REGIONE LOMBARDIA
Provincia di Brescia

COMUNE DI CIVIDATE CAMUNO | COMUNE DI ESINE | COMUNE DI PIANCOGNO

REALIZZAZIONE ARGINE LUNGO IL FIUME OGLIO A PROTEZIONE DELLE AREE ABITATE E INDUSTRIALI IN COMUNE DI CIVIDATE CAMUNO, ESINE E PIANCOGNO

PROGETTO ESECUTIVO

A T I

STUDIO DI INGEGNERIA E DI ARCHITETTURA
Ing. BENEDETTO DEL SIMONE
Ing. DAVIDE DEL SIMONE
Arch. LIDIA DESTI
Via S.Carlo n°12 - 23037 TIRANO (So) - Tel. 0342-702578 - Fax 0342-711427
e_mail: info@delsimone.it - www.delsimone.it

STUDIO DI INGEGNERIA
Ing. PIETRO FORTI
Via Paganora n°2 - 25080 MAZZANO (BS) - Tel. 030-8080060 - Cell. 3346938663
e_mail: forti.pietro@gmail.com

	NOME
REDAZIONE	B. Del Simone
VERIFICA	D. Del Simone
APPROVAZIONE	B. Del Simone

ELABORATO

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

ARGOMENTO	DOCUMENTO	REV.	FASE
OI	A.01.50	1	3

DATA: Agosto 2015

ARCHIVIO: 697

REVISIONI	N°	DESCRIZIONE	DATA
	0	EMESSO PER PROGETTO DEFINITIVO	Maggio 2015
	1	EMESSO PER PROGETTO ESECUTIVO	Agosto 2015
	2		
	3		

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE AI SENSI DELLA LEGGE N.633 DEL 22.04.1941 E SUCCESSIVE MODIFICAZIONI

Regione LOMBARDIA

COMUNI DI CIVIDATE CAMUNO – ESINE – PIANCOGNO

Provincia di Brescia

REALIZZAZIONE DI ARGINE LUNGO IL FIUME OGLIO A PROTEZIONE DELLE AREE ABITATE E INDUSTRIALI IN COMUNE DI CIVIDATE CAMUNO, ESINE E PIANCOGNO

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

INDICE:

1. **Normativa di riferimento** 3
2. **Premesse** 4
3. **Interventi previsti in progetto** 4
4. **RELAZIONE GEOLOGICA E SONDAGGI GEOGNOSTICI** 5
5. **Relazione Sismica e Relazione Geotecnica** 6
6. **PARAMETRI GEOTECNICI** 6
7. **Materiali impiegati** 6
8. **Caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati** 7
9. **OPERE DI PROTEZIONE Q200** 7
   - *9.1 Muro ciclopico H=3,00 m.* 9
   - *9.2 Muro in c.a. H=2,50 m.* 16
   - *9.3 Muro in c.a. H=3,50 m.* 23
   - *9.4 Muro in c.a. H=4,50 m.* 29
10. **Conclusioni** 40

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nell'eseguire il dimensionamento dell'opera di cui alla presente relazione, si è fatto riferimento alla seguente normativa tecnica:

Legge 05/11/71 n. 1086

Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.

D.M. 09/01/96

Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.

D.M. 16/01/96

Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.

D.M. 03/12/87

Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.

D.M. 11/03/88

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Circ. Min. LL.PP. 24/05/82 n. 22631

Istruzioni relative ai carichi, ai sovraccarichi ed ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni.

NTC - Norme Tecniche per le Costruzioni.

G.U. 04/02/08 N. 29 Decreto del 14/01/08 - Ministero delle Infrastrutture

Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni.

Circolare n. 617 02 febbraio 2009 del Ministero delle Infrastrutture

Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008

2. PREMESSE

La presente relazione di calcolo riguarda il dimensionamento e la verifica delle opere strutturali previste nel progetto per la REALIZZAZIONE DI ARGINE LUNGO IL FIUME OGLIO A PROTEZIONE DELLE AREE ABITATE E INDUSTRIALI IN COMUNE DI CIVIDATE CAMUNO,ESINE E PIANCOGNO.

I calcoli e le verifiche strutturali sono stati eseguiti utilizzando i programmi MDC vers. 2015.25.6.807 e RC-SEZ vers. 2014.9.1.426 della GEOSTRU SOFTWARE di BIANCO (Rc).

3. INTERVENTI PREVISTI IN PROGETTO

Gli interventi previsti in progetto prevedono la realizzazione delle seguenti opere:

- Tratto dalla sez. 032C sino alla sez. 031.02P - ponte di accesso alla SS.42 (Cividate centro):
  - Sovralzo di una parte del muro di sostegno della ferrovia Brescia - Edolo per una lunghezza di 18,00 m.
  - Realizzazione di un pancone di protezione, in alluminio e acciaio, a valle della sez.032C, da posizionarsi sulla carreggiata della strada provinciale n.112 e della pista ciclabile.
  - Formazione di tratti di rilevato arginale, con materiale recuperato dagli scavi rivestito con mantellata intasata in terra, a protezione Q200 con franco 1.00 m.
  - Realizzazione di nuovo muro in c.a. H variabile, da valle sez.032B sino alla sez.032, per una lunghezza complessiva di 167.00 m;
  - Fornitura e posa in opera di lamiera in acciaio Corten sulla ringhiera esistente a valle della passerella detta "dei Marinai".
  - Modifica della livelletta di un tratto di pista ciclabile, a valle della sez. 031.02 con sovralzo del terreno sino al rilevato della SS.42.
- Tratto dalla sez.027.03M - traversa di Paraviso alla sez. 030D (Esine, Piancogno, Cividate Camuno):
  - Miglioramento della funzionalità idraulica del ponte di Esine con apertura delle bocche di deflusso ostruite, realizzazione di scogliera intasata in cls con dado di fondazione in c.a e riprofilatura da valle del ponte di Esine (sez. 028P) fino alla sez.028C.
  - Formazione di muratura ciclopica in pietrame e calcestruzzo dal ponte di Esine (sez.028P) al tratto tombinato dello scarico della centrale di Cogno.

- Formazione di muri in c.a. dallo scarico della centrale di Cogno a monte della sez.029.
- Realizzazione di un pancone di protezione, in alluminio e acciaio, a valle della sez.028Q, da posizionarsi sull'ingresso dell'area silos e lavorazioni inerti.
- Realizzazione di scogliera in pietrame sotto sagoma in Sx orografica, a valle della confluenza del canale di scarico della centrale Edison di Cividate, in corrispondenza della sez.028M e della sez.028N.
- Formazione di rilevato arginale con mantellata sp.50 cm a protezione Q200 con franco 1.00 m e rinforzo della scogliera esistente in grossi massi alla rinfusa, tra la sez.029A e la sez.029B.
- Realizzazione di scogliera in pietrame sotto sagoma in Dx orografica (a valle ed a monte del Torrente Trobiolo) dalla sez. 029B alla sez. 029E.
- Realizzazione di n.2 soglie di fondo per la stabilizzazione dell'alveo alla sez.029B e alla sez. 029M.
- Formazione di banchettone a protezione del piede della scogliera esistente in corrispondenza della sez. 029M.
- Riprofilatura dell'alveo per il miglioramento della funzionalità idraulica da valle della sez.029I fino alla sez.029P.
- Sagomatura di rilevato arginale con materiale recuperato dagli scavi e rivestimento con mantellata intasata in terra dello spessore di 50 cm., in sponda destra orografica, nel tratto a monte del torrente Trobiolo fino alla sez.030D, in corrispondenza della scogliera esistente, eseguita nell'anno 2006.
- Consolidamento con formazione di berma della scogliera esistente in sponda sinistra, attualmente in parte sifonata e rovinata in alveo, dalla sez. 029P alla sez.030C.

