

Regione
Lombardia



Provincia
di Brescia



COMUNE DI EDOLO

P.S.R. 2014-2020

Misura 8

Investimenti nello sviluppo delle aree forestali e nel miglioramento della redditività delle foreste

Sottomisura 8.3

Sostegno alla prevenzione dei danni alle foreste causati da incendi, calamità naturali ed eventi catastrofici

Operazione 8.3.01

Prevenzione dei danni alle foreste

	Mola.dwg	00000	Agosto 2018	Ufficio Tecnico	Direttore Tecnico	Consiglio di Amministrazione
REVISIONE	FILE	ARCHIVIO	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO



Consorzio Forestale Alta Valle Camonica

via Generale Giuseppe Treboldi 77, 25048 Edolo (BS)

telefono 036472445 / fax 03641873068

e-mail info@cfaltavallecamonica.it

TITOLO

PROGETTO ESECUTIVO

SISTEMAZIONE IDRAULICO-FORESTALE AREA FRANOSA IN LOCALITA' MOLA

DENOMINAZIONE ELABORATO

-Calcolo delle strutture

ELABORATO

TAV.10

SCALA

TIMBRI E FIRME

Il Progettista
Dott. For. Mario Tevini



Questo documento è di proprietà del Consorzio Forestale Alta Valle Camonica. Nessuna parte di questo documento può essere prestata, riprodotta o copiata (anche parzialmente). Questo documento deve essere restituito al Consorzio Forestale Alta Valle Camonica quando richiesto.

Verifica palificata in legno con interposti blocchi di pietra

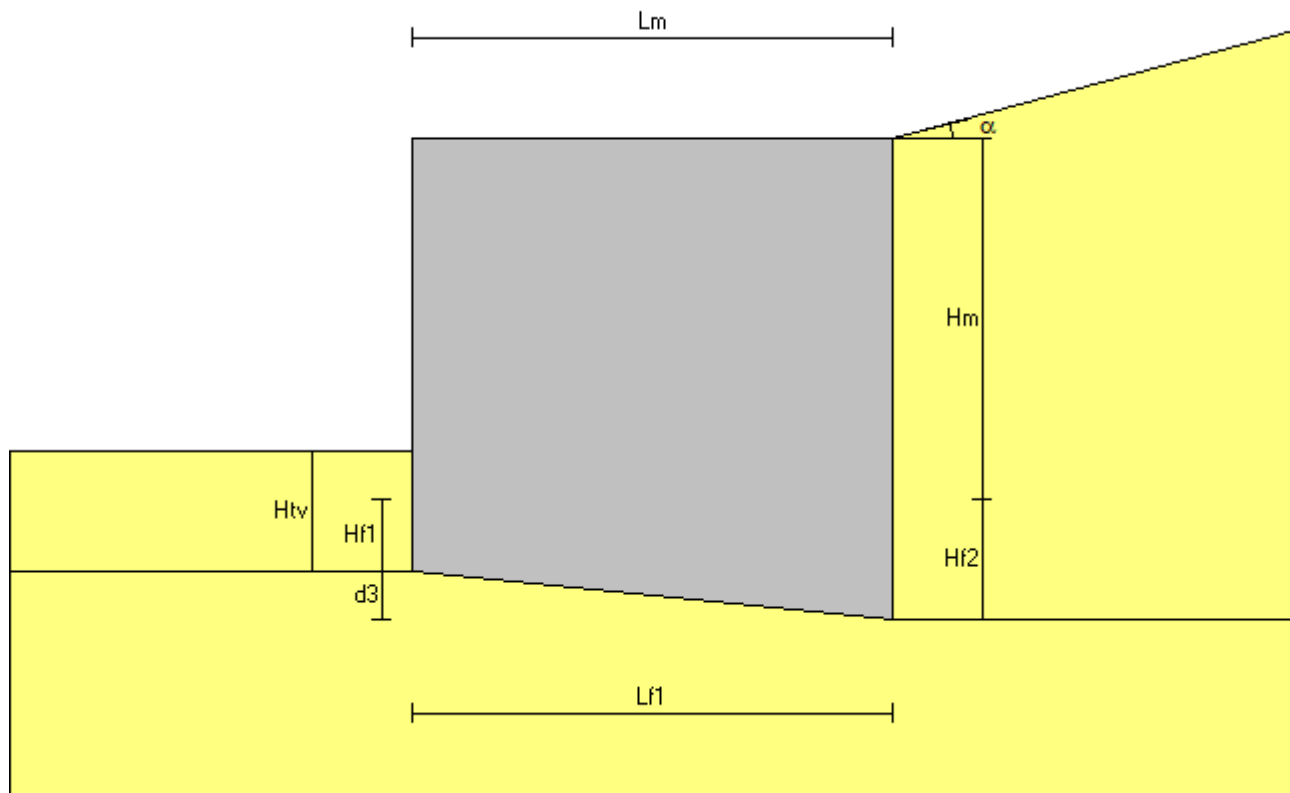
Per il calcolo della palificata si è fatto riferimento a due tipologie di terreno, sabbia smossa bagnata e argilla sabbiosa, avendo valutato i parametri dei due terreni da quanto riportato in letteratura.

Entrambe le verifiche sono risultate positive, avendo considerato un sostegno a gravità.

La spinta dell'acqua non è stata considerata, dal momento che il paramento in pietra risulterà, una volta in opera, perfettamente drenato.

