



Provincia di Benevento

Settore Tecnico

SERVIZIO VIABILITÀ 2 E CONNESSE INFRASTRUTTURE

FASE:

PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

D. Lgs. 50/2016 art. 23 comma 7 e 8 - D.P.R. 207/2010 artt. 24 e 33

OGGETTO:

S.P. n. 43 "EX SS. 374 - DI SUMMONTE E DI MONTEVERGINE"
Cedimento sede stradale e distacco muri nel Comune di Pannarano (BN)

CODICE ELABORATO:

G.02.b

SCALA : -

DATA : agosto 2020

NOME ELABORATO:

**Calcoli delle strutture: Rifacimento muri di sostegno in c.a. -
Relazione di calcolo strutturale e modellazione sismica**

Progettazione

ing. Antonio FALLUTO



R.U.P. - Resp.le U.O.

Comparto 1

arch. Alessandrina PAPA

Dirigente Settore Tecnico
ing. Angelo Carmine GIORDANO

Resp.le

**Viabilità 2 e connesse
infrastrutture**

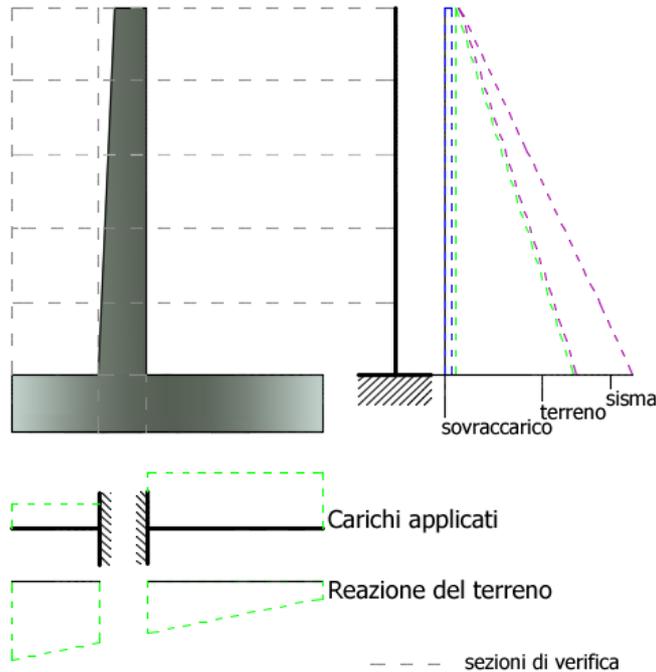
ing. Michelantonio PANARESE



FUNZIONARIO INCARICATO
PORRECA Consuelo -

SCHEMA STATICO E CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

Lo schema statico utilizzato per il calcolo delle caratteristiche di sollecitazioni è quello della trave incastrata (*vedi figura*), la mensola di elevazione può essere caricata da carichi distribuiti (spinta attiva del terreno, contributo del sovraccarico, incremento di spinta per la presenza di falda, incremento di spinta per effetto del sisma...) ma anche da carichi concentrati (forze inerziali, azioni aggiuntive sulla sezione del muro, tiranti...). Il momento flettente delle azioni viene riferito al baricentro della generica sezione di verifica.



Analogamente, per la fondazione di valle e di monte, si assume lo stesso schema statico della mensola di elevazione: si tratta di travi ad asse rettilineo che possono essere caricate da carichi distribuiti verticali, da forze o coppie concentrate.

Per il calcolo delle caratteristiche di sollecitazione il programma sfrutta il metodo analitico facendo riferimento alle caratteristiche positive della convenzione sui segni adottata.

VERIFICHE STRUTTURALI

Secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite ultimi, la verifica di sicurezza di un elemento strutturale corrisponde al verificarsi, sezione per sezione, della seguente relazione simbolica:

$$E_d \leq R_d$$

in cui:

E_d rappresenta una sollecitazione di progetto (*ad esempio uno sforzo flettente, torcente, oppure una sollecitazione composta etc.*), prodotta dalle azioni agenti F_{dj} sul muro, valutate in base ai propri valori caratteristici e maggiorate in base a opportuni coefficienti di combinazione: $F_{dj} = F_{kj} \gamma F_j$

Per sollecitazioni composte (*ad esempio presso-flessione*) la verifica presuppone l'istituzione di un metodo di misura della sicurezza e la relazione precedente risulta essere, in questo caso, solo simbolica.

