

PT

studio

## Progetto Territorio

Programmi complessi, progettazione urbanistica, progettazione architettonica

Sede legale via Dania 8 - 15076 Ovada - Alessandria -

Sedi operative :

15100 Alessandria - via Isonzo 11

tel. 0131.234221

15076 Ovada - P.zza XX Settembre 53 tel. 0143.86389

e-mail progettoterritorio@libero.it

### Committente:

**Comune di Cassine, p.zza Vittorio Veneto, 1**

### Intervento : **PROGETTO ESECUTIVO: REVISIONE DEL 02.05.2022**

*LAVORI DI URBANIZZAZIONE PRIMARIA DELL'EX BOCCIOFILA PER LA PARTECIPAZIONE AL BANDO REGIONE PIEMONTE "D.G.R. N. 3- 1385 DEL 19/05/2020 CONCESSIONE CONTRIBUTO PER LA REALIZZAZIONE DI LAVORI INERENTI STRADE, CIMITERI, MUNICIPI E ILLUMINAZIONE PUBBLICA AI SENSI DELLA L.R. N. 18/84"*

**Localizzazione :** *Cassine - Al*

Elaborato:

### STRUTTURE

- relazione
- schemi strutture

n.

**SEZIONE D2**

Data:

**02 MAGGIO 2022**

**Progettista :** *ARCH. LUCA MASSA*

*studio associato*

**Progetto Territorio** di arch. Simona Illario, arch. Luca Massa, arch. Simona Santamaria

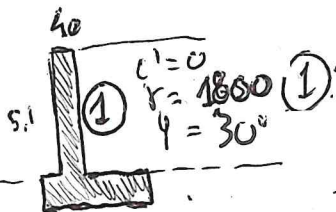
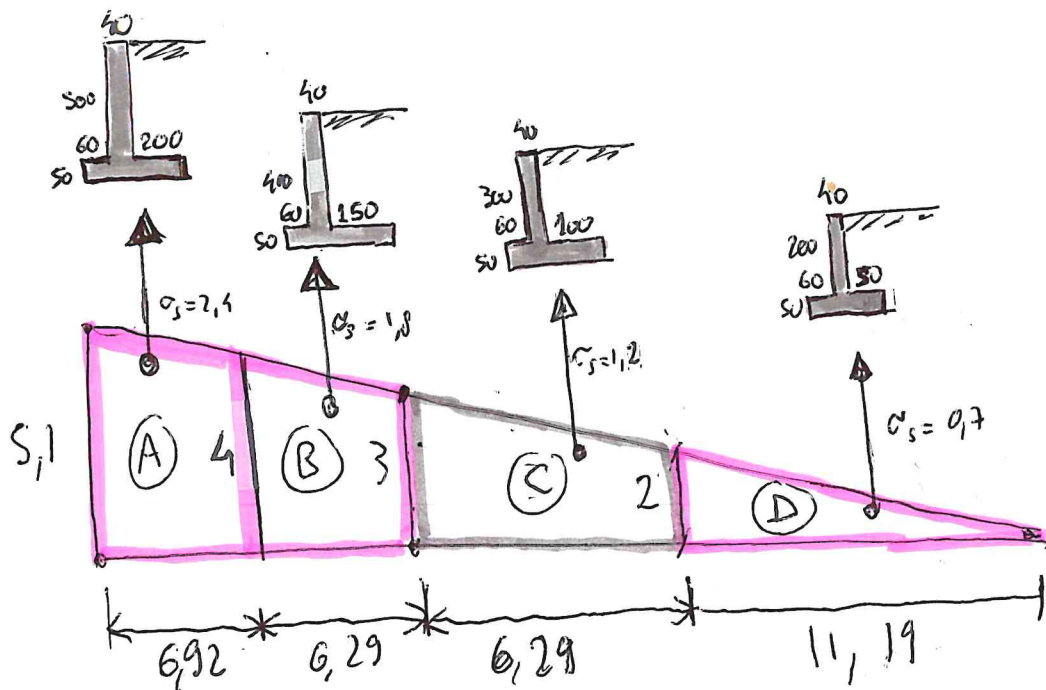
**TRATTO A**

MURO ASSINIB

24/4/22

B-T2

CASSO NUOVO II



(2)

$$\gamma = 2000$$

$$\gamma = 28-35$$

$$\sigma_s = 3.4 / m^2$$

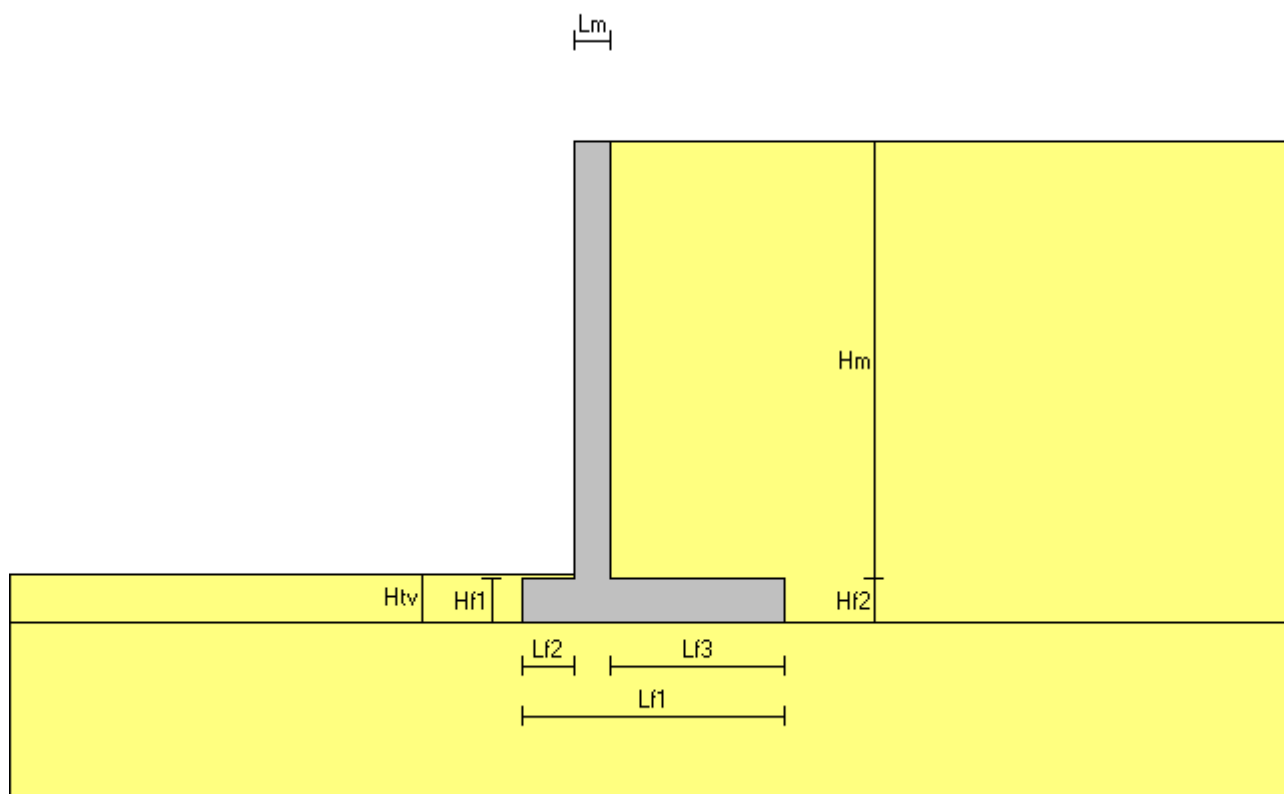
$\sigma_{max}$

$$\sigma_s = 0.2 - 0.8 \text{ } \gamma / m^2$$

Rca 300

B450C

## Relazione di verifica muro di sostegno secondo il D.M. 17/01/2018



### 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	$H_m =$	500.0 cm
Spessore in sommità	$L_{m1} =$	40.0 cm
Spessore alla base	$L_{mb} =$	40.0 cm
Inclinazione paramento esterno	$\beta_e =$	0.00 °
Inclinazione paramento interno	$\beta_i =$	0.00 °

#### Soletta di fondazione

Lunghezza totale	$L_{f1} =$	300.0 cm
Lunghezza mensola a valle	$L_{f2} =$	60.0 cm
Altezza bordo libero mensola a valle	$H_{f1} =$	50.0 cm
Lunghezza mensola a monte	$L_{f3} =$	200.0 cm
Altezza bordo libero mensola a monte	$H_{f2} =$	50.0 cm
Altezza rinterro mensola a valle	$H_{tv} =$	55.0 cm
Inclinazione piano di fondazione	$\psi_f =$	0.00 °

<u>Angolo di inclinazione terrapieno</u>	$\alpha =$	0.00 °
--	------------	--------

### Materiali utilizzati

Peso specifico del muro	$\gamma_m =$	0.002500 kg/cm <sup>3</sup>
<u>Caratteristiche calcestruzzo</u>		

Classe di resistenza		C25/30
Resistenza caratteristica	$R_{ck} =$	300 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} =$	141 Kg/cm <sup>2</sup>
<u>Caratteristiche armature</u>		
Tipo acciaio		B 450 C
Resistenza di calcolo	$f_{yd} =$	3913 Kg/cm <sup>2</sup>

## Caratteristiche geotecniche dei terreni

### Terreno a valle del muro

Peso specifico	$\gamma_{tv} =$	0.002000 kg/cm <sup>3</sup>
Angolo di attrito	$\varphi_v =$	31.50 °
Angolo di attrito terra-muro	$\delta_v =$	21.00 °
Coesione	$c'_v =$	0.5000 kg/cm <sup>2</sup>

### Terreno di fondazione del muro

Peso specifico	$\gamma_{tf} =$	0.002000 kg/cm <sup>3</sup>
Angolo di attrito	$\varphi_f =$	31.50 °
Coesione	$c'_f =$	0.5000 kg/cm <sup>2</sup>
Tensione limite del terreno	$\sigma_f =$	3.0000 kg/cm <sup>2</sup>

### Terreno a monte del muro

Peso specifico	$\gamma_{tm} =$	0.001700 kg/cm <sup>3</sup>
Angolo di attrito	$\varphi_m =$	30.00 °
Angolo di attrito terra-muro	$\delta_m =$	20.00 °
Coesione	$c'_m =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>

## Carichi applicati

### Carichi distribuiti sul terreno di tipo permanente strutturale

Uniforme a valle del muro	$G1_{uv} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Uniforme a monte del muro	$G1_{um} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Nastriforme a monte del muro	$G1_{nm} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Distanza nastriforme dal paramento interno	$d_{G1n} =$	0.0 cm
Larghezza del nastro	$l_{G1n} =$	0.0 cm

### Carichi distribuiti sul terreno di tipo permanente non strutturale

Uniforme a valle del muro	$G2_{uv} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Uniforme a monte del muro	$G2_{um} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Nastriforme a monte del muro	$G2_{nm} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Distanza nastriforme dal paramento interno	$d_{G2n} =$	0.0 cm
Larghezza del nastro	$l_{G2n} =$	0.0 cm

### Carichi distribuiti sul terreno di tipo variabile

Uniforme a valle del muro	$Q_{uv} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Uniforme a monte del muro	$Q_{um} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Nastriforme a monte del muro	$Q_{nm} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Distanza nastriforme dal paramento interno	$d_{Qn} =$	0.0 cm
Larghezza del nastro	$l_{Qn} =$	0.0 cm

## 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:	CASSINE (AL)
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
Accelerazione orizzontale massima	$a_g = 0.0614$ g
Lo spettro di risposta utilizzato è quello definito dalla normativa	
Accelerazione orizzontale massima	$a_g = 0.0614$ g
Categoria di sottosuolo	suolo = B
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_S = 1.20000$
Categoria topografica	$C_T = T2$
Coefficiente di amplificazione topografica	$S_T = 1.20000$
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	$k_h = 0.08842$
verticale	$k_v = 0.04421$
Coefficienti sismici per le verifiche di stabilità globale	
orizzontale	$k_h = 0.01768$
verticale	$k_v = 0.00884$

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

### Coefficienti parziali per le azioni

Tipo CMB	$\gamma_{G1max}$	$\gamma_{G1min}$	$\gamma_{G2max}$	$\gamma_{G2min}$	$\gamma_Q/\psi_{2i}$
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	$\gamma_\phi$	$\gamma_{c'}$	$\gamma_\gamma$
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	$\gamma_{G1}$	$\gamma_{G2}$	$\gamma_Q$	$\gamma_E^1$
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

<sup>1</sup> Il segno di  $\gamma_E$  indica la direzione della componente verticale dell'azione sismica: positivo  $\Downarrow$  e negativo  $\Uparrow$ .

## Verifiche di stabilità dell'opera

### Coefficienti di spinta del terreno di monte

Terreno in condizioni statiche (Coulomb)		
Spinta attiva	$K_{AS} =$	0.2973
Terreno in condizioni dinamiche (Mononobe-Okabe)		
Componente verticale dell'azione sismica agente verso l'alto		
Spinta attiva	$K_{AD} =$	0.3602
Componente verticale dell'azione sismica agente verso il basso		
Spinta attiva	$K_{AD} =$	0.3543

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

Altezza di calcolo  $H_t =$  550.0 cm

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

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	9339	3399	183.3	100.0	-	-	-	-	9339	3399	183.3	100.0
2	7184	2615	183.3	100.0	-	-	-	-	7184	2615	183.3	100.0
3	7184	2615	183.3	100.0	1756	639	275.0	100.0	8939	3254	201.3	100.0
4	7184	2615	183.3	100.0	1134	413	275.0	100.0	8318	3028	195.8	100.0

#### 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	$F_{I,X} =$	2277 kg
Ordinata del punto di applicazione della forza	$Y_I =$	260.0 cm
Componente verticale forza d'inerzia	$F_{I,Y} =$	$\pm 1138$ kg
Ascissa del punto di applicazione della forza	$X_I =$	169.4 cm

### 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 [cm]	Momento [kg·cm]
Peso del muro ( $P_M$ )	8750	110.0	962500.0
Peso del terreno a monte ( $P_{TM}$ )	17000	200.0	3400000.0
Peso del terreno a valle ( $P_{TV}$ )	60	30.0	1800.0
Componente verticale forza d'inerzia ( $F_{I,Y}$ )	-1138	169.4	-192857.4
<b>Momento stabilizzante (<math>M_{STAB}</math>)</b>			<b>4171442.4</b>
Componente orizzontale spinta totale terreno ( $S_{T,X}$ )	-8318	195.8	-1628980.0
Componente verticale spinta totale terreno ( $S_{T,Y}$ )	3028	100.0	302754.6
Componente orizzontale forza d'inerzia ( $F_{I,X}$ )	-2277	260.0	-591834.6
<b>Momento ribaltante (<math>M_{RIB}</math>)</b>			<b>-1918060.1</b>

### Coefficiente di sicurezza al ribaltamento

$$C_{RIB} = (M_{STAB} / R) / |M_{RIB}| = 2.17482$$

### Restanti combinazioni

Si riportano, in forma tabellare, i risultati delle varie combinazioni di carico: viene fornito l'elenco delle variabili (VAR), le forze applicate (F [kg]), i relativi bracci (B [cm]) e i momenti risultanti (M [kg·cm]).

VAR	CMB 1			CMB 2			CMB 3		
	F	B	M	F	B	M	F	B	M
$P_M$	11375	110.0	1251250.0	8750	110.0	962500.0	8750	110.0	962500.0
$P_{TM}$	22100	200.0	4419999.8	17000	200.0	3400000.0	17000	200.0	3400000.0
$P_{TV}$	78	30.0	2340.0	60	30.0	1800.0	60	30.0	1800.0
$F_{I,Y}$	-	-	-	-	-	-	1138	169.4	192857.4

<b>M<sub>STAB</sub></b>			<b>5673589.7</b>			<b>4364300.2</b>			<b>4557157.5</b>
S <sub>T,X</sub>	-9339	183.3	-1712103.8	-7184	183.3	-1317003.0	-8939	201.3	-1799834.4
S <sub>T,Y</sub>	3399	100.0	339902.6	2615	100.0	261463.5	3254	100.0	325367.6
F <sub>I,X</sub>	-	-	-	-	-	-	-2277	260.0	-591834.6
<b>M<sub>RIB</sub></b>			<b>-1372201.2</b>			<b>-1055539.4</b>			<b>-2066301.3</b>
<b>C<sub>RIB</sub></b>		<b>3.59536</b>			<b>3.59536</b>			<b>2.20547</b>	

### 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 <sub>M</sub> )	8750
Peso del terreno a monte (P <sub>TM</sub> )	17000
Peso del terreno a valle (P <sub>TV</sub> )	60
Componente orizzontale forza d'inerzia (F <sub>I,X</sub> )	0
Componente verticale forza d'inerzia (F <sub>I,Y</sub> )	1138
Componente orizzontale spinta totale terreno (S <sub>T,X</sub> )	0
Componente verticale spinta totale terreno (S <sub>T,Y</sub> )	3254
<b>Carico totale ortogonale al piano di fondazione (N<sub>TOT</sub>)</b>	<b>30202</b>

Momento rispetto al piede di valle ( $M_{TOT} = M_{STAB} + M_{RIB}$ ) 2490856.2 kg•cm

Distanza carico dal piede di valle ( $d_N = M_{TOT} / N_{TOT}$ ) 82.5 cm

Eccentricità del carico ( $e_N = |L_{f1} / 2 - d_N|$ ) 67.5 cm

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

Compressione all'estremo di valle ( $\sigma_v$ ) 2.4414 kg/cm<sup>2</sup>

Compressione all'estremo di monte ( $\sigma_m$ ) 0.0000 kg/cm<sup>2</sup>

Ampiezza della zona compressa (B<sub>comp</sub>) 247.4 cm

Compressione limite ( $\sigma_L$ ) 3.0000 kg/cm<sup>2</sup>

#### Coefficiente di sicurezza allo schiacciamento

$$C_{SCH} = (\sigma_L / R) / \sigma_{max} = 1.02402$$

#### Restanti combinazioni

Si riportano, in forma tabellare, i risultati delle varie combinazioni di carico, fornendo l'elenco delle variabili (VAR) e il relativo valore (CMB i). Con la sigla Pos<sub>N</sub> si indica la posizione del carico totale ortogonale al piano di fondazione rispetto alla fondazione stessa: i.t.m. significa interno al terzo medio, e.t.m. significa esterno al terzo medio ed e.f. significa esterno alla fondazione.

