Comune di Castione della Presolana
Provincia di Bergamo

RELAZIONE TECNICA GENERALE
RELAZIONE DI CALCOLO

OGGETTO: Rifacimento di tratti di muro di contenimento a valle e posa di protezione di Via Rusio

COMMITTENTE: COMUNE DI CASTIONE DELLA PRESOLANA

Clusone, 06/10/2022

Il Progettista

_____

(Dott. Ing. Giampiero Benzoni)

Studio Tecnico Dott. Ing. Giampiero Benzoni
via Val di Scalve, 100 - 24020 Onore (BG)
034625400 - studiogpb.giampiero@gmail.com

Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

1 - DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

Le opere strutturali del presente progetto consistono nella realizzazione di muri di sostegno in calcestruzzo armato.

2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)
"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)
"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"
Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

C.N.R. n. 10024/1986
"Analisi di strutture mediante elaboratore. Impostazione e Redazione delle relazioni di calcolo"

D. M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42 - Suppl. Ord.)
"Norme tecniche per le Costruzioni"

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. (G.U. Serie Generale n. 35 del 11/02/2019 - Suppl. Ord. n. 5)
Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

Eurocodice 7 – "Progettazione geotecnica" - EN 1997-1.

3 - MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

• Calcestruzzo di tipo C25/30 (Resistenza caratteristica Rck = 30 N/mm^2) armato con barre di acciaio ad aderenza migliorata di tipo B450C(Resistenza caratteristica Fyk = 450 N/mm^2)

I valori dei parametri caratteristici dei suddetti materiali sono riportati nei tabulati di calcolo, nella relativa sezione.

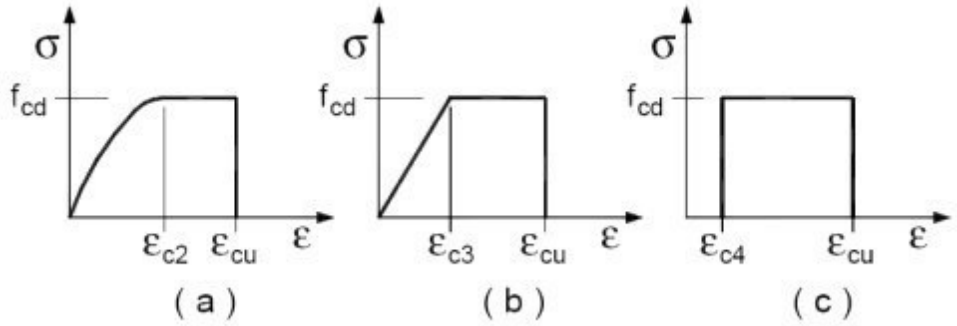
Per ciascuna classe di calcestruzzo impiegata sono riportati i valori di:

Resistenza di calcolo a trazione (f_{ctd})
Resistenza a rottura per flessione (f_{cfm})
Resistenza tangenziale di calcolo ($_{Rd}$)
Modulo elastico normale (E)
Modulo elastico tangenziale (G)
Coefficiente di sicurezza allo Stato Limite Ultimo del materiale ($_c$)

Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

Resistenza cubica caratteristica del materiale (R_{ck})
Coefficiente di Omogeneizzazione
Peso Specifico
Coefficiente di dilatazione termica

I diagrammi costitutivi del calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.1 del D.M. 17 gennaio 2018; in particolare per le verifiche effettuate a pressoflessione retta è stato adottato il modello riportato in fig. (a).



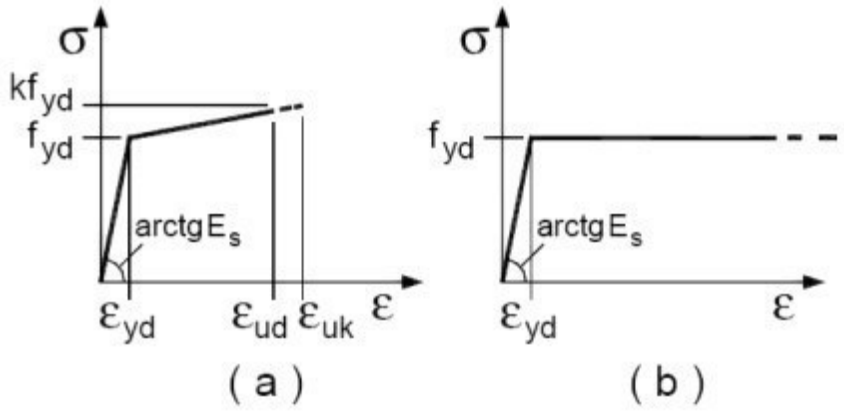
Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo.

La deformazione massima $_{c,max}$ è assunta pari a 0.0035.

Per l'acciaio sono riportati i valori di:

Tensione caratteristica di snervamento trazione (f_{yk})
Modulo elastico normale (E)
Modulo elastico tangenziale (G)
Coefficiente di sicurezza allo Stato Limite Ultimo del materiale ($_f$)
Peso Specifico
Coefficiente di dilatazione termica

I diagrammi costitutivi dell'acciaio sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018; in particolare è stato adottato il modello elastico perfettamente plastico descritto in b).



La resistenza di calcolo è data da f_{yk} / $_f$. Il coefficiente di sicurezza $_f$ si assume pari a 1.15.

Tutti i materiali impiegati dovranno essere comunque verificati con opportune prove di laboratorio secondo le prescrizioni della vigente Normativa.

Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

4 - TERRENO DI FONDAZIONE

Le indagini effettuate permettono di classificare il profilo stratigrafico, ai fini della determinazione dell'azione sismica, di categoria **A**.

Tutti i parametri che caratterizzano i terreni di fondazione sono riportati nei tabulati di calcolo, nella relativa sezione.

5 - METODO DI CALCOLO DELLA SPINTA DEL TERRAPIENO

La pressione esercitata da un terreno contro un muro è simile alla spinta idrostatica; infatti, essa aumenta in funzione della profondità **h** e può essere così espressa:

$$p = K \gamma h \times$$

dove è il peso dell'unità di volume del terreno e **K** è un coefficiente che dipende dall'angolo di attrito interno, dagli angoli di inclinazione del terrapieno e del paramento del muro, dall'angolo di attrito terra-muro, nonché dal tipo di spinta che si vuole calcolare (attiva e passiva).

Esistono due modalità di calcolo della spinta:

Spinta attiva: quando il muro subisce una rotazione, sia pure piccola, verso l'esterno (valle).
Spinta passiva: quando il muro subisce una rotazione, sia pure piccola, premendo contro il terrapieno (monte).

Tra le varie ipotesi che si utilizzano per il calcolo della spinta, si è utilizzata quella dovuta al **Coulomb**, opportunamente modificata ed ampliata per tener conto di tutte le eventualità che possono presentarsi:

Attrito terra-muro.
Paramento inclinato.
Profilo del piano di campagna di forma generica.
Carichi distribuiti/concentrati disposti in maniera arbitraria sul profilo.
Stratigrafia costituita da un numero illimitato di strati o lenti, costituiti da terreni coerenti e/o incoerenti.
Falda acquifera, eventualmente inclinata.

Il metodo di Coulomb presuppone una linea di rottura piana del terreno che parte dalla base del muro; la spinta è l'integrale delle pressioni agenti calcolate lungo la verticale del cuneo di spinta.

Vengono esaminate tutte le possibili superfici di scorrimento per individuare in automatico quella per la quale la spinta è massima.

6 - VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

La valutazione della spinta del terreno in zona sismica, secondo quanto prevede il D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le Costruzioni" al § 3.2.3 e al § 7.11.6.2.1, è stata eseguita utilizzando metodi *pseudo-statici*.

Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

7 - TABULATI DI CALCOLO

Per quanto non espressamente sopra riportato, ed in particolar modo per ciò che concerne i dati numerici di calcolo, si rimanda all'allegato "Tabulati di calcolo" costituente parte integrante della presente relazione.

Castione della Presolana, 06/10/2022

Il Progettista
Studio Tecnico Dott. Ing. Giampiero Benzoni

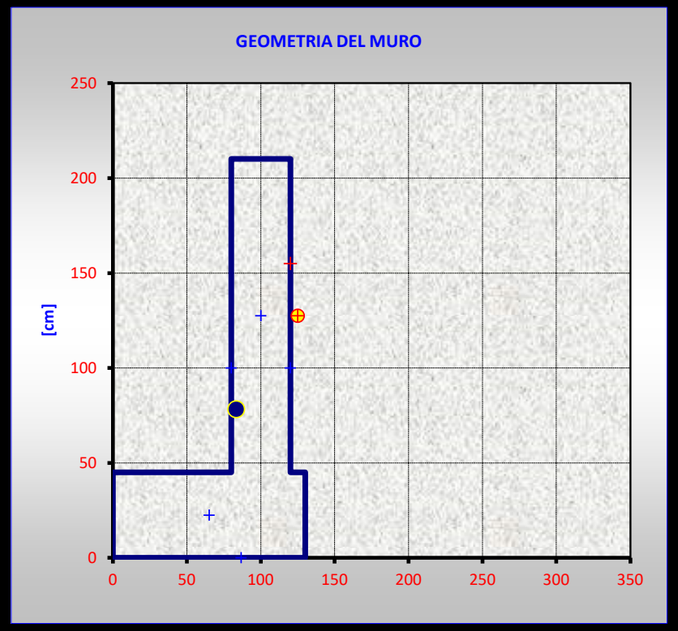
Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

GEOMETRIA DEL MURO DI SOSTEGNO

Altezza della fondazione a valle	$H_{f,v}$	45	[cm]
Altezza della fondazione a monte	$H_{f,m}$	45	[cm]
Altezza del paramento murario	H_{muro}	165	[cm]
Larghezza della testa del muro	B_t	40	[cm]
Larghezza della fondazione a valle	$B_{f,v}$	80	[cm]
Larghezza della fondazione a monte	$B_{f,m}$	10	[cm]
Larghezza della scarpa a valle	$B_{s,v}$	0	[cm]
Larghezza della scarpa a monte	$B_{s,m}$	0	[cm]
Altezza totale del muro	H_{tot}	210	[cm]
Base totale del muro	B_{tot}	130	[cm]

x	y
0	0
0	45
80	45
80	210
120	210
120	45
130	45
130	0
0	0

Coordinate



Coordinate del baricentro	X_G	83,55	[cm]
	Y_G	78,16	[cm]
Coordinate del baricentro del terreno	X_T	125,00	[cm]
	Y_T	127,50	[cm]
Area della fondazione	A_f	13000	[cm^2]
Momento d'inerzia della fondazione	$I_{f,xx}$	18308333,33	[cm^4]
Modulo di resistenza della fondazione	$W_{f,xx}$	281666,6667	[cm^3]