Si supponga, ad esempio, che in una data sezione agiscano contemporaneamente le sollecitazioni di progetto N_{Ed} ed M_{Ed} (sforzo normale e momento flettente); ad esse corrispondono infinite coppie di valori resistenti N_R , M_R che nel loro insieme costituiscono la linea di frontiera di un dominio resistente. La misura della sicurezza, in questo caso, consiste nel controllare che il punto rappresentativo delle sollecitazioni di progetto allo stato limite ultimo ricada internamente o al più sulla linea di frontiera di tale dominio, detto di sicurezza

R_d è il valore di calcolo della corrispondente sollecitazione resistente sviluppata dai materiali costituenti la sezione, le cui resistenze di calcolo sono ottenute a partire da quelle caratteristiche mediante l'applicazione di coefficienti riduttivi (detti parziali per le resistenze) allo scopo di assicurare il prefissato grado di sicurezza: $R_{di} = R_{ki} / \gamma_{Mi}$

RESISTENZA DI CALCOLO DEI MATERIALI

La resistenza di calcolo f_{cd} a compressione del calcestruzzo da considerare nel calcolo agli stati limite ultimi per il conglomerato è la seguente:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c}$$

dove:

α_{cc} coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata;

f_{ck} resistenza cilindrica caratteristica del conglomerato;

γ_c coefficiente di sicurezza parziale del calcestruzzo.

La resistenza di calcolo dell'acciaio a snervamento f_{yd} è la seguente:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

dove:

f_{yk} resistenza caratteristica (o nominale) dell'acciaio allo snervamento;

γ_s coefficiente di sicurezza parziale dell'acciaio.

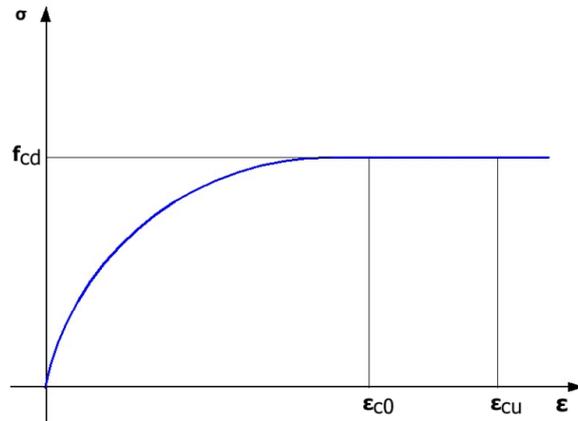
DIAGRAMMA DI CALCOLO TENSIONE-DEFORMAZIONE DEL CALCESTRUZZO

Dei vari diagrammi si è utilizzato quello a parabola-rettangolo di figura ad oggi ritenuto il più attendibile nel calcolo di resistenza (specie in presenza di sforzo normale).

L'arco di parabola presenta il suo asse parallelo all'asse delle tensioni e un segmento di retta parallelo all'asse delle deformazioni e tangente alla parabola nel punto di sommità. Il vertice della parabola ha ascissa ϵ_{c2} e la deformazione massima del segmento corrisponde a quella di ϵ_{cu} fissata dalle norme; l'ordinata massima del diagramma è pari a f_{cd} .

L'arco di parabola sopra definito è analiticamente rappresentato dalla seguente equazione:

$$\sigma = 2 \cdot f_{cd} \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c0}} - f_{cd} \frac{\varepsilon_c^2}{\varepsilon_{c0}^2}$$



Il valore di ε_{c0} è pari a 0,002 per classi di resistenza pari od inferiore a C50/60 con $\varepsilon_{cu} = 0,0035$. Per classi di resistenza superiori è (f_{ck} in Mpa):

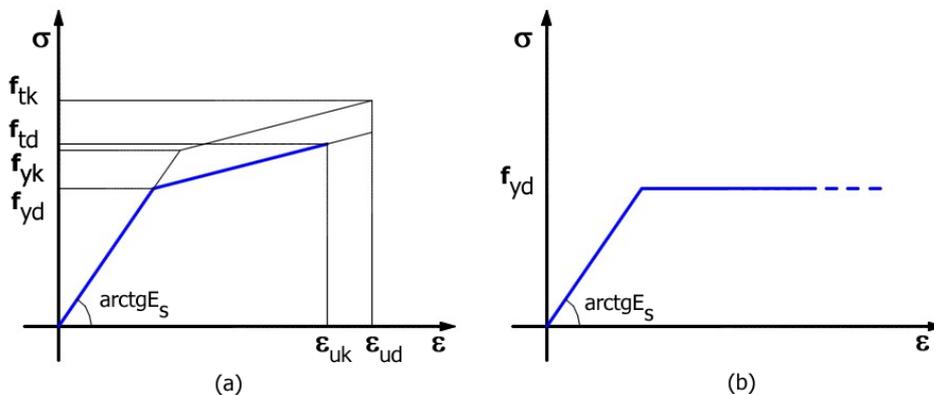
$$\varepsilon_{c2} = 0.002 + 0.000085 \cdot (f_{ck} - 50)^{0.53}$$