4. RELAZIONE GEOLOGICA E SONDAGGI GEOGNOSTICI

Per quanto riguarda la definizione dei caratteri geologici, geomorfologici e idrogeologici delle aree interessate dalle opere in progetto si rimanda alla Relazione Geologica redatta dal geologo dott. Luca Albertelli. E' stata effettuata una campagna di indagine con l'esecuzione di n.4 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, n.7 prove penetrometriche dinamiche, prove geofisiche con tecnica MASW per definizione delle velocità sismiche.

5. RELAZIONE SISMICA E RELAZIONE GEOTECNICA

Nell'elaborato di progetto TAV A.01.40 RELAZIONE SISMICA E RELAZIONE GEOTECNICA sono riportate le azioni sismiche e i parametri geotecnici da considerare nel calcolo delle strutture.

In particolare nella suddetta relazione sono riportate le azioni sismiche considerando il tratto a monte del ponte della S.S. n.42 (Cividate Camuno) e di quello tra il ponte di Esine e la sez. 030D (Esine e Piancogno).

Nel dimensionamento delle strutture sono state considerate le azioni sismiche più gravose, che risultano essere quelle relative al tratto Esine e Piancogno.

6. PARAMETRI GEOTECNICI

I parametri geotecnici a base del calcolo sono stati desunti dalla Relazione geologica, redatta dal geologo dott. Luca Albertelli, allegata al progetto.

I dati assunti a base di calcolo sono:

- γt = 1.900,00 daN/m³
- γw = 1.000,0 daN/m³
- φ = 34°angolo di attrito
- c = 0 coesione
- Modulo di Young = 29.500 kPa

Come evidenziato anche nella relazione geologica i parametri geotecnici dovranno essere oggetto di conferma sulla base delle evidenze che emergeranno a scavi aperti.

In relazione alla tipologia dei terreni ,a costipazione dei piani di posa ,si ritengono ammissibili valori di tensioni variabili da 120 a 180 kPa.

7. MATERIALI IMPIEGATI

- Cemento tipo R 32,5
- Calcestruzzo C25/30 N/mm² per le fondazioni, classe di esposizione XC2.
- Calcestruzzo C25/30 N/mm² per le elevazioni, classe di esposizione XF2.
- Muratura ciclopica
- Rivestimento in pietrame e malta
- Scogliere in grossi massi
- Acciaio a aderenza migliorata B450C
- Rete elettrosaldata in acciaio B450C

8. CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

Conglomerati

Nr.	Classe Calcestruzzo	fck,cubi [Mpa]	Ec [Mpa]	fck [Mpa]	fcd [Mpa]	fctd [Mpa]	fctm [Mpa]
1	C20/25	25	30550,21	20	11,55	1,05	2,25
2	C25/30	30	32089,96	25	14,44	1,21	2,61
3	C28/35	35	32936,31	28	16,17	1,31	2,81
4	C40/50	51	35913,83	40	20,22	1,52	3,26

Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ftk [Mpa]	ftd [Mpa]	ep_tk	epd_ult	ß1*ß2 iniziale	ß1*ß2 finale
1	B450C	203940	458,87	399,01	550,64	399,01	.075	.0675	1	0,5
2	B450C*	203940	458,87	399,01	550,64	458,87	.075	.0675	1	0,5
3	B450C**	203940	458,87	399,01	467,33	406,35	.012	.01	1	0,5
4	S235H	214137	244,73	212,81	367,09	212,81	0,012	0,01	1	0,5
5	S275H	214137	285,52	248,3	438,47	248,3	0,012	0,01	1	0,5
6	S355H	214137	367,09	319,17	520,05	367,09	0,012	0,01	1	0,5

Copriferro elevazione: 5,0 cm

Copriferro fondazione: 5,0 cm

9. OPERE DI PROTEZIONE Q200

In progetto si prevede la realizzazione delle opere di protezione Q200 con franco 1,00 m. con l'esecuzione di muri in c.a. o di manufatti in muratura ciclopica, con altezza variabile da 0,80 m. a 4,50 m.

La verifica di questi elementi è stata fatta in base alle seguenti considerazioni:

- combinazione di carico A1+M1+R1;
- azione sismica SLD;
- altezza dell'acqua fino alla sommità del manufatto (franco 0,00 m.).

Si precisa che è stato eseguito il dimensionamento con la sola combinazione di carico A1+M1+R1 in quanto, nel calcolo, è stata considerata la condizione più gravosa (franco 0,00 m.) che risulta comunque essere una situazione corrispondente al picco della curva della portata Q200, e quindi con carichi transitori e non permanenti.

Il dimensionamento delle opere di protezione ha portato ai seguenti risultati:

Tipologia opera di protezione Q200	Altezza muro (m.)	Spessore sommità muro (m.)	Spessore base muro (m.)	Spessore fondazioni (m.)	Larghezza fondazioni (m.)
Muro ciclopico	0,80	0,60	0,92	0,50	0,92
Muro ciclopico	1,00	0,60	1,00	0,50	1,00
Muro ciclopico	1,50	0,80	1,40	0,50	1,40
Muro ciclopico	2,00	0,80	1,60	0,50	1,60
Muro ciclopico	2,50	0,80	1,80	0,50	1,80
Muro ciclopico	3,00	0,80	2,00	0,50	2,00
Muro in c.a.	2,50	0,50	0,75	0,50	1,70
Muro in c.a.	3,00	0,50	0,80	0,50	2,20
Muro in c.a.	3,50	0,50	0,85	0.80	2,70
Muro in c.a.	4,00	0,50	0,90	0,80	3,10
Muro in c.a.	4,50	0,50	0,95	0,80	3,40

Di seguito viene riportato il calcolo relativi alle seguenti strutture:

- muro ciclopico H = 3,00 m.
- muro in c.a. H = 2,50 m.
- muro in c.a. H = 3,50 m.
- muro in c.a. H = 4,50 m.

Convenzione segni:

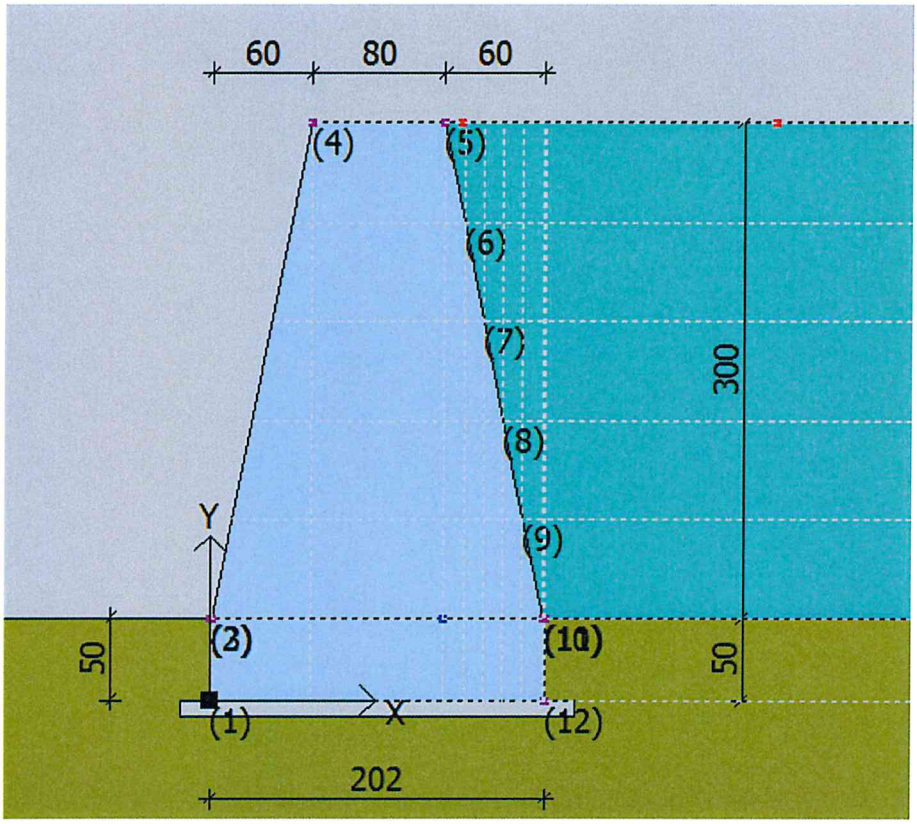
Forze verticali positive se dirette dall'alto verso il basso;