	Area		Coor. X		Coor. Y		$S_{x,i}$	$S_{y,i}$
1 muro	0,59	[m^2]	65,00	[cm]	22,50	[cm]	131625	380250
2 muro	0,00	[m^2]	80,00	[cm]	100,00	[cm]	0	0
3 muro	0,66	[m^2]	100,00	[cm]	127,50	[cm]	841500	660000
4 muro	0,00	[m^2]	120,00	[cm]	100,00	[cm]	0	0
5 muro	0,00	[m^2]	86,67	[cm]	0,00	[cm]	0	0
	1,245	[m^2]					973125	1040250
1 terr.	0,000	[m^2]	120,00	[cm]	155,00	[cm]	0	0
2 terr.	0,165	[m^2]	125,00	[cm]	127,50	[cm]	210375	206250
	0,165	[m^2]					210375	206250

VERIFICA DELLE DIMENSIONI

Altezza della fondazione a valle	$H_{f,v}$	45	[cm]	Spessore Idoneo
Altezza della fondazione a monte	$H_{f,m}$	45	[cm]	Spessore Idoneo
Larghezza della testa del muro	B_t	40	[cm]	Spessore Idoneo
Base totale del muro	B_{tot}	130	[cm]	Larghezza Idonea

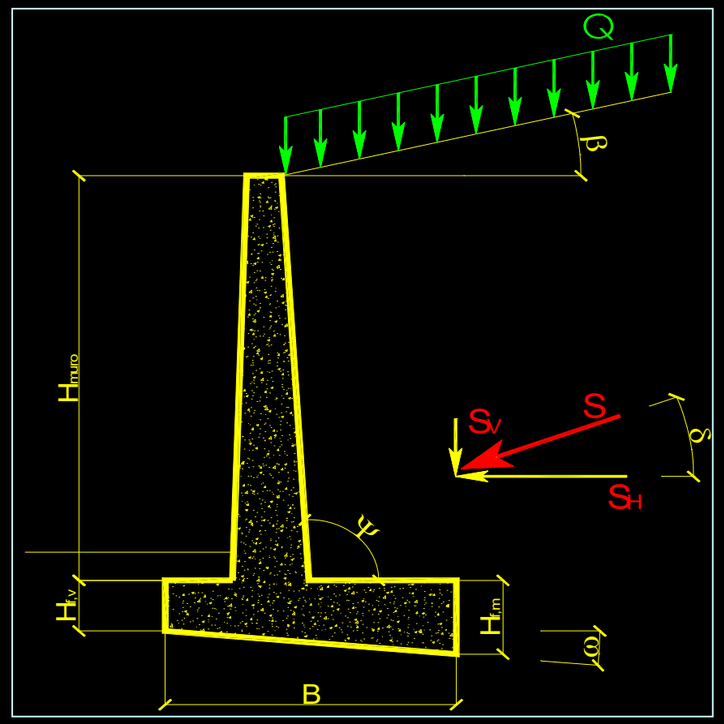
RIASSUNTO DELLE VERIFICHE

VERIFICA A RIBALTAMENTO (STATICA)	3,48	Verifica soddisfatta
VERIFICA A SCORRIMENTO (STATICA)	2,79	Verifica soddisfatta
VERIFICA A RIBALTAMENTO (SISMICA)	1,79	Verifica soddisfatta
VERIFICA A SCORRIMENTO (SISMICA)	1,93	Verifica soddisfatta
PRESSIONI SUL TERRENO (STATICA)	0,0020	Verifica soddisfatta
PRESSIONI SUL TERRENO (SISMICA)	0,0052	Verifica soddisfatta

Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Sovraccarico distribuito a tergo del muro	Q	3,50	[kN/m²]
Peso specifico del terreno	$\gamma_{terreno}$	18,00	[kN/m³]
Angolo di attrito interno	ϕ	40	[°]
Angolo di attrito tra il muro e il terreno	δ	26	[°]
Angolo di inclinazione del terreno	β	20	[°]
Inclinazione della scarpa a monte	ψ	90,00	[°]
Inclinazione della scarpa a monte (reciproco)	α	90,00	[°]
Inclinazione della fondazione	ω	0,00	[°]
Coefficiente di attrito sulla fondazione	f	1,00	
Tensione ammissibile sulla fondazione	$\sigma_{t,amm}$	0,0100	[kN/cm²]
Peso specifico del calcestruzzo	$\gamma_{c.l.s}$	18,00	[kN/m³]
Categoria del suolo	S	A	
		1,00	
Accelerazione orizzontale massima su suolo A	a_g	3	
		0,15	
Coefficiente di rigidezza (fattore "r" OPCM 3274/03)	r	1	
		1,00	
	K_h	0,15	
	K_v	0,08	
	θ_A	7,94	[°]
	θ_B	9,21	[°]
	$\phi-\theta_A$	32,06	[°]
	$\phi-\theta_B$	30,79	[°]



Terreni non coesivi saturi

Coefficiente di spinta attiva (COULOMB)	$K_{A,C}$	0,2524	
Coefficiente di spinta sismica (MONONOBE - OKABE)	$K_{A,M}$	0,4223	
Altezza di spinta del terreno	H_S	213,64	[cm]
Altezza di spinta sul paramento	$H_{s,p}$	168,64	[cm]

Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

VERIFICHE DI STABILITA'

			S_H	S_V		BRACCIO		
SPINTA STATICA SOVRACCARICO	$S_{ST,Q}$	1,89	1,70	0,83	[kN/m]	1,07	[m]	
SPINTA STATICA TERRENO	$S_{ST,T}$	10,37	9,32	4,55	[kN/m]	0,71	[m]	
EVENTUALE FORZA ORIZZONTALE	$F_{H.1}$	0,00			[kN/m]	3,50	[m]	braccio calcolato dal polo di ribaltamento
	$F_{H.2}$				[kN/m]		[m]	braccio calcolato dal polo di ribaltamento
	$F_{H.3}$				[kN/m]		[m]	braccio calcolato dal polo di ribaltamento

	PESO		BRACCIO		MOMENTO		BRACCIO		MOMENTO	
1 muro	10,53	[kN/m]	0,650	[m]	6,84	[kNm/m]	0,000	[m]	0,00	[kNm/m]
2 muro	0,00	[kN/m]	0,800	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,150	[m]	0,00	[kNm/m]
3 muro	11,88	[kN/m]	1,000	[m]	11,88	[kNm/m]	-0,350	[m]	-4,16	[kNm/m]
4 muro	0,00	[kN/m]	1,200	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,550	[m]	0,00	[kNm/m]
5 muro	0,00	[kN/m]	0,867	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,217	[m]	0,00	[kNm/m]
1 terr.	0,00	[kN/m]	1,200	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,550	[m]	0,00	[kNm/m]
2 terr.	2,97	[kN/m]	1,250	[m]	3,71	[kNm/m]	-0,600	[m]	-1,78	[kNm/m]
S_{V1}	0,83	[kN/m]	1,300	[m]	1,08	[kNm/m]	-0,650	[m]	-0,54	[kNm/m]
S_{V2}	4,55	[kN/m]	1,300	[m]	5,91	[kNm/m]	-0,650	[m]	-2,95	[kNm/m]

MOMENTO STABILIZZANTE	$M_{ST.}$	**29,42**	[kNm/m]
MOMENTO RIBALTANTE	$M_{RIB.}$	**8,45**	[kNm/m]
NORMALE TOTALE	$N_{TOT.}$	**30,75**	[kN/m]

VERIFICA A RIBALTAMENTO	μ_R	***3,48***	Verifica soddisfatta	$\mu_R = M_{ST.} / M_{RIB.}$
VERIFICA A SCORRIMENTO	μ_S	***2,79***	Verifica soddisfatta	$\mu_S = f\,(N_{tot}\cos\omega + S_H \operatorname{sen}\omega) / (S_H \cos\omega - N_{tot} \operatorname{sen}\omega)$

MOMENTO TOTALE SULLA FONDAZIONE	$M_{TOT.}$	**-0,98**	[kNm/m]	Rotazione oraria, le pressioni massime si hanno a monte
NORMALE TOTALE	$N_{TOT.}$	**30,75**	[kN/m]	
Nocciolo centrale d'inerzia	B/6	0,22	[m]	
Ascissa del centro di pressione "eccentricità"	e	-0,032	[m]	La sezione è interamente reagente
Ascissa dell'asse neutro	X_n		[cm]	$X_n = 3\,(B/2 - e)$

VERIFICA DELLE PRESSIONI	$\sigma_{t,min}$	***0,0027***	Verifica soddisfatta	
VERIFICA DELLE PRESSIONI	$\sigma_{t,max}$	***0,0020***	Verifica soddisfatta	sigma = (N/A) + (M/W)

Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

VERIFICHE DI STABILITA'

COEFF. COMBINAZIONE PARZIALE SOVR. ψ **0,3**

Inserire il valore con cui si desidera che agiscano i sovraccarichi in condizione sismica

			S_H	S_V		BRACCIO	
SPINTA SISMICA SOVRACCARICO	$S_{ST,Q}$	0,95	0,85	0,42	[kN/m]	1,07	[m]
SPINTA SISMICA TERRENO	$S_{ST,T}$	18,65	16,76	8,18	[kN/m]	1,07	[m]