VAR	CMB 1	CMB 2	CMB 4
P <sub>M</sub> [kg]	11375	8750	8750
P <sub>TM</sub> [kg]	22100	17000	17000
P <sub>TV</sub> [kg]	78	60	60
F <sub>I,X</sub> [kg]	-	-	0
F <sub>I,Y</sub> [kg]	-	-	-1138
S <sub>T,X</sub> [kg]	0	0	0
S <sub>T,Y</sub> [kg]	3399	2615	3028
<b>N<sub>TOT</sub> [kg]</b>	<b>36952</b>	<b>28425</b>	<b>27699</b>
M <sub>TOT</sub> [kg•cm]	4301388.5	3308760.8	2253382.3
d <sub>N</sub> [cm]	116.4	116.4	81.4
e <sub>N</sub> [cm]	33.6	33.6	68.6
Pos <sub>N</sub>	i.t.m.	i.t.m.	e.t.m.
σ <sub>v</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	2.0593	1.5841	2.2699
σ <sub>m</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	0.4041	0.3109	0.0000
B <sub>comp</sub> [cm]	300.0	300.0	244.1
σ <sub>L</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	3.0000	3.0000	3.0000
<b>C<sub>SCH</sub></b>	<b>1.04055</b>	<b>1.35272</b>	<b>1.10137</b>

### 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  $f_t = \tan(\varphi_f) / \gamma_\varphi = 0.61280$ .

#### Dettaglio condizioni più gravose (Combinazione 3)

Descrizione carico	Forza ortogonale [kg]	Forza tangenziale [kg]
Peso del muro ( $P_M$ )	8750	0
Peso del terreno a monte ( $P_{TM}$ )	17000	0
Peso del terreno a valle ( $P_{TV}$ )	60	0
Componente orizzontale forza d'inerzia ( $F_{I,X}$ )	0	2277
Componente verticale forza d'inerzia ( $F_{I,Y}$ )	1138	0
Componente orizzontale spinta totale terreno ( $S_{T,X}$ )	0	8939
Componente verticale spinta totale terreno ( $S_{T,Y}$ )	3254	0
<b>Carico totale (<math>\Sigma_\perp, \Sigma_\parallel</math>)</b>	<b>30202</b>	<b>11216</b>

**Risultante forza di coesione ( $F_c = \frac{2}{3} \cdot (c'_f / \gamma_{c'}) \cdot B \cdot \gamma_G$ )** **10000**  
(dove  $B = 300.0$  cm è la distanza tra i piedi di valle e di monte della fondazione)

#### **Coefficiente di sicurezza allo scorrimento**

$$C_{sco} = [ (\Sigma_\perp \cdot f_t + F_c) / R ] / \Sigma_\parallel = 2.54169$$

#### Restanti combinazioni

Si riportano, in forma tabellare, i risultati delle varie combinazioni di carico: viene fornito l'elenco dei carichi (CAR) e le componenti ortogonali ( $F_\perp$  [kg]) e tangenziali ( $F_\parallel$  [kg]) al piano di scorrimento. Il contributo della coesione viene considerato agente per una lunghezza  $B = 300.0$  cm.

	CMB 1		CMB 2		CMB 4	
CAR	$F_\perp$	$F_\parallel$	$F_\perp$	$F_\parallel$	$F_\perp$	$F_\parallel$
$P_M$	11375	0	8750	0	8750	0
$P_{TM}$	22100	0	17000	0	17000	0
$P_{TV}$	78	0	60	0	60	0
$F_{I,X}$	-	-	-	-	0	2277
$F_{I,Y}$	-	-	-	-	-1138	0
$S_{T,X}$	0	9339	0	7184	0	8318
$S_{T,Y}$	3399	0	2615	0	3028	0
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>36952</b>	<b>9339</b>	<b>28425</b>	<b>7184</b>	<b>27699</b>	<b>10595</b>
<b><math>F_c</math></b>		<b>13000</b>		<b>10000</b>		<b>10000</b>
<b><math>C_{sco}</math></b>	<b>3.46983</b>		<b>3.46983</b>		<b>2.54597</b>	

#### **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	$L_s = 100.0$ cm
Distanza della zona di generazione delle superfici	$D_{zg} = 500.0$ cm
Lunghezza della zona di generazione delle superfici	$L_{zg} = 1600.0$ cm
Distanza della zona di arrivo della superfici	$D_{za} = 600.0$ cm
Lunghezza della zona di arrivo della superfici	$L_{za} = 3300.0$ cm

#### Combinazioni

CMB	Tipo	$\gamma_{G1}$	$\gamma_{G2}$	$\gamma_Q$	$\gamma_{E^*}$	$\gamma_\varphi$	$\gamma_{c'}$	$\gamma_\gamma$	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  $\gamma_E$  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.

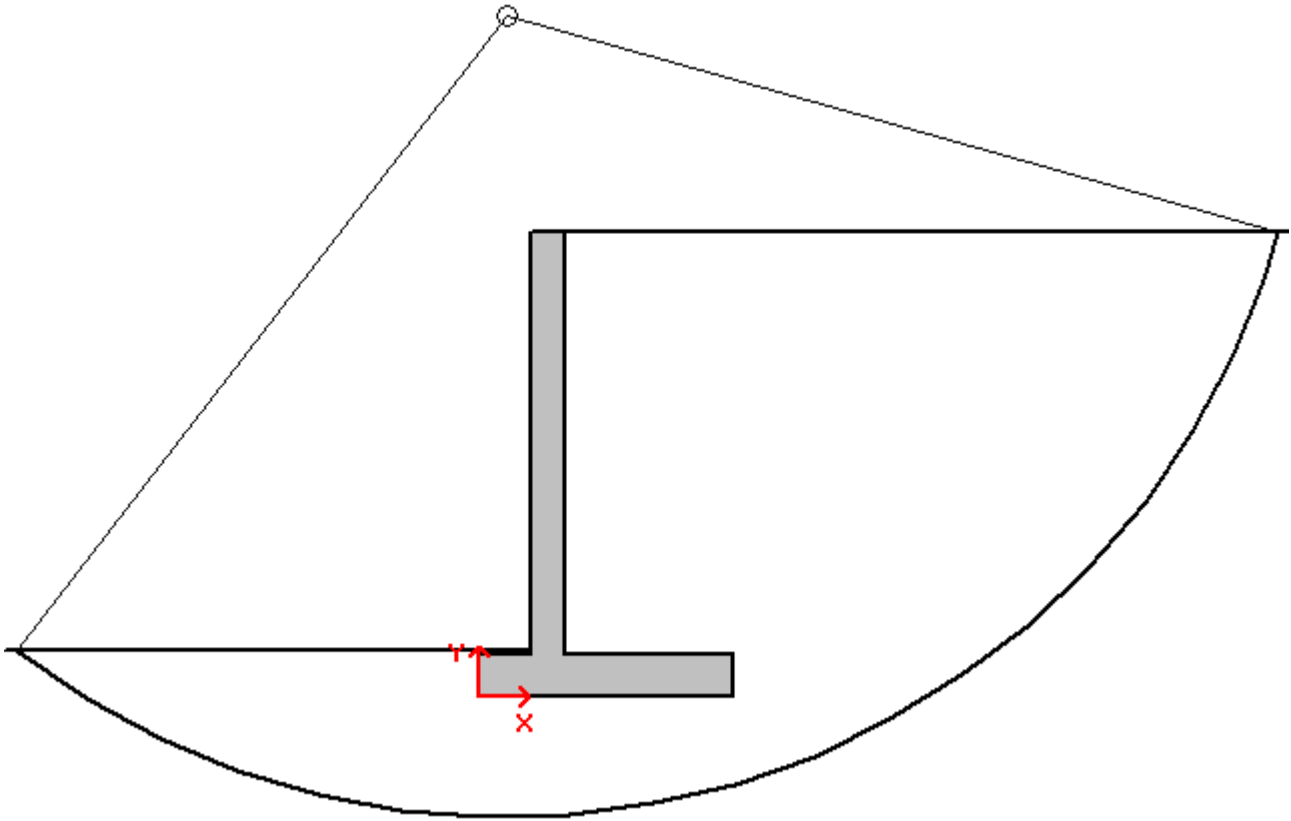
Ascissa centro  $X_{CS} = 31.6 \text{ cm}$

Ordinata centro  $Y_{CS} = 807.4 \text{ cm}$

Raggio  $R_s = 950.9 \text{ cm}$

**Coefficiente di sicurezza alla stabilità globale**

**$C_{SG} = 2.67364$**



### 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).

Entrambi 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 100 cm.

### Mensola in elevazione

Le quote delle sezioni sono riferite allo spiccatto di fondazione.

#### Sezione 1 (verificata)

Caratteristiche

Quota [cm]	B [cm]	H [cm]	$A_f$ [cm <sup>2</sup> ] (1 Ø 18 / 40 cm)	$A_f'$ [cm <sup>2</sup> ] (1 Ø 14 / 20 cm)
333.3	100.0	40.0	6.36	7.70

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg·cm]
1740	1469	104115.0

Rapporto  $x/d = 0.10293$

**Verifica N/M**  $S_d/S_u = 0.08398$

**Verifica (25)**  $N_d/N_u = 0.00420$

## Sezione 2 (verificata)

### Caratteristiche

Quota [cm]	B [cm]	H [cm]	$A_f$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_f'$ [cm <sup>2</sup> ]
166.7	100.0	40.0	$[(1 \varnothing 18 + 1 \varnothing 12) / 40 \text{ cm}]$ 9.19	$(1 \varnothing 14 / 20 \text{ cm})$ 7.70

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg•cm]
3481	4580	616792.3

Rapporto  $x/d = 0.12194$

**Verifica N/M**

$$S_d/S_u = 0.44128$$

**Verifica (25)**

$$N_d/N_u = 0.00817$$

## Sezione 3 (verificata)

### Caratteristiche

Quota [cm]	B [cm]	H [cm]	$A_f$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_f'$ [cm <sup>2</sup> ]
0.0	100.0	40.0	$(1 \varnothing 20 / 20 \text{ cm})$ 15.71	$(1 \varnothing 14 / 20 \text{ cm})$ 7.70

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg•cm]
5221	9333	1838530.0

Rapporto  $x/d = 0.16100$

**Verifica N/M**

$$S_d/S_u = 0.82465$$

**Verifica (25)**

$$N_d/N_u = 0.01157$$

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

### Caratteristiche

$L_{\text{mensola}}$ [cm]	B [cm]	H [cm]	$A_f$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_f'$ [cm <sup>2</sup> ]
80.0	100.0	50.0	$(1 \varnothing 16 / 20 \text{ cm})$ 10.05	$(1 \varnothing 16 / 20 \text{ cm})$ 10.05

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Compressione terreno estremo di valle  $\sigma_v = 2.4414 \text{ kg/cm}^2$

Compressione terreno all'incastro  $\sigma_i = 1.6520 \text{ kg/cm}^2$

Lunghezza zona compressa  $L_c = 80.0 \text{ cm}$

Descrizione carico

Forza [kg] Braccio [cm] Momento [kg•cm]

Forza di compressione terreno -16373 42.6 -697035.2

Peso della mensola 750 50.0 37500.0

Peso del terreno 60 50.0 3000.0

Inerzia verticale (terreno e cls) 36 50.0 1790.4

Sforzo di taglio [kg] Momento flettente [kg•cm]

15528 654744.8

Rapporto  $x/d = 0.10753$

**Verifica N/M**

$$S_d/S_u = 0.37066$$

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

### Caratteristiche

$L_{\text{mensola}}$ [cm]	B [cm]	H [cm]	$A_f$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_f'$ [cm <sup>2</sup> ]
220.0	100.0	50.0	$(1 \varnothing 16 / 20 \text{ cm})$ 10.05	$(1 \varnothing 16 / 20 \text{ cm})$ 10.05

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Compressione terreno estremo di monte  $\sigma_m = 0.0000 \text{ kg/cm}^2$

Compressione terreno all'incastro  $\sigma_i = 1.6520 \text{ kg/cm}^2$

Lunghezza zona compressa  $L_c = 167.4 \text{ cm}$

Descrizione carico

Forza [kg] Braccio [cm] Momento [kg•cm]

Forza di compressione terreno -13829 55.8 -771728.8

Peso della mensola 2500 120.0 300000.0

Peso del terreno 17000 120.0 2040000.2

Inerzia verticale (terreno e cls) 862 120.0 103446.7

Sforzo di taglio [kg] Momento flettente [kg•cm]

-6533 -1671718.0

Rapporto  $x/d = 0.10753$

**Verifica N/M**

$$S_d/S_u = 0.94639$$

## Computo materiali

I valori riportati sono riferiti ad ogni metro di estensione del muro

### Volumi del calcestruzzo

Mensola in elevazione	2.00 m <sup>3</sup>
Soletta di fondazione	1.50 m <sup>3</sup>

### Pesi dei ferri di armatura

Mensola in elevazione	132.59 Kg
Soletta di fondazione	87.52 Kg

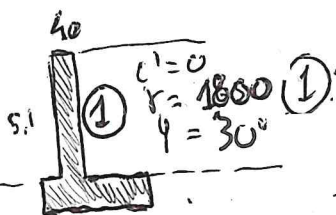
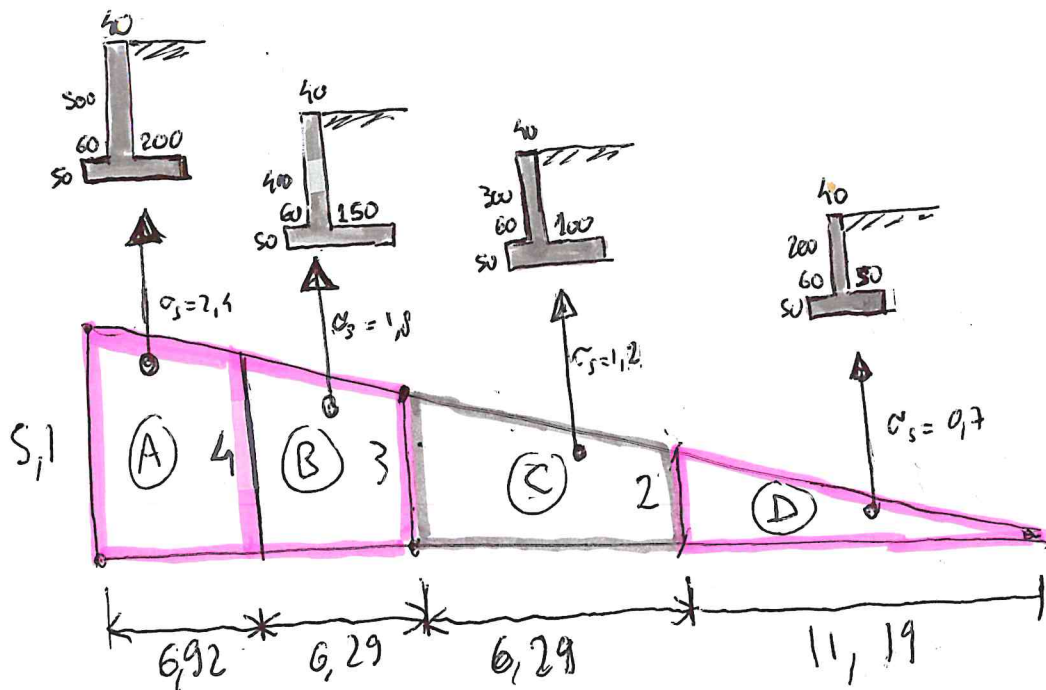
**TRATTO B**