Per le verifiche si faccia riferimento ai calcoli allegati.

Relazione di verifica palificata di sostegno secondo il D.M. 14/01/2008



Descrizione dell'opera

Tipo di opera: muro a gravità (palificata con pietra)
Tipo di sovrastruttura: paramenti piani
Tipo di fondazione: piana inclinata

Caratteristiche geometriche

Elevazione

Altezza paramento	$H_m =$	1.500 m
Spessore in sommità	$L_{m1} =$	2.000 m
Spessore alla base	$L_{mb} =$	2.000 m
Inclinazione paramento esterno	$\beta_e =$	0.00 °
Inclinazione paramento interno	$\beta_i =$	0.00 °

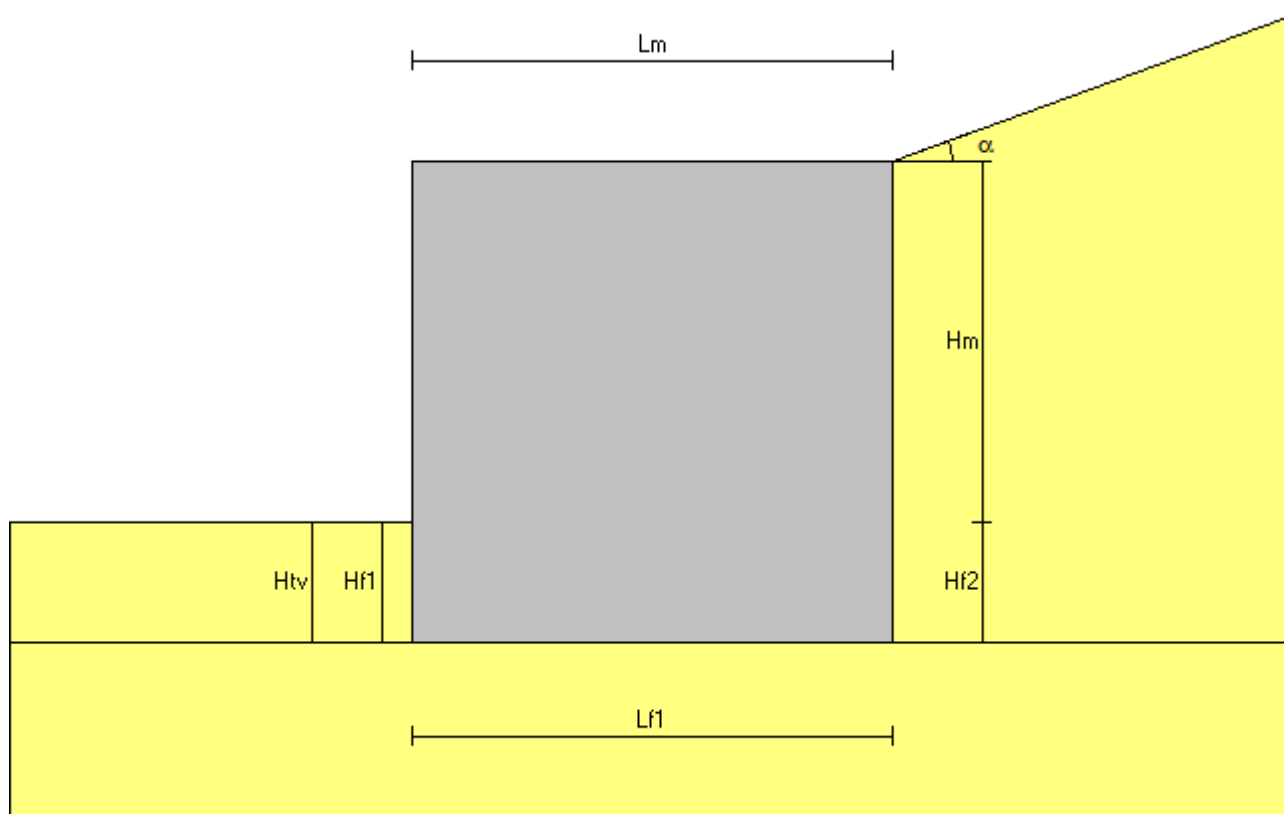
Fondazione

Estensione	$E_f =$	11.000 m
Lunghezza totale	$L_{f1} =$	2.000 m
Lunghezza mensola a valle	$L_{f2} =$	0.000 m
Altezza bordo libero mensola a valle	$H_{f1} =$	0.300 m
Lunghezza mensola a monte	$L_{f3} =$	0.000 m
Altezza bordo libero mensola a monte	$H_{f2} =$	0.500 m
Altezza rinterro mensola a valle	$H_{tv} =$	0.500 m
Dislivello estremi fondazione	$d_3 =$	0.200 m
Inclinazione piano di fondazione	$\psi_f =$	5.71 °

Angolo di inclinazione terrapieno

$\alpha =$	15.00 °
------------	---------

Relazione di verifica palificata di sostegno secondo il D.M. 14/01/2008



Descrizione dell'opera

Tipo di opera:

muro a gravità (palificata con pietra)

Tipo di sovrastruttura:

paramenti piani

Tipo di fondazione:

piana orizzontale

Caratteristiche geometriche

Elevazione

Altezza paramento	$H_m =$	1.500 m
Spessore in sommità	$L_{m1} =$	2.000 m
Spessore alla base	$L_{mb} =$	2.000 m
Inclinazione paramento esterno	$\beta_e =$	0.00 °
Inclinazione paramento interno	$\beta_i =$	0.00 °