	PESO		BRACCIO		MOMENTO		BRACCIO		MOMENTO	
1 muro	10,53	[kN/m]	0,650	[m]	6,84	[kNm/m]	0,000	[m]	0,00	[kNm/m]
2 muro	0,00	[kN/m]	0,800	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,150	[m]	0,00	[kNm/m]
3 muro	11,88	[kN/m]	1,000	[m]	11,88	[kNm/m]	-0,350	[m]	-4,16	[kNm/m]
4 muro	0,00	[kN/m]	1,200	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,550	[m]	0,00	[kNm/m]
5 muro	0,00	[kN/m]	0,867	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,217	[m]	0,00	[kNm/m]
1 terr.	0,00	[kN/m]	1,200	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,550	[m]	0,00	[kNm/m]
2 terr.	2,97	[kN/m]	1,250	[m]	3,71	[kNm/m]	-0,600	[m]	-1,78	[kNm/m]
S_{V1}	0,42	[kN/m]	1,300	[m]	0,54	[kNm/m]	-0,650	[m]	-0,27	[kNm/m]
S_{V2}	8,18	[kN/m]	1,300	[m]	10,63	[kNm/m]	-0,650	[m]	-5,31	[kNm/m]

MOMENTO STABILIZZANTE	$M_{ST.}$	**33,61**	[kNm/m]
MOMENTO RIBALTANTE	$M_{RIB.}$	**18,81**	[kNm/m]
NORMALE TOTALE	$N_{TOT.}$	**33,97**	[kN/m]

VERIFICA A RIBALTAMENTO	μ_R	***1,79***	Verifica soddisfatta	$\mu_R = M_{ST.} / M_{RIB.}$
VERIFICA A SCORRIMENTO	μ_S	***1,93***	Verifica soddisfatta	$\mu_S = f\,(N_{tot}\cos\omega + S_H \operatorname{sen}\omega) / (S_H \cos\omega - N_{tot} \operatorname{sen}\omega)$

MOMENTO TOTALE SULLA FONDAZIONE	$M_{TOT.}$	**7,29**	[kNm/m]	Rotazione antioraria, le pressioni massime si hanno a valle
NORMALE TOTALE	$N_{TOT.}$	**33,97**	[kN/m]	
Nocciolo centrale d'inerzia	B/6	0,22	[m]	
Ascissa del centro di pressione "eccentricità"	e	0,215	[m]	La sezione è interamente reagente
Ascissa dell'asse neutro	X_n		[cm]	$X_n = 3\,(B/2 - e)$

VERIFICA DELLE PRESSIONI	$\sigma_{t,min}$	***0,0000***	Verifica soddisfatta	
VERIFICA DELLE PRESSIONI	$\sigma_{t,max}$	***0,0052***	Verifica soddisfatta	sigma = (N/A) + (M/W)

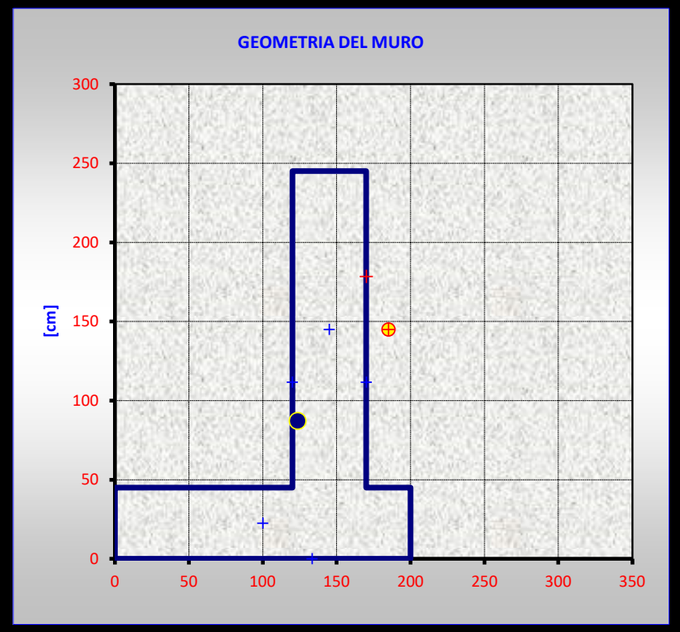
Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

GEOMETRIA DEL MURO DI SOSTEGNO

Altezza della fondazione a valle	$H_{f,v}$	45	[cm]
Altezza della fondazione a monte	$H_{f,m}$	45	[cm]
Altezza del paramento murario	H_{muro}	200	[cm]
Larghezza della testa del muro	B_t	50	[cm]
Larghezza della fondazione a valle	$B_{f,v}$	120	[cm]
Larghezza della fondazione a monte	$B_{f,m}$	30	[cm]
Larghezza della scarpa a valle	$B_{s,v}$	0	[cm]
Larghezza della scarpa a monte	$B_{s,m}$	0	[cm]
Altezza totale del muro	H_{tot}	245	[cm]
Base totale del muro	B_{tot}	200	[cm]

x	y
0	0
0	45
120	45
120	245
170	245
170	45
200	45
200	0
0	0

Coordinate



Coordinate del baricentro	X_G	123,68	[cm]
	Y_G	86,97	[cm]
Coordinate del baricentro del terreno	X_T	185,00	[cm]
	Y_T	145,00	[cm]
Area della fondazione	A_f	20000	[cm^2]
Momento d'inerzia della fondazione	$I_{f,xx}$	66666666,67	[cm^4]
Modulo di resistenza della fondazione	$W_{f,xx}$	666666,6667	[cm^3]

	Area		Coor. X		Coor. Y		$S_{x,i}$	$S_{y,i}$
1 muro	0,90	[m^2]	100,00	[cm]	22,50	[cm]	202500	900000
2 muro	0,00	[m^2]	120,00	[cm]	111,67	[cm]	0	0
3 muro	1,00	[m^2]	145,00	[cm]	145,00	[cm]	1450000	1450000
4 muro	0,00	[m^2]	170,00	[cm]	111,67	[cm]	0	0
5 muro	0,00	[m^2]	133,33	[cm]	0,00	[cm]	0	0
	1,900	[m^2]					1652500	2350000
1 terr.	0,000	[m^2]	170,00	[cm]	178,33	[cm]	0	0
2 terr.	0,600	[m^2]	185,00	[cm]	145,00	[cm]	870000	1110000
	0,600	[m^2]					870000	1110000

VERIFICA DELLE DIMENSIONI

Altezza della fondazione a valle	$H_{f,v}$	45	[cm]	Spessore non Idoneo
Altezza della fondazione a monte	$H_{f,m}$	45	[cm]	Spessore non Idoneo
Larghezza della testa del muro	B_t	50	[cm]	Spessore troppo elevato
Base totale del muro	B_{tot}	200	[cm]	Larghezza Idonea

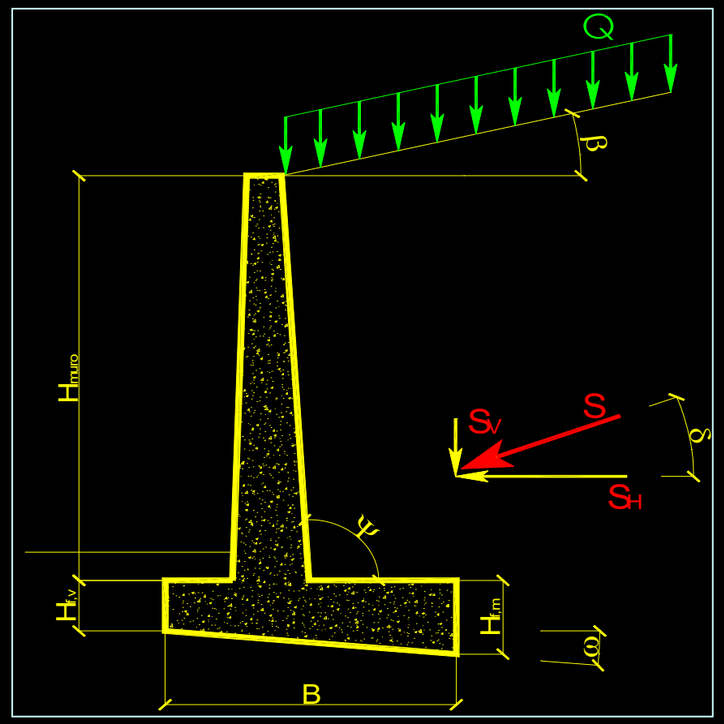
RIASSUNTO DELLE VERIFICHE

VERIFICA A RIBALTAMENTO (STATICA)	4,43	Verifica soddisfatta
VERIFICA A SCORRIMENTO (STATICA)	2,76	Verifica soddisfatta
VERIFICA A RIBALTAMENTO (SISMICA)	1,81	Verifica soddisfatta
VERIFICA A SCORRIMENTO (SISMICA)	1,50	Verifica soddisfatta
PRESSIONI SUL TERRENO (STATICA)	0,0015	Verifica soddisfatta
PRESSIONI SUL TERRENO (SISMICA)	0,0062	Verifica soddisfatta

Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Sovraccarico distribuito a tergo del muro	Q	3,50	[kN/m²]
Peso specifico del terreno	$\gamma_{terreno}$	18,00	[kN/m³]
Angolo di attrito interno	ϕ	40	[°]
Angolo di attrito tra il muro e il terreno	δ	26	[°]
Angolo di inclinazione del terreno	β	30	[°]
Inclinazione della scarpa a monte	ψ	90,00	[°]
Inclinazione della scarpa a monte (reciproco)	α	90,00	[°]
Inclinazione della fondazione	ω	0,00	[°]
Coefficiente di attrito sulla fondazione	f	1,00	
Tensione ammissibile sulla fondazione	$\sigma_{t,amm}$	0,0100	[kN/cm²]
Peso specifico del calcestruzzo	$\gamma_{c.l.s}$	18,00	[kN/m³]
Categoria del suolo	S	A	
		1,00	
Accelerazione orizzontale massima su suolo A	a_g	3	
		0,15	
Coefficiente di rigidezza (fattore "r" OPCM 3274/03)	r	1	
		1,00	
	K_h	0,15	
	K_v	0,08	
	θ_A	7,94	[°]
	θ_B	9,21	[°]
	$\phi-\theta_A$	32,06	[°]
	$\phi-\theta_B$	30,79	[°]
Coefficiente di spinta attiva (COULOMB)	$K_{A,C}$	0,3099	
Coefficiente di spinta sismica (MONONOBE - OKABE)	$K_{A,M}$	0,7124	
Altezza di spinta del terreno	H_S	262,32	[cm]
Altezza di spinta sul paramento	$H_{s,p}$	217,32	[cm]



Terreni non coesivi saturi

Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

VERIFICHE DI STABILITA'