MURO ASSINIB

24/4/22

B-T2

CASSO NUOVO II

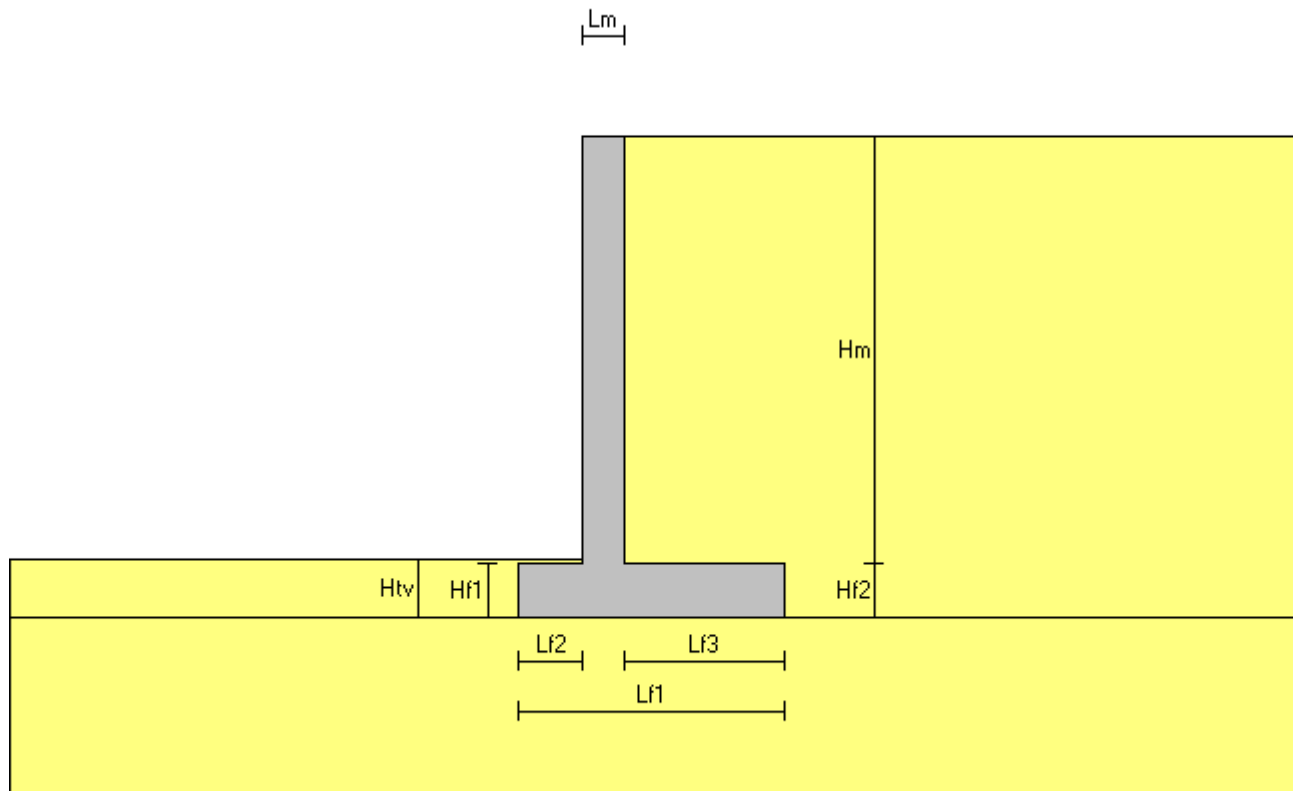


(2)  $\gamma = 2030$   
 $\gamma = 28-35$   
 $\sigma = 3,4 / m^2$   
 $c' = 0,2 - 0,8 \text{ } \gamma / m^2$

Rca 300

B450C

## Relazione di verifica muro di sostegno secondo il D.M. 17/01/2018



### 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	$H_m =$	400.0 cm
Spessore in sommità	$L_{m1} =$	40.0 cm
Spessore alla base	$L_{mb} =$	40.0 cm
Inclinazione paramento esterno	$\beta_e =$	0.00 °
Inclinazione paramento interno	$\beta_i =$	0.00 °

#### Soletta di fondazione

Lunghezza totale	$L_{f1} =$	250.0 cm
Lunghezza mensola a valle	$L_{f2} =$	60.0 cm
Altezza bordo libero mensola a valle	$H_{f1} =$	50.0 cm
Lunghezza mensola a monte	$L_{f3} =$	150.0 cm
Altezza bordo libero mensola a monte	$H_{f2} =$	50.0 cm
Altezza rinterro mensola a valle	$H_{tv} =$	55.0 cm
Inclinazione piano di fondazione	$\psi_f =$	0.00 °

Angolo di inclinazione terrapieno  $\alpha =$  0.00 °

### Materiali utilizzati

Peso specifico del muro  $\gamma_m =$  0.002500 kg/cm<sup>3</sup>

Caratteristiche calcestruzzo

Classe di resistenza		C25/30
Resistenza caratteristica	$R_{ck} =$	300 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} =$	141 Kg/cm <sup>2</sup>
<u>Caratteristiche armature</u>		
Tipo acciaio		B 450 C
Resistenza di calcolo	$f_{yd} =$	3913 Kg/cm <sup>2</sup>

## Caratteristiche geotecniche dei terreni

### Terreno a valle del muro

Peso specifico	$\gamma_{tv} =$	0.002000 kg/cm <sup>3</sup>
Angolo di attrito	$\varphi_v =$	31.50 °
Angolo di attrito terra-muro	$\delta_v =$	21.00 °
Coesione	$c'_v =$	0.5000 kg/cm <sup>2</sup>

### Terreno di fondazione del muro

Peso specifico	$\gamma_{tf} =$	0.002000 kg/cm <sup>3</sup>
Angolo di attrito	$\varphi_f =$	31.50 °
Coesione	$c'_f =$	0.5000 kg/cm <sup>2</sup>
Tensione limite del terreno	$\sigma_f =$	3.0000 kg/cm <sup>2</sup>

### Terreno a monte del muro

Peso specifico	$\gamma_{tm} =$	0.001700 kg/cm <sup>3</sup>
Angolo di attrito	$\varphi_m =$	30.00 °
Angolo di attrito terra-muro	$\delta_m =$	20.00 °
Coesione	$c'_m =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>

## Carichi applicati

### Carichi distribuiti sul terreno di tipo permanente strutturale

Uniforme a valle del muro	$G1_{uv} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Uniforme a monte del muro	$G1_{um} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Nastriforme a monte del muro	$G1_{nm} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Distanza nastriforme dal paramento interno	$d_{G1n} =$	0.0 cm
Larghezza del nastro	$l_{G1n} =$	0.0 cm

### Carichi distribuiti sul terreno di tipo permanente non strutturale

Uniforme a valle del muro	$G2_{uv} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Uniforme a monte del muro	$G2_{um} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Nastriforme a monte del muro	$G2_{nm} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Distanza nastriforme dal paramento interno	$d_{G2n} =$	0.0 cm
Larghezza del nastro	$l_{G2n} =$	0.0 cm

### Carichi distribuiti sul terreno di tipo variabile

Uniforme a valle del muro	$Q_{uv} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Uniforme a monte del muro	$Q_{um} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Nastriforme a monte del muro	$Q_{nm} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Distanza nastriforme dal paramento interno	$d_{Qn} =$	0.0 cm
Larghezza del nastro	$l_{Qn} =$	0.0 cm

## 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:	CASSINE (AL)
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
Accelerazione orizzontale massima	$a_g = 0.0614$ g
Lo spettro di risposta utilizzato è quello definito dalla normativa	
Accelerazione orizzontale massima	$a_g = 0.0614$ g
Categoria di sottosuolo	suolo = B
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_S = 1.20000$
Categoria topografica	$C_T = T2$
Coefficiente di amplificazione topografica	$S_T = 1.20000$
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	$k_h = 0.08842$
verticale	$k_v = 0.04421$
Coefficienti sismici per le verifiche di stabilità globale	
orizzontale	$k_h = 0.01768$
verticale	$k_v = 0.00884$

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

### Coefficienti parziali per le azioni

Tipo CMB	$\gamma_{G1max}$	$\gamma_{G1min}$	$\gamma_{G2max}$	$\gamma_{G2min}$	$\gamma_Q/\psi_{2i}$
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	$\gamma_\phi$	$\gamma_{c'}$	$\gamma_\gamma$
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	$\gamma_{G1}$	$\gamma_{G2}$	$\gamma_Q$	$\gamma_E^1$
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

<sup>1</sup> Il segno di  $\gamma_E$  indica la direzione della componente verticale dell'azione sismica: positivo  $\Downarrow$  e negativo  $\Uparrow$ .

## Verifiche di stabilità dell'opera

### Coefficienti di spinta del terreno di monte

Terreno in condizioni statiche (Coulomb)		
Spinta attiva	$K_{AS} =$	0.2973
Terreno in condizioni dinamiche (Mononobe-Okabe)		
Componente verticale dell'azione sismica agente verso l'alto		
Spinta attiva	$K_{AD} =$	0.3602
Componente verticale dell'azione sismica agente verso il basso		
Spinta attiva	$K_{AD} =$	0.3543

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

Altezza di calcolo  $H_t =$  450.0 cm

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

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	6252	2275	150.0	100.0	-	-	-	-	6252	2275	150.0	100.0
2	4809	1750	150.0	100.0	-	-	-	-	4809	1750	150.0	100.0
3	4809	1750	150.0	100.0	1175	428	225.0	100.0	5984	2178	164.7	100.0
4	4809	1750	150.0	100.0	759	276	225.0	100.0	5568	2027	160.2	100.0

#### 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	$F_{I,X} =$	1532 kg
Ordinata del punto di applicazione della forza	$Y_I =$	209.4 cm
Componente verticale forza d'inerzia	$F_{I,Y} =$	$\pm 766$ kg
Ascissa del punto di applicazione della forza	$X_I =$	144.0 cm

### 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 [cm]	Momento [kg·cm]
Peso del muro ( $P_M$ )	7125	99.7	710624.9
Peso del terreno a monte ( $P_{TM}$ )	10200	175.0	1785000.1
Peso del terreno a valle ( $P_{TV}$ )	60	30.0	1800.0
Componente verticale forza d'inerzia ( $F_{I,Y}$ )	-766	144.0	-110326.6
<b>Momento stabilizzante (<math>M_{STAB}</math>)</b>			<b>2387098.5</b>
Componente orizzontale spinta totale terreno ( $S_{T,X}$ )	-5568	160.2	-892206.2
Componente verticale spinta totale terreno ( $S_{T,Y}$ )	2027	100.0	202670.4
Componente orizzontale forza d'inerzia ( $F_{I,X}$ )	-1532	209.4	-320784.4
<b>Momento ribaltante (<math>M_{RIB}</math>)</b>			<b>-1010320.2</b>

### Coefficiente di sicurezza al ribaltamento

$$C_{RIB} = (M_{STAB} / R) / |M_{RIB}| = 2.36272$$

### Restanti combinazioni

Si riportano, in forma tabellare, i risultati delle varie combinazioni di carico: viene fornito l'elenco delle variabili (VAR), le forze applicate (F [kg]), i relativi bracci (B [cm]) e i momenti risultanti (M [kg·cm]).

	CMB 1			CMB 2			CMB 3		
VAR	F	B	M	F	B	M	F	B	M
$P_M$	9262	99.7	923812.4	7125	99.7	710624.9	7125	99.7	710624.9
$P_{TM}$	13260	175.0	2320500.1	10200	175.0	1785000.1	10200	175.0	1785000.1
$P_{TV}$	78	30.0	2340.0	60	30.0	1800.0	60	30.0	1800.0
$F_{I,Y}$	-	-	-	-	-	-	766	144.0	110326.6

<b>M<sub>STAB</sub></b>			<b>3246652.6</b>			<b>2497425.1</b>			<b>2607751.7</b>
S <sub>T,X</sub>	-6252	150.0	-937733.7	-4809	150.0	-721333.7	-5984	164.7	-985784.6
S <sub>T,Y</sub>	2275	100.0	227538.1	1750	100.0	175029.3	2178	100.0	217808.1
F <sub>I,X</sub>	-	-	-	-	-	-	-1532	209.4	-320784.4
<b>M<sub>RIB</sub></b>			<b>-710195.6</b>			<b>-546304.4</b>			<b>-1088760.9</b>
<b>C<sub>RIB</sub></b>		<b>3.97521</b>			<b>3.97521</b>			<b>2.39516</b>	

### 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 <sub>M</sub> )	7125
Peso del terreno a monte (P <sub>TM</sub> )	10200
Peso del terreno a valle (P <sub>TV</sub> )	60
Componente orizzontale forza d'inerzia (F <sub>I,X</sub> )	0
Componente verticale forza d'inerzia (F <sub>I,Y</sub> )	766
Componente orizzontale spinta totale terreno (S <sub>T,X</sub> )	0
Componente verticale spinta totale terreno (S <sub>T,Y</sub> )	2178
<b>Carico totale ortogonale al piano di fondazione (N<sub>TOT</sub>)</b>	<b>20329</b>

Momento rispetto al piede di valle (M<sub>TOT</sub> = M<sub>STAB</sub> + M<sub>RIB</sub>) 1518990.8 kg•cm

Distanza carico dal piede di valle (d<sub>N</sub> = M<sub>TOT</sub> / N<sub>TOT</sub>) 74.7 cm

Eccentricità del carico (e<sub>N</sub> = |L<sub>f1</sub> / 2 - d<sub>N</sub>|) 50.3 cm

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

Compressione all'estremo di valle (σ<sub>v</sub>) 1.8138 kg/cm<sup>2</sup>

Compressione all'estremo di monte (σ<sub>m</sub>) 0.0000 kg/cm<sup>2</sup>

Ampiezza della zona compressa (B<sub>comp</sub>) 224.2 cm

Compressione limite (σ<sub>L</sub>) 3.0000 kg/cm<sup>2</sup>

#### Coefficiente di sicurezza allo schiacciamento

$$C_{SCH} = (\sigma_L / R) / \sigma_{max} = 1.37834$$

#### Restanti combinazioni

Si riportano, in forma tabellare, i risultati delle varie combinazioni di carico, fornendo l'elenco delle variabili (VAR) e il relativo valore (CMB i). Con la sigla Pos<sub>N</sub> si indica la posizione del carico totale ortogonale al piano di fondazione rispetto alla fondazione stessa: i.t.m. significa interno al terzo medio, e.t.m. significa esterno al terzo medio ed e.f. significa esterno alla fondazione.

VAR	CMB 1	CMB 2	CMB 4
P <sub>M</sub> [kg]	9262	7125	7125
P <sub>TM</sub> [kg]	13260	10200	10200
P <sub>TV</sub> [kg]	78	60	60
F <sub>I,X</sub> [kg]	-	-	0
F <sub>I,Y</sub> [kg]	-	-	-766
S <sub>T,X</sub> [kg]	0	0	0
S <sub>T,Y</sub> [kg]	2275	1750	2027
<b>N<sub>TOT</sub> [kg]</b>	<b>24876</b>	<b>19135</b>	<b>18646</b>
M <sub>TOT</sub> [kg•cm]	2536457.1	1951120.8	1376778.3
d <sub>N</sub> [cm]	102.0	102.0	73.8
e <sub>N</sub> [cm]	23.0	23.0	51.2
Pos <sub>N</sub>	i.t.m.	i.t.m.	e.t.m.
σ <sub>v</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	1.5451	1.1886	1.6835
σ <sub>m</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	0.4449	0.3423	0.0000
B <sub>comp</sub> [cm]	250.0	250.0	221.5
σ <sub>L</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	3.0000	3.0000	3.0000
<b>C<sub>SCH</sub></b>	<b>1.38684</b>	<b>1.80289</b>	<b>1.48502</b>

### 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  $f_t = \tan(\varphi_f) / \gamma_\varphi = 0.61280$ .

#### Dettaglio condizioni più gravose (Combinazione 3)

Descrizione carico	Forza ortogonale [kg]	Forza tangenziale [kg]
Peso del muro ( $P_M$ )	7125	0
Peso del terreno a monte ( $P_{TM}$ )	10200	0
Peso del terreno a valle ( $P_{TV}$ )	60	0
Componente orizzontale forza d'inerzia ( $F_{I,X}$ )	0	1532
Componente verticale forza d'inerzia ( $F_{I,Y}$ )	766	0
Componente orizzontale spinta totale terreno ( $S_{T,X}$ )	0	5984
Componente verticale spinta totale terreno ( $S_{T,Y}$ )	2178	0
<b>Carico totale (<math>\Sigma_\perp, \Sigma_\parallel</math>)</b>	<b>20329</b>	<b>7516</b>

**Risultante forza di coesione ( $F_c = \frac{2}{3} \cdot (c'_f / \gamma_{c'}) \cdot B \cdot \gamma_G$ )** **8333**  
(dove  $B = 250.0$  cm è la distanza tra i piedi di valle e di monte della fondazione)

**Coefficiente di sicurezza allo scorrimento**  **$C_{sco} = [(\Sigma_\perp \cdot f_t + F_c) / R] / \Sigma_\parallel = 2.76621$**

#### Restanti combinazioni

Si riportano, in forma tabellare, i risultati delle varie combinazioni di carico: viene fornito l'elenco dei carichi (CAR) e le componenti ortogonali ( $F_\perp$  [kg]) e tangenziali ( $F_\parallel$  [kg]) al piano di scorrimento. Il contributo della coesione viene considerato agente per una lunghezza  $B = 250.0$  cm.

