



COMUNE DI ARIZZANO (Provincia del V.C.O.)

Corso Roma n. 1 - 28811 Arizzano (VB)
tel. 0323 551939
email protocollo@comune.arizzano.vb.it
pec arizzano@pec.it

Oggetto:

LAVORI DI PRONTO INTERVENTO PER RIPRISTINO
FUNZIONALITA' DELLA VIABILITA' COMUNALE
A SEGUITO DEI DISSESTI CAUSATI DALLE FORTI
PIOGGE DEL 07.06.2020:
- VIA MULINI (LOTTO A)
- VIALE DELLA VITTORIA (LOTTO B)

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

Elaborato n°:

LI

Titolo elaborato:

*Relazione di calcolo opere strutturali
frana Via Mulini*

Scala:

Data:

luglio 2020

Aggiornamento:

dott. ing. D'ELIA FRANCESCA

vicolo Quarto n. 1 - 28802 Mergozzo (VB)

tel. 348 1320768

email: francesca.delia@libero.it

pec: francesca.delia3@ingpec.eu

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli e le verifiche riportate nella presente relazione sono stati condotti con riferimento al disposto delle seguenti norme:

- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 – “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- D.M. 17.01.2018 – “Norme tecniche per le costruzioni”;
- CIRCOLARE in data 21 gennaio 2019, n. 7 – “Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”.

2. METODO E CODICI DI CALCOLO

I calcoli sono stati condotti adottando il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

L'analisi strutturale condotta è stata del tipo: statica lineare e sismica statica lineare.

La ricerca dei parametri di sollecitazione è stata fatta secondo le disposizioni di carico più gravose avvalendosi di codici di calcolo automatico per l'analisi strutturale. Tali codici sono di sicura ed accertata validità e sono stati impiegati conformemente alle loro caratteristiche.

In particolare, è stato utilizzato il seguente programma di calcolo: Muri di sostegno MDC della soc. “Geostru”.

3. CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI

Nell'esecuzione delle opere in oggetto è previsto l'utilizzo dei seguenti materiali:

Calcestruzzo

Classe di resistenza del calcestruzzo: C25/30
Classe di esposizione del calcestruzzo: XC2
Classe di consistenza del calcestruzzo: S4
Diametro massimo dell'aggregato: 20 mm
Resistenza caratteristica cilindrica: $f_{c,k} \geq 25$ Mpa
Resistenza caratteristica cubica: $R_{c,k} \geq 30$ Mpa

Acciaio per armatura

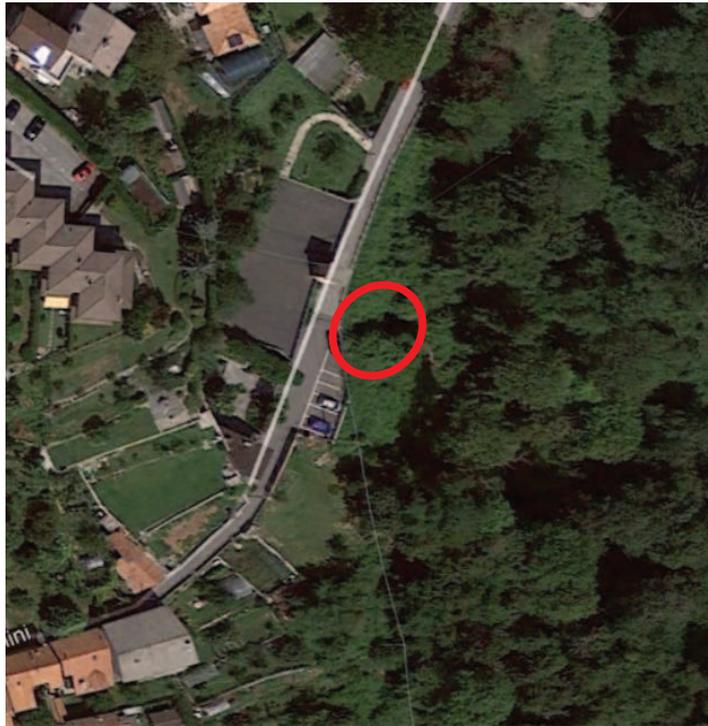
Tipologia acciaio: B450C
Tensione caratteristica di rottura: $f_{t,k} \geq 540$ Mpa
Tensione caratteristica di snervamento: $f_{y,k} \geq 450$ Mpa