			S_H	S_V		BRACCIO		
SPINTA STATICA SOVRACCARICO	$S_{ST,Q}$	2,85	2,56	1,25	[kN/m]	1,31	[m]	
SPINTA STATICA TERRENO	$S_{ST,T}$	19,19	17,25	8,41	[kN/m]	0,87	[m]	
EVENTUALE FORZA ORIZZONTALE	$F_{H.1}$	0,00			[kN/m]	3,50	[m]	braccio calcolato dal polo di ribaltamento
	$F_{H.2}$				[kN/m]		[m]	braccio calcolato dal polo di ribaltamento
	$F_{H.3}$				[kN/m]		[m]	braccio calcolato dal polo di ribaltamento

	PESO		BRACCIO		MOMENTO		BRACCIO		MOMENTO	
1 muro	16,20	[kN/m]	1,000	[m]	16,20	[kNm/m]	0,000	[m]	0,00	[kNm/m]
2 muro	0,00	[kN/m]	1,200	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,200	[m]	0,00	[kNm/m]
3 muro	18,00	[kN/m]	1,450	[m]	26,10	[kNm/m]	-0,450	[m]	-8,10	[kNm/m]
4 muro	0,00	[kN/m]	1,700	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,700	[m]	0,00	[kNm/m]
5 muro	0,00	[kN/m]	1,333	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,333	[m]	0,00	[kNm/m]
1 terr.	0,00	[kN/m]	1,700	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,700	[m]	0,00	[kNm/m]
2 terr.	10,80	[kN/m]	1,850	[m]	19,98	[kNm/m]	-0,850	[m]	-9,18	[kNm/m]
S_{V1}	1,25	[kN/m]	2,000	[m]	2,49	[kNm/m]	-1,000	[m]	-1,25	[kNm/m]
S_{V2}	8,41	[kN/m]	2,000	[m]	16,83	[kNm/m]	-1,000	[m]	-8,41	[kNm/m]

MOMENTO STABILIZZANTE	$M_{ST.}$	**81,60**	[kNm/m]
MOMENTO RIBALTANTE	$M_{RIB.}$	**18,44**	[kNm/m]
NORMALE TOTALE	$N_{TOT.}$	**54,66**	[kN/m]

VERIFICA A RIBALTAMENTO	μ_R	***4,43***	Verifica soddisfatta	$\mu_R = M_{ST.} / M_{RIB.}$
VERIFICA A SCORRIMENTO	μ_S	***2,76***	Verifica soddisfatta	$\mu_S = f\,(N_{tot}\cos\omega + S_H \operatorname{sen}\omega) / (S_H \cos\omega - N_{tot} \operatorname{sen}\omega)$

MOMENTO TOTALE SULLA FONDAZIONE	$M_{TOT.}$	**-8,50**	[kNm/m]	Rotazione oraria, le pressioni massime si hanno a monte
NORMALE TOTALE	$N_{TOT.}$	**54,66**	[kN/m]	
Nocciolo centrale d'inerzia	B/6	0,33	[m]	
Ascissa del centro di pressione "eccentricità"	e	-0,156	[m]	La sezione è interamente reagente
Ascissa dell'asse neutro	X_n		[cm]	$X_n = 3\,(B/2 - e)$

VERIFICA DELLE PRESSIONI	$\sigma_{t,min}$	***0,0040***	Verifica soddisfatta	
VERIFICA DELLE PRESSIONI	$\sigma_{t,max}$	***0,0015***	Verifica soddisfatta	sigma = (N/A) + (M/W)

Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

VERIFICHE DI STABILITA'

COEFF. COMBINAZIONE PARZIALE SOVR. ψ = **0,3** — Inserire il valore con cui si desidera che agiscano i sovraccarichi in condizione sismica

			S_H	S_V		BRACCIO	
SPINTA SISMICA SOVRACCARICO	$S_{ST,Q}$	1,96	1,76	0,86	[kN/m]	1,31	[m]
SPINTA SISMICA TERRENO	$S_{ST,T}$	47,43	42,63	20,79	[kN/m]	1,31	[m]

	PESO		BRACCIO		MOMENTO		BRACCIO		MOMENTO	
1 muro	16,20	[kN/m]	1,000	[m]	16,20	[kNm/m]	0,000	[m]	0,00	[kNm/m]
2 muro	0,00	[kN/m]	1,200	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,200	[m]	0,00	[kNm/m]
3 muro	18,00	[kN/m]	1,450	[m]	26,10	[kNm/m]	-0,450	[m]	-8,10	[kNm/m]
4 muro	0,00	[kN/m]	1,700	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,700	[m]	0,00	[kNm/m]
5 muro	0,00	[kN/m]	1,333	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,333	[m]	0,00	[kNm/m]
1 terr.	0,00	[kN/m]	1,700	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,700	[m]	0,00	[kNm/m]
2 terr.	10,80	[kN/m]	1,850	[m]	19,98	[kNm/m]	-0,850	[m]	-9,18	[kNm/m]
S_{V1}	0,86	[kN/m]	2,000	[m]	1,72	[kNm/m]	-1,000	[m]	-0,86	[kNm/m]
S_{V2}	20,79	[kN/m]	2,000	[m]	41,58	[kNm/m]	-1,000	[m]	-20,79	[kNm/m]

MOMENTO STABILIZZANTE	$M_{ST.}$	**105,58**	[kNm/m]
MOMENTO RIBALTANTE	$M_{RIB.}$	**58,22**	[kNm/m]
NORMALE TOTALE	$N_{TOT.}$	**66,65**	[kN/m]

VERIFICA A RIBALTAMENTO	μ_R	***1,81***	Verifica soddisfatta	$\mu_R = M_{ST.} / M_{RIB.}$
VERIFICA A SCORRIMENTO	μ_S	***1,50***	Verifica soddisfatta	$\mu_S = f\,(N_{tot}\cos\omega + S_H \operatorname{sen}\omega) / (S_H \cos\omega - N_{tot} \operatorname{sen}\omega)$

MOMENTO TOTALE SULLA FONDAZIONE	$M_{TOT.}$	**19,29**	[kNm/m]	Rotazione antioraria, le pressioni massime si hanno a valle
NORMALE TOTALE	$N_{TOT.}$	**66,65**	[kN/m]	
Nocciolo centrale d'inerzia	B/6	0,33	[m]	
Ascissa del centro di pressione "eccentricità"	e	0,289	[m]	La sezione è interamente reagente
Ascissa dell'asse neutro	X_n		[cm]	$X_n = 3\,(B/2 - e)$

VERIFICA DELLE PRESSIONI	$\sigma_{t,min}$	***0,0004***	Verifica soddisfatta	
VERIFICA DELLE PRESSIONI	$\sigma_{t,max}$	***0,0062***	Verifica soddisfatta	sigma = (N/A) + (M/W)

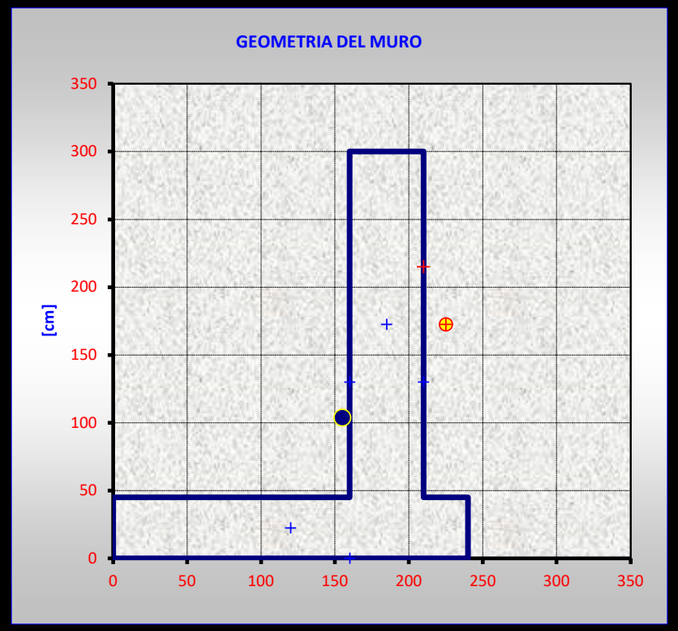
Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

GEOMETRIA DEL MURO DI SOSTEGNO

Altezza della fondazione a valle	$H_{f,v}$	45	[cm]
Altezza della fondazione a monte	$H_{f,m}$	45	[cm]
Altezza del paramento murario	H_{muro}	255	[cm]
Larghezza della testa del muro	B_t	50	[cm]
Larghezza della fondazione a valle	$B_{f,v}$	160	[cm]
Larghezza della fondazione a monte	$B_{f,m}$	30	[cm]
Larghezza della scarpa a valle	$B_{s,v}$	0	[cm]
Larghezza della scarpa a monte	$B_{s,m}$	0	[cm]
Altezza totale del muro	H_{tot}	300	[cm]
Base totale del muro	B_{tot}	240	[cm]

x	y
0	0
0	45
160	45
160	300
210	300
210	45
240	45
240	0
0	0

Coordinate



Coordinate del baricentro	X_G	155,19	[cm]
	Y_G	103,71	[cm]
Coordinate del baricentro del terreno	X_T	225,00	[cm]
	Y_T	172,50	[cm]
Area della fondazione	A_f	24000	[cm^2]
Momento d'inerzia della fondazione	$I_{f,xx}$	115200000	[cm^4]
Modulo di resistenza della fondazione	$W_{f,xx}$	960000	[cm^3]

	Area		Coor. X		Coor. Y		$S_{x,i}$	$S_{y,i}$
1 muro	1,08	[m^2]	120,00	[cm]	22,50	[cm]	243000	1296000
2 muro	0,00	[m^2]	160,00	[cm]	130,00	[cm]	0	0
3 muro	1,28	[m^2]	185,00	[cm]	172,50	[cm]	2199375	2358750
4 muro	0,00	[m^2]	210,00	[cm]	130,00	[cm]	0	0
5 muro	0,00	[m^2]	160,00	[cm]	0,00	[cm]	0	0
	2,355	[m^2]					2442375	3654750
1 terr.	0,000	[m^2]	210,00	[cm]	215,00	[cm]	0	0
2 terr.	0,765	[m^2]	225,00	[cm]	172,50	[cm]	1319625	1721250
	0,765	[m^2]					1319625	1721250