Forze orizzontali positive se dirette da monte verso valle;

Coppie positive se antiorarie;

Angoli positivi se antiorari.

9.1 *Muro ciclopico H=3,00 m.*



Dati generali

Normativa GEO	NTC 2008
Normativa STR	NTC 2008
Spinta	Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	300.0 cm
Spessore testa muro	80.0 cm
Risega muro lato valle	60.0 cm
Risega muro lato monte	60.0 cm
Altezza estremità mensola a valle	50.0 cm
Altezza estremità mensola a monte	50.0 cm

Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
1	300	0	10.00	0	0.00	0	Si		Acqua
2	150	0	19.00	34	0.00	23	Si		Terreno

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.30
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.30
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

A1+M1+R1 [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0099
Coefficiente sismico verticale Kv 0,005

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
Gamma Peso unità di volume (KN/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (kPa);
ß Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
350.0	290.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	Falda
290.0	230.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	Falda
230.0	170.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	Falda
170.0	110.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	Falda
110.0	50.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.
Ka Coefficiente di spinta attiva.
Kd Coefficiente di spinta dinamica.
Dk Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
11,0	1,02	1,29	-0,13	1,0	0,19	-0,12	-0,02
11,0	1,02	1,29	-0,13	1,0	0,19	-0,12	-0,02
11,0	1,02	1,29	-0,13	1,0	0,19	-0,12	-0,02
11,0	1,02	1,29	-0,13	1,0	0,19	-0,12	-0,02
11,0	1,02	1,29	-0,13	1,0	0,19	-0,12	-0,02

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	350,0	290,0	1,76	0,34	310,0	310,0
2	290,0	230,0	5,29	1,03	256,67	256,67
3	230,0	170,0	8,82	1,71	198,0	198,0
4	170,0	110,0	12,34	2,4	138,57	138,57
5	110,0	50,0	15,87	3,08	78,89	78,89

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py	Peso del muro (kN);
Px	Forza inerziale (kN);
Xp, Yp	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
290,0	0,17	17,59	101,0	318,7
230,0	0,39	39,78	101,0	285,4
170,0	0,66	66,55	101,0	250,7
110,0	0,97	97,91	101,0	215,0
50,0	1,33	133,86	101,0	178,6

Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
290,0	1,94	17,94	0,24	104,0
230,0	7,45	41,15	2,27	128,0
170,0	16,53	69,63	8,08	152,0
110,0	29,18	103,39	19,64	176,0
50,0	45,41	142,43	38,93	200,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (202.0/0.0)

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (202.0/350.0)
Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
350,0	290,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Falda
290,0	230,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Falda
230,0	170,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Falda
170,0	110,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Falda
110,0	50,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Falda
50,0	0,0	19,0	0,0	34,0	23,0	0,0	0,0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0,0	1,0	1,13	-0,01	1,0	0,0	-0,01	0,0
0,0	1,0	1,13	-0,01	1,0	0,0	-0,01	0,0
0,0	1,0	1,13	-0,01	1,0	0,0	-0,01	0,0
0,0	1,0	1,13	-0,01	1,0	0,0	-0,01	0,0
0,0	1,0	1,13	-0,01	1,0	0,0	-0,01	0,0
23,0	0,25	0,27	0,01	0,23	0,1	0,01	0,01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	350,0	290,0	1,8	0,0	310,0	290,0
2	290,0	230,0	5,4	0,0	256,67	230,0
3	230,0	170,0	9,0	0,0	198,0	170,0
4	170,0	110,0	12,6	0,0	138,57	110,0
5	110,0	50,0	16,2	0,0	78,89	50,0

6	50,0	0,0	17,05	0,12	24,14	16,67

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
50.0	0.0	19.0	180.0	34.0	23.0	0.0	180.0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
203,0	3,52	-3,24	-1,37

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	50.0	0.0	-4.95	-1.58	16.67	16.67

Sollecitazioni total i

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	62,04	0,12	71,35
Peso muro	1,33	133,86	-132,83
Peso fondazione	0,32	32,19	-32,43
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,09	12,09	-21,74
Spinte fondazione	-4,95	-1,58	-0,82
	58,83	**176,68**	**-116,47**

Momento stabilizzante	-189,92 kNm
Momento ribaltante	73,45 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	63,78 kN
Sommatoria forze verticali	178,26 kN
Coefficiente di attrito	0,67
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	178,26 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	63,78 kN
Resistenza terreno	125,19 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	**1,96**

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-189,92 kNm
Momento ribaltante	73,45 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	**2,59**

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	58,83 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	176,68 kN
Somma momenti	-116,47 kNm
Larghezza fondazione	202,0 cm
Lunghezza	100,0 cm
Eccentricità su B	35,08 cm
Peso unità di volume	19,0 KN/m³
Angolo di resistenza al taglio	34,0 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	50,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	10,0 KN/m³
Nq	29,44
Nc	42,16
Ng	41,06
Fattori di forma	
sq	1,0
sc	1,0
sg	1,0
Inclinazione carichi	
iq	0,44
ic	0,43
ig	0,3
Fattori di profondità	
dq	1,1
dc	1,15
dg	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	183,73 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	**1,04**