4. ZONIZZAZIONE SISMICA, VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E GEOMETRIE

La struttura oggetto della presente relazione è localizzata in comune di Arizzano.
Lat./Long. [WGS84]: 45,957111 / 8,587389

I parametri che classificano la struttura sono:

Classe d'uso: II
Vita Nominale V_n : 50 anni
Coefficiente d'uso C_u : 1
Periodo V_r : 50 anni



5. AZIONI

I valori delle azioni considerati nei calcoli sono quelli previsti dal D.M. 14.01.2018; in particolare sono stati considerati i carichi elementari di seguito riportati:

ELEMENTI STRUTTURALI

- Peso calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

SPINTA DELLE TERRE

- Determinata con la teoria di Mononobe e Okabe
- Carico limite determinato con la teoria di Vesic

AZIONE SISMICA

L'analisi della struttura soggetta all'azione sismica è stata di tipo lineare.

Risposta locale del sisma:

Categoria Sottosuolo: A

Categoria Topografica: T2

CARICHI STRADALI

E' stato considerato un sovraccarico distribuito di 20 kPa

6. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Le stratigrafie sono state sviluppate sulla scorta della Relazione geologica e degli elaborati geologici, redatti dal dott. geol. Francesco D'Elia ed allegati al presente progetto.

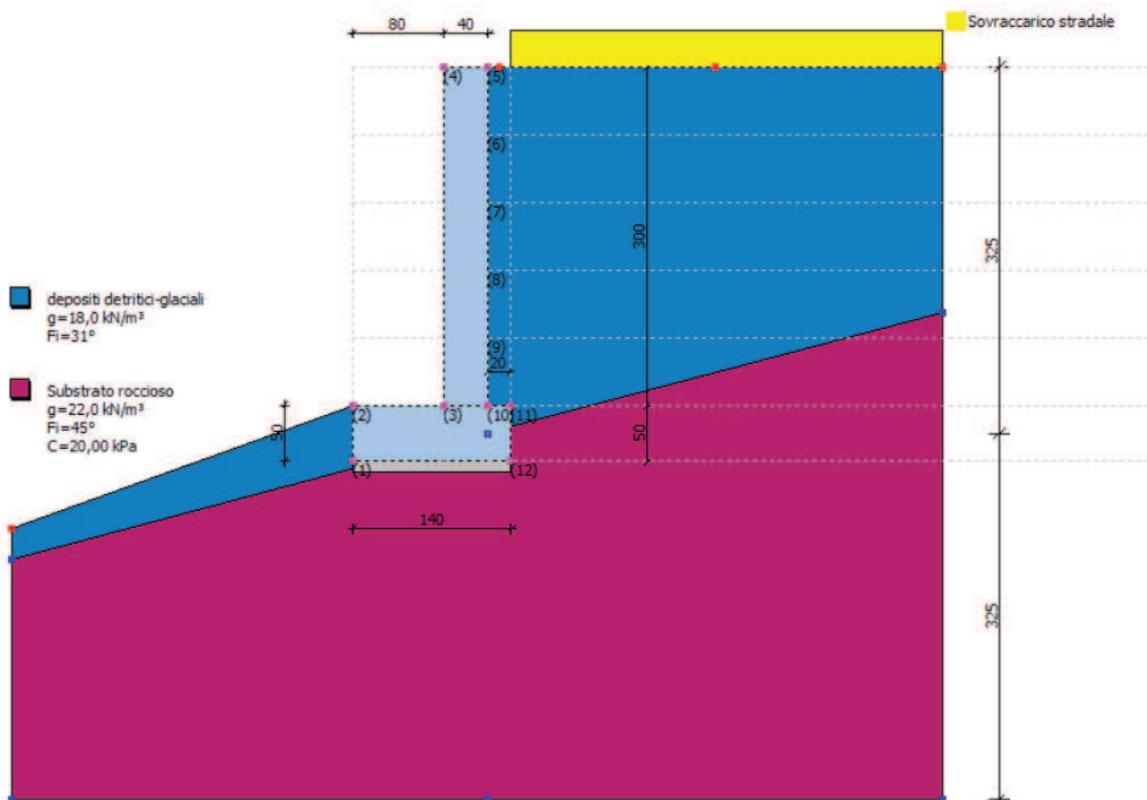
7. ESITI DELLE VERIFICHE

Dati generali

Codice progetto	Muro via Mulini - Arizzano
Comune di	via Mulini - Arizzano (VB)
Condizioni ambientali	Ordinarie
Zona	Arizzano
Lat./Long. [WGS84]	45,957111/8,587389
Normativa GEO	NTC 2018
Normativa STR	NTC 2018
Spinta	Mononobe & Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	300,0 cm
Spessore testa muro	40,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	90,0 cm
Sporgenza mensola a monte	20,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	50,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	50,0 cm



Coefficienti sismici [N.T.C.]**Dati generali**

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
 Classe d'uso: Classe II
 Vita nominale: 50,0 [anni]
 Vita di riferimento: 50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: A
 Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,16	2,57	0,15
S.L.D.	50,0	0,2	2,53	0,18
S.L.V.	475,0	0,43	2,63	0,28