VERIFICA DELLE DIMENSIONI

Altezza della fondazione a valle	$H_{f,v}$	45	[cm]	Spessore non Idoneo
Altezza della fondazione a monte	$H_{f,m}$	45	[cm]	Spessore non Idoneo
Larghezza della testa del muro	B_t	50	[cm]	Spessore troppo elevato
Base totale del muro	B_{tot}	240	[cm]	Larghezza Idonea

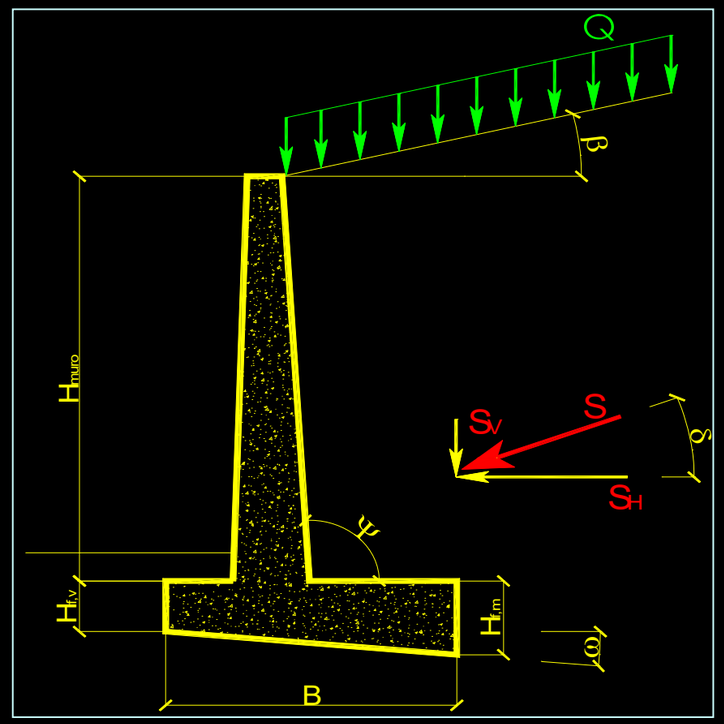
RIASSUNTO DELLE VERIFICHE

VERIFICA A RIBALTAMENTO (STATICA)	4,11	Verifica soddisfatta
VERIFICA A SCORRIMENTO (STATICA)	2,47	Verifica soddisfatta
VERIFICA A RIBALTAMENTO (SISMICA)	1,68	Verifica soddisfatta
VERIFICA A SCORRIMENTO (SISMICA)	1,36	Verifica soddisfatta
PRESSIONI SUL TERRENO (STATICA)	0,0014	Verifica soddisfatta
PRESSIONI SUL TERRENO (SISMICA)	0,0073	Verifica soddisfatta

Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Sovraccarico distribuito a tergo del muro	Q	3,50	[kN/m²]
Peso specifico del terreno	$\gamma_{terreno}$	18,00	[kN/m³]
Angolo di attrito interno	ϕ	40	[°]
Angolo di attrito tra il muro e il terreno	δ	26	[°]
Angolo di inclinazione del terreno	β	30	[°]
Inclinazione della scarpa a monte	ψ	90,00	[°]
Inclinazione della scarpa a monte (reciproco)	α	90,00	[°]
Inclinazione della fondazione	ω	0,00	[°]
Coefficiente di attrito sulla fondazione	f	1,00	
Tensione ammissibile sulla fondazione	$\sigma_{t,amm}$	0,0100	[kN/cm²]
Peso specifico del calcestruzzo	$\gamma_{c.l.s}$	18,00	[kN/m³]
Categoria del suolo	S	A	
		1,00	
Accelerazione orizzontale massima su suolo A	a_g	3	
		0,15	
Coefficiente di rigidezza (fattore "r" OPCM 3274/03)	r	1	
		1,00	



Terreni non coesivi saturi

	K_h	0,15	
	K_v	0,08	
	θ_A	7,94	[°]
	θ_B	9,21	[°]
	$\phi-\theta_A$	32,06	[°]
	$\phi-\theta_B$	30,79	[°]
Coefficiente di spinta attiva (COULOMB)	$K_{A,C}$	0,3099	
Coefficiente di spinta sismica (MONONOBE - OKABE)	$K_{A,M}$	0,7124	
Altezza di spinta del terreno	H_S	317,32	[cm]
Altezza di spinta sul paramento	$H_{s,p}$	272,32	[cm]

Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

VERIFICHE DI STABILITA'

			S_H	S_V		BRACCIO		
SPINTA STATICA SOVRACCARICO	$S_{ST,Q}$	3,44	3,09	1,51	[kN/m]	1,59	[m]	
SPINTA STATICA TERRENO	$S_{ST,T}$	28,09	25,24	12,31	[kN/m]	1,06	[m]	
EVENTUALE FORZA ORIZZONTALE	$F_{H.1}$	0,00			[kN/m]	3,50	[m]	braccio calcolato dal polo di ribaltamento
	$F_{H.2}$				[kN/m]		[m]	braccio calcolato dal polo di ribaltamento
	$F_{H.3}$				[kN/m]		[m]	braccio calcolato dal polo di ribaltamento

	PESO		BRACCIO		MOMENTO		BRACCIO		MOMENTO	
1 muro	19,44	[kN/m]	1,200	[m]	23,33	[kNm/m]	0,000	[m]	0,00	[kNm/m]
2 muro	0,00	[kN/m]	1,600	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,400	[m]	0,00	[kNm/m]
3 muro	22,95	[kN/m]	1,850	[m]	42,46	[kNm/m]	-0,650	[m]	-14,92	[kNm/m]
4 muro	0,00	[kN/m]	2,100	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,900	[m]	0,00	[kNm/m]
5 muro	0,00	[kN/m]	1,600	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,400	[m]	0,00	[kNm/m]
1 terr.	0,00	[kN/m]	2,100	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,900	[m]	0,00	[kNm/m]
2 terr.	13,77	[kN/m]	2,250	[m]	30,98	[kNm/m]	-1,050	[m]	-14,46	[kNm/m]
S_{V1}	1,51	[kN/m]	2,400	[m]	3,62	[kNm/m]	-1,200	[m]	-1,81	[kNm/m]
S_{V2}	12,31	[kN/m]	2,400	[m]	29,55	[kNm/m]	-1,200	[m]	-14,77	[kNm/m]

MOMENTO STABILIZZANTE	$M_{ST.}$	**129,94**	[kNm/m]
MOMENTO RIBALTANTE	$M_{RIB.}$	**31,61**	[kNm/m]
NORMALE TOTALE	$N_{TOT.}$	**69,98**	[kN/m]

VERIFICA A RIBALTAMENTO	μ_R	***4,11***	Verifica soddisfatta	$\mu_R = M_{ST.} / M_{RIB.}$
VERIFICA A SCORRIMENTO	μ_S	***2,47***	Verifica soddisfatta	$\mu_S = f\,(N_{tot}\cos\omega + S_H \operatorname{sen}\omega) / (S_H \cos\omega - N_{tot} \operatorname{sen}\omega)$

MOMENTO TOTALE SULLA FONDAZIONE	$M_{TOT.}$	**-14,35**	[kNm/m]	Rotazione oraria, le pressioni massime si hanno a monte
NORMALE TOTALE	$N_{TOT.}$	**69,98**	[kN/m]	
Nocciolo centrale d'inerzia	B/6	0,40	[m]	
Ascissa del centro di pressione "eccentricità"	e	-0,205	[m]	La sezione è interamente reagente
Ascissa dell'asse neutro	X_n		[cm]	$X_n = 3\,(B/2 - e)$

VERIFICA DELLE PRESSIONI	$\sigma_{t,min}$	***0,0044***	Verifica soddisfatta	
VERIFICA DELLE PRESSIONI	$\sigma_{t,max}$	***0,0014***	Verifica soddisfatta	sigma = (N/A) + (M/W)

Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

VERIFICHE DI STABILITA'

COEFF. COMBINAZIONE PARZIALE SOVR. ψ **0,3** Inserire il valore con cui si desidera che agiscano i sovraccarichi in condizione sismica

			S_H	S_V		BRACCIO	
SPINTA SISMICA SOVRACCARICO	$S_{ST,Q}$	2,37	2,13	1,04	[kN/m]	1,59	[m]
SPINTA SISMICA TERRENO	$S_{ST,T}$	69,40	62,38	30,42	[kN/m]	1,59	[m]

	PESO		BRACCIO		MOMENTO		BRACCIO		MOMENTO	
1 muro	19,44	[kN/m]	1,200	[m]	23,33	[kNm/m]	0,000	[m]	0,00	[kNm/m]
2 muro	0,00	[kN/m]	1,600	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,400	[m]	0,00	[kNm/m]
3 muro	22,95	[kN/m]	1,850	[m]	42,46	[kNm/m]	-0,650	[m]	-14,92	[kNm/m]
4 muro	0,00	[kN/m]	2,100	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,900	[m]	0,00	[kNm/m]
5 muro	0,00	[kN/m]	1,600	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,400	[m]	0,00	[kNm/m]
1 terr.	0,00	[kN/m]	2,100	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,900	[m]	0,00	[kNm/m]
2 terr.	13,77	[kN/m]	2,250	[m]	30,98	[kNm/m]	-1,050	[m]	-14,46	[kNm/m]
S_{V1}	1,04	[kN/m]	2,400	[m]	2,50	[kNm/m]	-1,200	[m]	-1,25	[kNm/m]
S_{V2}	30,42	[kN/m]	2,400	[m]	73,02	[kNm/m]	-1,200	[m]	-36,51	[kNm/m]

MOMENTO STABILIZZANTE	$M_{ST.}$	**172,28**	[kNm/m]
MOMENTO RIBALTANTE	$M_{RIB.}$	**102,35**	[kNm/m]
NORMALE TOTALE	$N_{TOT.}$	**87,62**	[kN/m]

VERIFICA A RIBALTAMENTO	μ_R	***1,68***	Verifica soddisfatta	$\mu_R = M_{ST.} / M_{RIB.}$
VERIFICA A SCORRIMENTO	μ_S	***1,36***	Verifica soddisfatta	$\mu_S = f\,(N_{tot}\cos\omega + S_H \operatorname{sen}\omega) / (S_H \cos\omega - N_{tot} \operatorname{sen}\omega)$

