Distanza carico dal piede di valle ($d_N = M_{TOT} / N_{TOT}$) 0.297 m

Eccentricità del carico ($e_N = |L_{f1} / 2 - d_N|$) 0.103 m

(Il punto di applicazione del carico è **interno** al terzo medio)

Compressione all'estremo di valle (σ_v) 4242 kg/m²

Compressione all'estremo di monte (σ_m) 553 kg/m²

Ampiezza della zona compressa (B_{comp}) 0.800 m

Compressione limite (σ_L) 18592 kg/m²

Coefficiente di sicurezza allo schiacciamento

$$C_{SCH} = (\sigma_L / R) / \sigma_{max} = 3.65267$$

Verifica a scorrimento (superata con successo)

Nell'eseguire la verifica vengono prese in considerazione le combinazioni di carico dalla 1 alla 4. Il coefficiente di attrito per il terreno di fondazione è $f_t = \tan(\delta_f) = 0.45931$.

Dettaglio condizioni più gravose (Combinazione 4)

Descrizione carico	Forza ortogonale [kg]	Forza tangenziale [kg]
Peso del muro (P_M)	950	0
Peso del terreno a monte (P_{TM})	633	0
Peso del terreno a valle (P_{TV})	32	0
Componente orizzontale forza d'inerzia ($F_{I,X}$)	0	115
Componente verticale forza d'inerzia ($F_{I,Y}$)	-58	0
Componente orizzontale spinta totale terreno ($S_{T,X}$)	0	613
Componente verticale spinta totale terreno ($S_{T,Y}$)	231	0
Carico totale ($\Sigma_{\perp}$, $\Sigma_{\parallel}$)	1788	728

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento

$$C_{SCO} = (\Sigma_{\perp} \cdot f_t / R) / \Sigma_{\parallel} = 1.12824$$

Verifica di stabilità globale (superata con successo)Parametri di ricerca della superficie di rottura circolare

Metodo di ricerca	Janbu
Numero di punti di generazione delle superfici	$N_{pg} = 20$
Numero delle superfici generate per punto	$N_{sp} = 100$
Lunghezza dei segmenti generati	$L_s = 1.000$ m
Distanza della zona di generazione delle superfici	$D_{zg} = 1.000$ m
Lunghezza della zona di generazione delle superfici	$L_{zg} = 3.000$ m
Distanza della zona di arrivo della superfici	$D_{za} = 2.000$ m
Lunghezza della zona di arrivo della superfici	$L_{za} = 9.000$ m

Combinazioni

CMB	Tipo	γ_{G1}	γ_{G2}	γ_Q	γ_{E^*}	γ_{ϕ}	$\gamma_{c'}$	γ_{γ}	R2
-----	------	---------------	---------------	------------	----------------	-----------------	---------------	-------------------	----

1	DA1-C2	1.00	1.30	1.30	0.00	1.25	1.25	1.00	1.10
2	DA1-C2	1.00	1.30	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	1.10
3	DA1-C2	1.00	0.80	1.30	0.00	1.25	1.25	1.00	1.10
4	DA1-C2	1.00	0.80	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	1.10
5	SIS	1.00	1.00	0.60	+1.00	1.00	1.00	1.00	1.20
6	SIS	1.00	1.00	0.60	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.20

* Il segno di γ_E indica la direzione della componente verticale dell'azione sismica: positivo $\Downarrow$ e negativo $\Uparrow$.

Caratteristiche geometriche superficie di rottura (Combinazione 1)

Il sistema di riferimento coincide con il piede di valle della fondazione: l'asse delle ascisse è orizzontale diretto

verso monte e l'asse delle ordinate è verticale diretto verso l'alto.