S.L.C.	975,0	0,52	2,71	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Classe II

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,192	1,0	0,0196	0,0098
S.L.D.	0,24	0,47	0,0115	0,0058
S.L.V.	0,516	0,38	0,02	0,01
S.L.C.	0,624	1,0	0,0636	0,0318

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

Nr.	Classe Calcestruzzo	fck,cubi [Mpa]	Ec [Mpa]	fck [Mpa]	fcd [Mpa]	fctd [Mpa]	fctm [Mpa]
1	C25/30	30	31470	25	14,16	1,19	2,56

Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ftk [Mpa]	ftd [Mpa]	ep_tk	epd_ult	β1*β2 iniziale	β1*β2 finale
1	B450C	200000	450	391,3	540	391,3	.075	.0675	1	0,5

Copriferro elevazione 3,0 cm
 Copriferro fondazione 3,0 cm
 Copriferro 3,0 cm

Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazio ne dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m ³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizio ne
1	325	15	18,00	31	0,00	21	No		depositi detritici- glaciali
2	325	0	22,00	45	20,00	30	No		Substrato roccioso

Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
Sovraccarico stradale	20,0	400,0	20,0	20,0	0,0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R3

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
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
7	Sovraccarico stradale	0,00

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	1,4
2	Scorrimento	1,1
3	Partecipazione spinta passiva	1,4
	Ribaltamento	1,15

A1+M1+R3 [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,02
Coefficiente sismico verticale Kv	0,01

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
350,0	290,0	18,0	0,0	31,0	21,0	0,0	0,0	
290,0	230,0	18,0	0,0	31,0	21,0	0,0	0,0	
230,0	170,0	18,0	0,0	31,0	21,0	0,0	0,0	
170,0	110,0	18,0	0,0	31,0	21,0	0,0	0,0	
110,0	50,0	18,0	0,0	31,0	21,0	0,0	0,0	

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
21,0	0,29	0,3	0,02	0,27	0,1	0,01	0,01
21,0	0,29	0,3	0,02	0,27	0,1	0,01	0,01
21,0	0,29	0,3	0,02	0,27	0,1	0,01	0,01
21,0	0,29	0,3	0,02	0,27	0,1	0,01	0,01
21,0	0,29	0,3	0,02	0,27	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	1,54	0,59	313,01	313,01
2	290,0	230,0	3,7	1,42	257,09	257,09
3	230,0	170,0	5,85	2,25	198,16	198,16
4	170,0	110,0	8,01	3,07	138,65	138,65
5	110,0	50,0	10,16	3,9	78,94	78,94