$$\varepsilon_{c2} = 0.0026 + 0.0035 \cdot [(90 - f_{ck}) / 100]^4$$

DIAGRAMMA DI CALCOLO TENSIONE-DEFORMAZIONE DEL CALCESTRUZZO

I diagrammi tensione-deformazione dell'acciaio utilizzati sono: (a) bilineare finito con incrudimento; (b) elastico-perfettamente plastico indefinito.

Come deformazione ultima di progetto va assunto il valore di $\varepsilon_{ud} = 0,9 \varepsilon_{uk}$, essendo ε_{uk} la deformazione uniforme ultima che deve essere $\geq 0,075$ per l'acciaio B450C e $k=f_{tk}/f_{yk}$ (rapporto di sovrarresistenza) compreso tra 1,15 e 1,35.



Volendo fissare, in assenza di specifici dati sperimentali, un diagramma di progetto che tenga conto del valore minimo d'incrudimento $k=1,15$ si può porre:

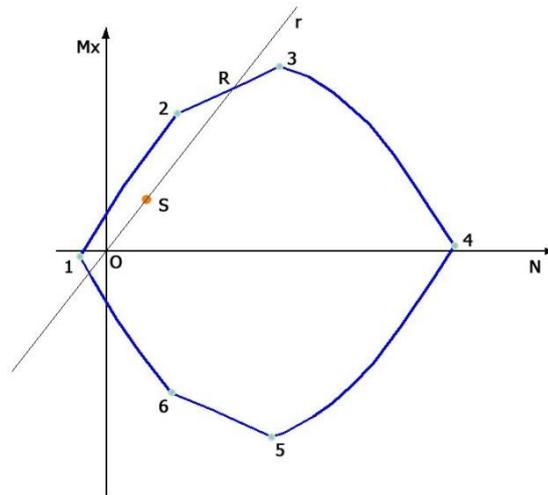
$$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 4500/1,15 = 3913 \text{ daN/cm}^2$$

$$\varepsilon_{ud} = 0,9 \times 0,075 = 0,0675$$

$$f_{td} = k' \times f_{yd} \approx k \times f_{yd} = 1,15 \times 3913 = 4500$$

VERIFICA DI PRESSOFLESSIONE

Assegnata una generica coppia di sollecitazioni di progetto N_S-M_{xS} rappresentata in figura dal punto **S**, la sezione si considera verificata se **S** risulta interno al dominio di resistenza o, al massimo, appartenente alla curva di frontiera del dominio medesimo. Per esprimere, invece, il controllo per via numerica si sceglie una retta passante per il punto **S** e si determina l'intersezione **R** con la frontiera del dominio. La sezione si considera verificata se il rapporto tra le lunghezze dei segmenti è ≥ 1 , essendo **O** un punto qualsiasi della retta purché interno al dominio.



La retta utilizzata per il confronto è quella passante per l'origine **O** degli assi **N-M_x** denominata **r** in figura, è importante notare che i momenti **M_x** sono riferiti al baricentro della sezione di verifica.

VERIFICA A TAGLIO

Il calcolo di verifica a taglio è basato sul rispetto della (4.1.22) DM 2018 :

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

con V_{Rd} si indica il taglio resistente. La verifica viene effettuata considerando dapprima la sezione senza armatura a taglio, in tal caso il taglio resistente verrà valutato dalla seguente relazione (4.1.2.1.3.1 NTC):

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (V_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.23)$$

In sostanza la resistenza a taglio dipende fortemente dall'altezza utile d della sezione, ma anche dalla classe del calcestruzzo f_{ck} e dall'aliquota di armatura tesa longitudinale a flessione $\rho_1 = A_{s1} / b_w \cdot d$). Nel nostro caso è marginale o nullo l'incremento della resistenza da sforzo normale costituita dal termine $0,15 \sigma_{cp}$.