MOMENTO TOTALE SULLA FONDAZIONE	$M_{TOT.}$	**35,22**	[kNm/m]	Rotazione antioraria, le pressioni massime si hanno a valle
NORMALE TOTALE	$N_{TOT.}$	**87,62**	[kN/m]	
Nocciolo centrale d'inerzia	B/6	0,40	[m]	
Ascissa del centro di pressione "eccentricità"	e	0,402	[m]	La sezione si parzializza
Ascissa dell'asse neutro	X_n	239,41	[cm]	$X_n = 3\,(B/2 - e)$

VERIFICA DELLE PRESSIONI	$\sigma_{t,min}$	***0,0000***	Verifica soddisfatta	
VERIFICA DELLE PRESSIONI	$\sigma_{t,max}$	***0,0073***	Verifica soddisfatta	sigma = 2N/(100 Xn)

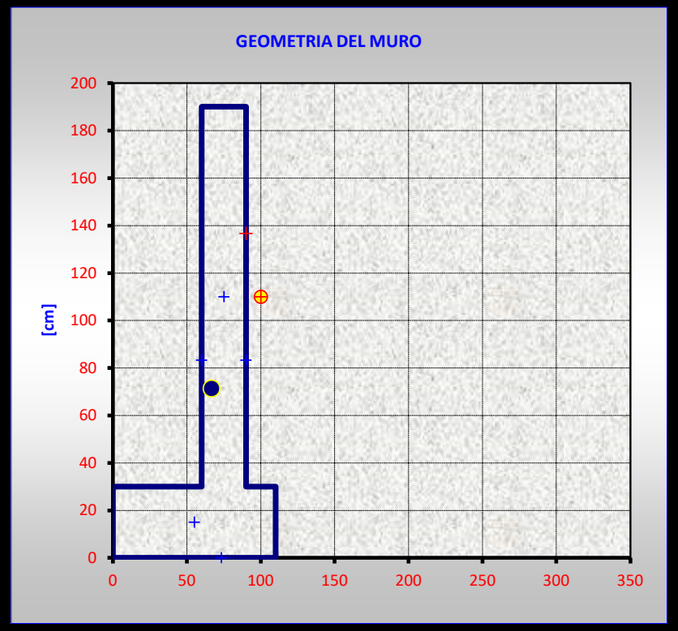
Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

GEOMETRIA DEL MURO DI SOSTEGNO

Altezza della fondazione a valle	$H_{f,v}$	30	[cm]
Altezza della fondazione a monte	$H_{f,m}$	30	[cm]
Altezza del paramento murario	H_{muro}	160	[cm]
Larghezza della testa del muro	B_t	30	[cm]
Larghezza della fondazione a valle	$B_{f,v}$	60	[cm]
Larghezza della fondazione a monte	$B_{f,m}$	20	[cm]
Larghezza della scarpa a valle	$B_{s,v}$	0	[cm]
Larghezza della scarpa a monte	$B_{s,m}$	0	[cm]
Altezza totale del muro	H_{tot}	190	[cm]
Base totale del muro	B_{tot}	110	[cm]

x	y
0	0
0	30
60	30
60	190
90	190
90	30
110	30
110	0
0	0

Coordinate



Coordinate del baricentro	X_G	66,85	[cm]
	Y_G	71,30	[cm]
Coordinate del baricentro del terreno	X_T	100,00	[cm]
	Y_T	110,00	[cm]
Area della fondazione	A_f	11000	[cm^2]
Momento d'inerzia della fondazione	$I_{f,xx}$	11091666,67	[cm^4]
Modulo di resistenza della fondazione	$W_{f,xx}$	201666,6667	[cm^3]

	Area		Coor. X		Coor. Y		$S_{x,i}$	$S_{y,i}$
1 muro	0,33	[m^2]	55,00	[cm]	15,00	[cm]	49500	181500
2 muro	0,00	[m^2]	60,00	[cm]	83,33	[cm]	0	0
3 muro	0,48	[m^2]	75,00	[cm]	110,00	[cm]	528000	360000
4 muro	0,00	[m^2]	90,00	[cm]	83,33	[cm]	0	0
5 muro	0,00	[m^2]	73,33	[cm]	0,00	[cm]	0	0
	0,810	[m^2]					577500	541500
1 terr.	0,000	[m^2]	90,00	[cm]	136,67	[cm]	0	0
2 terr.	0,320	[m^2]	100,00	[cm]	110,00	[cm]	352000	320000
	0,320	[m^2]					352000	320000

VERIFICA DELLE DIMENSIONI

Altezza della fondazione a valle	$H_{f,v}$	30	[cm]	Spessore Idoneo
Altezza della fondazione a monte	$H_{f,m}$	30	[cm]	Spessore Idoneo
Larghezza della testa del muro	B_t	30	[cm]	Spessore Idoneo
Base totale del muro	B_{tot}	110	[cm]	Larghezza Idonea

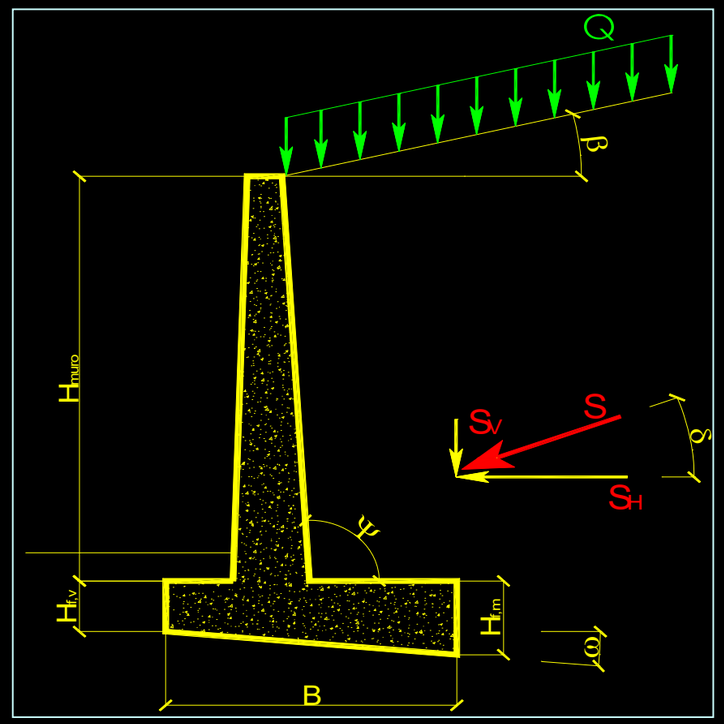
RIASSUNTO DELLE VERIFICHE

VERIFICA A RIBALTAMENTO (STATICA)	3,50	Verifica soddisfatta
VERIFICA A SCORRIMENTO (STATICA)	3,30	Verifica soddisfatta
VERIFICA A RIBALTAMENTO (SISMICA)	2,44	Verifica soddisfatta
VERIFICA A SCORRIMENTO (SISMICA)	2,89	Verifica soddisfatta
PRESSIONI SUL TERRENO (STATICA)	0,0025	Verifica soddisfatta
PRESSIONI SUL TERRENO (SISMICA)	0,0040	Verifica soddisfatta

Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Sovraccarico distribuito a tergo del muro	Q	10,00	[kN/m²]
Peso specifico del terreno	$\gamma_{terreno}$	18,00	[kN/m³]
Angolo di attrito interno	ϕ	40	[°]
Angolo di attrito tra il muro e il terreno	δ	26	[°]
Angolo di inclinazione del terreno	β	0	[°]
Inclinazione della scarpa a monte	ψ	90,00	[°]
Inclinazione della scarpa a monte (reciproco)	α	90,00	[°]
Inclinazione della fondazione	ω	0,00	[°]
Coefficiente di attrito sulla fondazione	f	1,00	
Tensione ammissibile sulla fondazione	$\sigma_{t,amm}$	0,0100	[kN/cm²]
Peso specifico del calcestruzzo	$\gamma_{c.l.s}$	25,00	[kN/m³]
Categoria del suolo	S	A	
		1,00	
Accelerazione orizzontale massima su suolo A	a_g	3	
		0,15	
Coefficiente di rigidezza (fattore "r" OPCM 3274/03)	r	1	
		1,00	



Terreni non coesivi saturi

	K_h	0,15	
	K_v	0,08	
	θ_A	7,94	[°]
	θ_B	9,21	[°]
	$\phi-\theta_A$	32,06	[°]
	$\phi-\theta_B$	30,79	[°]
Coefficiente di spinta attiva (COULOMB)	$K_{A,C}$	0,1997	
Coefficiente di spinta sismica (MONONOBE - OKABE)	$K_{A,M}$	0,2966	
Altezza di spinta del terreno	H_S	190,00	[cm]
Altezza di spinta sul paramento	$H_{s,p}$	160,00	[cm]

Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

VERIFICHE DI STABILITA'

			S_H	S_V		BRACCIO		
SPINTA STATICA SOVRACCARICO	$S_{ST,Q}$	3,79	3,41	1,66	[kN/m]	0,95	[m]	
SPINTA STATICA TERRENO	$S_{ST,T}$	6,49	5,83	2,84	[kN/m]	0,63	[m]	
EVENTUALE FORZA ORIZZONTALE	$F_{H.1}$	0,00			[kN/m]	3,50	[m]	braccio calcolato dal polo di ribaltamento
	$F_{H.2}$				[kN/m]		[m]	braccio calcolato dal polo di ribaltamento
	$F_{H.3}$				[kN/m]		[m]	braccio calcolato dal polo di ribaltamento