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	0,12	5,88	110,0	320,0
230,0	0,24	11,77	110,0	290,0
170,0	0,35	17,65	110,0	260,0
110,0	0,47	23,54	110,0	230,0
50,0	0,59	29,42	110,0	200,0

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	1,66	6,48	0,27	40,0
230,0	5,47	13,78	2,02	40,0
170,0	11,44	21,91	6,54	40,0
110,0	19,57	30,87	15,12	40,0
50,0	29,85	40,65	29,06	40,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afv Area dei ferri lato valle.
 Afm Area dei ferri lato monte.
 Nu Sforzo normale ultimo (kN);
 Mu Momento flettente ultimo (kNm);
 Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
 Sic. VT $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø12 (5,65)	5Ø14 (7,7)	6,61	106,38	S	149,55	0,0	88,37
5Ø12 (5,65)	5Ø14 (7,7)	14,29	107,61	S	149,65	0,0	26,81
5Ø12 (5,65)	5Ø14 (7,7)	22,42	108,92	S	149,76	0,0	12,83
5Ø12 (5,65)	5Ø14 (7,7)	31,62	110,39	S	149,89	0,0	7,51
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	41,19	143,18	S	152,61	0,0	5,01

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (150, 0/0, 0)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (150, 0/350, 0)$

Centro di rotazione $(x_{ro}, y_{ro}) = (0, 0/0, 0)$

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
350,0	290,0	18,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
290,0	230,0	18,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
230,0	170,0	18,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
170,0	110,0	18,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
110,0	50,0	18,0	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	
50,0	25,0	18,0	0,0	31,0	21,0	0,0	0,0	
25,0	0,0	22,0	0,0	45,0	30,0	20,0	0,0	

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
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,01	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,01	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,01	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,01	0,01
31,0	0,29	0,3	0,02	0,25	0,15	0,01	0,01
21,0	0,29	0,3	0,02	0,27	0,1	0,01	0,01
30,0	0,16	0,17	0,01	0,14	0,08	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	1,52	0,9	313,47	313,4
2	290,0	230,0	3,5	2,09	257,17	257,16
3	230,0	170,0	5,48	3,28	198,19	198,19
4	170,0	110,0	7,46	4,47	138,67	138,67
5	110,0	50,0	9,44	5,66	78,95	78,95
6	50,0	25,0	4,53	2,68	37,33	37,39
7	25,0	0,0	0,31	0,16	10,89	11,13

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
50,0	0,0	22,0	180,0	45,0	30,0	20,0	180,0	

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
210,0	2,63	-2,28	-1,31

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	-34,35	0,0	23,48	0,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	32,23	19,25	15,25
Peso muro	0,59	29,42	-31,19
Peso fondazione	0,37	18,39	-13,7
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,22	14,04	-19,22
Spinte fondazione	-34,35	0,0	-8,07
	-0,95	81,09	-56,92

Momento stabilizzante	-94,68 kNm
Momento ribaltante	37,76 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	33,4 kN
Sommatoria forze verticali	81,09 kN
Coefficiente di attrito	1,0
Adesione	20,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	81,09 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	33,4 kN
Resistenza terreno	145,44 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	3,96
Traslazione verificata Csd>1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-94,68 kNm
Momento ribaltante	37,76 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	2,18
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