Il programma MDC opera un primo dimensionamento delle armature a flessione ottenendo così un valore iniziale dell'aliquota ρ_l . Se applicando la suddetta (4.1.23) la corrispondente resistenza a taglio V_{Rd} non soddisfa la (4.1.26) vengono aggiunte ulteriori barre longitudinali a flessione incrementando così ρ_l fino ad un massimo dell'1% ($\rho_l = 0,01$). Se anche con la percentuale di armatura tesa dell'1% la sezione non è verificata a taglio è necessario procedere all'incremento dell'altezza utile d della sezione e/o all'impiego di un calcestruzzo con una maggiore resistenza caratteristica f_{ck} .

In genere l'aumento del numero di barre longitudinali tese avviene solo in ristrette zone poste in prossimità del nodo di convergenza della mensola con la fondazione. Se in tali zone, sia pure con verifica a taglio positiva, il progettista dovesse valutare un eccessivo scostamento tra il momento di progetto e quello resistente (segno di un notevole incremento delle barre longitudinali tese), potrà ritenere opportuno incrementare, a suo giudizio, la dimensione trasversale d dell'elemento interessato (e/o utilizzare un calcestruzzo di classe superiore) onde ridurre o annullare il suddetto incremento.

MINIMI DI ARMATURA

La percentuale geometrica ρ di armatura longitudinale di calcolo, con ρ rapporto tra l'area dell'armatura longitudinale e l'area della sezione del pilastro, deve essere compresa entro i seguenti limiti:

$$1\% \leq \rho \leq 4\% \quad (7.4.28)$$

Le verifiche delle combinazioni sismiche per le strutture di fondazione (pali compresi) verranno eseguite in modalità e sostanzialmente elastica cioè la resistenza a flessione (semplice o composta) verrà limitata al raggiungimento del momento di prima plasticizzazione, cioè al momento più piccolo tra quello che comporta il raggiungimento della tensione di snervamento nell'acciaio e quello che comporta il raggiungimento della deformazione unitaria di compressione pari a 0.002 nel calcestruzzo (il programma per il calcestruzzo utilizza comunque il legame costitutivo parabolico). Ciò comporterà una riduzione della resistenza a flessione (rispetto a quella calcolata allo stato limite ultimo) di di circa il 10% nelle strutture con piccolo o nullo sforzo assiale e fino al 30% per i pali di fondazione. Per le travi di fondazione l'armatura minima superiore ed inferiore deve essere almeno pari allo 0,2% dell'area della sezione trasversale.

Dati generali

Descrizione : S.P. n. 43 "EX SS. 374 – DI SUMMONTE E DI MONTEVERGINE". Cedimento sede stradale e distacco muri di contenimento nel Comune di Pannarano (BN).

Comune di	Pannarano (BN)
Tecnico	ing. Antonio Falluto
Data	01/07/2019
Condizioni ambientali	Ordinarie
Zona	Pannarano (BN)
Lat./Long. [WGS84]	41.010163/14.7
Normativa GEO	

Normativa STR

Spinta

Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	150.0 cm
Spessore testa muro	25.0 cm
Risega muro lato valle	15.0 cm
Risega muro lato monte	0.0 cm
Sporgenza mensola a valle	45.0 cm
Sporgenza mensola a monte	35.0 cm
Svaso mensola a valle	0.0 cm
Altezza estremità mensola a valle	35.0 cm
Altezza estremità mensola a monte	35.0 cm

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

Conglomerati

Nr.	Classe Calcestruzzo	fck,cubi [Mpa]	Ec [Mpa]	fck [Mpa]	fcd [Mpa]	fctd [Mpa]	fctm [Mpa]
2	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

Materiali impiegati realizzazione muro

C25/30 B450C

Copriferro, Elevazione

3.0 cm

Copriferro, Fondazione

4.0 cm

Copriferro, Dente di fondazione

4.0 cm

Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione 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	Descrizione
1	970	0	18.20	20	5.10	21	No		Sabbia limosa
2	14215	0	19.25	22	5.60	10	No		Argilla limosa

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

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

A_Unitari+M1+RSLV

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
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
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1.2
	Ribaltamento	1

A_Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
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	Coazione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1.2
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1.2
	Ribaltamento	1

A1+M1+R3 [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.0128

Coefficiente sismico verticale Kv 0.0064

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

- Qi Quota iniziale strato (cm);
- Qf Quota finale strato
- G Peso unità di volume (KN/m³);
- Eps Inclinazione dello strato. (°);
- Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
- Delta Angolo attrito terra muro;
- c Coazione (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
185.0	155.0	19.0	0.0	35.0	20.0	0.0	0.0	
155.0	125.0	19.0	0.0	35.0	20.0	0.0	0.0	

125.0	95.0	19.0	0.0	35.0	20.0	0.0	0.0
95.0	65.0	19.0	0.0	35.0	20.0	0.0	0.0
65.0	35.0	19.0	0.0	35.0	20.0	0.0	0.0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.