	CMB 1		CMB 2		CMB 4	
CAR	$F_\perp$	$F_\parallel$	$F_\perp$	$F_\parallel$	$F_\perp$	$F_\parallel$
$P_M$	9262	0	7125	0	7125	0
$P_{TM}$	13260	0	10200	0	10200	0
$P_{TV}$	78	0	60	0	60	0
$F_{I,X}$	-	-	-	-	0	1532
$F_{I,Y}$	-	-	-	-	-766	0
$S_{T,X}$	0	6252	0	4809	0	5568
$S_{T,Y}$	2275	0	1750	0	2027	0
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>24876</b>	<b>6252</b>	<b>19135</b>	<b>4809</b>	<b>18646</b>	<b>7100</b>
<b><math>F_c</math></b>		<b>10833</b>		<b>8333</b>		<b>8333</b>
<b><math>C_{sco}</math></b>	<b>3.79212</b>		<b>3.79212</b>		<b>2.78298</b>	

#### **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	$L_s = 100.0$ cm
Distanza della zona di generazione delle superfici	$D_{zg} = 400.0$ cm
Lunghezza della zona di generazione delle superfici	$L_{zg} = 1300.0$ cm
Distanza della zona di arrivo della superfici	$D_{za} = 500.0$ cm
Lunghezza della zona di arrivo della superfici	$L_{za} = 2700.0$ cm

##### Combinazioni

CMB	Tipo	$\gamma_{G1}$	$\gamma_{G2}$	$\gamma_Q$	$\gamma_{E^*}$	$\gamma_\varphi$	$\gamma_{c'}$	$\gamma_\gamma$	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  $\gamma_E$  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.

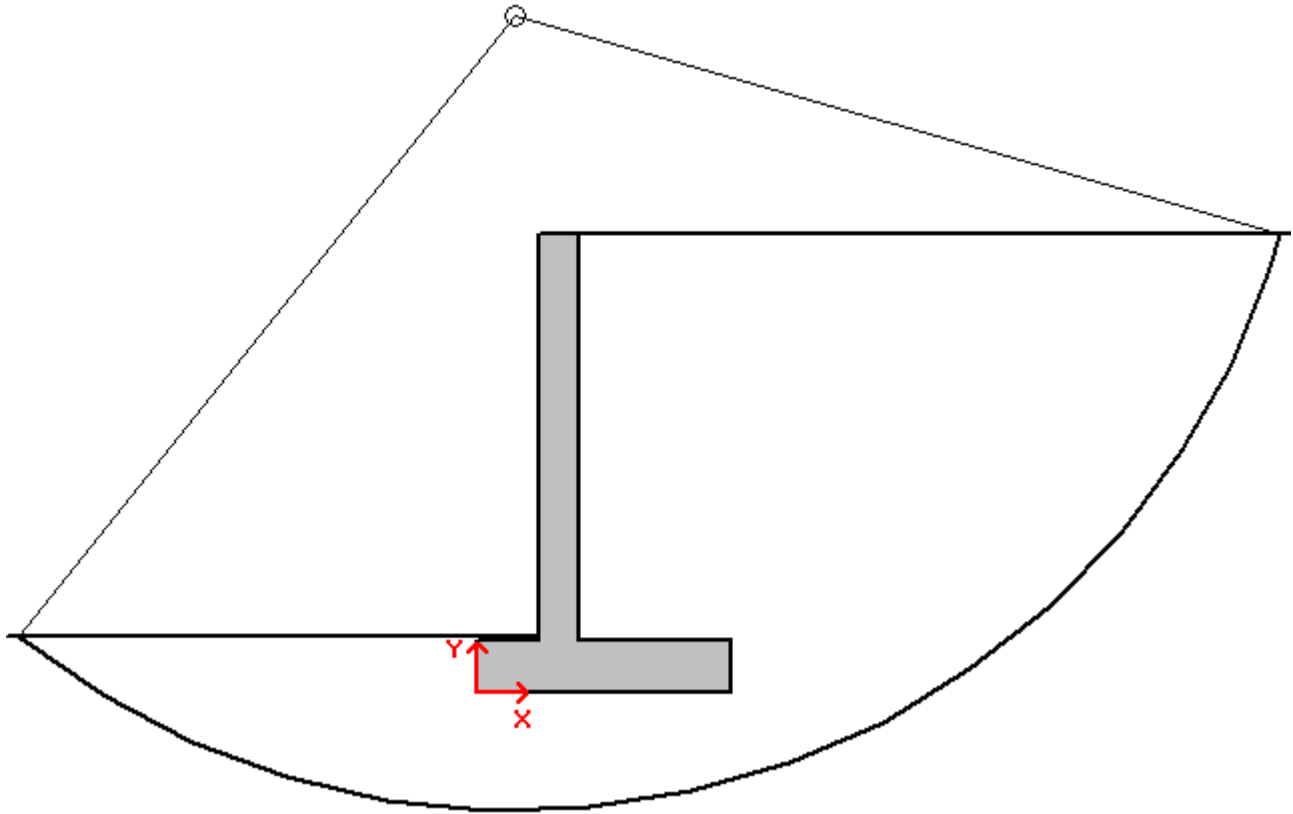
Ascissa centro  $X_{cs} = 37.7 \text{ cm}$

Ordinata centro  $Y_{cs} = 663.9 \text{ cm}$

Raggio  $R_s = 780.2 \text{ cm}$

**Coefficiente di sicurezza alla stabilità globale**

**$C_{SG} = 3.05000$**



### 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).

Entrambi 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 100 cm.

### Mensola in elevazione

Le quote delle sezioni sono riferite allo spiccatto di fondazione.

#### Sezione 1 (verificata)

Caratteristiche

Quota [cm]	B [cm]	H [cm]	$A_f$ [cm <sup>2</sup> ] (1 Ø 18 / 40 cm)	$A_f'$ [cm <sup>2</sup> ] (1 Ø 12 / 20 cm)
266.7	100.0	40.0	6.36	5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg•cm]
1392	944	53542.7

Rapporto  $x/d = 0.10505$

<b>Verifica N/M</b>	<b><math>S_d/S_u = 0.03410</math></b>
<b>Verifica (25)</b>	<b><math>N_d/N_u = 0.00342</math></b>

## Sezione 2 (verificata)

### Caratteristiche

Quota [cm]	B [cm]	H [cm]	$A_f$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_f'$ [cm <sup>2</sup> ]
133.3	100.0	40.0	$[(1 \varnothing 18 + 1 \varnothing 12) / 40 \text{ cm}]$ 9.19	$(1 \varnothing 12 / 20 \text{ cm})$ 5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg•cm]
2785	2938	316740.8

Rapporto  $x/d = 0.12511$

**Verifica N/M**  $S_d/S_u = 0.21338$

**Verifica (25)**  $N_d/N_u = 0.00666$

## Sezione 3 (verificata)

### Caratteristiche

Quota [cm]	B [cm]	H [cm]	$A_f$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_f'$ [cm <sup>2</sup> ]
0.0	100.0	40.0	$(1 \varnothing 18 / 20 \text{ cm})$ 12.72	$(1 \varnothing 12 / 20 \text{ cm})$ 5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg•cm]
4177	5984	943449.5

Rapporto  $x/d = 0.14833$

**Verifica N/M**  $S_d/S_u = 0.50475$

**Verifica (25)**  $N_d/N_u = 0.00967$

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

### Caratteristiche

$L_{\text{mensola}}$ [cm]	B [cm]	H [cm]	$A_f$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_f'$ [cm <sup>2</sup> ]
80.0	100.0	50.0	$(1 \varnothing 14 / 20 \text{ cm})$ 7.70	$(1 \varnothing 14 / 20 \text{ cm})$ 7.70

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Compressione terreno estremo di valle  $\sigma_v = 1.8138 \text{ kg/cm}^2$

Compressione terreno all'incastro  $\sigma_i = 1.1665 \text{ kg/cm}^2$

Lunghezza zona compressa  $L_c = 80.0 \text{ cm}$

Descrizione carico	Forza [kg]	Braccio [cm]	Momento [kg•cm]
--------------------	------------	--------------	-----------------

Forza di compressione terreno	-11921	42.9	-511363.3
-------------------------------	--------	------	-----------

Peso della mensola	750	50.0	37500.0
--------------------	-----	------	---------

Peso del terreno	60	50.0	3000.0
------------------	----	------	--------

Inerzia verticale (terreno e cls)	36	50.0	1790.4
-----------------------------------	----	------	--------

Sforzo di taglio [kg]	Momento flettente [kg•cm]
-----------------------	---------------------------

11075	469072.9
-------	----------

Rapporto  $x/d = 0.09714$

**Verifica N/M**  $S_d/S_u = 0.34519$

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

### Caratteristiche

$L_{\text{mensola}}$ [cm]	B [cm]	H [cm]	$A_f$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_f'$ [cm <sup>2</sup> ]
170.0	100.0	50.0	$(1 \varnothing 14 / 20 \text{ cm})$ 7.70	$(1 \varnothing 14 / 20 \text{ cm})$ 7.70

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Compressione terreno estremo di monte  $\sigma_m = 0.0000 \text{ kg/cm}^2$

Compressione terreno all'incastro  $\sigma_i = 1.1665 \text{ kg/cm}^2$

Lunghezza zona compressa  $L_c = 144.2 \text{ cm}$

Descrizione carico	Forza [kg]	Braccio [cm]	Momento [kg•cm]
--------------------	------------	--------------	-----------------

Forza di compressione terreno	-8408	48.1	-404035.5
-------------------------------	-------	------	-----------

Peso della mensola	1875	95.0	178125.0
--------------------	------	------	----------

Peso del terreno	10200	95.0	969000.1
------------------	-------	------	----------

Inerzia verticale (terreno e cls)	534	95.0	50712.1
-----------------------------------	-----	------	---------

Sforzo di taglio [kg]	Momento flettente [kg•cm]
-----------------------	---------------------------

-4201	-793801.8
-------	-----------

Rapporto  $x/d = 0.09714$

**Verifica N/M**  $S_d/S_u = 0.58415$

## Computo materiali

I valori riportati sono riferiti ad ogni metro di estensione del muro

### Volumi del calcestruzzo

Mensola in elevazione	1.60 m <sup>3</sup>
Soletta di fondazione	1.25 m <sup>3</sup>

### Pesi dei ferri di armatura

Mensola in elevazione	95.48 Kg
Soletta di fondazione	62.68 Kg

**TRATTO C**

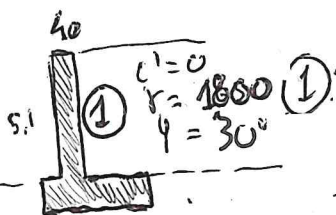
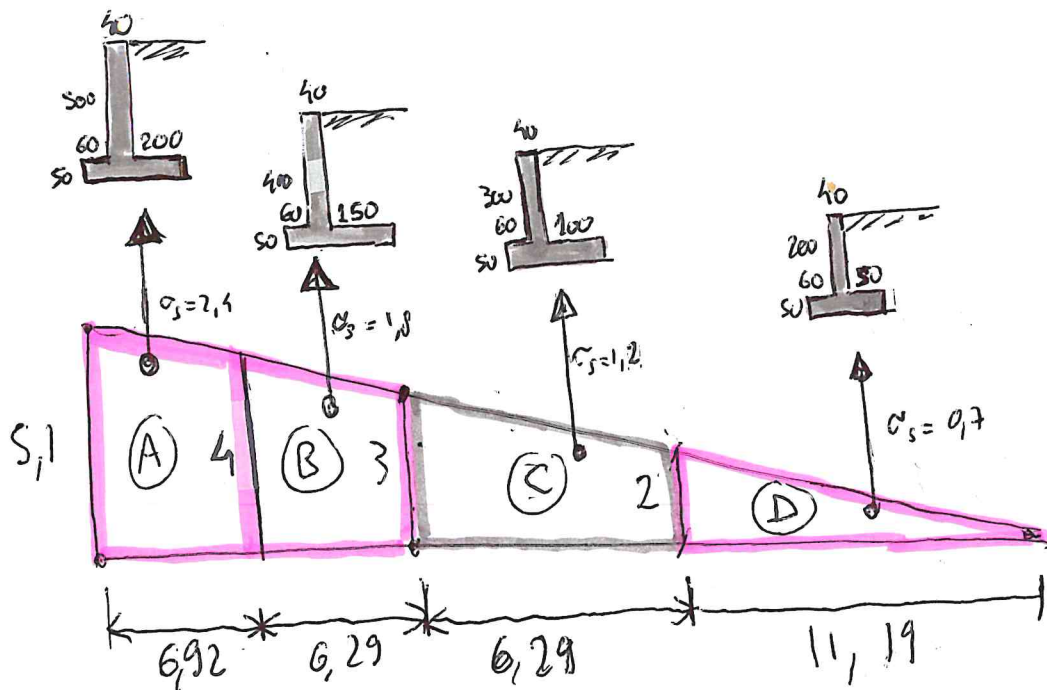


MURO ASSINIB

24/4/22

B-T2

CASSO NUOVO II

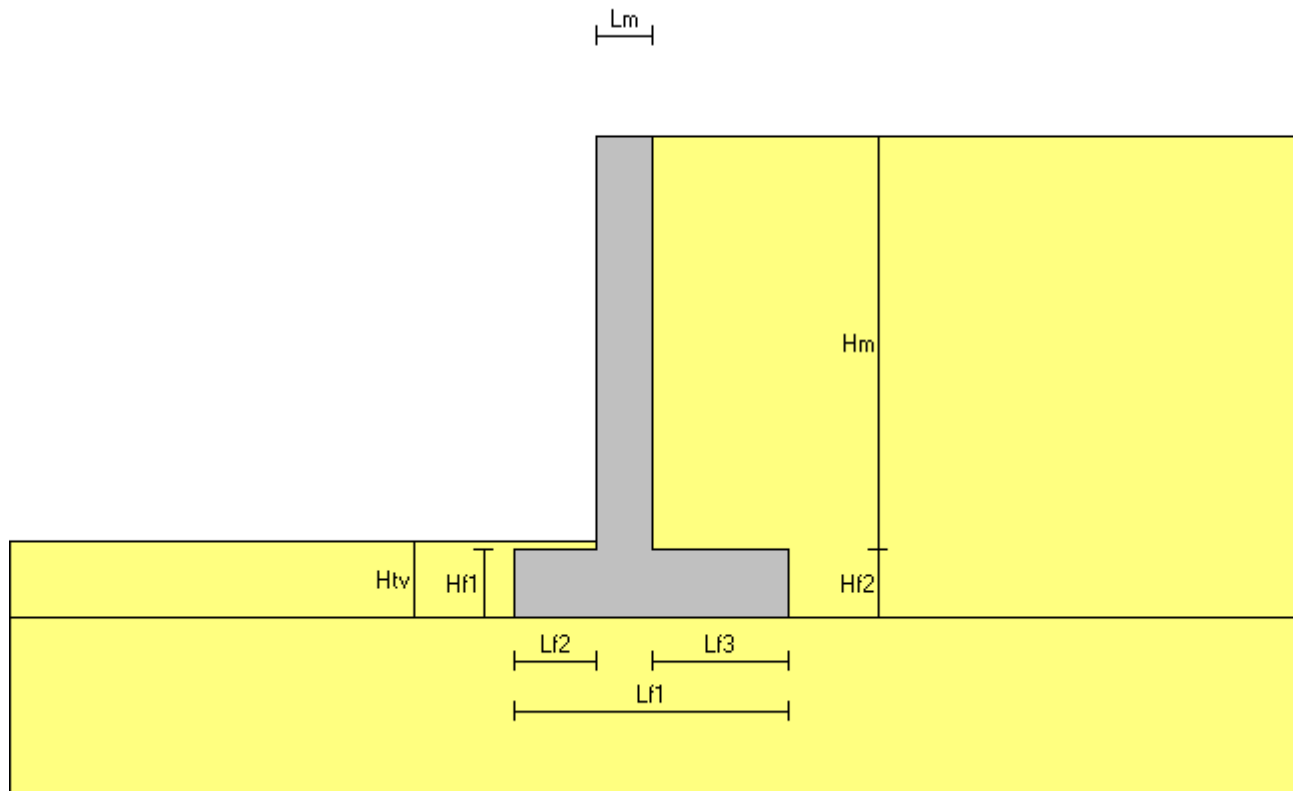


(2)  $\gamma = 2000$   
 $\gamma = 28-35$   
 $\sigma_s = 3,4 / m^2$   
 $c' = 0,2 - 0,8 \text{ } \gamma / m^2$

Rca 300

B450C

## Relazione di verifica muro di sostegno secondo il D.M. 17/01/2018



### 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	$H_m =$	300.0 cm
Spessore in sommità	$L_{m1} =$	40.0 cm
Spessore alla base	$L_{mb} =$	40.0 cm
Inclinazione paramento esterno	$\beta_e =$	0.00 °
Inclinazione paramento interno	$\beta_i =$	0.00 °

#### Soletta di fondazione

Lunghezza totale	$L_{f1} =$	200.0 cm
Lunghezza mensola a valle	$L_{f2} =$	60.0 cm
Altezza bordo libero mensola a valle	$H_{f1} =$	50.0 cm
Lunghezza mensola a monte	$L_{f3} =$	100.0 cm
Altezza bordo libero mensola a monte	$H_{f2} =$	50.0 cm
Altezza rinterro mensola a valle	$H_{tv} =$	55.0 cm
Inclinazione piano di fondazione	$\psi_f =$	0.00 °

<u>Angolo di inclinazione terrapieno</u>	$\alpha =$	0.00 °
--	------------	--------

### Materiali utilizzati

Peso specifico del muro	$\gamma_m =$	0.002500 kg/cm <sup>3</sup>
<u>Caratteristiche calcestruzzo</u>		