Carico limite verificato Csq>1

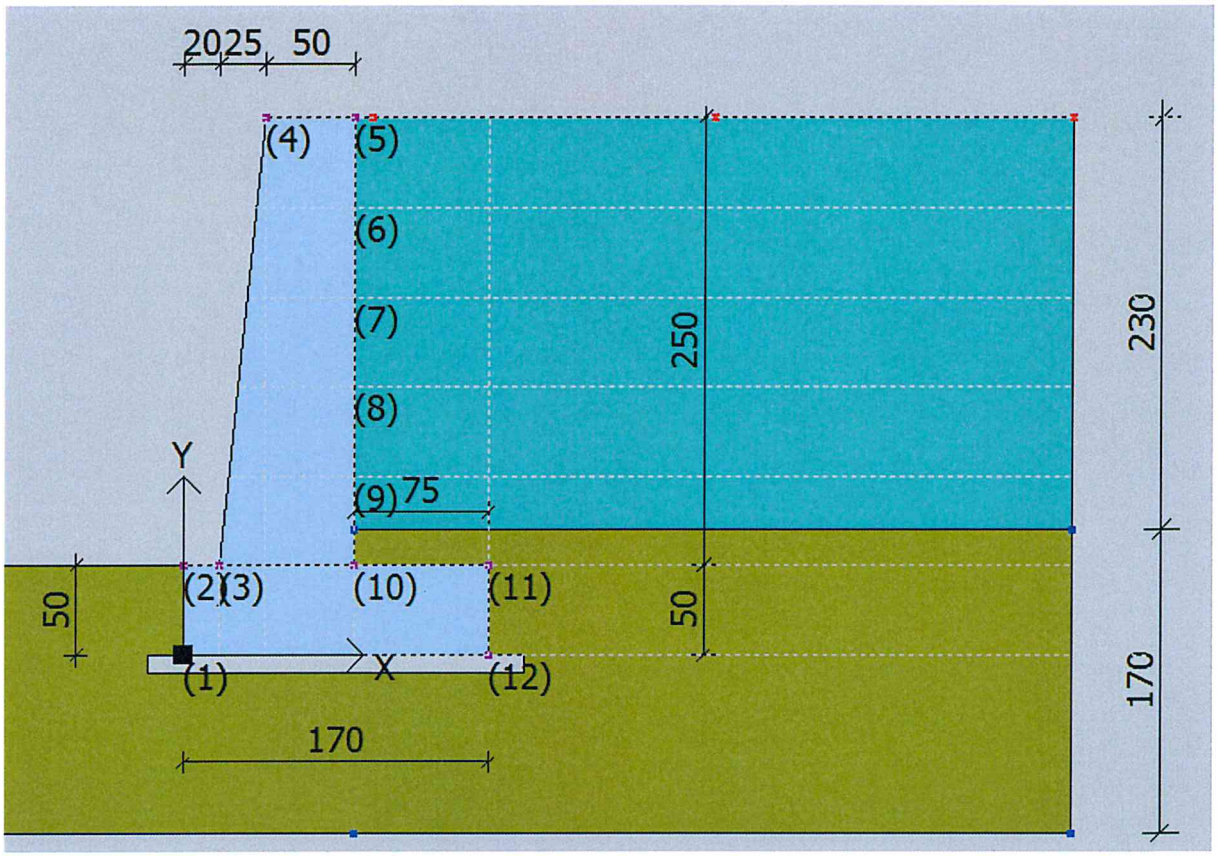
Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	65,92 cm
Larghezza della fondazione	202,0 cm
x = 0,0 cm	178,68 kPa
x = 197,77 cm	0,0 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	200,00 cm
Eccentricità	27,33 cm
Tensione di compressione	0,13 daN/cm²
Tensione di trazione	0,01 N/mm²

9.2 *Muro in c.a. H=2,50 m.*



Dati generali

Normativa GEO	NTC 2008
Normativa STR	NTC 2008
Spinta	Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	250.0 cm
Spessore testa muro	50.0 cm
Risega muro lato valle	25.0 cm
Sporgenza mensola a valle	20.0 cm
Sporgenza mensola a monte	75.0 cm
Altezza estremità mensola a valle	50.0 cm
Altezza estremità mensola a monte	50.0 cm

Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
1	430	0	10.00	0	0.00	0	Si		Acqua
2	200	0	19.00	34	0.00	23	Si		Terreno

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.30
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.30
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

A1+M1+R1 [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.0099
Coefficiente sismico verticale Kv 0.005

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

- Qi Quota iniziale strato (cm);
- Qf Quota finale strato
- Gamma Peso unità di volume (KN/m³);
- Eps Inclinazione dello strato. (°);
- Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
- Delta Angolo attrito terra muro;
- c Coesione (kPa);
- ß Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
- Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
300.0	250.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falda
250.0	200.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falda
200.0	150.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falda
150.0	100.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falda
100.0	70.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falda
70.0	50.0	19.0	0.0	34.0	23.0	0.0	0.0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

- μ Angolo di direzione della spinta.
- Ka Coefficiente di spinta attiva.
- Kd Coefficiente di spinta dinamica.
- Dk Coefficiente di incremento dinamico.
- Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
- Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0,0	1,0	1,13	-0,01	1,0	0,0	-0,01	0,0
0,0	1,0	1,13	-0,01	1,0	0,0	-0,01	0,0
0,0	1,0	1,13	-0,01	1,0	0,0	-0,01	0,0
0,0	1,0	1,13	-0,01	1,0	0,0	-0,01	0,0
0,0	1,0	1,13	-0,01	1,0	0,0	-0,01	0,0
23,0	0,25	0,27	0,01	0,23	0,1	0,01	0,01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
Qf Quota inizio strato.
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	300.0	250.0	1.25	0.0	266.67	250.0
2	250.0	200.0	3.75	0.0	222.22	200.0
3	200.0	150.0	6.25	0.0	173.33	150.0
4	150.0	100.0	8.75	0.0	123.81	100.0
5	100.0	70.0	6.45	0.0	84.65	70.0
6	70.0	50.0	4.97	0.02	59.81	56.67

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

Py Peso del muro (kN);
Px Forza inerziale (kN);
Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
250.0	0.08	8.35	68.7	274.6
200.0	0.17	17.53	67.4	248.5
150.0	0.27	27.48	66.1	221.7
100.0	0.38	38.25	64.7	194.4
70.0	0.45	45.07	63.9	177.8
50.0	0.49	49.79	63.3	166.7

Sollecitazioni sul muro

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
250.0	1.33	8.35	0.13	55.0
200.0	5.17	17.53	1.33	60.0
150.0	11.52	27.48	4.83	65.0
100.0	20.37	38.25	11.89	70.0
70.0	26.89	45.07	18.32	73.0
50.0	31.91	49.81	23.73	75.0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (170.0/0.0)
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (170.0/300.0)
Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
300.0	250.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falda
250.0	200.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falda
200.0	150.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falda
150.0	100.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falda
100.0	70.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falda
70.0	50.0	19.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	Falda
50.0	0.0	19.0	0.0	34.0	23.0	0.0	0.0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0.0	1.0	1.13	-0.01	1.0	0.0	-0.01	0.0
0.0	1.0	1.13	-0.01	1.0	0.0	-0.01	0.0
0.0	1.0	1.13	-0.01	1.0	0.0	-0.01	0.0
0.0	1.0	1.13	-0.01	1.0	0.0	-0.01	0.0
0.0	1.0	1.13	-0.01	1.0	0.0	-0.01	0.0
34.0	0.26	0.27	0.01	0.21	0.14	0.01	0.01
23.0	0.25	0.27	0.01	0.23	0.1	0.01	0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	300.0	250.0	1.25	0.0	266.67	250.0

2	250.0	200.0	3.75	0.0	222.22	200.0
3	200.0	150.0	6.25	0.0	173.33	150.0
4	150.0	100.0	8.75	0.0	123.81	100.0
5	100.0	70.0	6.45	0.0	84.65	70.0
6	70.0	50.0	4.96	0.03	59.82	56.67
7	50.0	0.0	14.19	0.26	24.11	21.16

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
50.0	0.0	19.0	180.0	34.0	23.0	0.0	180.0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
203.0	3.52	-3.24	-1.37

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	50.0	0.0	-4.95	-1.58	16.67	16.67

Sollecitazioni total i

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	45.6	0.29	44.68
Peso muro	0.49	49.79	-30.7
Peso fondazione	0.27	27.09	-22.96
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0

Terr. fondazione	0.2	26.13	-34.29
Spinte fondazione	-4.95	-1.58	-0.82
	41.61	**101.72**	**-44.09**

Momento stabilizzante	-89.66 kNm
Momento ribaltante	45.57 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	46.56 kN
Sommatoria forze verticali	103.3 kN
Coefficiente di attrito	0.67
Adesione	0.0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	103.3 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	46.56 kN
Resistenza terreno	74.63 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	**1.6**