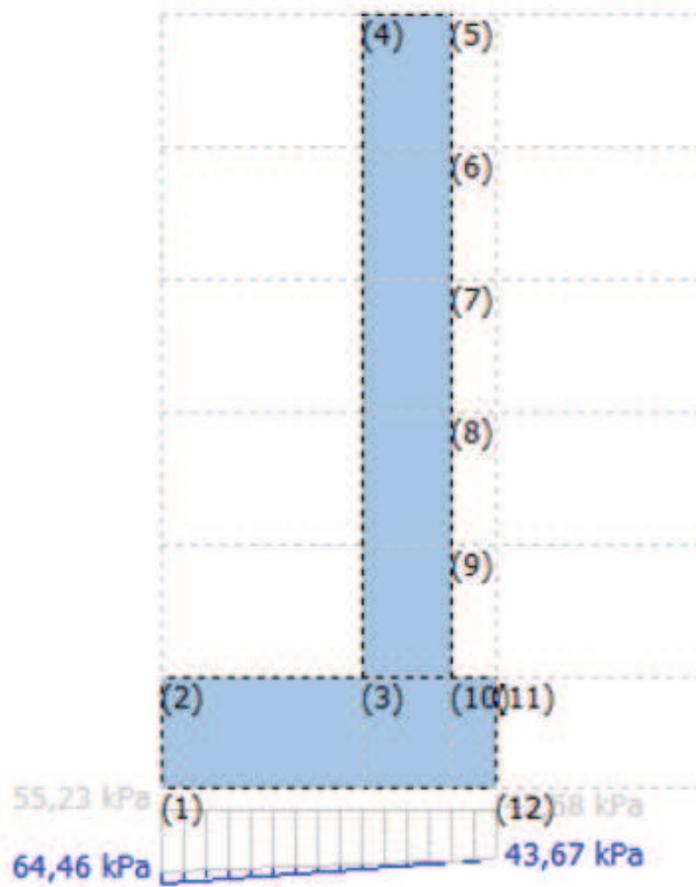
Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	-0,95 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	81,09 kN
Somma momenti	-56,92 kNm
Larghezza fondazione	150,0 cm
Lunghezza	600,0 cm
Eccentricità su B	4,81 cm
Peso unità di volume	22,0 kN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	45,0 °
Coesione	20,0 kPa
Terreno sulla fondazione	50,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	18,0 kN/m ³
Nq	134,87
Nc	133,87
Ng	271,75
Fattori di forma	
sq	1,23
sc	1,24
sg	0,91
Inclinazione carichi	
iq	0,98
ic	0,98
ig	0,98
Fattori di profondità	
dq	1,06
dc	1,14
dg	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	7510,81 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	66,16

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	70,19 cm
Larghezza della fondazione	150,0 cm
$x = 0,0$ cm	64,46 kPa
$x = 150,0$ cm	43,67 kPa



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
90,0	-34,35	-41,36	-18,93	50,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.
 Afs Area dei ferri superiori.
 Nu Sforzo normale ultimo (kN);
 Mu Momento flettente ultimo (kNm);
 Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
 Sic. VT $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	34,96	182,53	S	176,9	0,0	4,19

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
130,0	0,31	23,49	-4,33	50,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.
 Afs Area dei ferri superiori.
 Nu Sforzo normale ultimo (kN);
 Mu Momento flettente ultimo (kNm);
 Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
 Sic. VT $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	0,47	175,53	S	176,41	0,0	7,37

8. CONCLUSIONI

Al fine di fornire un giudizio motivato di accettabilità dei risultati, come richiesto al § 10.2 NTC18, il sottoscritto progettista strutturale assevera di aver:

- a) controllato accuratamente i tabulati di calcolo;
- b) confrontato i risultati del software con quelli ottenuti con semplici calcoli di massima;
- c) esaminato gli stati tensionali e deformativi e di ritenerli consistenti e coerenti con la schematizzazione e modellazione della struttura.

Il sottoscritto, pertanto, ritiene che i risultati riportati nel presente elaborato siano corretti e che il progetto strutturale sia conforme alle Leggi 1086/71 e al DM 17/01/2018 (Norme tecniche per le costruzioni).

Mergozzo, luglio 2020

dott. ing. Francesca D'Elia