Classe di resistenza		C25/30
Resistenza caratteristica	$R_{ck} =$	300 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} =$	141 Kg/cm <sup>2</sup>
<u>Caratteristiche armature</u>		
Tipo acciaio		B 450 C
Resistenza di calcolo	$f_{yd} =$	3913 Kg/cm <sup>2</sup>

## Caratteristiche geotecniche dei terreni

### Terreno a valle del muro

Peso specifico	$\gamma_{tv} =$	0.002000 kg/cm <sup>3</sup>
Angolo di attrito	$\varphi_v =$	31.50 °
Angolo di attrito terra-muro	$\delta_v =$	21.00 °
Coesione	$c'_v =$	0.5000 kg/cm <sup>2</sup>

### Terreno di fondazione del muro

Peso specifico	$\gamma_{tf} =$	0.002000 kg/cm <sup>3</sup>
Angolo di attrito	$\varphi_f =$	31.50 °
Coesione	$c'_f =$	0.5000 kg/cm <sup>2</sup>
Tensione limite del terreno	$\sigma_f =$	3.0000 kg/cm <sup>2</sup>

### Terreno a monte del muro

Peso specifico	$\gamma_{tm} =$	0.001700 kg/cm <sup>3</sup>
Angolo di attrito	$\varphi_m =$	30.00 °
Angolo di attrito terra-muro	$\delta_m =$	20.00 °
Coesione	$c'_m =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>

## Carichi applicati

### Carichi distribuiti sul terreno di tipo permanente strutturale

Uniforme a valle del muro	$G1_{uv} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Uniforme a monte del muro	$G1_{um} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Nastriforme a monte del muro	$G1_{nm} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Distanza nastriforme dal paramento interno	$d_{G1n} =$	0.0 cm
Larghezza del nastro	$l_{G1n} =$	0.0 cm

### Carichi distribuiti sul terreno di tipo permanente non strutturale

Uniforme a valle del muro	$G2_{uv} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Uniforme a monte del muro	$G2_{um} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Nastriforme a monte del muro	$G2_{nm} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Distanza nastriforme dal paramento interno	$d_{G2n} =$	0.0 cm
Larghezza del nastro	$l_{G2n} =$	0.0 cm

### Carichi distribuiti sul terreno di tipo variabile

Uniforme a valle del muro	$Q_{uv} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Uniforme a monte del muro	$Q_{um} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Nastriforme a monte del muro	$Q_{nm} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Distanza nastriforme dal paramento interno	$d_{Qn} =$	0.0 cm
Larghezza del nastro	$l_{Qn} =$	0.0 cm

## 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:	CASSINE (AL)
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
Accelerazione orizzontale massima	$a_g = 0.0614$ g
Lo spettro di risposta utilizzato è quello definito dalla normativa	
Accelerazione orizzontale massima	$a_g = 0.0614$ g
Categoria di sottosuolo	suolo = B
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_S = 1.20000$
Categoria topografica	$C_T = T2$
Coefficiente di amplificazione topografica	$S_T = 1.20000$
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	$k_h = 0.08842$
verticale	$k_v = 0.04421$
Coefficienti sismici per le verifiche di stabilità globale	
orizzontale	$k_h = 0.01768$
verticale	$k_v = 0.00884$

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

### Coefficienti parziali per le azioni

Tipo CMB	$\gamma_{G1max}$	$\gamma_{G1min}$	$\gamma_{G2max}$	$\gamma_{G2min}$	$\gamma_Q/\psi_{2i}$
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	$\gamma_\phi$	$\gamma_{c'}$	$\gamma_\gamma$
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	$\gamma_{G1}$	$\gamma_{G2}$	$\gamma_Q$	$\gamma_E^1$
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

<sup>1</sup> Il segno di  $\gamma_E$  indica la direzione della componente verticale dell'azione sismica: positivo  $\Downarrow$  e negativo  $\Uparrow$ .

## Verifiche di stabilità dell'opera

### Coefficienti di spinta del terreno di monte

Terreno in condizioni statiche (Coulomb)

Spinta attiva  $K_{AS} = 0.2973$

Terreno in condizioni dinamiche (Mononobe-Okabe)

Componente verticale dell'azione sismica agente verso l'alto

Spinta attiva  $K_{AD} = 0.3602$

Componente verticale dell'azione sismica agente verso il basso

Spinta attiva  $K_{AD} = 0.3543$

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

Altezza di calcolo  $H_t = 350.0$  cm

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

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	3782	1376	116.7	100.0	-	-	-	-	3782	1376	116.7	100.0
2	2909	1059	116.7	100.0	-	-	-	-	2909	1059	116.7	100.0
3	2909	1059	116.7	100.0	711	259	175.0	100.0	3620	1318	128.1	100.0
4	2909	1059	116.7	100.0	459	167	175.0	100.0	3368	1226	124.6	100.0

#### 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  $F_{I,X} = 937$  kg

Ordinata del punto di applicazione della forza  $Y_I = 158.7$  cm

Componente verticale forza d'inerzia  $F_{I,Y} = \pm 469$  kg

Ascissa del punto di applicazione della forza  $X_I = 118.4$  cm

### **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 [cm]	Momento [kg·cm]
Peso del muro ( $P_M$ )	5500	89.1	490000.0
Peso del terreno a monte ( $P_{TM}$ )	5100	150.0	765000.1
Peso del terreno a valle ( $P_{TV}$ )	60	30.0	1800.0
Componente verticale forza d'inerzia ( $F_{I,Y}$ )	-469	118.4	-55481.0
<b>Momento stabilizzante (<math>M_{STAB}</math>)</b>			<b>1201319.0</b>
Componente orizzontale spinta totale terreno ( $S_{T,X}$ )	-3368	124.6	-419789.8
Componente verticale spinta totale terreno ( $S_{T,Y}$ )	1226	100.0	122603.1
Componente orizzontale forza d'inerzia ( $F_{I,X}$ )	-937	158.7	-148760.0
<b>Momento ribaltante (<math>M_{RIB}</math>)</b>			<b>-445946.6</b>

#### Coefficiente di sicurezza al ribaltamento

$$C_{RIB} = (M_{STAB} / R) / |M_{RIB}| = 2.69386$$

### Restanti combinazioni

Si riportano, in forma tabellare, i risultati delle varie combinazioni di carico: viene fornito l'elenco delle variabili (VAR), le forze applicate (F [kg]), i relativi bracci (B [cm]) e i momenti risultanti (M [kg·cm]).

VAR	CMB 1			CMB 2			CMB 3		
	F	B	M	F	B	M	F	B	M
$P_M$	7150	89.1	637000.0	5500	89.1	490000.0	5500	89.1	490000.0
$P_{TM}$	6630	150.0	994500.0	5100	150.0	765000.1	5100	150.0	765000.1
$P_{TV}$	78	30.0	2340.0	60	30.0	1800.0	60	30.0	1800.0
$F_{I,Y}$	-	-	-	-	-	-	469	118.4	55481.0

<b>M<sub>STAB</sub></b>			<b>1633840.0</b>			<b>1256800.1</b>			<b>1312281.0</b>
S <sub>T,X</sub>	-3782	116.7	-441210.7	-2909	116.7	-339392.9	-3620	128.1	-463819.0
S <sub>T,Y</sub>	1376	100.0	137646.5	1059	100.0	105881.9	1318	100.0	131760.5
F <sub>I,X</sub>	-	-	-	-	-	-	-937	158.7	-148760.0
<b>M<sub>RIB</sub></b>			<b>-303564.2</b>			<b>-233511.0</b>			<b>-480818.5</b>
<b>C<sub>RIB</sub></b>		<b>4.68016</b>			<b>4.68016</b>			<b>2.72927</b>	

#### 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 <sub>M</sub> )	5500
Peso del terreno a monte (P <sub>TM</sub> )	5100
Peso del terreno a valle (P <sub>TV</sub> )	60
Componente orizzontale forza d'inerzia (F <sub>I,X</sub> )	0
Componente verticale forza d'inerzia (F <sub>I,Y</sub> )	469
Componente orizzontale spinta totale terreno (S <sub>T,X</sub> )	0
Componente verticale spinta totale terreno (S <sub>T,Y</sub> )	1318
<b>Carico totale ortogonale al piano di fondazione (N<sub>TOT</sub>)</b>	<b>12446</b>

Momento rispetto al piede di valle (M<sub>TOT</sub> = M<sub>STAB</sub> + M<sub>RIB</sub>) 831462.5 kg•cm

Distanza carico dal piede di valle (d<sub>N</sub> = M<sub>TOT</sub> / N<sub>TOT</sub>) 66.8 cm

Eccentricità del carico (e<sub>N</sub> = |L<sub>f1</sub> / 2 - d<sub>N</sub>|) 33.2 cm

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

Compressione all'estremo di valle (σ<sub>v</sub>) 1.2420 kg/cm<sup>2</sup>

Compressione all'estremo di monte (σ<sub>m</sub>) 0.0026 kg/cm<sup>2</sup>

Ampiezza della zona compressa (B<sub>comp</sub>) 200.0 cm

Compressione limite (σ<sub>L</sub>) 3.0000 kg/cm<sup>2</sup>

#### Coefficiente di sicurezza allo schiacciamento

$$C_{SCH} = (\sigma_L / R) / \sigma_{max} = 2.01280$$

#### Restanti combinazioni

Si riportano, in forma tabellare, i risultati delle varie combinazioni di carico, fornendo l'elenco delle variabili (VAR) e il relativo valore (CMB i). Con la sigla Pos<sub>N</sub> si indica la posizione del carico totale ortogonale al piano di fondazione rispetto alla fondazione stessa: i.t.m. significa interno al terzo medio, e.t.m. significa esterno al terzo medio ed e.f. significa esterno alla fondazione.

VAR	CMB 1	CMB 2	CMB 4
P <sub>M</sub> [kg]	7150	5500	5500
P <sub>TM</sub> [kg]	6630	5100	5100
P <sub>TV</sub> [kg]	78	60	60
F <sub>I,X</sub> [kg]	-	-	0
F <sub>I,Y</sub> [kg]	-	-	-469
S <sub>T,X</sub> [kg]	0	0	0
S <sub>T,Y</sub> [kg]	1376	1059	1226
<b>N<sub>TOT</sub> [kg]</b>	<b>15234</b>	<b>11719</b>	<b>11417</b>
M <sub>TOT</sub> [kg•cm]	1330275.7	1023289.1	755372.4
d <sub>N</sub> [cm]	87.3	87.3	66.2
e <sub>N</sub> [cm]	12.7	12.7	33.8
Pos <sub>N</sub>	i.t.m.	i.t.m.	e.t.m.
σ <sub>v</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	1.0515	0.8088	1.1505
σ <sub>m</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	0.4720	0.3631	0.0000
B <sub>comp</sub> [cm]	200.0	200.0	198.5
σ <sub>L</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	3.0000	3.0000	3.0000
<b>C<sub>SCH</sub></b>	<b>2.03795</b>	<b>2.64933</b>	<b>2.17298</b>

#### 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  $f_t = \tan(\varphi_f) / \gamma_\varphi = 0.61280$ .

#### Dettaglio condizioni più gravose (Combinazione 3)

Descrizione carico	Forza ortogonale [kg]	Forza tangenziale [kg]
Peso del muro ( $P_M$ )	5500	0
Peso del terreno a monte ( $P_{TM}$ )	5100	0
Peso del terreno a valle ( $P_{TV}$ )	60	0
Componente orizzontale forza d'inerzia ( $F_{I,X}$ )	0	937
Componente verticale forza d'inerzia ( $F_{I,Y}$ )	469	0
Componente orizzontale spinta totale terreno ( $S_{T,X}$ )	0	3620
Componente verticale spinta totale terreno ( $S_{T,Y}$ )	1318	0
<b>Carico totale (<math>\Sigma_\perp, \Sigma_\parallel</math>)</b>	<b>12446</b>	<b>4557</b>

**Risultante forza di coesione ( $F_c = \frac{2}{3} \cdot (c'_f / \gamma_{c'}) \cdot B \cdot \gamma_G$ )** **6667**  
(dove  $B = 200.0$  cm è la distanza tra i piedi di valle e di monte della fondazione)

**Coefficiente di sicurezza allo scorrimento**  **$C_{sco} = [(\Sigma_\perp \cdot f_t + F_c) / R] / \Sigma_\parallel = 3.13645$**

#### Restanti combinazioni

Si riportano, in forma tabellare, i risultati delle varie combinazioni di carico: viene fornito l'elenco dei carichi (CAR) e le componenti ortogonali ( $F_\perp$  [kg]) e tangenziali ( $F_\parallel$  [kg]) al piano di scorrimento. Il contributo della coesione viene considerato agente per una lunghezza  $B = 200.0$  cm.

	CMB 1		CMB 2		CMB 4	
CAR	$F_\perp$	$F_\parallel$	$F_\perp$	$F_\parallel$	$F_\perp$	$F_\parallel$
$P_M$	7150	0	5500	0	5500	0
$P_{TM}$	6630	0	5100	0	5100	0
$P_{TV}$	78	0	60	0	60	0
$F_{I,X}$	-	-	-	-	0	937
$F_{I,Y}$	-	-	-	-	-469	0
$S_{T,X}$	0	3782	0	2909	0	3368
$S_{T,Y}$	1376	0	1059	0	1226	0
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>15234</b>	<b>3782</b>	<b>11719</b>	<b>2909</b>	<b>11417</b>	<b>4306</b>
<b><math>F_c</math></b>		<b>8667</b>		<b>6667</b>		<b>6667</b>
<b><math>C_{sco}</math></b>	<b>4.32750</b>		<b>4.32750</b>		<b>3.17330</b>	

#### **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	$L_s = 100.0$ cm
Distanza della zona di generazione delle superfici	$D_{zg} = 300.0$ cm
Lunghezza della zona di generazione delle superfici	$L_{zg} = 1000.0$ cm
Distanza della zona di arrivo della superfici	$D_{za} = 400.0$ cm
Lunghezza della zona di arrivo della superfici	$L_{za} = 2100.0$ cm

##### Combinazioni

CMB	Tipo	$\gamma_{G1}$	$\gamma_{G2}$	$\gamma_Q$	$\gamma_{E^*}$	$\gamma_\varphi$	$\gamma_{c'}$	$\gamma_\gamma$	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  $\gamma_E$  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.

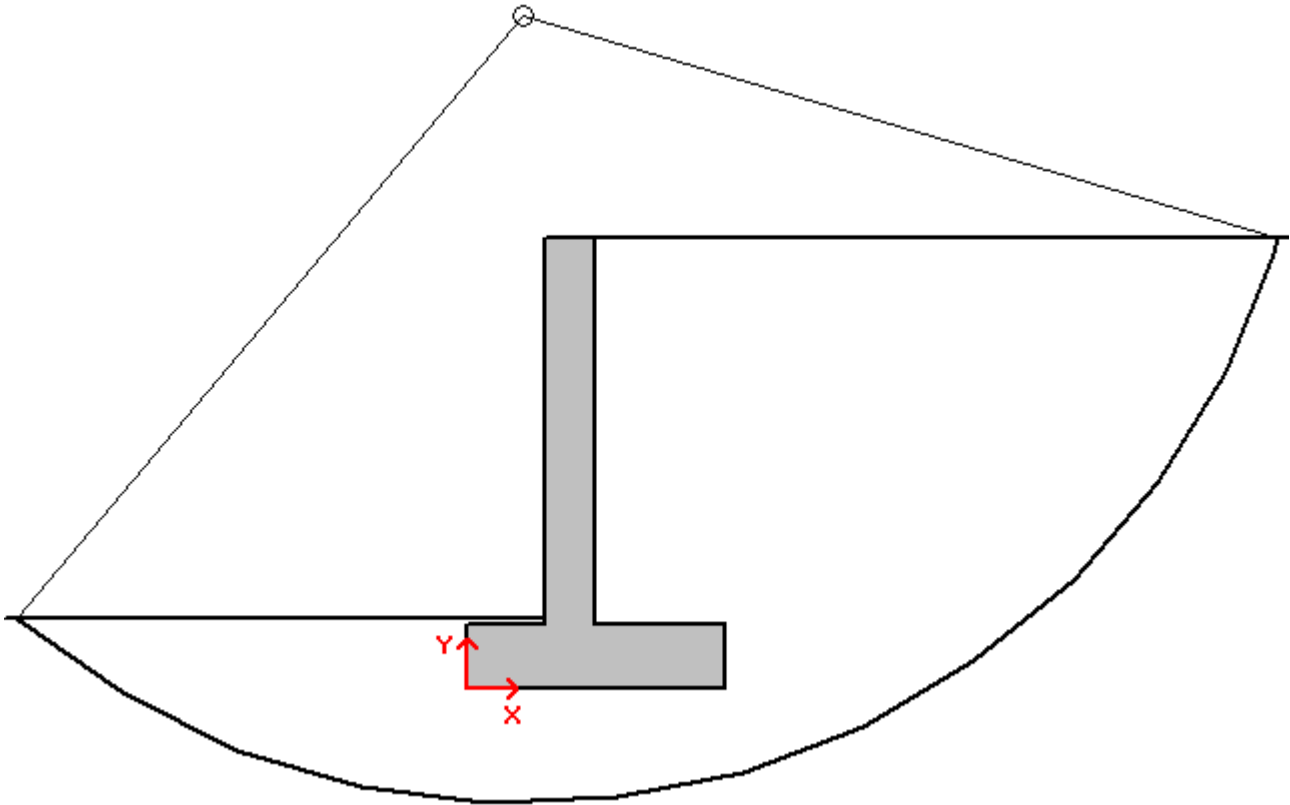
Ascissa centro  $X_{cs} = 43.4 \text{ cm}$

Ordinata centro  $Y_{cs} = 523.4 \text{ cm}$

Raggio  $R_s = 611.7 \text{ cm}$

**Coefficiente di sicurezza alla stabilità globale**

**$C_{SG} = 3.69000$**



### 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).

Entrambi 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 100 cm.