K_a Coefficiente di spinta attiva.

K_d Coefficiente di spinta dinamica.

D_k Coefficiente di incremento dinamico.

K_{ax}, K_{ay} Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.

D_{kx}, D_{ky} Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
20.0	0.25	0.25	0.01	0.23	0.08	0.01	0.0
20.0	0.25	0.25	0.01	0.23	0.08	0.01	0.0
20.0	0.25	0.25	0.01	0.23	0.08	0.01	0.0
20.0	0.25	0.25	0.01	0.23	0.08	0.01	0.0
20.0	0.25	0.25	0.01	0.23	0.08	0.01	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Q_i Quota inizio strato.

Q_f Quota inizio strato.

R_{px}, R_{py} Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);

$Z(R_{px})$ Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

$Z(R_{py})$ Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Q_i	Q_f	R_{px}	R_{py}	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	185.0	155.0	0.26	0.1	165.0	165.0
2	155.0	125.0	0.79	0.29	138.33	138.33
3	125.0	95.0	1.31	0.48	109.0	109.0

4	95.0	65.0	1.84	0.67	79.29	79.29
5	65.0	35.0	2.37	0.86	49.44	49.44

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
155.0	0.03	1.96	71.7	169.7
125.0	0.05	4.12	70.9	153.9
95.0	0.08	6.52	70.1	137.7
65.0	0.12	9.12	69.3	121.1
35.0	0.15	11.96	68.5	104.2

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
155.0	0.29	2.06	0.0	28.0
125.0	1.1	4.5	0.11	31.0
95.0	2.45	7.38	0.47	34.0
65.0	4.32	10.65	1.23	37.0
35.0	6.73	14.36	2.54	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
4Ø14 (6.16)	4Ø14 (6.16)	2.17	53.96	S	112.23	0.0	382.16
3Ø14 (4.62)	5Ø14 (7.7)	4.5	75.93	S	121.16	0.0	107.59
3Ø14 (4.62)	5Ø14 (7.7)	7.56	85.24	S	129.89	0.0	52.0
3Ø14 (4.62)	5Ø14 (7.7)	10.95	94.71	S	138.46	0.0	31.41
3Ø14 (4.62)	6Ø14 (9.24)	14.63	123.83	S	146.89	0.0	21.42

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(xr1, yr1) = (120.0/0.0)$

Piano di rottura passante per $(xr2, yr2) = (120.0/205.2)$

Centro di rotazione $(xro, yro) = (0.0/0.0)$

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
205.2	185.0	18.2	30.0	20.4	20.4	5.1	0.0	
185.0	155.0	18.2	30.0	20.4	20.4	5.1	0.0	
155.0	125.0	18.2	30.0	20.4	20.4	5.1	0.0	
125.0	95.0	18.2	30.0	20.4	20.4	5.1	0.0	
95.0	65.0	18.2	30.0	20.4	20.4	5.1	0.0	
65.0	35.0	18.2	30.0	20.4	20.4	5.1	0.0	
35.0	0.0	18.2	30.0	20.4	21.3	5.1	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
20.4	0.92	0.93	0.02	0.86	0.32	0.02	0.01
20.4	0.92	0.93	0.02	0.86	0.32	0.02	0.01
20.4	0.92	0.93	0.02	0.86	0.32	0.02	0.01
20.4	0.92	0.93	0.02	0.86	0.32	0.02	0.01
20.4	0.92	0.93	0.02	0.86	0.32	0.02	0.01
20.4	0.92	0.93	0.02	0.86	0.32	0.02	0.01
21.3	0.92	0.94	0.02	0.86	0.34	0.02	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	205.2	185.0	0.01	0.0	191.73	191.73
2	185.0	155.0	0.03	0.01	167.87	167.87
3	155.0	125.0	0.55	0.16	133.02	133.22
4	125.0	95.0	2.34	0.68	108.01	108.02
5	95.0	65.0	4.2	1.21	78.89	78.9
6	65.0	35.0	6.07	1.75	49.23	49.23
7	35.0	0.0	9.44	2.68	16.72	16.67

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
 Qf Quota finale strato
 G Peso unità di volume (KN/m³);
 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
35.0	0.0	18.2	210.0	20.4	21.3	5.1	180.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.

K_p Coefficiente di resistenza passiva.