	PESO		BRACCIO		MOMENTO		BRACCIO		MOMENTO	
1 muro	8,25	[kN/m]	0,550	[m]	4,54	[kNm/m]	0,000	[m]	0,00	[kNm/m]
2 muro	0,00	[kN/m]	0,600	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,050	[m]	0,00	[kNm/m]
3 muro	12,00	[kN/m]	0,750	[m]	9,00	[kNm/m]	-0,200	[m]	-2,40	[kNm/m]
4 muro	0,00	[kN/m]	0,900	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,350	[m]	0,00	[kNm/m]
5 muro	0,00	[kN/m]	0,733	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,183	[m]	0,00	[kNm/m]
1 terr.	0,00	[kN/m]	0,900	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,350	[m]	0,00	[kNm/m]
2 terr.	5,76	[kN/m]	1,000	[m]	5,76	[kNm/m]	-0,450	[m]	-2,59	[kNm/m]
S_{V1}	1,66	[kN/m]	1,100	[m]	1,83	[kNm/m]	-0,550	[m]	-0,91	[kNm/m]
S_{V2}	2,84	[kN/m]	1,100	[m]	3,13	[kNm/m]	-0,550	[m]	-1,56	[kNm/m]

MOMENTO STABILIZZANTE	$M_{ST.}$	**24,26**	[kNm/m]
MOMENTO RIBALTANTE	$M_{RIB.}$	**6,93**	[kNm/m]
NORMALE TOTALE	$N_{TOT.}$	**30,52**	[kN/m]

VERIFICA A RIBALTAMENTO	μ_R	***3,50***	Verifica soddisfatta	$\mu_R = M_{ST.} / M_{RIB.}$
VERIFICA A SCORRIMENTO	μ_S	***3,30***	Verifica soddisfatta	$\mu_S = f\,(N_{tot}\cos\omega + S_H \operatorname{sen}\omega) / (S_H \cos\omega - N_{tot} \operatorname{sen}\omega)$

MOMENTO TOTALE SULLA FONDAZIONE	$M_{TOT.}$	**-0,54**	[kNm/m]	Rotazione oraria, le pressioni massime si hanno a monte
NORMALE TOTALE	$N_{TOT.}$	**30,52**	[kN/m]	
Nocciolo centrale d'inerzia	B/6	0,18	[m]	
Ascissa del centro di pressione "eccentricità"	e	-0,018	[m]	La sezione è interamente reagente
Ascissa dell'asse neutro	X_n		[cm]	$X_n = 3\,(B/2 - e)$

VERIFICA DELLE PRESSIONI	$\sigma_{t,min}$	***0,0030***	Verifica soddisfatta	
VERIFICA DELLE PRESSIONI	$\sigma_{t,max}$	***0,0025***	Verifica soddisfatta	sigma = (N/A) + (M/W)

Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

VERIFICHE DI STABILITA'

COEFF. COMBINAZIONE PARZIALE SOVR. ψ **0,3**

Inserire il valore con cui si desidera che agiscano i sovraccarichi in condizione sismica

			S_H	S_V		BRACCIO	
SPINTA SISMICA SOVRACCARICO	$S_{ST,Q}$	1,69	1,52	0,74	[kN/m]	0,95	[m]
SPINTA SISMICA TERRENO	$S_{ST,T}$	10,36	9,31	4,54	[kN/m]	0,95	[m]

	PESO		BRACCIO		MOMENTO		BRACCIO		MOMENTO	
1 muro	8,25	[kN/m]	0,550	[m]	4,54	[kNm/m]	0,000	[m]	0,00	[kNm/m]
2 muro	0,00	[kN/m]	0,600	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,050	[m]	0,00	[kNm/m]
3 muro	12,00	[kN/m]	0,750	[m]	9,00	[kNm/m]	-0,200	[m]	-2,40	[kNm/m]
4 muro	0,00	[kN/m]	0,900	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,350	[m]	0,00	[kNm/m]
5 muro	0,00	[kN/m]	0,733	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,183	[m]	0,00	[kNm/m]
1 terr.	0,00	[kN/m]	0,900	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,350	[m]	0,00	[kNm/m]
2 terr.	5,76	[kN/m]	1,000	[m]	5,76	[kNm/m]	-0,450	[m]	-2,59	[kNm/m]
S_{V1}	0,74	[kN/m]	1,100	[m]	0,82	[kNm/m]	-0,550	[m]	-0,41	[kNm/m]
S_{V2}	4,54	[kN/m]	1,100	[m]	4,99	[kNm/m]	-0,550	[m]	-2,50	[kNm/m]

MOMENTO STABILIZZANTE	$M_{ST.}$	**25,11**	[kNm/m]
MOMENTO RIBALTANTE	$M_{RIB.}$	**10,29**	[kNm/m]
NORMALE TOTALE	$N_{TOT.}$	**31,29**	[kN/m]

VERIFICA A RIBALTAMENTO	μ_R	***2,44***	Verifica soddisfatta	$\mu_R = M_{ST.} / M_{RIB.}$
VERIFICA A SCORRIMENTO	μ_S	***2,89***	Verifica soddisfatta	$\mu_S = f\,(N_{tot}\cos\omega + S_H \operatorname{sen}\omega) / (S_H \cos\omega - N_{tot} \operatorname{sen}\omega)$

MOMENTO TOTALE SULLA FONDAZIONE	$M_{TOT.}$	**2,39**	[kNm/m]	Rotazione antioraria, le pressioni massime si hanno a valle
NORMALE TOTALE	$N_{TOT.}$	**31,29**	[kN/m]	
Nocciolo centrale d'inerzia	B/6	0,18	[m]	
Ascissa del centro di pressione "eccentricità"	e	0,076	[m]	La sezione è interamente reagente
Ascissa dell'asse neutro	X_n		[cm]	$X_n = 3\,(B/2 - e)$

VERIFICA DELLE PRESSIONI	$\sigma_{t,min}$	***0,0017***	Verifica soddisfatta	
VERIFICA DELLE PRESSIONI	$\sigma_{t,max}$	***0,0040***	Verifica soddisfatta	sigma = (N/A) + (M/W)

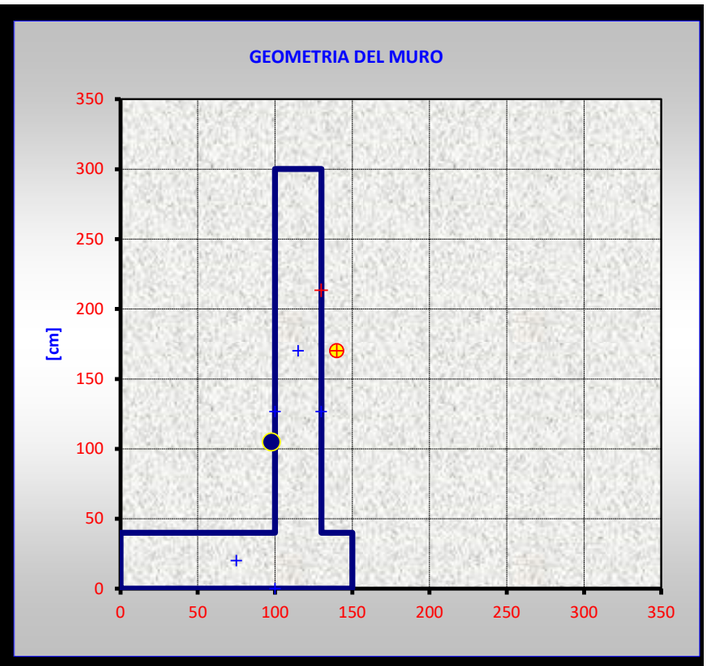
Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

GEOMETRIA DEL MURO DI SOSTEGNO

Altezza della fondazione a valle	$H_{f,v}$	40	[cm]
Altezza della fondazione a monte	$H_{f,m}$	40	[cm]
Altezza del paramento murario	H_{muro}	260	[cm]
Larghezza della testa del muro	B_t	30	[cm]
Larghezza della fondazione a valle	$B_{f,v}$	100	[cm]
Larghezza della fondazione a monte	$B_{f,m}$	20	[cm]
Larghezza della scarpa a valle	$B_{s,v}$	0	[cm]
Larghezza della scarpa a monte	$B_{s,m}$	0	[cm]
Altezza totale del muro	H_{tot}	300	[cm]
Base totale del muro	B_{tot}	150	[cm]

x	y
0	0
0	40
100	40
100	300
130	300
130	40
150	40
150	0
0	0

Coordinate



Coordinate del baricentro	X_G	97,61	[cm]
	Y_G	104,78	[cm]
Coordinate del baricentro del terreno	X_T	140,00	[cm]
	Y_T	170,00	[cm]
Area della fondazione	A_f	15000	[cm^2]
Momento d'inerzia della fondazione	$I_{f,xx}$	28125000	[cm^4]
Modulo di resistenza della fondazione	$W_{f,xx}$	375000	[cm^3]

	Area		Coor. X		Coor. Y		$S_{x,i}$	$S_{y,i}$
1 muro	0,60	[m^2]	75,00	[cm]	20,00	[cm]	120000	450000
2 muro	0,00	[m^2]	100,00	[cm]	126,67	[cm]	0	0
3 muro	0,78	[m^2]	115,00	[cm]	170,00	[cm]	1326000	897000
4 muro	0,00	[m^2]	130,00	[cm]	126,67	[cm]	0	0
5 muro	0,00	[m^2]	100,00	[cm]	0,00	[cm]	0	0
	1,380	[m^2]					1446000	1347000
1 terr.	0,000	[m^2]	130,00	[cm]	213,33	[cm]	0	0
2 terr.	0,520	[m^2]	140,00	[cm]	170,00	[cm]	884000	728000
	0,520	[m^2]					884000	728000

VERIFICA DELLE DIMENSIONI

Altezza della fondazione a valle	$H_{f,v}$	40	[cm]	Spessore Idoneo
Altezza della fondazione a monte	$H_{f,m}$	40	[cm]	Spessore Idoneo
Larghezza della testa del muro	B_t	30	[cm]	Spessore Idoneo
Base totale del muro	B_{tot}	150	[cm]	Larghezza Idonea