### Mensola in elevazione

Le quote delle sezioni sono riferite allo spiccatto di fondazione.

#### Sezione 1 (verificata)

Caratteristiche

Quota [cm]	B [cm]	H [cm]	$A_f$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_f'$ [cm <sup>2</sup> ]
200.0	100.0	40.0	(1 Ø 14 / 40 cm) 3.85	(1 Ø 12 / 20 cm) 5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg•cm]
1044	534	22754.1

Rapporto  $x/d = 0.08499$

**Verifica N/M**  $S_d/S_u = 0.01115$

**Verifica (25)**  $N_d/N_u = 0.00263$



## Sezione 2 (verificata)

### Caratteristiche

Quota [cm]	B [cm]	H [cm]	$A_f$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_f'$ [cm <sup>2</sup> ]
100.0	100.0	40.0	$[(1 \varnothing 14 + 1 \varnothing 12) / 40 \text{ cm}]$ 6.68	$(1 \varnothing 12 / 20 \text{ cm})$ 5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg•cm]
2088	1660	134288.1

Rapporto  $x/d = 0.10716$

**Verifica N/M**

$$S_d/S_u = 0.10631$$

**Verifica (25)**

$$N_d/N_u = 0.00512$$

## Sezione 3 (verificata)

### Caratteristiche

Quota [cm]	B [cm]	H [cm]	$A_f$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_f'$ [cm <sup>2</sup> ]
0.0	100.0	40.0	$(1 \varnothing 14 / 20 \text{ cm})$ 7.70	$(1 \varnothing 12 / 20 \text{ cm})$ 5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg•cm]
3133	3376	399509.7

Rapporto  $x/d = 0.11455$

**Verifica N/M**

$$S_d/S_u = 0.32512$$

**Verifica (25)**

$$N_d/N_u = 0.00760$$

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

### Caratteristiche

$L_{\text{mensola}}$ [cm]	B [cm]	H [cm]	$A_f$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_f'$ [cm <sup>2</sup> ]
80.0	100.0	50.0	$(1 \varnothing 14 / 20 \text{ cm})$ 7.70	$(1 \varnothing 14 / 20 \text{ cm})$ 7.70

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Compressione terreno estremo di valle	$\sigma_v =$	1.2420 kg/cm <sup>2</sup>		
Compressione terreno all'incastro	$\sigma_i =$	0.7463 kg/cm <sup>2</sup>		
Lunghezza zona compressa	$L_c =$	80.0 cm		
Descrizione carico	Forza [kg]	Braccio [cm]	Momento [kg•cm]	
Forza di compressione terreno	-7953	43.3	-344571.1	
Peso della mensola	750	50.0	37500.0	
Peso del terreno	60	50.0	3000.0	
Inerzia verticale (terreno e cls)	36	50.0	1790.4	
Sforzo di taglio [kg]	7107			
Momento flettente [kg•cm]		302280.6		

Rapporto  $x/d = 0.09714$

**Verifica N/M**

$$S_d/S_u = 0.22245$$

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

### Caratteristiche

$L_{\text{mensola}}$ [cm]	B [cm]	H [cm]	$A_f$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_f'$ [cm <sup>2</sup> ]
120.0	100.0	50.0	$(1 \varnothing 14 / 20 \text{ cm})$ 7.70	$(1 \varnothing 14 / 20 \text{ cm})$ 7.70

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Compressione terreno estremo di monte	$\sigma_m =$	0.0026 kg/cm <sup>2</sup>		
Compressione terreno all'incastro	$\sigma_i =$	0.7463 kg/cm <sup>2</sup>		
Lunghezza zona compressa	$L_c =$	120.0 cm		
Descrizione carico	Forza [kg]	Braccio [cm]	Momento [kg•cm]	
Forza di compressione terreno	-4493	40.1	-180336.9	
Peso della mensola	1250	70.0	87500.0	
Peso del terreno	5100	70.0	357000.0	
Inerzia verticale (terreno e cls)	281	70.0	19650.5	
Sforzo di taglio [kg]	-2138			
Momento flettente [kg•cm]		-283813.6		

Rapporto  $x/d = 0.09714$

**Verifica N/M**

$$S_d/S_u = 0.20886$$

## Computo materiali

I valori riportati sono riferiti ad ogni metro di estensione del muro

### Volumi del calcestruzzo

Mensola in elevazione	1.20 m <sup>3</sup>
Soletta di fondazione	1.00 m <sup>3</sup>

### Pesi dei ferri di armatura

Mensola in elevazione	60.27 Kg
Soletta di fondazione	51.87 Kg

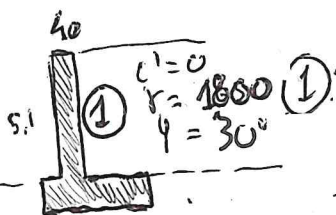
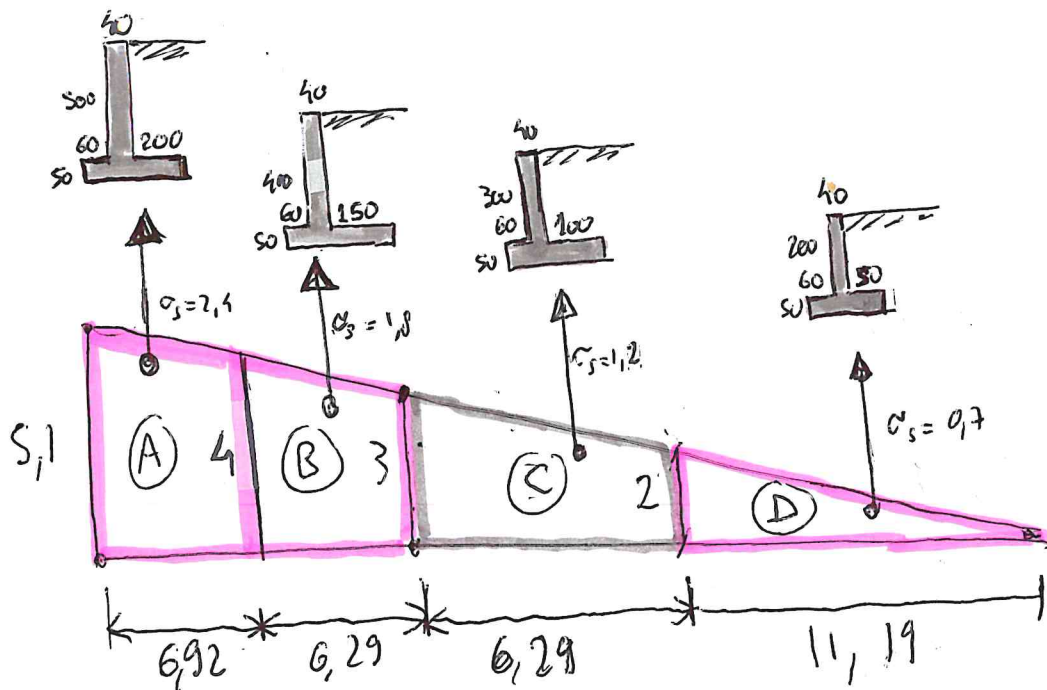
**TRATTO D**

MURO ASSINIB

24/4/22

B-T2

CASSO NUOVO II



(2)

$$\gamma = 2000$$

$$\gamma = 28-35$$

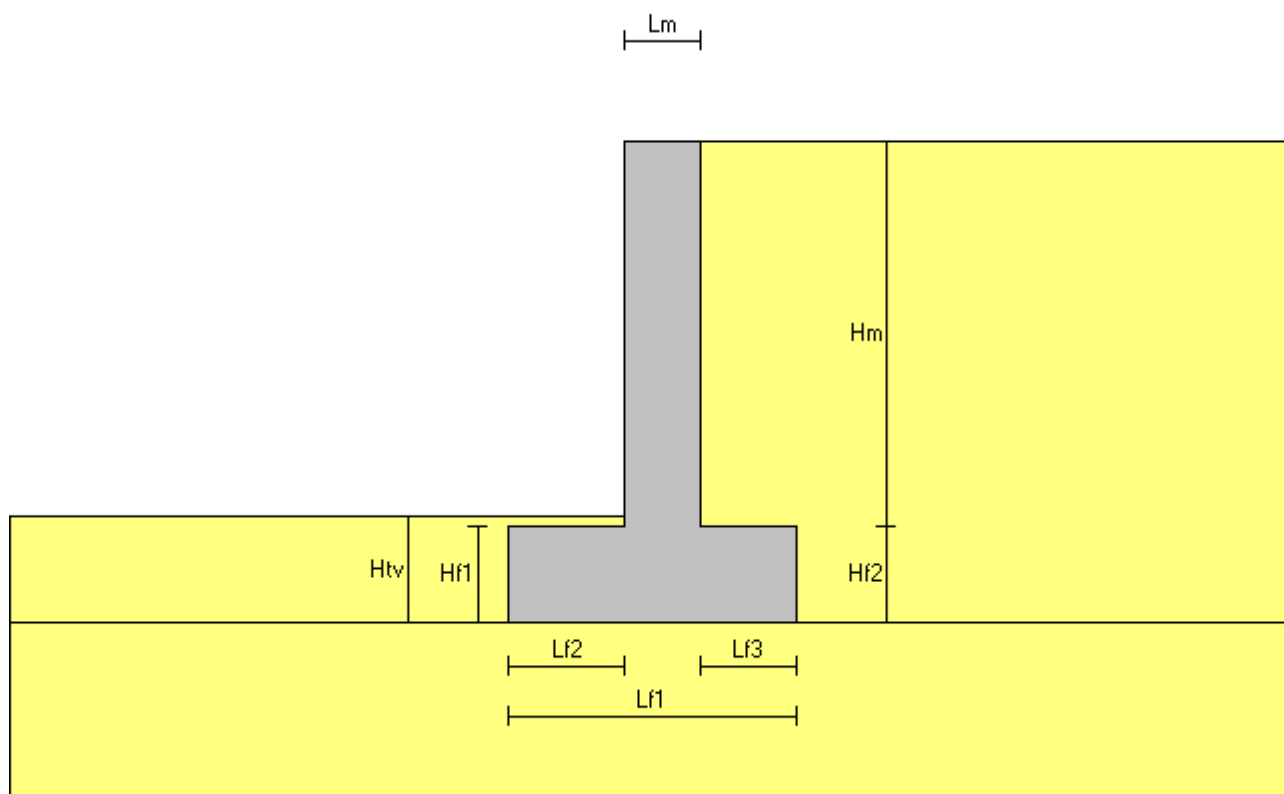
$$\sigma_s = 3.4/m^2$$

$$c' = 0.2-0.8 \text{ } \gamma/m^2$$

Rca 300

B450C

## Relazione di verifica muro di sostegno secondo il D.M. 17/01/2018



### 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	$H_m =$	200.0 cm
Spessore in sommità	$L_{m1} =$	40.0 cm
Spessore alla base	$L_{mb} =$	40.0 cm
Inclinazione paramento esterno	$\beta_e =$	0.00 °
Inclinazione paramento interno	$\beta_i =$	0.00 °

#### Soletta di fondazione

Lunghezza totale	$L_{f1} =$	150.0 cm
Lunghezza mensola a valle	$L_{f2} =$	60.0 cm
Altezza bordo libero mensola a valle	$H_{f1} =$	50.0 cm
Lunghezza mensola a monte	$L_{f3} =$	50.0 cm
Altezza bordo libero mensola a monte	$H_{f2} =$	50.0 cm
Altezza rinterro mensola a valle	$H_{tv} =$	55.0 cm
Inclinazione piano di fondazione	$\psi_f =$	0.00 °

<u>Angolo di inclinazione terrapieno</u>	$\alpha =$	0.00 °
--	------------	--------

### Materiali utilizzati

Peso specifico del muro	$\gamma_m =$	0.002500 kg/cm <sup>3</sup>
<u>Caratteristiche calcestruzzo</u>		

Classe di resistenza		C25/30
Resistenza caratteristica	$R_{ck} =$	300 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} =$	141 Kg/cm <sup>2</sup>
<u>Caratteristiche armature</u>		
Tipo acciaio		B 450 C
Resistenza di calcolo	$f_{yd} =$	3913 Kg/cm <sup>2</sup>

## Caratteristiche geotecniche dei terreni

### Terreno a valle del muro

Peso specifico	$\gamma_{tv} =$	0.002000 kg/cm <sup>3</sup>
Angolo di attrito	$\varphi_v =$	31.50 °
Angolo di attrito terra-muro	$\delta_v =$	21.00 °
Coesione	$c'_v =$	0.5000 kg/cm <sup>2</sup>

### Terreno di fondazione del muro

Peso specifico	$\gamma_{tf} =$	0.002000 kg/cm <sup>3</sup>
Angolo di attrito	$\varphi_f =$	31.50 °
Coesione	$c'_f =$	0.5000 kg/cm <sup>2</sup>
Tensione limite del terreno	$\sigma_f =$	3.0000 kg/cm <sup>2</sup>

### Terreno a monte del muro

Peso specifico	$\gamma_{tm} =$	0.001700 kg/cm <sup>3</sup>
Angolo di attrito	$\varphi_m =$	30.00 °
Angolo di attrito terra-muro	$\delta_m =$	20.00 °
Coesione	$c'_m =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>

## Carichi applicati

### Carichi distribuiti sul terreno di tipo permanente strutturale

Uniforme a valle del muro	$G1_{uv} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Uniforme a monte del muro	$G1_{um} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Nastriforme a monte del muro	$G1_{nm} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Distanza nastriforme dal paramento interno	$d_{G1n} =$	0.0 cm
Larghezza del nastro	$l_{G1n} =$	0.0 cm

### Carichi distribuiti sul terreno di tipo permanente non strutturale

Uniforme a valle del muro	$G2_{uv} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Uniforme a monte del muro	$G2_{um} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Nastriforme a monte del muro	$G2_{nm} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Distanza nastriforme dal paramento interno	$d_{G2n} =$	0.0 cm
Larghezza del nastro	$l_{G2n} =$	0.0 cm

### Carichi distribuiti sul terreno di tipo variabile

Uniforme a valle del muro	$Q_{uv} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Uniforme a monte del muro	$Q_{um} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Nastriforme a monte del muro	$Q_{nm} =$	0.0000 kg/cm <sup>2</sup>
Distanza nastriforme dal paramento interno	$d_{Qn} =$	0.0 cm
Larghezza del nastro	$l_{Qn} =$	0.0 cm

## 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:	CASSINE (AL)
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
Accelerazione orizzontale massima	$a_g = 0.0614$ g
Lo spettro di risposta utilizzato è quello definito dalla normativa	
Accelerazione orizzontale massima	$a_g = 0.0614$ g
Categoria di sottosuolo	suolo = B
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_S = 1.20000$
Categoria topografica	$C_T = T2$
Coefficiente di amplificazione topografica	$S_T = 1.20000$
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	$k_h = 0.08842$
verticale	$k_v = 0.04421$
Coefficienti sismici per le verifiche di stabilità globale	
orizzontale	$k_h = 0.01768$
verticale	$k_v = 0.00884$

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

### Coefficienti parziali per le azioni

Tipo CMB	$\gamma_{G1max}$	$\gamma_{G1min}$	$\gamma_{G2max}$	$\gamma_{G2min}$	$\gamma_Q/\psi_{2i}$
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	$\gamma_\phi$	$\gamma_{c'}$	$\gamma_\gamma$
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	$\gamma_{G1}$	$\gamma_{G2}$	$\gamma_Q$	$\gamma_E^1$
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

<sup>1</sup> Il segno di  $\gamma_E$  indica la direzione della componente verticale dell'azione sismica: positivo  $\Downarrow$  e negativo  $\Uparrow$ .