Fondazione

Estensione	$E_f =$	11.000 m
Lunghezza totale	$L_{f1} =$	2.000 m
Lunghezza mensola a valle	$L_{f2} =$	0.000 m
Altezza bordo libero mensola a valle	$H_{f1} =$	0.500 m
Lunghezza mensola a monte	$L_{f3} =$	0.000 m
Altezza bordo libero mensola a monte	$H_{f2} =$	0.500 m
Altezza rinterro mensola a valle	$H_{tv} =$	0.500 m
Inclinazione piano di fondazione	$\psi_f =$	0.00 °

Angolo di inclinazione terrapieno

$\alpha =$ 20.00 °

Materiali utilizzati

Peso specifico del muro

$\gamma_m =$ 18.00 kN/m³

Caratteristiche geotecniche dei terreni

Terreno a valle del muro

Peso specifico	$\gamma_{tv} =$	18.50 kN/m ³
Angolo di attrito	$\varphi_v =$	31.00 °
Angolo di attrito terra-muro	$\delta_v =$	20.67 °
Coesione	$c'_v =$	0.00 kN/m ²

Terreno di fondazione del muro

Peso specifico	$\gamma_{tf} =$	18.50 kN/m ³
Angolo di attrito	$\varphi_f =$	31.00 °
Coesione	$c'_f =$	0.00 kN/m ²

Terreno a monte del muro

Peso specifico	$\gamma_{tm} =$	18.50 kN/m ³
Peso specifico saturo	$\gamma_{ts} =$	12.60 kN/m ³
Altezza falda dal piano di fondazione	$H_w =$	-10.000 m
Angolo di attrito	$\varphi_m =$	31.00 °
Angolo di attrito terra-muro	$\delta_m =$	20.67 °
Coesione	$c'_m =$	0.00 kN/m ²

Carichi applicati

Sovraccarichi di tipo permanente sul terreno

Uniforme a valle del muro	$g_{uv} =$	0.00 kN/m ²
Uniforme a monte del muro	$g_{um} =$	0.00 kN/m ²
Nastriforme a monte del muro	$g_{nm} =$	0.00 kN/m ²
Distanza nastriforme dal paramento interno	$d_{gn} =$	0.000 m
Larghezza del nastro	$l_{gn} =$	0.000 m

Sovraccarichi di tipo variabile sul terreno

Uniforme a valle del muro	$q_{uv} =$	0.00 kN/m ²
Uniforme a monte del muro	$q_{um} =$	0.00 kN/m ²
Nastriforme a monte del muro	$q_{nm} =$	0.00 kN/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. 14 gennaio 2008 adottando l'approccio progettuale 2, pertanto, vengono generate otto combinazioni di carico statiche:

- quattro di equilibrio di corpo rigido (EQU),
- quattro di tipo strutturale (STR),

ottenute permutando i coefficienti parziali per le azioni permanenti e per le azioni variabili. Vengono inoltre generate quattro combinazioni di carico sismiche variando i coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (M1 per le prime due ed M2 per le restanti) e variando la direzione della componente verticale dell'azione sismica (verso il basso e verso l'alto).

Parametri per la determinazione dei carichi derivanti da sisma

Località:	EDOLO (BS)
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
Fattore di amplificazione spettrale massima	$F_o =$ 2.7400
Accelerazione orizzontale massima	$a_g =$ 0.0597 g

Zona sismica	zona =	4
Categoria di sottosuolo	suolo =	B
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_S =$	1.20000
Coefficienti di riduzione dell'accelerazione orizzontale massima		
verifiche locali	$\beta_m =$	0.18000
verifica di stabilità globale	$\beta_s =$	0.20000
Categoria topografica	$C_T =$	T2
Coefficiente di amplificazione topografica	$S_T =$	1.20000
Coefficienti sismici per le verifiche locali		
orizzontale	$k_h =$	0.01547
verticale	$k_v =$	0.00774
Coefficienti sismici per le verifiche di stabilità globale		
orizzontale	$k_h =$	0.01719
verticale	$k_v =$	0.00860
Caratteristiche struttura: il muro è libero di traslare o di ruotare intorno al piede.		

Coefficienti parziali per le azioni

Tipo CMB	γ_{Gmax}	γ_{Gmin}	γ_Q
STR (A1)	1.30	1.00	1.50
GEO (A2)	1.00	1.00	1.30
EQU	1.10	0.90	1.50
SIS	1.00	-	0.60

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tipo CMB	γ_ϕ	$\gamma_{c'}$	γ_γ
(M1)	1.00	1.00	1.00
(M2)	1.25	1.25	1.00

Coefficienti per la determinazione delle masse sismiche

Carichi permanenti	$\gamma_G =$	1.00
Carichi variabili	$\psi_{Ei} =$	0.60

Coefficienti parziali per le verifiche

Verifica	(R ₁)	(R ₂)	(R ₃)
Capacità portante fondazione	1.00	1.00	1.40
Scorrimento	1.00	1.00	1.10
Stabilità globale	-	1.10	-