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-89.66 kNm
Momento ribaltante	45.57 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	**1.97**

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite verticale VESIC

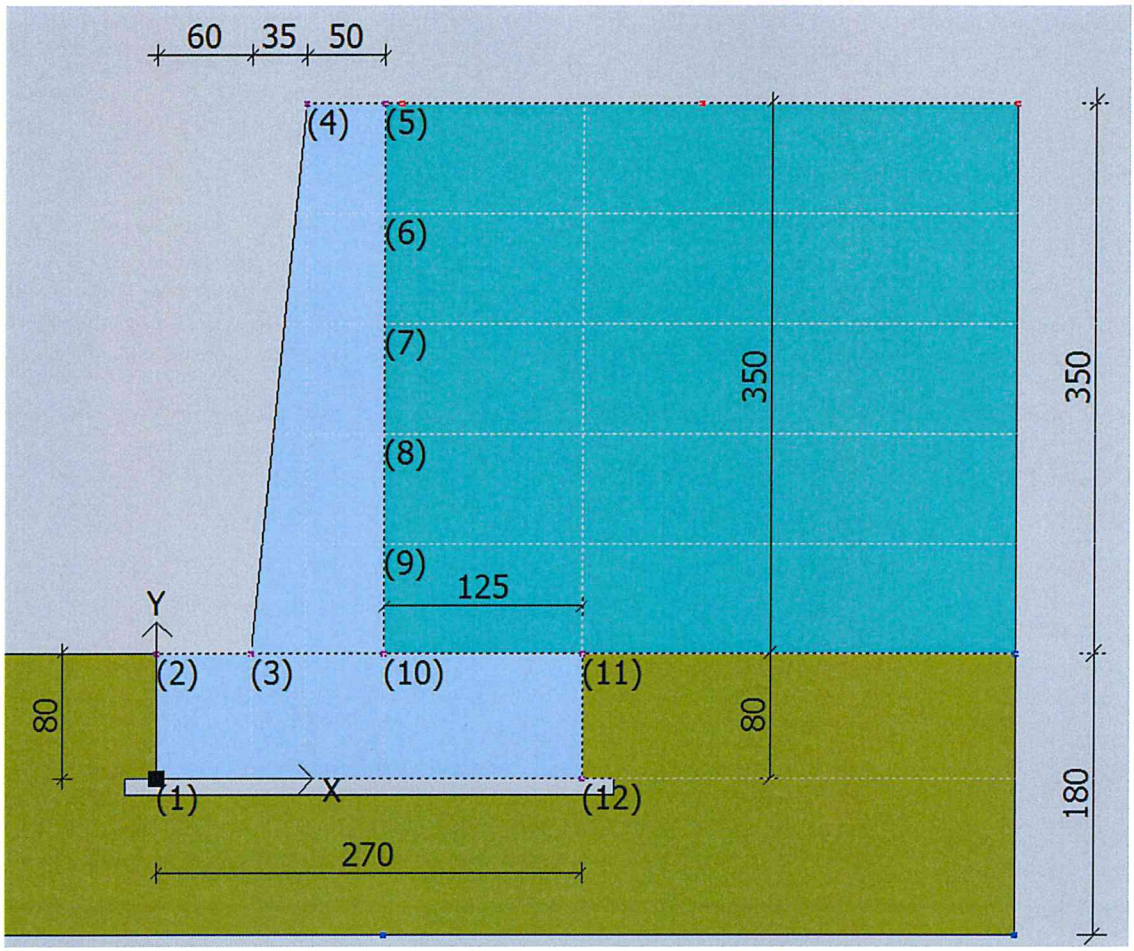
Somma forze in direzione x (Fx)	41.61 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	101.72 kN
Somma momenti	-44.09 kNm
Larghezza fondazione	170.0 cm
Lunghezza	100.0 cm
Eccentricità su B	41.66 cm
Peso unità di volume	19.0 KN/m³
Angolo di resistenza al taglio	34.0 °
Coesione	0.0 kPa
Terreno sulla fondazione	50.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	19.0 KN/m³
Nq	29.44
Nc	42.16
Ng	41.06
Fattori di forma	
sq	1.0
sc	1.0
sg	1.0
Inclinazione carichi	
iq	0.35
ic	0.33
ig	0.21
Fattori di profondità	
dq	1.15
dc	1.23
dg	1.0
Carico limite verticale (Qlim)	113.92 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	**1.12**

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	43.34 cm
Larghezza della fondazione	170.0 cm
x = 0.0 cm	156.47 kPa
x = 130.02 cm	0.0 kPa

9.3 *Muro in c.a. H=3,50 m.*



Dati generali

Normativa GEO	NTC 2008
Normativa STR	NTC 2008
Spinta	Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	350.0 cm
Spessore testa muro	50.0 cm
Risega muro lato valle	35.0 cm
Sporgenza mensola a valle	60.0 cm
Sporgenza mensola a monte	125.0 cm
Altezza estremità mensola a valle	80.0 cm
Altezza estremità mensola a monte	80.0 cm

Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
1	430	0	10.00	0	0.00	0	Si		Acqua
2	200	0	19.00	34	0.00	23	Si		Terreno

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.30
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.30
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

A1+M1+R1 [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.0099
Coefficiente sismico verticale Kv 0.005

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
Gamma Peso unità di volume (KN/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (kPa);
ß Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
430.0	360.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falda
360.0	290.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falda
290.0	220.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falda
220.0	150.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falda
150.0	80.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.
Ka Coefficiente di spinta attiva.
Kd Coefficiente di spinta dinamica.
Dk Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0.0	1.0	1.13	-0.01	1.0	0.0	-0.01	0.0

0.0	1.0	1.13	-0.01	1.0	0.0	-0.01	0.0
0.0	1.0	1.13	-0.01	1.0	0.0	-0.01	0.0
0.0	1.0	1.13	-0.01	1.0	0.0	-0.01	0.0
0.0	1.0	1.13	-0.01	1.0	0.0	-0.01	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	430.0	360.0	2.45	0.0	383.33	360.0
2	360.0	290.0	7.35	0.0	321.11	290.0
3	290.0	220.0	12.25	0.0	252.67	220.0
4	220.0	150.0	17.15	0.0	183.33	150.0
5	150.0	80.0	22.04	0.0	113.7	80.0

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

Py	Peso del muro (kN);
Px	Forza inerziale (kN);
Xp, Yp	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
360.0	0.12	11.95	118.2	394.2
290.0	0.25	25.44	116.4	357.1
220.0	0.4	40.51	114.4	318.9
150.0	0.57	57.12	112.5	279.8
80.0	0.75	75.32	110.5	239.9

Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
360.0	2.57	11.95	0.41	57.0
290.0	10.05	25.44	3.88	64.0
220.0	22.44	40.51	13.84	71.0
150.0	39.75	57.12	33.6	78.0
80.0	61.98	75.32	66.6	85.0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (270.0/0.0)
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (270.0/430.0)
Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
430.0	360.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falda
360.0	290.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falda
290.0	220.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falda
220.0	150.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falda
150.0	80.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falda
80.0	0.0	19.0	0.0	34.0	23.0	0.0	0.0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0.0	1.0	1.13	-0.01	1.0	0.0	-0.01	0.0
0.0	1.0	1.13	-0.01	1.0	0.0	-0.01	0.0
0.0	1.0	1.13	-0.01	1.0	0.0	-0.01	0.0
0.0	1.0	1.13	-0.01	1.0	0.0	-0.01	0.0
0.0	1.0	1.13	-0.01	1.0	0.0	-0.01	0.0
23.0	0.25	0.27	0.01	0.23	0.1	0.01	0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	430.0	360.0	2.45	0.0	383.33	360.0
2	360.0	290.0	7.35	0.0	321.11	290.0
3	290.0	220.0	12.25	0.0	252.67	220.0
4	220.0	150.0	17.15	0.0	183.33	150.0
5	150.0	80.0	22.04	0.0	113.7	80.0
6	80.0	0.0	33.06	0.31	38.18	26.67