K_{px}, K_{py} Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	K_p	K_{px}	K_{py}
201.3	2.07	-1.93	-0.75

Spinte risultanti e punto di applicazione

Q_i Quota inizio strato.

Q_f Quota inizio strato.

R_{px}, R_{py} Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);

$Z(R_{px})$ Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

$Z(R_{py})$ Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Q_i	Q_f	R_{px}	R_{py}	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	35.0	0.0	-6.94	0.0	15.69	0.0

Sollecitazioni total i

F_x Forza in direzione x (kN);

F_y Forza in direzione y (kN);

M Momento (kNm);

	F_x	F_y	M
Spinta terreno	22.64	6.5	3.41
Peso muro	0.15	11.96	-8.04
Peso fondazione	0.13	10.3	-6.16
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.13	12.97	-13.14

Spinte fondazione	-6.94	0.0	-1.09
	16.12	41.72	-25.01

Momento stabilizzante -35.46 kNm

Momento ribaltante 10.45 kNm

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
45.0	-6.94	-11.81	-2.53	35.0

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
5Ø14 (7.7)	3Ø14 (4.62)	6.98	91.41	S	135.59	0.0	11.26

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
85.0	9.44	6.9	-2.42	35.0

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
3Ø14 (4.62)	5Ø14 (7.7)	9.57	91.77	S	135.62	0.0	19.27

A_Unitari+M1+RSLV [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.0128

Coefficiente sismico verticale Kv 0.0064

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
185.0	155.0	19.0	0.0	35.0	20.0	0.0	0.0	
155.0	125.0	19.0	0.0	35.0	20.0	0.0	0.0	
125.0	95.0	19.0	0.0	35.0	20.0	0.0	0.0	
95.0	65.0	19.0	0.0	35.0	20.0	0.0	0.0	
65.0	35.0	19.0	0.0	35.0	20.0	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
20.0	0.25	0.25	0.01	0.23	0.08	0.01	0.0
20.0	0.25	0.25	0.01	0.23	0.08	0.01	0.0
20.0	0.25	0.25	0.01	0.23	0.08	0.01	0.0
20.0	0.25	0.25	0.01	0.23	0.08	0.01	0.0
20.0	0.25	0.25	0.01	0.23	0.08	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	185.0	155.0	0.2	0.07	165.0	165.0
2	155.0	125.0	0.61	0.22	138.33	138.33
3	125.0	95.0	1.02	0.37	109.0	109.0
4	95.0	65.0	1.43	0.52	79.29	79.29
5	65.0	35.0	1.83	0.67	49.44	49.44

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
155.0	0.03	1.96	71.7	169.7
125.0	0.05	4.12	70.9	153.9
95.0	0.08	6.52	70.1	137.7
65.0	0.12	9.12	69.3	121.1
35.0	0.15	11.96	68.5	104.2

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
155.0	0.23	2.04	0.0	28.0
125.0	0.87	4.42	0.08	31.0
95.0	1.92	7.19	0.34	34.0
65.0	3.38	10.31	0.91	37.0
35.0	5.25	13.82	1.9	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
4Ø14 (6.16)	4Ø14 (6.16)	2.17	53.96	S	112.23	0.0	480.75
3Ø14 (4.62)	5Ø14 (7.7)	4.5	75.93	S	121.16	0.0	136.88
3Ø14 (4.62)	5Ø14 (7.7)	7.56	85.24	S	129.89	0.0	66.41
3Ø14 (4.62)	5Ø14 (7.7)	10.52	94.64	S	138.46	0.0	40.19
3Ø14 (4.62)	6Ø14 (9.24)	14.14	123.75	S	146.88	0.0	27.44

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (120.0/0.0)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (120.0/205.2)$

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
205.2	185.0	18.2	30.0	20.4	20.4	5.1	0.0	
185.0	155.0	18.2	30.0	20.4	20.4	5.1	0.0	
155.0	125.0	18.2	30.0	20.4	20.4	5.1	0.0	
125.0	95.0	18.2	30.0	20.4	20.4	5.1	0.0	
95.0	65.0	18.2	30.0	20.4	20.4	5.1	0.0	
65.0	35.0	18.2	30.0	20.4	20.4	5.1	0.0	
35.0	0.0	18.2	30.0	20.4	21.3	5.1	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
20.4	0.92	0.93	0.02	0.86	0.32	0.02	0.01
20.4	0.92	0.93	0.02	0.86	0.32	0.02	0.01
20.4	0.92	0.93	0.02	0.86	0.32	0.02	0.01
20.4	0.92	0.93	0.02	0.86	0.32	0.02	0.01
20.4	0.92	0.93	0.02	0.86	0.32	0.02	0.01
20.4	0.92	0.93	0.02	0.86	0.32	0.02	0.01
20.4	0.92	0.93	0.02	0.86	0.32	0.02	0.01
21.3	0.92	0.94	0.02	0.86	0.34	0.02	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	205.2	185.0	0.01	0.0	191.73	191.73
2	185.0	155.0	0.03	0.01	167.87	167.87
3	155.0	125.0	0.43	0.16	133.22	133.22
4	125.0	95.0	1.82	0.68	108.02	108.02
5	95.0	65.0	3.26	1.21	78.9	78.9
6	65.0	35.0	4.7	1.75	49.23	49.23
7	35.0	0.0	7.31	2.68	16.72	16.67