Combinazioni

CMB	Tipo	γ_G	γ_Q	γ_{E^*}	γ_ϕ	$\gamma_{c'}$	γ_γ	R_{RIB}	R_{SCH}	R_{SCO}
1	EQU	1.10	1.50	0.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-
2	EQU	1.10	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-
3	EQU	0.90	1.50	0.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-
4	EQU	0.90	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-
5	STR	1.30	1.50	0.00	1.00	1.00	1.00	-	1.40 (R ₃)	1.10 (R ₃)
6	STR	1.30	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	-	1.40 (R ₃)	1.10 (R ₃)
7	STR	1.00	1.50	0.00	1.00	1.00	1.00	-	1.40 (R ₃)	1.10 (R ₃)
8	STR	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	-	1.40 (R ₃)	1.10 (R ₃)
9	SIS	1.00	0.60	+1.00	1.00	1.00	1.00	-	1.40 (R ₃)	1.10 (R ₃)
10	SIS	1.00	0.60	-1.00	1.00	1.00	1.00	-	1.40 (R ₃)	1.10 (R ₃)
11	SIS	1.00	0.60	+1.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-
12	SIS	1.00	0.60	-1.00	1.25	1.25	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 (coefficienti M1)	$K_{AS} =$	0.3935
Spinta attiva (coefficienti M2)	$K_{AS} =$	0.5256

Terreno in condizioni dinamiche (Mononobe-Okabe)

Componente verticale dell'azione sismica agente verso l'alto

Spinta attiva (coefficienti M1) $K_{AD} = 0.4125$

Spinta attiva (coefficienti M2) $K_{AD} = 0.5560$

Componente verticale dell'azione sismica agente verso il basso

Spinta attiva (coefficienti M1) $K_{AD} = 0.4122$

Spinta attiva (coefficienti M2) $K_{AD} = 0.5555$

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

Altezza di calcolo del terreno non immerso $H_{td} = 2.000 \text{ m}$

Altezza di calcolo del terreno immerso $H_{tw} = 0.000 \text{ m}$

Le spinte sono espresse in chilonewton 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	20.02	7.55	0.667	2.000	-	-	-	-	20.02	7.55	0.667	2.000
2	20.02	7.55	0.667	2.000	-	-	-	-	20.02	7.55	0.667	2.000
3	16.38	6.18	0.667	2.000	-	-	-	-	16.38	6.18	0.667	2.000
4	16.38	6.18	0.667	2.000	-	-	-	-	16.38	6.18	0.667	2.000
5	17.71	6.68	0.667	2.000	-	-	-	-	17.71	6.68	0.667	2.000
6	17.71	6.68	0.667	2.000	-	-	-	-	17.71	6.68	0.667	2.000
7	13.62	5.14	0.667	2.000	-	-	-	-	13.62	5.14	0.667	2.000
8	13.62	5.14	0.667	2.000	-	-	-	-	13.62	5.14	0.667	2.000
9	13.62	5.14	0.667	2.000	0.75	0.28	0.667	2.000	14.38	5.42	0.667	2.000
10	13.62	5.14	0.667	2.000	0.54	0.21	0.667	2.000	14.17	5.35	0.667	2.000
11	18.20	6.86	0.667	2.000	1.18	0.45	0.667	2.000	19.38	7.31	0.667	2.000
12	18.20	6.86	0.667	2.000	0.90	0.34	0.667	2.000	19.10	7.21	0.667	2.000

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)

Forze d'inerzia per metro di estensione del muro

Componente orizzontale forza d'inerzia $F_{I,X} = 1.11 \text{ kN}$

Ordinata del punto di applicazione della forza $Y_I = 1.000 \text{ m}$

Componente verticale forza d'inerzia $F_{I,Y} = \pm 0.56 \text{ kN}$

Ascissa del punto di applicazione della forza $X_I = 1.000 \text{ m}$

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 seguenti 6 combinazioni di carico: 1, 2, 3, 4, 11 e 12.

Dettaglio condizioni più gravose (Combinazione 12)

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

Descrizione carico	Forza [kN]	Braccio [m]	Momento [kN•m]
Peso del muro (P_M)	72.00	1.000	72.00000
Componente verticale forza d'inerzia ($F_{I,Y}$)	-0.56	1.000	-0.55707
Momento stabilizzante (M_{STAB})			71.44292
Componente orizzontale spinta totale terreno ($S_{T,X}$)	-19.10	0.667	-12.73350
Componente verticale spinta totale terreno ($S_{T,Y}$)	7.21	2.000	14.41192
Componente orizzontale forza d'inerzia ($F_{I,X}$)	-1.11	1.000	-1.11415
Momento ribaltante (M_{RIB})			0.00000

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento

$$C_{RIB} = M_{STAB} / |M_{RIB}| = \infty$$

Verifica a schiacciamento (superata con successo)

Nell'eseguire la verifica vengono prese in considerazione le seguenti 6 combinazioni di carico: 5, 6, 7, 8, 9 e 10. Il coefficiente di sicurezza parziale di verifica è $R_3 = 1.40$.