## Verifiche di stabilità dell'opera

### Coefficienti di spinta del terreno di monte

Terreno in condizioni statiche (Coulomb)		
Spinta attiva	$K_{AS} =$	0.2973
Terreno in condizioni dinamiche (Mononobe-Okabe)		
Componente verticale dell'azione sismica agente verso l'alto		
Spinta attiva	$K_{AD} =$	0.3602
Componente verticale dell'azione sismica agente verso il basso		
Spinta attiva	$K_{AD} =$	0.3543

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

Altezza di calcolo  $H_t =$  250.0 cm

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

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	1929	702	83.3	100.0	-	-	-	-	1929	702	83.3	100.0
2	1484	540	83.3	100.0	-	-	-	-	1484	540	83.3	100.0
3	1484	540	83.3	100.0	363	132	125.0	100.0	1847	672	91.5	100.0
4	1484	540	83.3	100.0	234	85	125.0	100.0	1719	626	89.0	100.0

#### 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	$F_{I,X} =$	493 kg
Ordinata del punto di applicazione della forza	$Y_I =$	108.0 cm
Componente verticale forza d'inerzia	$F_{I,Y} =$	$\pm 246$ kg
Ascissa del punto di applicazione della forza	$X_I =$	92.0 cm

## 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 [cm]	Momento [kg·cm]
Peso del muro ( $P_M$ )	3875	77.6	300625.0
Peso del terreno a monte ( $P_{TM}$ )	1700	125.0	212500.0
Peso del terreno a valle ( $P_{TV}$ )	60	30.0	1800.0
Componente verticale forza d'inerzia ( $F_{I,Y}$ )	-246	92.0	-22684.2
<b>Momento stabilizzante (<math>M_{STAB}</math>)</b>			<b>492240.8</b>
Componente orizzontale spinta totale terreno ( $S_{T,X}$ )	-1719	89.0	-152984.6
Componente verticale spinta totale terreno ( $S_{T,Y}$ )	626	100.0	62552.6
Componente orizzontale forza d'inerzia ( $F_{I,X}$ )	-493	108.0	-53215.4
<b>Momento ribaltante (<math>M_{RIB}</math>)</b>			<b>-143647.4</b>

### Coefficiente di sicurezza al ribaltamento

$$C_{RIB} = (M_{STAB} / R) / |M_{RIB}| = 3.42673$$

### Restanti combinazioni

Si riportano, in forma tabellare, i risultati delle varie combinazioni di carico: viene fornito l'elenco delle variabili (VAR), le forze applicate (F [kg]), i relativi bracci (B [cm]) e i momenti risultanti (M [kg·cm]).

VAR	CMB 1			CMB 2			CMB 3		
	F	B	M	F	B	M	F	B	M
$P_M$	5037	77.6	390812.5	3875	77.6	300625.0	3875	77.6	300625.0
$P_{TM}$	2210	125.0	276250.0	1700	125.0	212500.0	1700	125.0	212500.0
$P_{TV}$	78	30.0	2340.0	60	30.0	1800.0	60	30.0	1800.0
$F_{I,Y}$	-	-	-	-	-	-	246	92.0	22684.2



<b>M<sub>STAB</sub></b>			<b>669402.5</b>			<b>514925.0</b>			<b>537609.2</b>
S <sub>T,X</sub>	-1929	83.3	-160791.1	-1484	83.3	-123685.5	-1847	91.5	-169030.3
S <sub>T,Y</sub>	702	100.0	70227.8	540	100.0	54021.4	672	100.0	67224.7
F <sub>I,X</sub>	-	-	-	-	-	-	-493	108.0	-53215.4
<b>M<sub>RIB</sub></b>			<b>-90563.3</b>			<b>-69664.1</b>			<b>-155020.9</b>
<b>C<sub>RIB</sub></b>		<b>6.42743</b>			<b>6.42743</b>			<b>3.46798</b>	

### 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 <sub>M</sub> )	3875
Peso del terreno a monte (P <sub>TM</sub> )	1700
Peso del terreno a valle (P <sub>TV</sub> )	60
Componente orizzontale forza d'inerzia (F <sub>I,X</sub> )	0
Componente verticale forza d'inerzia (F <sub>I,Y</sub> )	246
Componente orizzontale spinta totale terreno (S <sub>T,X</sub> )	0
Componente verticale spinta totale terreno (S <sub>T,Y</sub> )	672
<b>Carico totale ortogonale al piano di fondazione (N<sub>TOT</sub>)</b>	<b>6554</b>

Momento rispetto al piede di valle ( $M_{TOT} = M_{STAB} + M_{RIB}$ ) 382588.3 kg•cm

Distanza carico dal piede di valle ( $d_N = M_{TOT} / N_{TOT}$ ) 58.4 cm

Eccentricità del carico ( $e_N = |L_{f1} / 2 - d_N|$ ) 16.6 cm

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

Compressione all'estremo di valle ( $\sigma_v$ ) 0.7274 kg/cm<sup>2</sup>

Compressione all'estremo di monte ( $\sigma_m$ ) 0.1464 kg/cm<sup>2</sup>

Ampiezza della zona compressa (B<sub>comp</sub>) 150.0 cm

Compressione limite ( $\sigma_L$ ) 3.0000 kg/cm<sup>2</sup>

#### Coefficiente di sicurezza allo schiacciamento

$$C_{SCH} = (\sigma_L / R) / \sigma_{max} = 3.43681$$

#### Restanti combinazioni

Si riportano, in forma tabellare, i risultati delle varie combinazioni di carico, fornendo l'elenco delle variabili (VAR) e il relativo valore (CMB i). Con la sigla Pos<sub>N</sub> si indica la posizione del carico totale ortogonale al piano di fondazione rispetto alla fondazione stessa: i.t.m. significa interno al terzo medio, e.t.m. significa esterno al terzo medio ed e.f. significa esterno alla fondazione.

VAR	CMB 1	CMB 2	CMB 4
P <sub>M</sub> [kg]	5037	3875	3875
P <sub>TM</sub> [kg]	2210	1700	1700
P <sub>TV</sub> [kg]	78	60	60
F <sub>I,X</sub> [kg]	-	-	0
F <sub>I,Y</sub> [kg]	-	-	-246
S <sub>T,X</sub> [kg]	0	0	0
S <sub>T,Y</sub> [kg]	702	540	626
<b>N<sub>TOT</sub> [kg]</b>	<b>8028</b>	<b>6175</b>	<b>6014</b>
M <sub>TOT</sub> [kg•cm]	578839.2	445261.0	348593.4
d <sub>N</sub> [cm]	72.1	72.1	58.0
e <sub>N</sub> [cm]	2.9	2.9	17.0
Pos <sub>N</sub>	i.t.m.	i.t.m.	i.t.m.
σ <sub>v</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	0.5972	0.4594	0.6742
σ <sub>m</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	0.4732	0.3640	0.1277
B <sub>comp</sub> [cm]	150.0	150.0	150.0
σ <sub>L</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	3.0000	3.0000	3.0000
<b>C<sub>SCH</sub></b>	<b>3.58836</b>	<b>4.66486</b>	<b>3.70827</b>

### 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  $f_t = \tan(\varphi_f) / \gamma_\varphi = 0.61280$ .

#### Dettaglio condizioni più gravose (Combinazione 3)

Descrizione carico	Forza ortogonale [kg]	Forza tangenziale [kg]
Peso del muro ( $P_M$ )	3875	0
Peso del terreno a monte ( $P_{TM}$ )	1700	0
Peso del terreno a valle ( $P_{TV}$ )	60	0
Componente orizzontale forza d'inerzia ( $F_{I,X}$ )	0	493
Componente verticale forza d'inerzia ( $F_{I,Y}$ )	246	0
Componente orizzontale spinta totale terreno ( $S_{T,X}$ )	0	1847
Componente verticale spinta totale terreno ( $S_{T,Y}$ )	672	0
<b>Carico totale (<math>\Sigma_\perp, \Sigma_\parallel</math>)</b>	<b>6554</b>	<b>2340</b>

**Risultante forza di coesione ( $F_c = \frac{2}{3} \cdot (c'_f / \gamma_{c'}) \cdot B \cdot \gamma_G$ )** **5000**  
(dove  $B = 150.0$  cm è la distanza tra i piedi di valle e di monte della fondazione)

#### **Coefficiente di sicurezza allo scorrimento**

$$C_{SCO} = [ (\Sigma_\perp \cdot f_t + F_c) / R ] / \Sigma_\parallel = 3.85320$$

#### Restanti combinazioni

Si riportano, in forma tabellare, i risultati delle varie combinazioni di carico: viene fornito l'elenco dei carichi (CAR) e le componenti ortogonali ( $F_\perp$  [kg]) e tangenziali ( $F_\parallel$  [kg]) al piano di scorrimento. Il contributo della coesione viene considerato agente per una lunghezza  $B = 150.0$  cm.

	CMB 1		CMB 2		CMB 4	
CAR	$F_\perp$	$F_\parallel$	$F_\perp$	$F_\parallel$	$F_\perp$	$F_\parallel$
$P_M$	5037	0	3875	0	3875	0
$P_{TM}$	2210	0	1700	0	1700	0
$P_{TV}$	78	0	60	0	60	0
$F_{I,X}$	-	-	-	-	0	493
$F_{I,Y}$	-	-	-	-	-246	0
$S_{T,X}$	0	1929	0	1484	0	1719
$S_{T,Y}$	702	0	540	0	626	0
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>8028</b>	<b>1929</b>	<b>6175</b>	<b>1484</b>	<b>6014</b>	<b>2212</b>
<b><math>F_c</math></b>		<b>6500</b>		<b>5000</b>		<b>5000</b>
<b><math>C_{SCO}</math></b>	<b>5.38032</b>		<b>5.38032</b>		<b>3.92732</b>	

#### **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	$L_s = 100.0$ cm
Distanza della zona di generazione delle superfici	$D_{zg} = 200.0$ cm
Lunghezza della zona di generazione delle superfici	$L_{zg} = 700.0$ cm
Distanza della zona di arrivo della superfici	$D_{za} = 300.0$ cm
Lunghezza della zona di arrivo della superfici	$L_{za} = 1500.0$ cm

#### Combinazioni

CMB	Tipo	$\gamma_{G1}$	$\gamma_{G2}$	$\gamma_Q$	$\gamma_{E^*}$	$\gamma_\varphi$	$\gamma_{c'}$	$\gamma_\gamma$	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  $\gamma_E$  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.

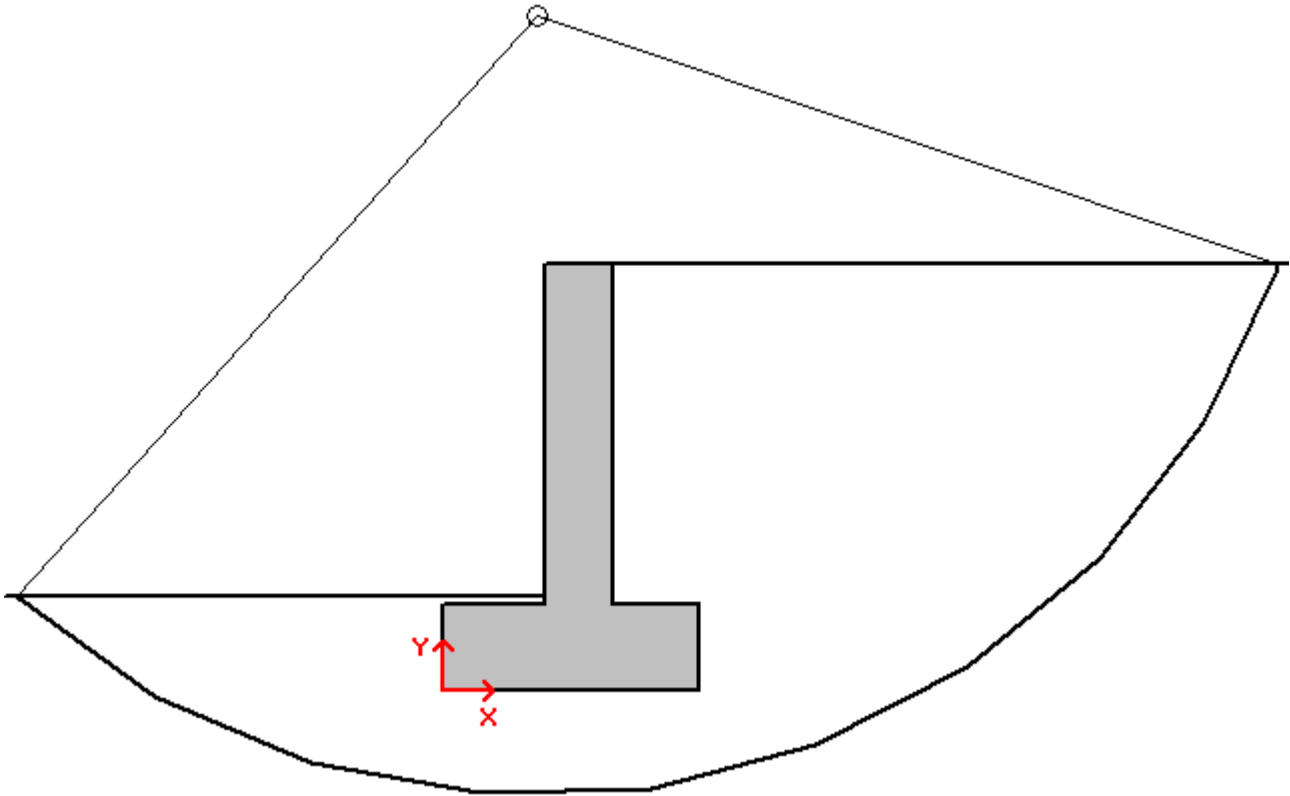
Ascissa centro  $X_{CS} = 55.4 \text{ cm}$

Ordinata centro  $Y_{CS} = 395.5 \text{ cm}$

Raggio  $R_s = 457.4 \text{ cm}$

**Coefficiente di sicurezza alla stabilità globale**

**$C_{SG} = 5.07727$**



### 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).

Entrambi 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 riportare si riferiscono ad un tratto di muro di estensione 100 cm.

### Mensola in elevazione

Le quote delle sezioni sono riferite allo spiccatto di fondazione.

#### Sezione 1 (verificata)

Caratteristiche

Quota [cm]	B [cm]	H [cm]	$A_f$ [cm <sup>2</sup> ] (1 Ø 14 / 40 cm)	$A_f'$ [cm <sup>2</sup> ] (1 Ø 12 / 20 cm)
133.3	100.0	40.0	3.85	5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg·cm]
696	240	6840.2

Rapporto  $x/d = 0.08499$

**Verifica N/M**  $S_d/S_u = 0.00245$

**Verifica (25)**  $N_d/N_u = 0.00175$

## Sezione 2 (verificata)

### Caratteristiche

Quota [cm]	B [cm]	H [cm]	$A_f$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_f'$ [cm <sup>2</sup> ]
66.7	100.0	40.0	$[(1 \varnothing 14 + 1 \varnothing 12) / 40 \text{ cm}]$ 6.68	$(1 \varnothing 12 / 20 \text{ cm})$ 5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg•cm]
1392	743	40182.0

Rapporto  $x/d = 0.10716$

**Verifica N/M**  $S_d/S_u = 0.01921$

**Verifica (25)**  $N_d/N_u = 0.00341$

## Sezione 3 (verificata)

### Caratteristiche

Quota [cm]	B [cm]	H [cm]	$A_f$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_f'$ [cm <sup>2</sup> ]
0.0	100.0	40.0	$(1 \varnothing 14 / 20 \text{ cm})$ 7.70	$(1 \varnothing 12 / 20 \text{ cm})$ 5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg•cm]
2088	1509	119257.4

Rapporto  $x/d = 0.11455$

**Verifica N/M**  $S_d/S_u = 0.07897$

**Verifica (25)**  $N_d/N_u = 0.00507$

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

### Caratteristiche

$L_{\text{mensola}}$ [cm]	B [cm]	H [cm]	$A_f$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_f'$ [cm <sup>2</sup> ]
80.0	100.0	50.0	$(1 \varnothing 14 / 20 \text{ cm})$ 7.70	$(1 \varnothing 14 / 20 \text{ cm})$ 7.70

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Compressione terreno estremo di valle  $\sigma_v = 0.7274 \text{ kg/cm}^2$

Compressione terreno all'incastro  $\sigma_i = 0.4175 \text{ kg/cm}^2$

Lunghezza zona compressa  $L_c = 80.0 \text{ cm}$

Descrizione carico	Forza [kg]	Braccio [cm]	Momento [kg•cm]
--------------------	------------	--------------	-----------------

Forza di compressione terreno	-4580	43.6	-199721.2
-------------------------------	-------	------	-----------

Peso della mensola	750	50.0	37500.0
--------------------	-----	------	---------

Peso del terreno	60	50.0	3000.0
------------------	----	------	--------

Inerzia verticale (terreno e cls)	36	50.0	1790.4
-----------------------------------	----	------	--------

Sforzo di taglio [kg]	Momento flettente [kg•cm]
-----------------------	---------------------------

3734	157430.8
------	----------

Rapporto  $x/d = 0.09714$

**Verifica N/M**  $S_d/S_u = 0.11585$

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

### Caratteristiche

$L_{\text{mensola}}$ [cm]	B [cm]	H [cm]	$A_f$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_f'$ [cm <sup>2</sup> ]
70.0	100.0	50.0	$(1 \varnothing 14 / 20 \text{ cm})$ 7.70	$(1 \varnothing 14 / 20 \text{ cm})$ 7.70

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Compressione terreno estremo di monte  $\sigma_m = 0.1464 \text{ kg/cm}^2$

Compressione terreno all'incastro  $\sigma_i = 0.4175 \text{ kg/cm}^2$

Lunghezza zona compressa  $L_c = 70.0 \text{ cm}$

Descrizione carico	Forza [kg]	Braccio [cm]	Momento [kg•cm]
--------------------	------------	--------------	-----------------

Forza di compressione terreno	-1974	29.4	-58012.9
-------------------------------	-------	------	----------

Peso della mensola	625	45.0	28125.0
--------------------	-----	------	---------

Peso del terreno	1700	45.0	76500.0
------------------	------	------	---------

Inerzia verticale (terreno e cls)	103	45.0	4625.3
-----------------------------------	-----	------	--------

Sforzo di taglio [kg]	Momento flettente [kg•cm]
-----------------------	---------------------------