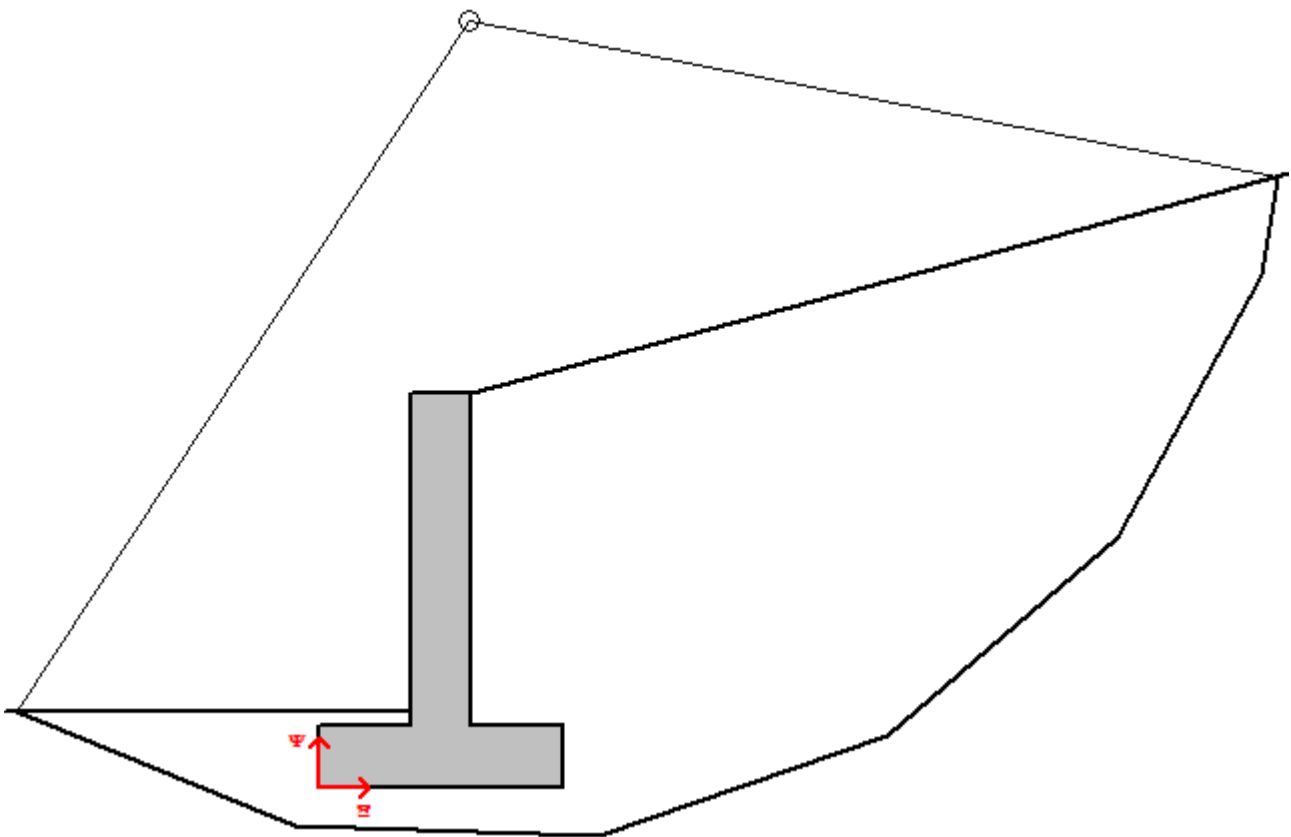
Ascissa centro $X_{cs} = 0.490$ m

Ordinata centro $Y_{cs} = 2.525$ m

Raggio $R_s = 2.720$ m

Coefficiente di sicurezza alla stabilità globale

$C_{SG} = 1.38273$



Verifica delle armature

La verifica viene effettuata considerando lo stato limite ultimo, pertanto, si eseguono i seguenti controlli:

- Verifica N/M: si visualizza il valore del rapporto S_d/S_u ottenuto con incremento proporzionale delle sollecitazioni (S_d = sollecitazione di progetto derivante da N e M, S_u = sollecitazione ultima);
- Verifica (25): si visualizza il valore del rapporto N_d/N_u , dove N_u viene ottenuto con riduzione del 25% di f_{cd} (N_d = sollecitazione normale di progetto, N_u = sollecitazione normale ultima);
- Verifica taglio: si visualizza il valore del rapporto V_d/V_{rd} .

(V_d = sollecitazione a taglio di progetto, V_{rd} = resistenza di progetto a taglio per elementi senza armature trasversali resistenti a taglio).

Tutti i valori dei rapporti devono essere minori o uguali a 1 affinché la verifica sia superata.

Si riporta inoltre il valore del rapporto tra posizione dell'asse neutro e altezza utile della sezione (rapporto x/d) alla rottura della sezione (per sola flessione).

Le sollecitazioni riportate si riferiscono ad un tratto di muro di estensione 1 m.

Mensola in elevazione

Le quote delle sezioni sono riferite allo spiccato di fondazione.