Dettaglio condizioni più gravose (Combinazione 5)

Descrizione carico (componente ortogonale al piano di fondazione)	Forza [kN]
Peso del muro (P_M)	93.60
Componente orizzontale spinta totale terreno ($S_{T,X}$)	0.00
Componente verticale spinta totale terreno ($S_{T,Y}$)	6.68
Carico totale ortogonale al piano di fondazione (N_{TOT})	100.28

Momento rispetto al piede di valle ($M_{TOT} = M_{STAB} + M_{RIB}$) 95.15629 kN•m

Distanza carico dal piede di valle ($d_N = M_{TOT} / N_{TOT}$) 0.949 m

Eccentricità del carico ($e_N = |L_{f1} / 2 - d_N|$) 0.051 m
(Il punto di applicazione del carico è **interno** al terzo medio)

Compressione all'estremo di valle (σ_v) 57.83 kN/m²

Compressione all'estremo di monte (σ_m) 42.45 kN/m²

Ampiezza della zona compressa (B_{comp}) 2.000 m

Compressione limite (σ_L) 401.91 kN/m²

Coefficiente di sicurezza allo schiacciamento

$$C_{SCH} = (\sigma_L / R) / \sigma_{max} = 4.96425$$

Verifica a scorrimento (superata con successo)

Nell'eseguire la verifica vengono prese in considerazione le seguenti 6 combinazioni di carico: 5, 6, 7, 8, 9 e 10. Il coefficiente di sicurezza parziale di verifica è $R_3 = 1.10$ e il coefficiente di attrito per il terreno di fondazione è $f_t = \tan(\varphi_f) / \gamma_\varphi = 0.60086$.

Dettaglio condizioni più gravose (Combinazione 10)

Descrizione carico	Forza ortogonale [kN]	Forza tangenziale [kN]
Peso del muro (P_M)	72.00	0.00
Componente orizzontale forza d'inerzia ($F_{I,X}$)	0.00	1.11
Componente verticale forza d'inerzia ($F_{I,Y}$)	-0.56	0.00
Componente orizzontale spinta totale terreno ($S_{T,X}$)	0.00	14.17
Componente verticale spinta totale terreno ($S_{T,Y}$)	5.35	0.00
Carico totale ($\Sigma_\perp, \Sigma_\parallel$)	76.79	15.28

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento

$$C_{SCO} = (\Sigma_\perp \cdot f_t / R) / \Sigma_\parallel = 2.74469$$

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	$D_{zg} = 2.000$ m
Lunghezza della zona di generazione delle superfici	$L_{zg} = 6.000$ m
Distanza della zona di arrivo della superfici	$D_{za} = 3.000$ m
Lunghezza della zona di arrivo della superfici	$L_{za} = 13.000$ m

Combinazioni

CMB	Tipo	γ_G	γ_Q	γ_E^*	γ_φ	γ_c	γ_γ	R2
1	GEO	1.00	1.30	0.00	1.25	1.25	1.00	1.10
2	GEO	1.00	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	1.10
3	GEO	1.00	1.30	0.00	1.25	1.25	1.00	1.10
4	GEO	1.00	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	1.10
5	SIS	1.00	0.60	+1.00	1.25	1.25	1.00	1.10
6	SIS	1.00	0.60	-1.00	1.25	1.25	1.00	1.10

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

Caratteristiche geometriche superficie di rottura (Combinazione 5)