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
80.0	0.0	19.0	180.0	34.0	23.0	0.0	180.0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
203.0	3.52	-3.24	-1.37

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	80.0	0.0	-12.67	-4.04	26.67	26.67

Sollecitazioni total i

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	94.29	0.31	132.21
Peso muro	0.75	75.32	-81.44
Peso fondazione	0.68	68.85	-92.68
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.43	56.88	-116.91
Spinte fondazione	-12.67	-4.04	-3.38
	83.48	**197.31**	**-162.2**

Momento stabilizzante	-295.03 kNm
Momento ribaltante	132.83 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	96.15 kN
Sommatoria forze verticali	201.36 kN
Coefficiente di attrito	0.67
Adesione	0.0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	201.36 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	96.15 kN
Resistenza terreno	148.48 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	**1.54**

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-295.03 kNm
Momento ribaltante	132.83 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	**2.22**

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite verticale VESIC

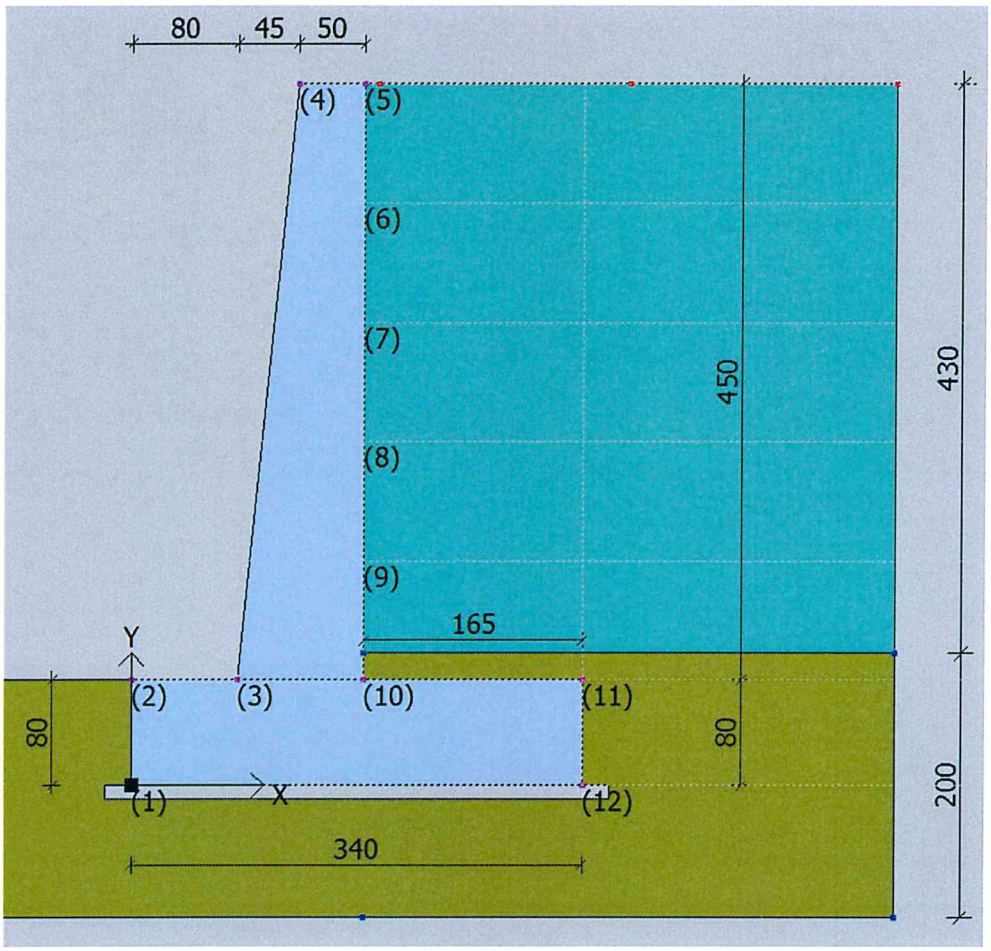
Somma forze in direzione x (Fx)	83.48 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	197.31 kN
Somma momenti	-162.2 kNm
Larghezza fondazione	270.0 cm
Lunghezza	100.0 cm
Eccentricità su B	52.8 cm
Peso unità di volume	19.0 KN/m³
Angolo di resistenza al taglio	34.0 °
Coesione	0.0 kPa
Terreno sulla fondazione	80.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	10.0 KN/m³
Nq	29.44
Nc	42.16
Ng	41.06
Fattori di forma	
sq	1.0
sc	1.0
sg	1.0
Inclinazione carichi	
iq	0.33
ic	0.31
ig	0.19
Fattori di profondità	
dq	1.13
dc	1.19
dg	1.0
Carico limite verticale (Qlim)	226.82 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	**1.15**

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	82.2 cm
Larghezza della fondazione	270.0 cm
x = 0.0 cm	160.02 kPa
x = 246.61 cm	0.0 kPa

9.4 *Muro in c.a. H=4,50 m.*



Dati generali

Normativa GEO	NTC 2008
Normativa STR	NTC 2008
Spinta	Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	450,0 cm
Spessore testa muro	50,0 cm
Risega muro lato valle	45,0 cm
Sporgenza mensola a valle	80,0 cm
Sporgenza mensola a monte	165,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	80,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	80,0 cm

Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
1	430	0	10.00	0	0.00	0	Si		Acqua
2	200	0	19.00	34	0.00	23	Si		Terreno

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.30
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.30
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

A1+M1+R1 [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.0099
Coefficiente sismico verticale Kv 0.005

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

- Qi Quota iniziale strato (cm);
- Qf Quota finale strato
- Gamma Peso unità di volume (KN/m³);
- Eps Inclinazione dello strato. (°);
- Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
- Delta Angolo attrito terra muro;
- c Coesione (kPa);
- ß Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
- Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
530,0	440,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Falda
440,0	350,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Falda
350,0	260,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Falda
260,0	170,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Falda
170,0	100,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Falda
100,0	80,0	19,0	0,0	34,0	23,0	0,0	0,0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

- μ Angolo di direzione della spinta.
- Ka Coefficiente di spinta attiva.
- Kd Coefficiente di spinta dinamica.
- Dk Coefficiente di incremento dinamico.
- Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
- Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0,0	1,0	1,13	-0,01	1,0	0,0	-0,01	0,0
0,0	1,0	1,13	-0,01	1,0	0,0	-0,01	0,0
0,0	1,0	1,13	-0,01	1,0	0,0	-0,01	0,0
0,0	1,0	1,13	-0,01	1,0	0,0	-0,01	0,0
0,0	1,0	1,13	-0,01	1,0	0,0	-0,01	0,0
23,0	0,25	0,27	0,01	0,23	0,1	0,01	0,01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	530,0	440,0	4,05	0,0	470,0	440,0
2	440,0	350,0	12,15	0,0	390,0	350,0
3	350,0	260,0	20,24	0,0	302,0	260,0
4	260,0	170,0	28,34	0,0	212,86	170,0
5	170,0	100,0	27,64	0,0	133,97	100,0
6	100,0	80,0	9,05	0,02	89,9	86,67