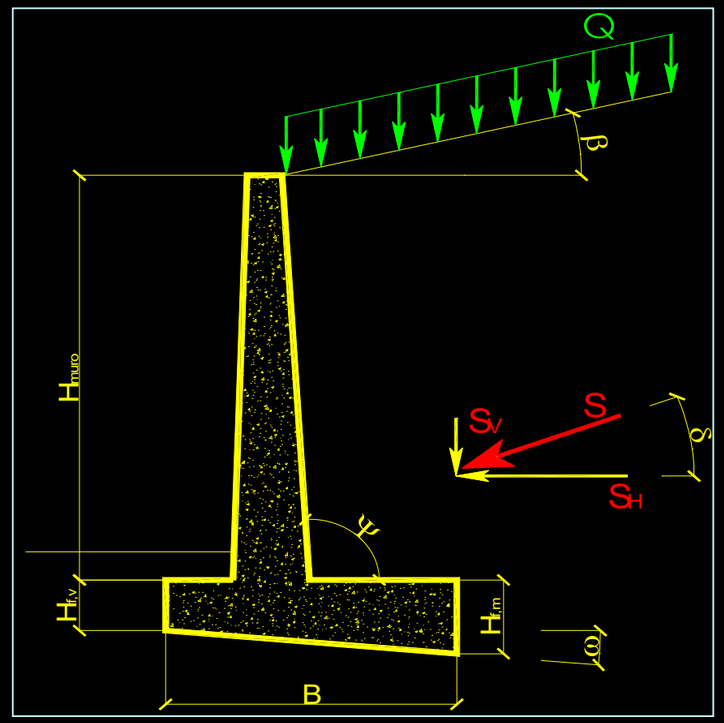
RIASSUNTO DELLE VERIFICHE

VERIFICA A RIBALTAMENTO (STATICA)	2,71	Verifica soddisfatta
VERIFICA A SCORRIMENTO (STATICA)	2,69	Verifica soddisfatta
VERIFICA A RIBALTAMENTO (SISMICA)	1,71	Verifica soddisfatta
VERIFICA A SCORRIMENTO (SISMICA)	2,20	Verifica soddisfatta
PRESSIONI SUL TERRENO (STATICA)	0,0040	Verifica soddisfatta
PRESSIONI SUL TERRENO (SISMICA)	0,0078	Verifica soddisfatta

Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Sovraccarico distribuito a tergo del muro	Q	10,00	[kN/m²]
Peso specifico del terreno	$\gamma_{terreno}$	18,00	[kN/m³]
Angolo di attrito interno	ϕ	40	[°]
Angolo di attrito tra il muro e il terreno	δ	26	[°]
Angolo di inclinazione del terreno	β	0	[°]
Inclinazione della scarpa a monte	ψ	90,00	[°]
Inclinazione della scarpa a monte (reciproco)	α	90,00	[°]
Inclinazione della fondazione	ω	0,00	[°]
Coefficiente di attrito sulla fondazione	f	1,00	
Tensione ammissibile sulla fondazione	$\sigma_{t,amm}$	0,0100	[kN/cm²]
Peso specifico del calcestruzzo	$\gamma_{c.l.s}$	25,00	[kN/m³]
Categoria del suolo	S	A	
		1,00	
Accelerazione orizzontale massima su suolo A	a_g	3	
		0,15	
Coefficiente di rigidezza (fattore "r" OPCM 3274/03)	r	1	
		1,00	
	K_h	0,15	
	K_v	0,08	
	θ_A	7,94	[°]
	θ_B	9,21	[°]
	$\phi-\theta_A$	32,06	[°]
	$\phi-\theta_B$	30,79	[°]



Terreni non coesivi saturi

Coefficiente di spinta attiva (COULOMB)	$K_{A,C}$	0,1997	
Coefficiente di spinta sismica (MONONOBE - OKABE)	$K_{A,M}$	0,2966	
Altezza di spinta del terreno	H_S	300,00	[cm]
Altezza di spinta sul paramento	$H_{s,p}$	260,00	[cm]

Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

VERIFICHE DI STABILITA'

		S_H	S_V		BRACCIO		
SPINTA STATICA SOVRACCARICO	$S_{ST,Q}$	5,99	5,38	2,63 [kN/m]	1,50	[m]	
SPINTA STATICA TERRENO	$S_{ST,T}$	16,17	14,54	7,09 [kN/m]	1,00	[m]	
EVENTUALE FORZA ORIZZONTALE	$F_{H.1}$	0,00		[kN/m]	3,50	[m]	braccio calcolato dal polo di ribaltamento
	$F_{H.2}$			[kN/m]		[m]	braccio calcolato dal polo di ribaltamento
	$F_{H.3}$			[kN/m]		[m]	braccio calcolato dal polo di ribaltamento

	PESO		BRACCIO		MOMENTO		BRACCIO		MOMENTO	
1 muro	15,00	[kN/m]	0,750	[m]	11,25	[kNm/m]	0,000	[m]	0,00	[kNm/m]
2 muro	0,00	[kN/m]	1,000	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,250	[m]	0,00	[kNm/m]
3 muro	19,50	[kN/m]	1,150	[m]	22,43	[kNm/m]	-0,400	[m]	-7,80	[kNm/m]
4 muro	0,00	[kN/m]	1,300	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,550	[m]	0,00	[kNm/m]
5 muro	0,00	[kN/m]	1,000	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,250	[m]	0,00	[kNm/m]
1 terr.	0,00	[kN/m]	1,300	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,550	[m]	0,00	[kNm/m]
2 terr.	9,36	[kN/m]	1,400	[m]	13,10	[kNm/m]	-0,650	[m]	-6,08	[kNm/m]
S_{V1}	2,63	[kN/m]	1,500	[m]	3,94	[kNm/m]	-0,750	[m]	-1,97	[kNm/m]
S_{V2}	7,09	[kN/m]	1,500	[m]	10,63	[kNm/m]	-0,750	[m]	-5,32	[kNm/m]

MOMENTO STABILIZZANTE	$M_{ST.}$	**61,35**	[kNm/m]
MOMENTO RIBALTANTE	$M_{RIB.}$	**22,61**	[kNm/m]
NORMALE TOTALE	$N_{TOT.}$	**53,58**	[kN/m]

VERIFICA A RIBALTAMENTO	μ_R	***2,71***	Verifica soddisfatta	$\mu_R = M_{ST.} / M_{RIB.}$
VERIFICA A SCORRIMENTO	μ_S	***2,69***	Verifica soddisfatta	$\mu_S = f\,(N_{tot}\cos\omega + S_H \operatorname{sen}\omega) / (S_H \cos\omega - N_{tot} \operatorname{sen}\omega)$

MOMENTO TOTALE SULLA FONDAZIONE	$M_{TOT.}$	**1,44**	[kNm/m]	Rotazione antioraria, le pressioni massime si hanno a valle
NORMALE TOTALE	$N_{TOT.}$	**53,58**	[kN/m]	
Nocciolo centrale d'inerzia	B/6	0,25	[m]	
Ascissa del centro di pressione "eccentricità"	e	0,027	[m]	La sezione è interamente reagente
Ascissa dell'asse neutro	X_n		[cm]	$X_n = 3\,(B/2 - e)$

VERIFICA DELLE PRESSIONI	$\sigma_{t,min}$	***0,0032***	Verifica soddisfatta	
VERIFICA DELLE PRESSIONI	$\sigma_{t,max}$	***0,0040***	Verifica soddisfatta	sigma = (N/A) + (M/W)

Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5

VERIFICHE DI STABILITA'

COEFF. COMBINAZIONE PARZIALE SOVR. ψ **0,3** Inserire il valore con cui si desidera che agiscano i sovraccarichi in condizione sismica

			S_H	S_V		BRACCIO	
SPINTA SISMICA SOVRACCARICO	$S_{ST,Q}$	2,67	2,40	1,17	[kN/m]	1,50	[m]
SPINTA SISMICA TERRENO	$S_{ST,T}$	25,82	23,21	11,32	[kN/m]	1,50	[m]

	PESO		BRACCIO		MOMENTO		BRACCIO		MOMENTO	
1 muro	15,00	[kN/m]	0,750	[m]	11,25	[kNm/m]	0,000	[m]	0,00	[kNm/m]
2 muro	0,00	[kN/m]	1,000	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,250	[m]	0,00	[kNm/m]
3 muro	19,50	[kN/m]	1,150	[m]	22,43	[kNm/m]	-0,400	[m]	-7,80	[kNm/m]
4 muro	0,00	[kN/m]	1,300	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,550	[m]	0,00	[kNm/m]
5 muro	0,00	[kN/m]	1,000	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,250	[m]	0,00	[kNm/m]
1 terr.	0,00	[kN/m]	1,300	[m]	0,00	[kNm/m]	-0,550	[m]	0,00	[kNm/m]
2 terr.	9,36	[kN/m]	1,400	[m]	13,10	[kNm/m]	-0,650	[m]	-6,08	[kNm/m]
S_{V1}	1,17	[kN/m]	1,500	[m]	1,76	[kNm/m]	-0,750	[m]	-0,88	[kNm/m]
S_{V2}	11,32	[kN/m]	1,500	[m]	16,98	[kNm/m]	-0,750	[m]	-8,49	[kNm/m]

MOMENTO STABILIZZANTE	$M_{ST.}$	**65,51**	[kNm/m]
MOMENTO RIBALTANTE	$M_{RIB.}$	**38,41**	[kNm/m]
NORMALE TOTALE	$N_{TOT.}$	**56,35**	[kN/m]

VERIFICA A RIBALTAMENTO	μ_R	***1,71***	Verifica soddisfatta	$\mu_R = M_{ST.} / M_{RIB.}$
VERIFICA A SCORRIMENTO	μ_S	***2,20***	Verifica soddisfatta	$\mu_S = f\,(N_{tot}\cos\omega + S_H \operatorname{sen}\omega) / (S_H\cos\omega - N_{tot}\operatorname{sen}\omega)$

MOMENTO TOTALE SULLA FONDAZIONE	$M_{TOT.}$	**15,16**	[kNm/m]	Rotazione antioraria, le pressioni massime si hanno a valle
NORMALE TOTALE	$N_{TOT.}$	**56,35**	[kN/m]	
Nocciolo centrale d'inerzia	B/6	0,25	[m]	
Ascissa del centro di pressione "eccentricità"	e	0,269	[m]	La sezione si parzializza
Ascissa dell'asse neutro	X_n	144,28	[cm]	$X_n = 3\,(B/2 - e)$

VERIFICA DELLE PRESSIONI	$\sigma_{t,min}$	***0,0000***	Verifica soddisfatta	
VERIFICA DELLE PRESSIONI	$\sigma_{t,max}$	***0,0078***	Verifica soddisfatta	sigma = 2N/(100 Xn)

Comune di Castione della Presolana Prot. n. 0011860 del 10-10-2022 - Cat. 6 Cl 5