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

$X_{cs} = 1.659 \text{ m}$

Ordinata centro

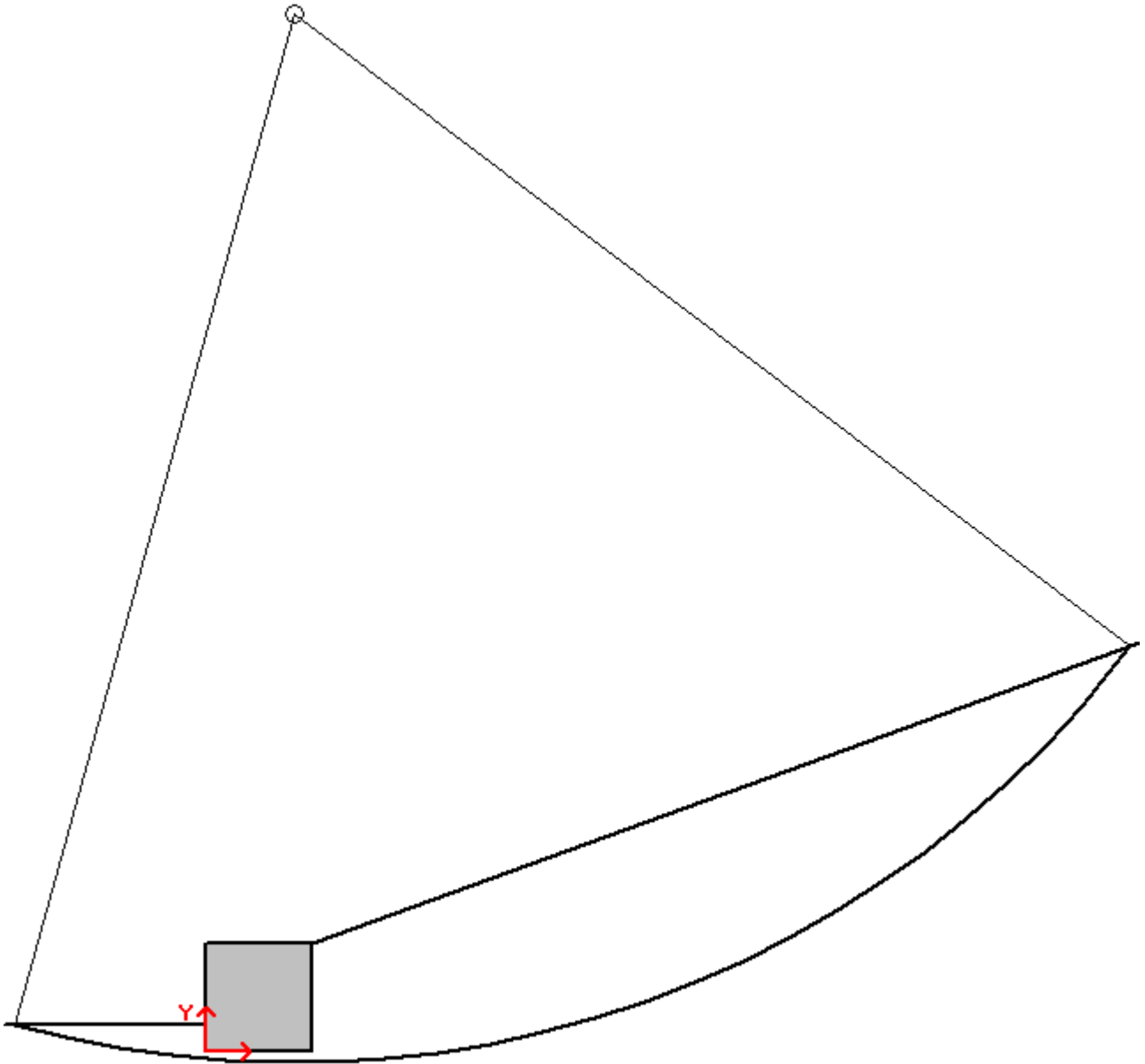
$Y_{cs} = 19.418 \text{ m}$

Raggio

$R_s = 19.630 \text{ m}$

Coefficiente di sicurezza alla stabilità globale

$C_{SG} = 1.22091$



Materiali utilizzati

Peso specifico del muro	$\gamma_m =$	18.00 kN/m ³
-------------------------	--------------	-------------------------

Caratteristiche geotecniche dei terreni

Terreno a valle del muro

Peso specifico	$\gamma_{tv} =$	20.50 kN/m ³
Angolo di attrito	$\varphi_v =$	22.00 °
Angolo di attrito terra-muro	$\delta_v =$	14.67 °
Coesione	$c'_v =$	4.00 kN/m ²

Terreno di fondazione del muro

Peso specifico	$\gamma_{tf} =$	20.50 kN/m ³
Angolo di attrito	$\varphi_f =$	22.00 °
Coesione	$c'_f =$	4.00 kN/m ²

Terreno a monte del muro

Peso specifico	$\gamma_{tm} =$	20.50 kN/m ³
Peso specifico saturo	$\gamma_{ts} =$	12.91 kN/m ³
Altezza falda dal piano di fondazione	$H_w =$	-10.000 m
Angolo di attrito	$\varphi_m =$	22.00 °
Angolo di attrito terra-muro	$\delta_m =$	14.67 °
Coesione	$c'_m =$	4.00 kN/m ²

Carichi applicati

Sovraccarichi di tipo permanente sul terreno

Uniforme a valle del muro	$g_{uv} =$	0.00 kN/m ²
Uniforme a monte del muro	$g_{um} =$	0.00 kN/m ²
Nastriforme a monte del muro	$g_{nm} =$	0.00 kN/m ²
Distanza nastriforme dal paramento interno	$d_{gn} =$	0.000 m
Larghezza del nastro	$l_{gn} =$	0.000 m

Sovraccarichi di tipo variabile sul terreno

Uniforme a valle del muro	$q_{uv} =$	0.00 kN/m ²
Uniforme a monte del muro	$q_{um} =$	0.00 kN/m ²
Nastriforme a monte del muro	$q_{nm} =$	0.00 kN/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. 14 gennaio 2008 adottando l'approccio progettuale 1, pertanto, vengono generate dodici combinazioni di carico statiche:

- quattro di equilibrio di corpo rigido (EQU),
- quattro di tipo strutturale (STR),
- quattro di tipo geotecnico (GEO),

ottenute permutando i coefficienti parziali per le azioni permanenti e per le azioni variabili. Vengono inoltre generate quattro combinazioni di carico sismiche variando i coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (M1 per le prime due ed M2 per le restanti) e variando la direzione della componente verticale dell'azione sismica (verso il basso e verso l'alto).

Parametri per la determinazione dei carichi derivanti da sisma

Località:	EDOLO (BS)
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
Fattore di amplificazione spettrale massima	$F_o =$	2.7400
Accelerazione orizzontale massima	$a_g =$	0.0597 g
Zona sismica	zona =	4
Categoria di sottosuolo	suolo =	B
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_S =$	1.20000
Coefficienti di riduzione dell'accelerazione orizzontale massima		
verifiche locali	$\beta_m =$	0.18000
verifica di stabilità globale	$\beta_s =$	0.20000
Categoria topografica	$C_T =$	T2
Coefficiente di amplificazione topografica	$S_T =$	1.20000
Coefficienti sismici per le verifiche locali		
orizzontale	$k_h =$	0.01547
verticale	$k_v =$	0.00774
Coefficienti sismici per le verifiche di stabilità globale		
orizzontale	$k_h =$	0.01719
verticale	$k_v =$	0.00860
Caratteristiche struttura: il muro è libero di traslare o di ruotare intorno al piede.		