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
35.0	0.0	18.2	210.0	20.4	21.3	5.1	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
201.3	2.07	-1.93	-0.75

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	35.0	0.0	-6.94	0.0	15.69	0.0

Sollecitazioni totali

Fx Forza in direzione x (kN);

Fy Forza in direzione y (kN);

M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	17.57	6.5	0.93
Peso muro	0.15	11.96	-8.04
Peso fondazione	0.13	10.3	-6.16
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.13	9.97	-10.07
Spinte fondazione	-6.94	0.0	-1.09
	11.05	38.73	-24.42

Momento stabilizzante -32.39 kNm

Momento ribaltante 7.98 kNm

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
45.0	-6.94	-9.27	-1.89	35.0

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
5Ø14 (7.7)	3Ø14 (4.62)	6.98	91.41	S	135.59	0.0	14.35

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
85.0	7.31	6.53	-2.31	35.0

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
3Ø14 (4.62)	5Ø14 (7.7)	7.41	91.47	S	135.59	0.0	20.37

Indice

1.Dati generali	6
2.CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI	7
3.Stratigrafia	8
4.Fattori combinazione	9
5.A1+M1+R3 [GEO+STR]	11
5.1.1-(Peso, Baricentro, Inerzia)	13
5.2.1-Armatura elevazione	14
5.3.1-Sollecitazioni totali	19
5.4.1-Armatura in fondazione	20
6.A_Unitari+M1+RSLV [GEO+STR]	22
6.1.2-(Peso, Baricentro, Inerzia)	24
6.2.2-Armatura elevazione	26
6.3.2-Sollecitazioni totali	28
6.4.2-Armatura in fondazione	29
Indice	30

Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS**

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Opere di sostegno NTC 2018

Sito in esame.

latitudine: 41,053446 [°]

longitudine: 14,721813 [°]

Classe d'uso: III. Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	32097	41,078750	14,684050	4235,5
Sito 2	32098	41,078030	14,750380	3634,3
Sito 3	32320	41,028040	14,749420	3652,6
Sito 4	32319	41,028760	14,683140	4249,1

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T2

Periodo di riferimento: 75 anni

Coefficiente cu: 1,5

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	45	0,073	2,323	0,295
Danno (SLD)	63	75	0,095	2,313	0,320
Salvaguardia della vita (SLV)	10	712	0,258	2,398	0,376
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1462	0,333	2,457	0,397

Coefficienti Sismici Opere di sostegno NTC 2018

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,570	1,200	0,000	--	1,293	--
SLD	1,500	1,530	1,200	0,081	0,040	1,684	0,470
SLV	1,330	1,450	1,200	0,156	0,078	4,032	0,380
SLC	1,210	1,420	1,200	0,000	--	4,741	--