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

Py	Peso del muro (kN);
Px	Forza inerziale (kN);
Xp, Yp	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
440,0	0,15	15,65	147,7	483,8
350,0	0,34	33,85	145,3	435,4
260,0	0,54	54,67	142,8	385,4
170,0	0,77	78,03	140,2	334,1
100,0	0,97	97,99	138,2	293,4
80,0	1,03	104,01	137,6	281,7

Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
440,0	4,2	15,65	0,94	59,0
350,0	16,53	33,85	8,55	68,0
260,0	36,98	54,67	30,03	77,0
170,0	65,55	78,03	72,61	86,0
100,0	93,39	97,99	124,85	93,0
80,0	102,5	104,03	143,42	95,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (340.0/0.0)
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (340.0/530.0)
Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
530,0	440,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Falda
440,0	350,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Falda
350,0	260,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Falda
260,0	170,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Falda
170,0	100,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Falda
100,0	80,0	19,0	0,0	34,0	34,0	0,0	0,0	Falda
80,0	0,0	19,0	0,0	34,0	23,0	0,0	0,0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0,0	1,0	1,13	-0,01	1,0	0,0	-0,01	0,0
0,0	1,0	1,13	-0,01	1,0	0,0	-0,01	0,0
0,0	1,0	1,13	-0,01	1,0	0,0	-0,01	0,0
0,0	1,0	1,13	-0,01	1,0	0,0	-0,01	0,0
0,0	1,0	1,13	-0,01	1,0	0,0	-0,01	0,0
34,0	0,26	0,27	0,01	0,21	0,14	0,01	0,01
23,0	0,25	0,27	0,01	0,23	0,1	0,01	0,01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	530,0	440,0	4,05	0,0	470,0	440,0

2	440,0	350,0	12,15	0,0	390,0	350,0
3	350,0	260,0	20,24	0,0	302,0	260,0
4	260,0	170,0	28,34	0,0	212,86	170,0
5	170,0	100,0	27,64	0,0	133,97	100,0
6	100,0	80,0	9,04	0,03	89,9	86,67
7	80,0	0,0	40,15	0,53	38,72	32,29

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
80,0	0,0	19,0	180,0	34,0	23,0	0,0	180,0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
203.0	3.52	-3.24	-1.37

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	80.0	0.0	-12.67	-4.04	26.67	26.67

Sollecitazioni total i

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	141,62	0,56	246,67
Peso muro	1,03	104,01	-140,22
Peso fondazione	0,86	86,7	-147,05
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0

Terr. fondazione	0,76	100,39	-256,23
Spinte fondazione	-12,67	-4,04	-3,38
	131,61	**287,62**	**-300,21**

Momento stabilizzante	-550,91 kNm
Momento ribaltante	250,71 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	144,27 kN
Sommatoria forze verticali	291,66 kN
Coefficiente di attrito	0,67
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	291,66 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	144,27 kN
Resistenza terreno	209,39 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	**1,45**

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-550,91 kNm
Momento ribaltante	250,71 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	**2,2**

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite verticale VESIC

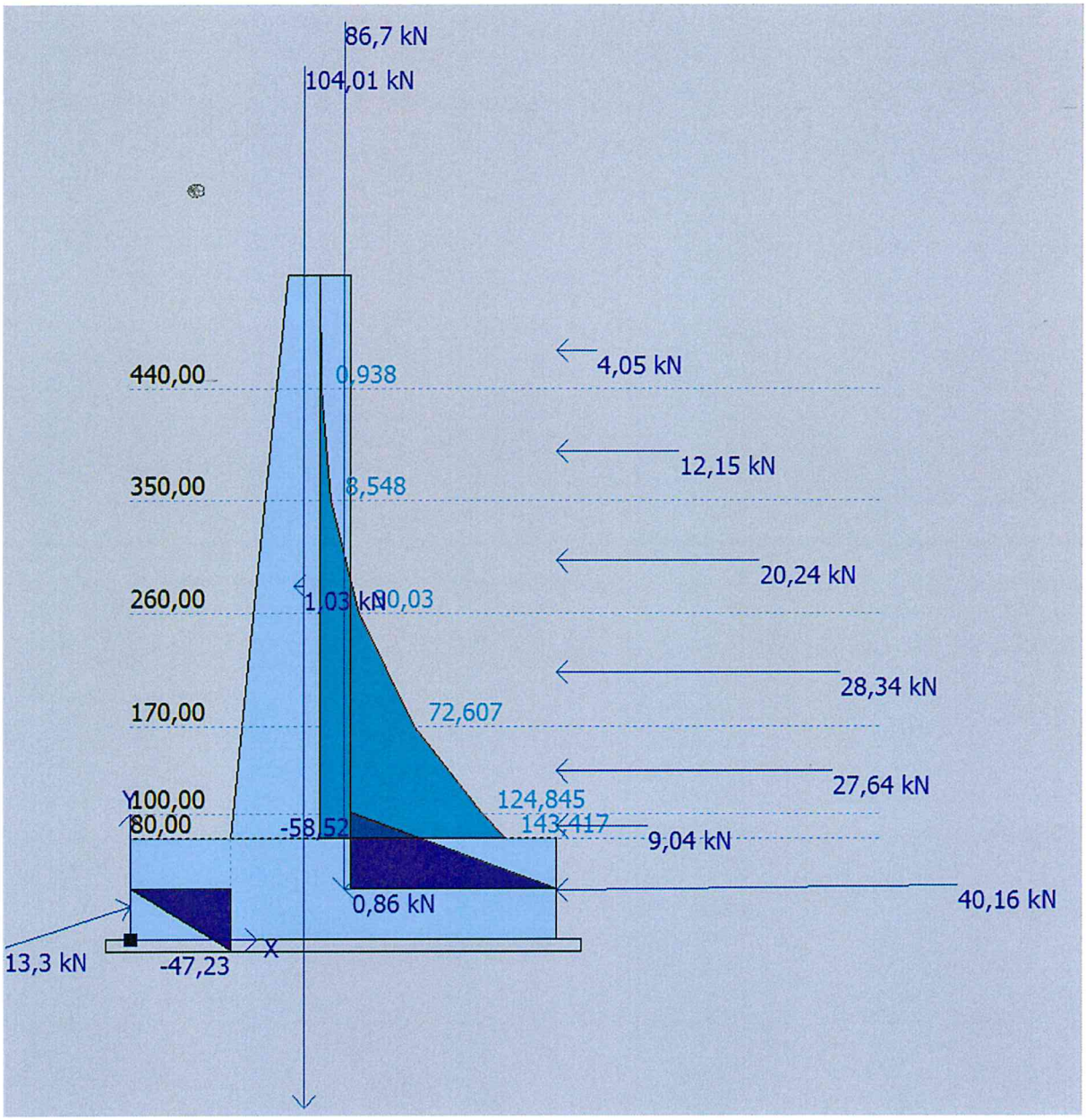
Somma forze in direzione x (Fx)	131,61 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	287,62 kN
Somma momenti	-300,21 kNm
Larghezza fondazione	340,0 cm
Lunghezza	100,0 cm
Eccentricità su B	65,62 cm
Peso unità di volume	19,0 KN/m³
Angolo di resistenza al taglio	34,0 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	80,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	19,0 KN/m³
Nq	29,44
Nc	42,16
Ng	41,06
Fattori di forma	
sq	1,0
sc	1,0
sg	1,0
Inclinazione carichi	
iq	0,29
ic	0,27
ig	0,16
Fattori di profondità	
dq	1,1
dc	1,15
dg	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	406,13 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	**1,41**

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	104,38 cm
Larghezza della fondazione	340,0 cm
x = 0,0 cm	183,7 kPa
x = 313,13 cm	0,0 kPa

Schema forze e momenti agenti sul muro



MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
80,0	-12,67	-111,84	-47,23	80,0

MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
175,0	40,15	190,76	-58,52	80,0

VERIFICA ARMATURA BASE MURO H=4.50 M.