-454	-51237.3
------	----------

Rapporto  $x/d = 0.09714$

**Verifica N/M**  $S_d/S_u = 0.03771$

## Computo materiali

I valori riportati sono riferiti ad ogni metro di estensione del muro

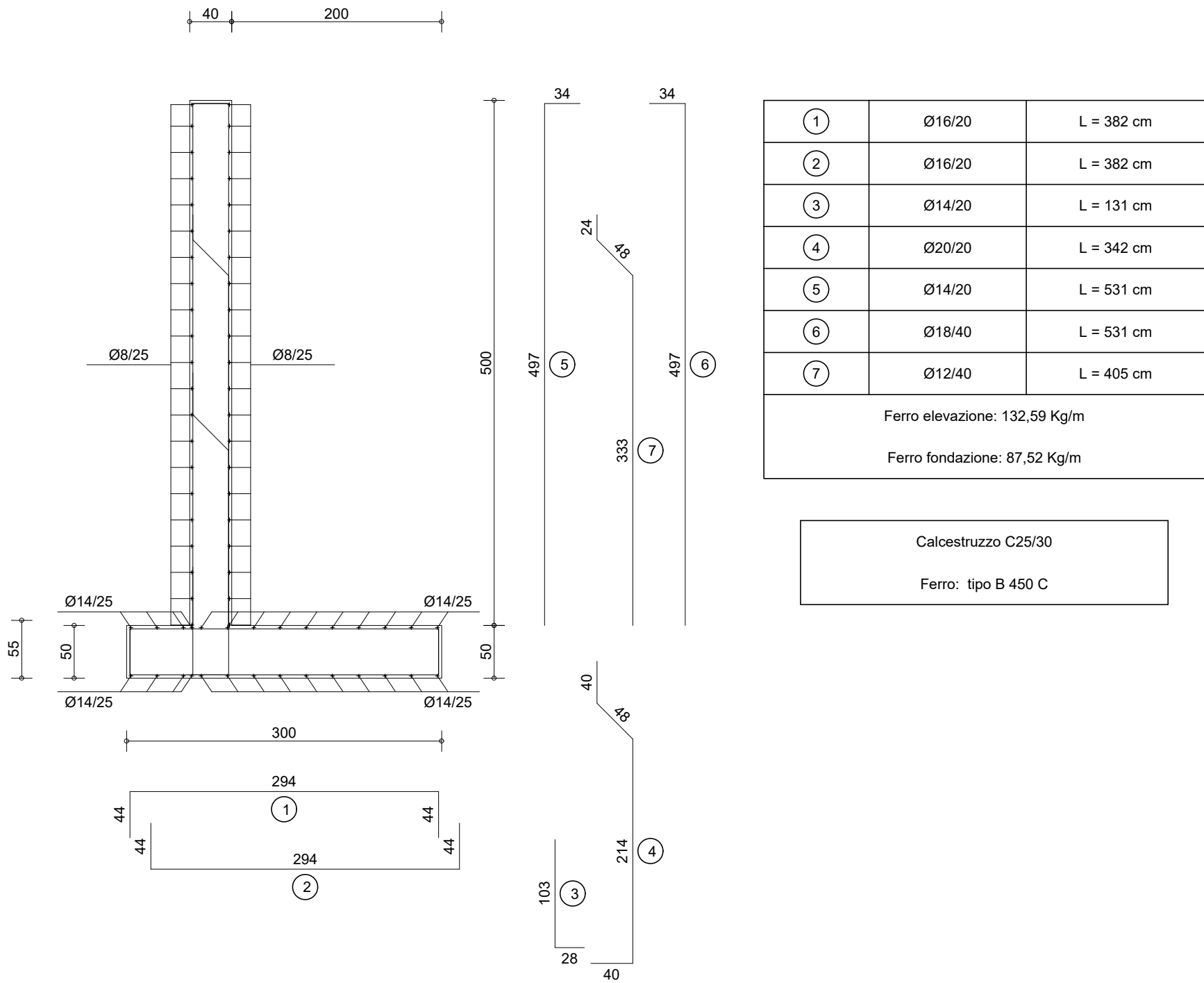
### Volumi del calcestruzzo

Mensola in elevazione	0.80 m <sup>3</sup>
Soletta di fondazione	0.75 m <sup>3</sup>

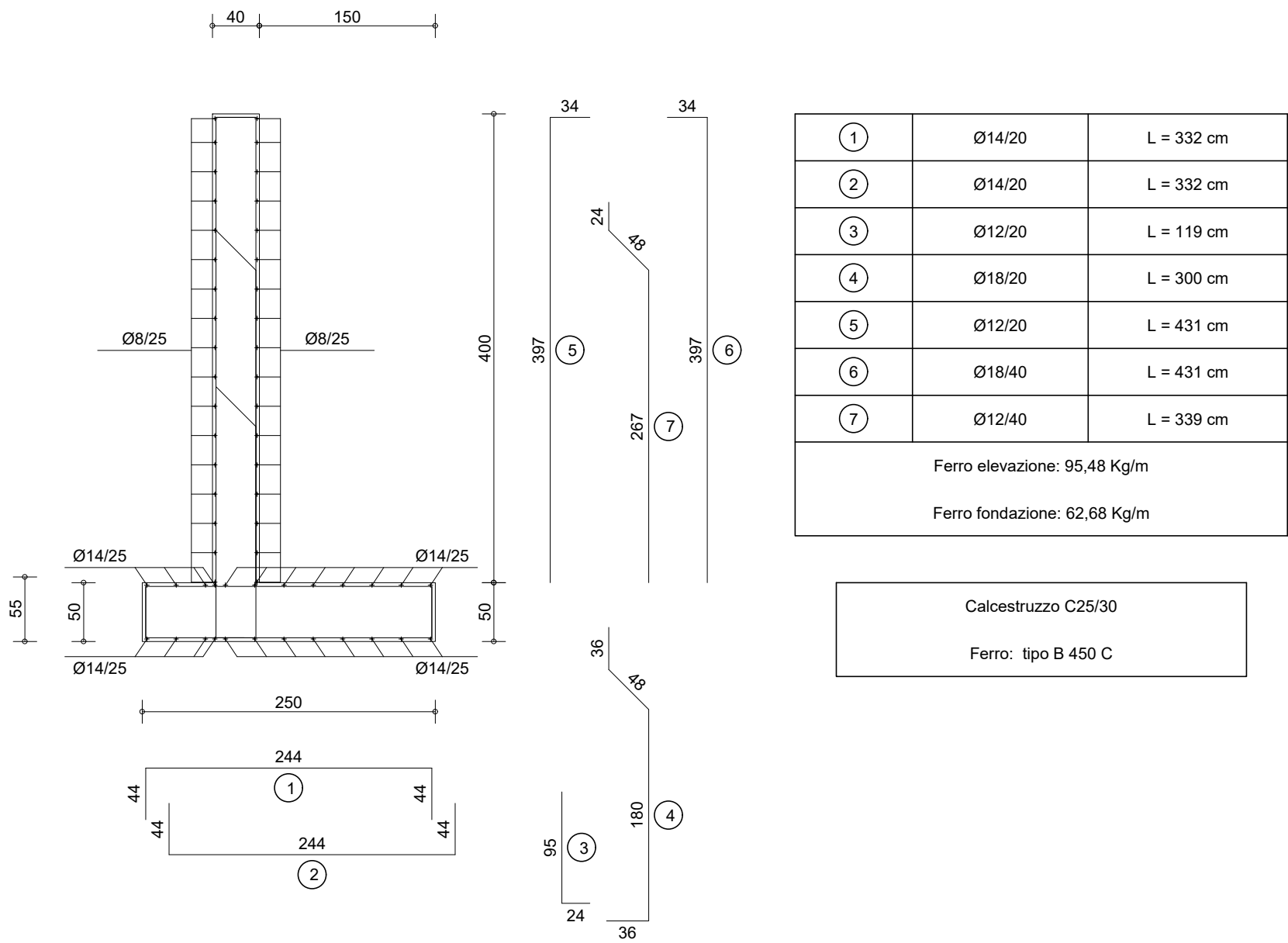
### Pesi dei ferri di armatura

Mensola in elevazione	46.25 Kg
Soletta di fondazione	41.06 Kg

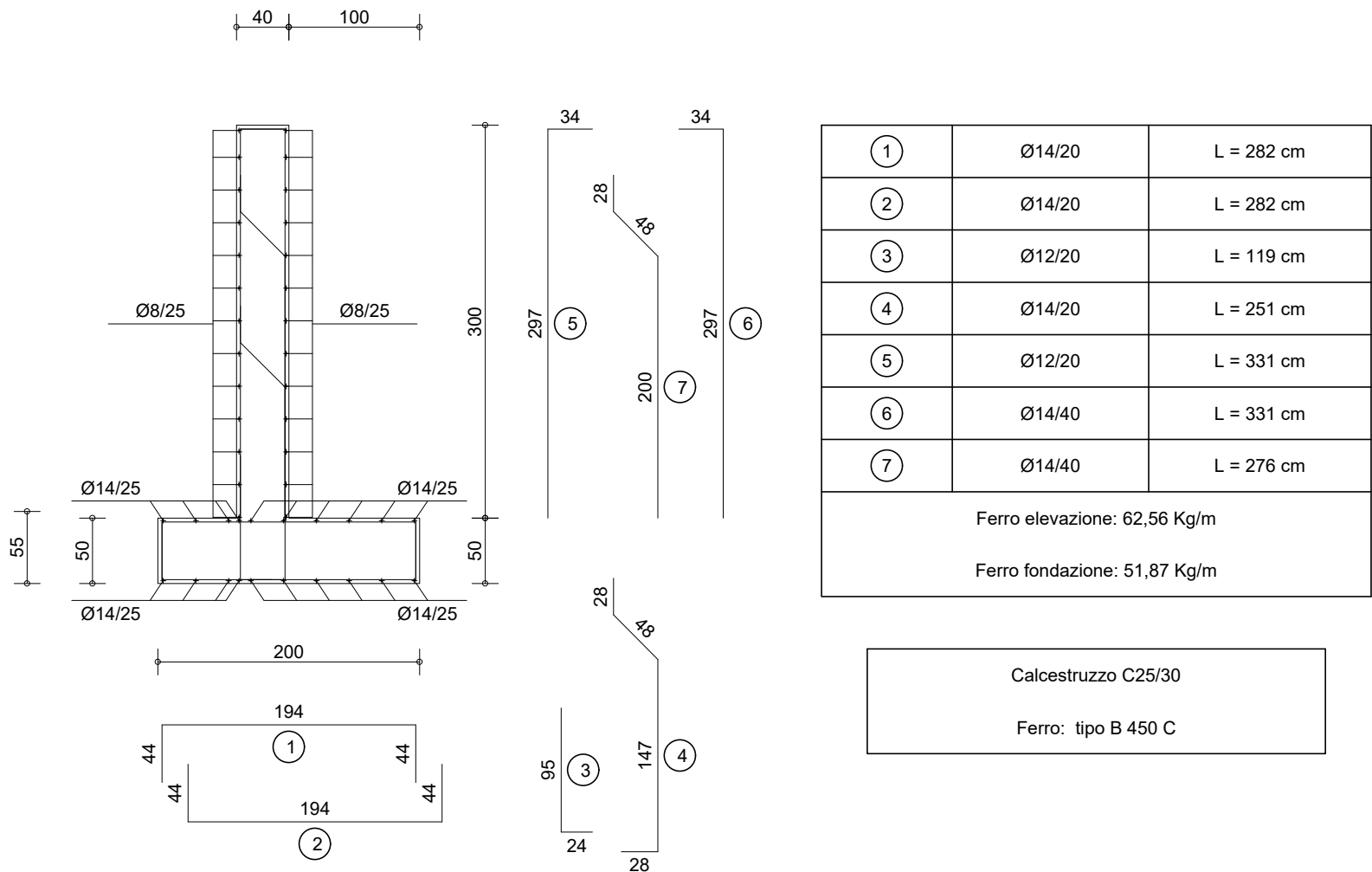
porzione A



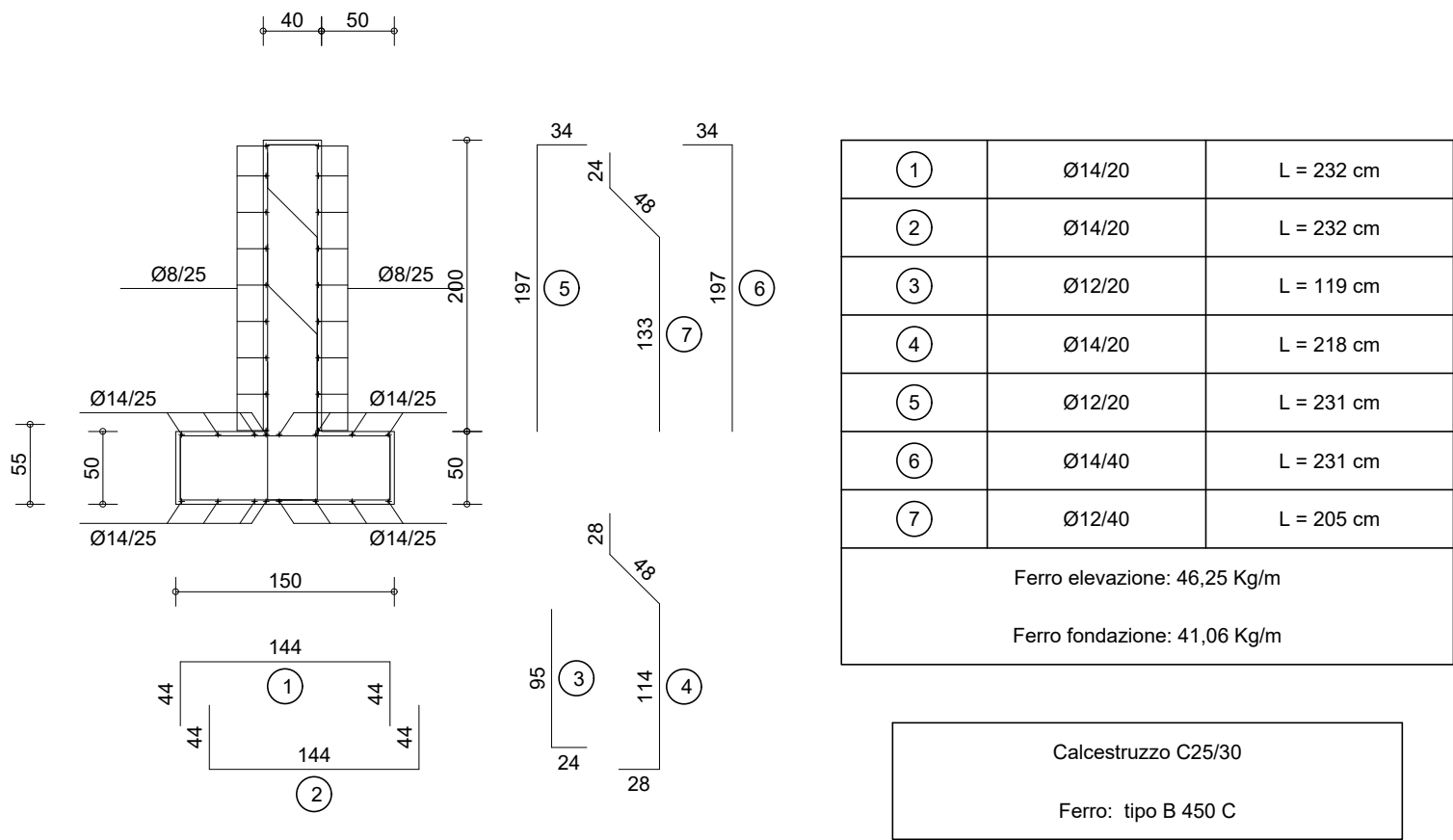
porzione B



porzione C



porzione D



PT

studio

**Progetto Territorio**  
Programmi complessi, progettazione urbanistica, progettazione architettonica

Sede legale via Dania 8 - 15076 Ovada - Alessandria -

Sedi operative :  
15100 Alessandria - via Isonzo 11 tel. 0131.234221  
15076 Ovada - P.zza XX Settembre 53 tel. 0143.86389  
e-mail [progettoterritorio@libero.it](mailto:progettoterritorio@libero.it)

**Committente:**  
**Comune di Cassine, p.zza Vittorio Veneto, 1**

**Intervento : *PROGETTO ESECUTIVO: REVISIONE DEL 02\_05\_2022***  
*LAVORI DI URBANIZZAZIONE PRIMARIA DELL'EX BOCCIOFILA PER LA PARTECIPAZIONE AL BANDO REGIONE PIEMONTE "D.G.R. N. 3- 1385 DEL 19/05/2020 CONCESSIONE CONTRIBUTO PER LA REALIZZAZIONE DI LAVORI INERENTI STRADE, CIMITERI, MUNICIPI E ILLUMINAZIONE PUBBLICA AI SENSI DELLA L.R. N. 18/84"*

**Localizzazione :** *Cassine - Al*

Elaborato:

**SEZIONE D2:  
SCHEMI STRUTTURE**

n.

----

Scala :

1:200 - 1:100

Data:

02 MAGGIO 2022

**Progettista :** *ARCH. LUCA MASSA*  
*Studio associato*  
*Progetto Territorio di Arch. Simona Illario, Arch. Luca Massa, Arch. Simona Santamaria*