Geostru

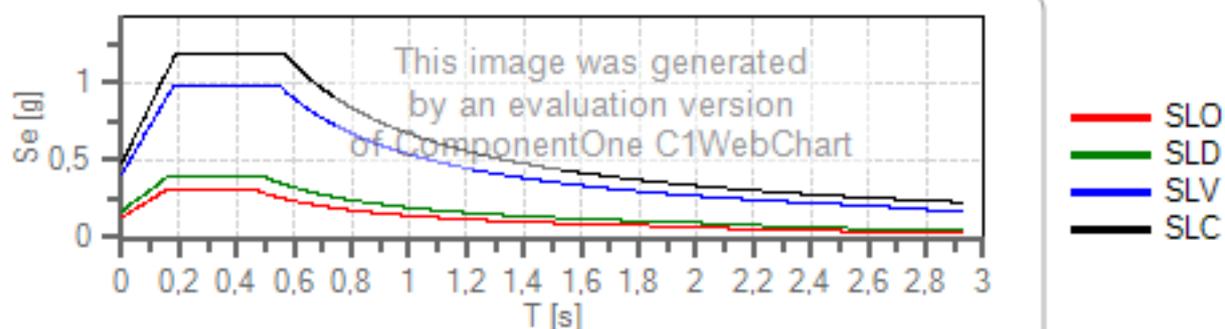
Spettri di risposta

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

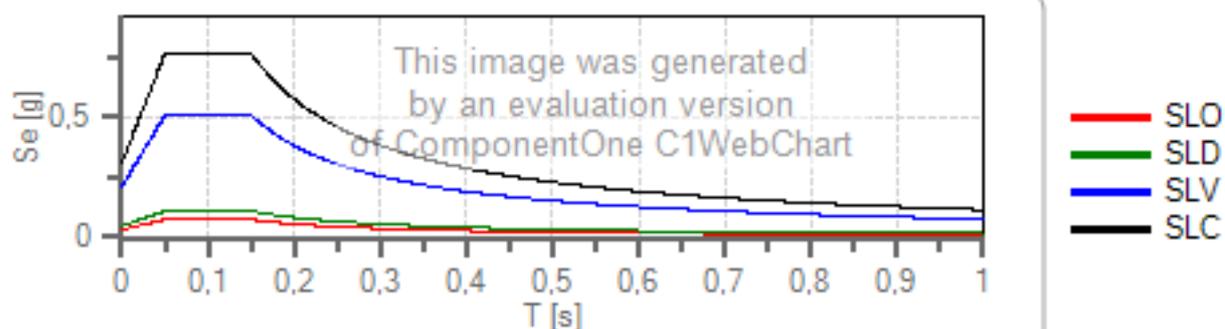
Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1,5	0,073	2,323	0,295	1,500	1,570	1,200	1,800	1,000	0,155	0,464	1,893
SLD	1,5	0,095	2,313	0,320	1,500	1,530	1,200	1,800	1,000	0,163	0,489	1,982
SLV	1,5	0,258	2,398	0,376	1,330	1,450	1,200	1,596	1,000	0,182	0,545	2,631
SLC	1,5	0,333	2,457	0,397	1,210	1,420	1,200	1,452	1,000	0,188	0,564	2,932

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1,5	0,073	2,323	0,295	1,000	1,570	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1,5	0,095	2,313	0,320	1,000	1,530	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1,5	0,258	2,398	0,376	1,000	1,450	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1,5	0,333	2,457	0,397	1,000	1,420	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000

Spettro di progetto

Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1.5

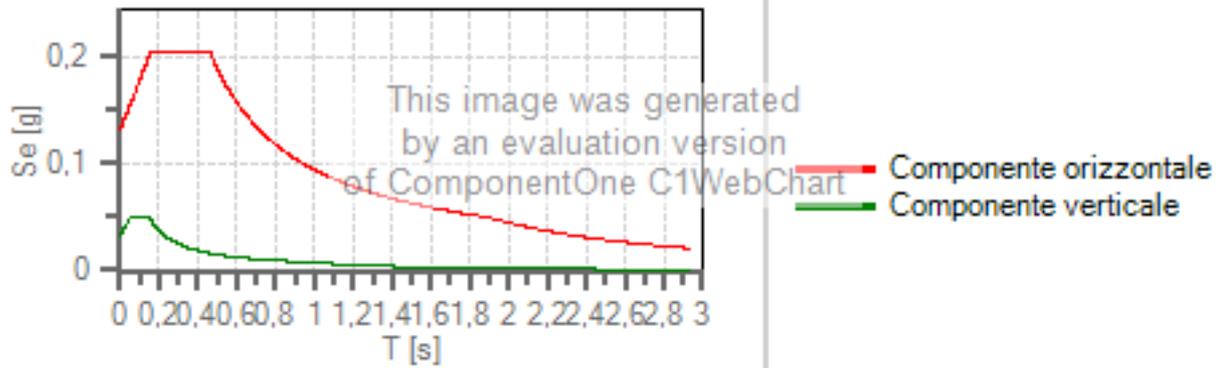
per lo spettro orizzontale = 0,667

Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5

per lo spettro verticale = 0,667

Stato limite: SLO

Spettri di progetto per lo stato limite: SLO



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	1,5	0,073	2,323	0,295	1,500	1,570	1,200	1,800	1,500	0,155	0,464	1,893
SLO verticale	1,5	0,073	2,323	0,295	1,500	1,570	1,200	1,200	1,500	0,050	0,150	1,000