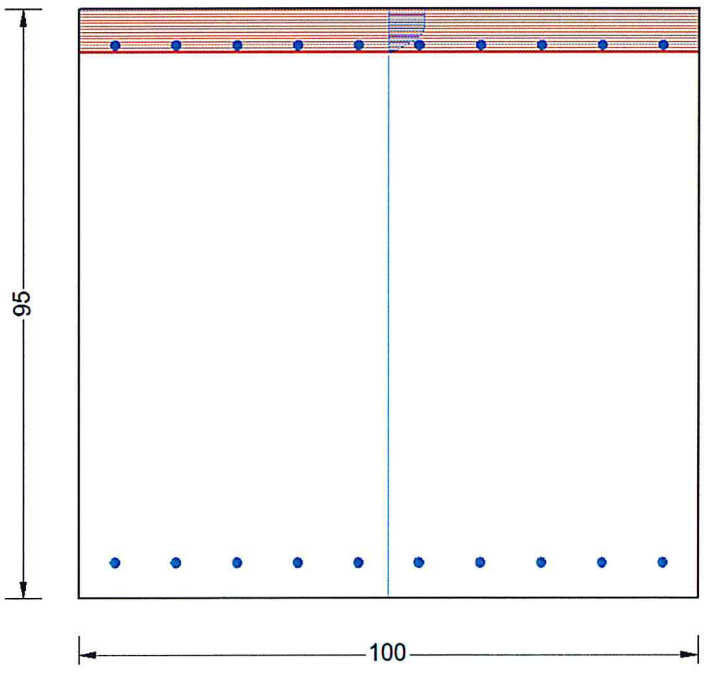
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resistenza compress. di calcolo fcd:	141.60	daN/cm²
	Resistenza compress. ridotta fcd':	70.80	daN/cm²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	314750	daN/cm²
	Coeff. di Poisson:	0.20	
	Resis. media a trazione fctm:	25.60	daN/cm²
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm²
	Resist. a snerv. di calcolo fyd:	3913.0	daN/cm²
	Resist. ultima di calcolo ftd:	3913.0	daN/cm²
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm²
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0 cm
Altezza:	95.0 cm
Barre inferiori:	10Ø16 (20.1 cm²)
Barre superiori:	10Ø16 (20.1 cm²)



ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
MT	Momento torcente [daN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	10403	14342	10250	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:5.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yneutro	Ordinata [cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.
Mx sn.	Momento flettente allo snervamento [daNm]
x/d	Rapp. di duttilità a rottura per sole travi (N = 0)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa	Area armature long. [cm²] in zona tesa per sole travi (l'area minima ex (4.1.43)NTC è indicata tra parentesi)

N°Comb	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yn	M sn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	10403	14342	10420	72265	5.039	88.5	69185	---	---	---

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

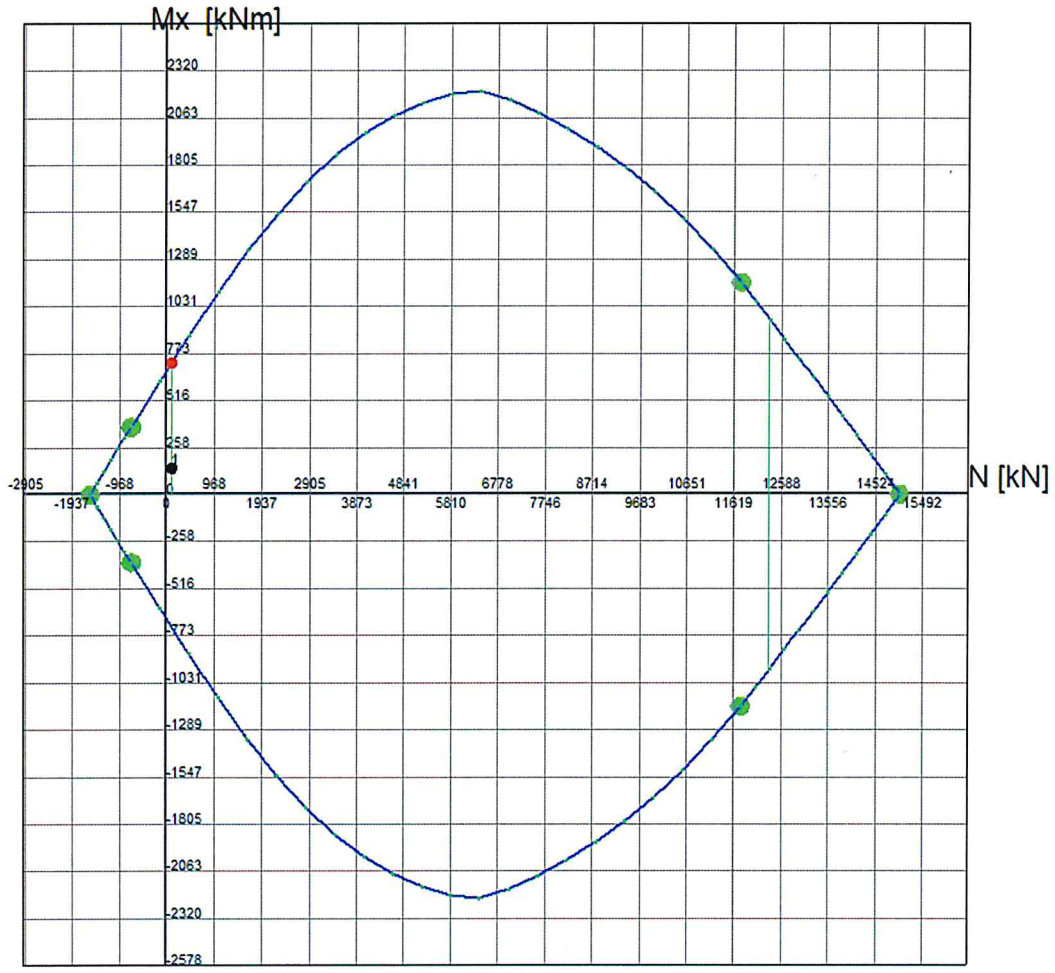
ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	-0.01849	95.0	0.00037	89.2	-0.04469	5.8

METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.14)NTC]
d	Altezza utile sezione [cm]
bw	Larghezza minima sezione [cm]
Ro	Rapporto geometrico di armatura longitudinale [<0.02]
Scp	Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm²]

N°Comb	Ver	Vsdu	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	10250	29533	89.2	100.00	0.0023	0.1



Passo Momenti Mx griglia = 258 kNm Passo Sforzo Normale N = 968 kN

10. CONCLUSIONI

Il dimensionamento delle varie strutture ha permesso di definire la geometria delle opere al fine di garantire la stabilità delle stesse nel rispetto dei parametri assunti a base di calcolo, in relazione alle caratteristiche ed alle sollecitazioni ammissibili dei materiali impiegati ed ai parametri geotecnici definiti a seguito dei sondaggi geognostici.

Tirano, lì agosto 2015.

I PROGETTISTI

Ing.Benedetto Del Simone

Ing. Davide Del Simone

Arch. Lidia Desti

Ing. Pietro Forti