Coefficienti parziali per le azioni

Tipo CMB	γ_{Gmax}	γ_{Gmin}	γ_Q
STR (A1)	1.30	1.00	1.50
GEO (A2)	1.00	1.00	1.30
EQU	1.10	0.90	1.50
SIS	1.00	-	0.60

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tipo CMB	γ_ϕ	$\gamma_{c'}$	γ_γ
(M1)	1.00	1.00	1.00
(M2)	1.25	1.25	1.00

Coefficienti per la determinazione delle masse sismiche

Carichi permanenti	$\gamma_G =$	1.00
Carichi variabili	$\psi_{Ei} =$	0.60

Coefficienti parziali per le verifiche

Verifica	(R ₁)	(R ₂)	(R ₃)
Capacità portante fondazione	1.00	1.00	1.40
Scorrimento	1.00	1.00	1.10
Stabilità globale	-	1.10	-

Combinazioni

CMB	Tipo	γ_G	γ_Q	γ_{E^*}	γ_ϕ	$\gamma_{c'}$	γ_γ	R_{RIB}	R_{SCH}	R_{SCO}
1	EQU	1.10	1.50	0.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-
2	EQU	1.10	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-
3	EQU	0.90	1.50	0.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-
4	EQU	0.90	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-
5	STR	1.30	1.50	0.00	1.00	1.00	1.00	-	1.00 (R ₁)	1.00 (R ₁)
6	STR	1.30	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	-	1.00 (R ₁)	1.00 (R ₁)
7	STR	1.00	1.50	0.00	1.00	1.00	1.00	-	1.00 (R ₁)	1.00 (R ₁)
8	STR	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	-	1.00 (R ₁)	1.00 (R ₁)
9	GEO	1.00	1.30	0.00	1.25	1.25	1.00	-	1.00 (R ₂)	1.00 (R ₂)
10	GEO	1.00	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	-	1.00 (R ₂)	1.00 (R ₂)
11	GEO	1.00	1.30	0.00	1.25	1.25	1.00	-	1.00 (R ₂)	1.00 (R ₂)
12	GEO	1.00	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	-	1.00 (R ₂)	1.00 (R ₂)
13	SIS	1.00	0.60	+1.00	1.00	1.00	1.00	-	1.00 (R ₁)	1.00 (R ₁)
14	SIS	1.00	0.60	-1.00	1.00	1.00	1.00	-	1.00 (R ₁)	1.00 (R ₁)
15	SIS	1.00	0.60	+1.00	1.25	1.25	1.00	1	1.00 (R ₂)	1.00 (R ₂)
16	SIS	1.00	0.60	-1.00	1.25	1.25	1.00	1	1.00 (R ₂)	1.00 (R ₂)

* 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 (coefficienti M1) $K_{AS} = 0.5432$

Spinta attiva (coefficienti M2) $K_{AS} = 0.6824$

Terreno in condizioni dinamiche (Mononobe-Okabe)

Componente verticale dell'azione sismica agente verso l'alto

Spinta attiva (coefficienti M1) $K_{AD} = 0.5680$

Spinta attiva (coefficienti M2) $K_{AD} = 0.7269$

Componente verticale dell'azione sismica agente verso il basso

Spinta attiva (coefficienti M1) $K_{AD} = 0.5676$

Spinta attiva (coefficienti M2) $K_{AD} = 0.7261$

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

Altezza di calcolo del terreno non immerso $H_{ld} = 2.000 \text{ m}$

Altezza di calcolo del terreno immerso $H_{lw} = 2.000 \text{ m}$

Le spinte sono espresse in chilonewton 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	29.77	7.79	0.667	2.000	-	-	-	-	29.77	7.79	0.467	2.000
2	29.77	7.79	0.667	2.000	-	-	-	-	29.77	7.79	0.467	2.000
3	24.36	6.38	0.667	2.000	-	-	-	-	24.36	6.38	0.467	2.000
4	24.36	6.38	0.667	2.000	-	-	-	-	24.36	6.38	0.467	2.000
5	28.01	7.33	0.667	2.000	-	-	-	-	28.01	7.33	0.467	2.000
6	28.01	7.33	0.667	2.000	-	-	-	-	28.01	7.33	0.467	2.000
7	21.54	5.64	0.667	2.000	-	-	-	-	21.54	5.64	0.467	2.000
8	21.54	5.64	0.667	2.000	-	-	-	-	21.54	5.64	0.467	2.000
9	27.07	7.09	0.667	2.000	-	-	-	-	27.07	7.09	0.467	2.000
10	27.07	7.09	0.667	2.000	-	-	-	-	27.07	7.09	0.467	2.000
11	27.07	7.09	0.667	2.000	-	-	-	-	27.07	7.09	0.467	2.000
12	27.07	7.09	0.667	2.000	-	-	-	-	27.07	7.09	0.467	2.000
13	21.54	5.64	0.667	2.000	1.14	0.30	0.667	2.000	22.69	5.94	0.467	2.000
14	21.54	5.64	0.667	2.000	0.81	0.21	0.667	2.000	22.35	5.85	0.467	2.000
15	27.07	7.09	0.667	2.000	1.96	0.51	0.667	2.000	29.02	7.60	0.467	2.000
16	27.07	7.09	0.667	2.000	1.54	0.40	0.667	2.000	28.61	7.49	0.467	2.000

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)

Forze d'inerzia per metro di estensione del muro

Componente orizzontale forza d'inerzia $F_{I,X} = 1.06 \text{ kN}$

Ordinata del punto di applicazione della forza $Y_I = 0.849 \text{ m}$

Componente verticale forza d'inerzia $F_{I,Y} = \pm 0.53 \text{ kN}$

Ascissa del punto di applicazione della forza $X_I = 1.018 \text{ m}$

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 seguenti 6 combinazioni di carico: 1, 2, 3, 4, 15 e 16.