Sezione 1 (verificata)

Caratteristiche

Quota [m]	B [cm]	H [cm]	A_f [cm ²] (1 Ø 12 / 40 cm)	A_f' [cm ²] (1 Ø 12 / 20 cm)
0.733	100.0	20.0	2.83	5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (V) [kg]	Momento flettente (M) [kg•m]
190	81	12.764

Rapporto $x/d = 0.13729$

Verifica N/M	$S_d/S_u = 0.00158$
Verifica (25)	$N_d/N_u = 0.00089$
Verifica taglio	$V_d/V_{rd} = 0.00968$

Sezione 2 (verificata)

Caratteristiche

Quota [m]	B [cm]	H [cm]	A_f [cm ²] [(1 Ø 12 + 1 Ø 12) / 40 cm]	A_f' [cm ²] (1 Ø 12 / 20 cm)
0.367	100.0	20.0	5.65	5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (V) [kg]	Momento flettente (M) [kg•m]
380	265	77.529

Rapporto $x/d = 0.16946$

Verifica N/M	$S_d/S_u = 0.01409$
Verifica (25)	$N_d/N_u = 0.00170$
Verifica taglio	$V_d/V_{rd} = 0.03133$

Sezione 3 (verificata)

Caratteristiche

Quota [m]	B [cm]	H [cm]	A_f [cm ²] (1 Ø 12 / 20 cm)	A_f' [cm ²] (1 Ø 12 / 20 cm)
0.000	100.0	20.0	5.65	5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (V) [kg]	Momento flettente (M) [kg•m]
570	551	236.036

Rapporto $x/d = 0.16946$

Verifica N/M	$S_d/S_u = 0.05456$
Verifica (25)	$N_d/N_u = 0.00254$
Verifica taglio	$V_d/V_{rd} = 0.06506$

Sezione d'incastro mensola di fondazione a valle (verificata)

Caratteristiche

L_{mensola} [m]	B [cm]	H [cm]	A_f [cm ²] (1 Ø 12 / 20 cm)	A_f' [cm ²] (1 Ø 12 / 20 cm)
0.400	100.0	20.0	5.65	5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Compressione terreno estremo di valle	$\sigma_v =$	4242 kg/m ²		
Compressione terreno all'incastro	$\sigma_i =$	2397 kg/m ²		
Lunghezza zona compressa	$L_c =$	0.400 m		
Descrizione carico	Forza [kg]	Braccio [m]	Momento [kg•m]	
Forza di compressione terreno	-1328	0.219	-290.139	
Peso della mensola	150	0.250	37.500	
Peso del terreno	32	0.250	8.062	
Inerzia verticale (terreno e cls)	7	0.250	1.662	
Sforzo di taglio [kg]	1139	Momento flettente [kg•m]	242.915	

Rapporto $x/d = 0.16946$

Verifica N/M	$S_d/S_u = 0.06857$
Verifica taglio	$V_d/V_{rd} = 0.13561$

Sezione d'incastro mensola di fondazione a monte (verificata)

Caratteristiche

L_{mensola} [m]	B [cm]	H [cm]	A_f [cm ²]	A_f' [cm ²]
0.400	100.0	20.0	(1 Ø 12 / 20 cm) 5.65	(1 Ø 12 / 20 cm) 5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Compressione terreno estremo di monte	$\sigma_m =$	553 kg/m ²		
Compressione terreno all'incastro	$\sigma_i =$	2397 kg/m ²		
Lunghezza zona compressa	$L_c =$	0.400 m		
Descrizione carico	Forza [kg]	Braccio [m]	Momento [kg•m]	
Forza di compressione terreno	-590	0.158	-93.400	
Peso della mensola	150	0.250	37.500	
Peso del terreno	633	0.252	159.317	
Inerzia verticale (terreno e cls)	29	0.251	7.180	
Sforzo di taglio [kg]	Momento flettente [kg•m]			
-221	-110.597			
Rapporto x/d = 0.16946				
Verifica N/M		S_d/S_u = 0.03122		
Verifica taglio		V_d/V_{rd} = 0.02636		

Computo materiali

I valori riportati sono riferiti all'intera estensione del muro, pari a 35.00 metri.

Volumi del calcestruzzo

Mensola in elevazione	7.70 m ³
Soletta di fondazione	5.60 m ³
Volume totale	13.30 m ³

Pesi dei ferri di armatura

Mensola in elevazione	1080.18 Kg
Soletta di fondazione	561.94 Kg
Peso totale	1642.12 Kg