Dettaglio condizioni più gravose (Combinazione 16)

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

Descrizione carico	Forza [kN]	Braccio [m]	Momento [kN•m]
Peso del muro (P_M)	68.40	1.018	69.60001
Componente verticale forza d'inerzia ($F_{I,Y}$)	-0.53	1.018	-0.53850
Momento stabilizzante (M_{STAB})			69.06150

Componente orizzontale spinta totale terreno ($S_{T,X}$)	-28.61	0.467	-13.35021
Componente verticale spinta totale terreno ($S_{T,Y}$)	7.49	2.000	14.97811
Componente orizzontale forza d'inerzia ($F_{I,X}$)	-1.06	0.849	-0.89874
Momento ribaltante (M_{RIB})			0.00000

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento

$$C_{RIB} = M_{STAB} / |M_{RIB}| = \infty$$

Verifica a schiacciamento (superata con successo)

Nell'eseguire la verifica vengono prese in considerazione le 12 combinazioni di carico riportate nella seguente tabella, nella quale sono indicati i relativi coefficienti di sicurezza parziale di verifica utilizzati.

CMB	R
5, 6, 7, 8, 13, 14	1.00 (R_1)
9, 10, 11, 12, 15, 16	1.00 (R_2)

Dettaglio condizioni più gravose (Combinazione 15)

Descrizione carico (componente ortogonale al piano di fondazione)	Forza [kN]
Peso del muro (P_M)	68.06
Componente orizzontale forza d'inerzia ($F_{I,X}$)	0.11
Componente verticale forza d'inerzia ($F_{I,Y}$)	0.53
Componente orizzontale spinta totale terreno ($S_{T,X}$)	2.89
Componente verticale spinta totale terreno ($S_{T,Y}$)	7.56
Carico totale ortogonale al piano di fondazione (N_{TOT})	79.14

Momento rispetto al piede di valle ($M_{TOT} = M_{STAB} + M_{RIB}$) 70.89130 kN•m

Distanza carico dal piede di valle ($d_N = M_{TOT} / N_{TOT}$) 0.896 m

Eccentricità del carico ($e_N = |L_{f1} / 2 - d_N|$) 0.109 m
(Il punto di applicazione del carico è **interno** al terzo medio)

Compressione all'estremo di valle (σ_v)	52.21 kN/m ²
Compressione all'estremo di monte (σ_m)	26.54 kN/m ²
Ampiezza della zona compressa (B_{comp})	2.010 m
Compressione limite (σ_L)	64.27 kN/m ²

Coefficiente di sicurezza allo schiacciamento

$$C_{SCH} = (\sigma_L / R) / \sigma_{max} = 1.23105$$

Verifica a scorrimento (superata con successo)

Nell'eseguire la verifica vengono prese in considerazione le 12 combinazioni di carico riportate nella seguente tabella, nella quale sono indicati i relativi coefficienti di sicurezza parziale di verifica e di attrito per il terreno di fondazione ($f_t = \tan(\varphi_f) / \gamma_\phi$) utilizzati.

CMB	R	f_t
5, 6, 7, 8, 13, 14	1.00 (R_1)	0.40403
9, 10, 11, 12, 15, 16	1.00 (R_2)	0.32322

Dettaglio condizioni più gravose (Combinazione 16)

Descrizione carico	Forza ortogonale [kN]	Forza tangenziale [kN]
Peso del muro (P_M)	68.06	-6.81
Componente orizzontale forza d'inerzia ($F_{I,X}$)	0.11	1.05
Componente verticale forza d'inerzia ($F_{I,Y}$)	-0.53	0.05
Componente orizzontale spinta totale terreno ($S_{T,X}$)	2.85	28.47
Componente verticale spinta totale terreno ($S_{T,Y}$)	7.45	-0.75
Carico totale (Σ_L, $\Sigma_{ }$)	77.94	22.02

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento

$$C_{SCO} = (\Sigma_L \cdot f_t / R) / \Sigma_{||} = 1.14400$$

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	$D_{zg} =$	2.000 m
Lunghezza della zona di generazione delle superfici	$L_{zg} =$	6.000 m
Distanza della zona di arrivo della superfici	$D_{za} =$	3.000 m
Lunghezza della zona di arrivo della superfici	$L_{za} =$	13.000 m

Combinazioni

CMB	Tipo	γ_G	γ_Q	γ_E^*	γ_ϕ	γ_c'	γ_γ	R2
1	GEO	1.00	1.30	0.00	1.25	1.25	1.00	1.10
2	GEO	1.00	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	1.10
3	GEO	1.00	1.30	0.00	1.25	1.25	1.00	1.10
4	GEO	1.00	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	1.10
5	SIS	1.00	0.60	+1.00	1.25	1.25	1.00	1.10
6	SIS	1.00	0.60	-1.00	1.25	1.25	1.00	1.10

* 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 5)

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	$X_{cs} =$	4.151 m
Ordinata centro	$Y_{cs} =$	17.261 m
Raggio	$R_s =$	17.666 m

Coefficiente di sicurezza alla stabilità globale $C_{SG} = 1.30818$

