Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

A.T.A.P. S.p.A

Azienda Trasporti Automobilistici Pubblici delle Provincie di Biella e Vercelli
Corso Giudo Alberto Rivetti - 8/b - 13900 Biella

Progetto di fattibilità tecnica ed economica

Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) - Missione 2 - Componente 2 - Investimento 4.4 - sub investimento 4.4.1. "Rinnovo del parco autobus regionale per il trasporto pubblico con veicoli a combustibili puliti" **(CUP D60J22000000006)**
Risorse provenienti dal Piano Strategico Nazionale della Mobilità Sostenibile (PSNMS) - città ad alto inquinamento D.M. n. 234 del 6/6/2020". **(CUP D60J21000040001)**

REALIZZAZIONE DI IMPIANTO DI RICARICA PER BUS ELETTRICI DESTINATI AI SERVIZI DI TRASPORTO PUBBLICO LOCALE, NONCHÉ DI INTERVENTI DI PREDISPOSIZIONE DEL SITO (AREE DI ACCESSO, MANOVRA E PARCAMENTO E IMPIANTI ACCESSORI), PRESSO L'AREA DI PROPRIETÀ AZIENDALE UBICATA IN VERCELLI (VIA TRENTO ANG. VIA LATINA)

RELAZIONE GEOTECNICA E STRUTTURALE	ELABORATO All. 3

STUDIO FAUDA
di Ing. Egidio e Marco Fauda Pichet
Via Duca D'Aosta, 53 - BORGOSESIA (VC)
Tel. 0163-21773 / Fax 0163-27345
e-mail: studio.fauda@studiofauda.com

Commessa	Revisione	Data progetto
_____	N. 0	OTTOBRE 2023

Sigla e firma operatori	Timbro e firma del titolare di commessa

Identificativo file: DOCUMENTI\PRIVATI\ATAP\2023_Deposito Vercelli\1_FattibilitàTecnicoEconomica

A.T.A.P. S.p.A.

Azienda Trasporti Automobilistici Pubblici delle Province di Biella e Vercelli

Progetto di fattibilità tecnica ed economica

REALIZZAZIONE DI IMPIANTO DI RICARICA BUSELETTRICI DESTINATI AI SERVIZI DI TRASPORTO PUBBLICO LOCALE NONCHE' INTERVENTI DI PREDISPOSIZIONE DEL SITO (AREE DI ACCESSO, MANOVRA E PARCAMENTO E IMPIANTI ACCESSORI), PRESSO L'AREA DI PROPRIETÀ AZIENDALE UBICATA IN VERCELLI (VIA TRENTO ANG. VIA LATINA)

*Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) – Missione 2 – Componente 2 – Investimento 4.4 - sub investimento 4.4.1. "Rinnovo del parco autobus regionale per il trasporto pubblico con veicoli a combustibili puliti"**(CUP D60J22000000006)***

*Risorse provenienti dal Piano Strategico Nazionale della Mobilità Sostenibile (PSNMS) - città ad alto inquinamento D.M. n. 234 del 6/6/2020". **(CUP D60J21000040001)***

Relazione geotecnica e strutturale

1. PREMESSA

Il seguente documento è parte integrante del Progetto di fattibilità tecnica ed economica per i lavori di "**REALIZZAZIONE DI IMPIANTO DI RICARICA BUS ELETTRICI DESTINATI AI SERVIZI DI TRASPORTO PUBBLICO LOCALE E INTERVENTI DI PREDISPOSIZIONE DEL SITO (AREE DI ACCESSO, MANOVRA E PARCAMENTO E IMPIANTI ACCESSORI), PRESSO L'AREA DI PROPRIETÀ AZIENDALE UBICATA IN VERCELLI (VIA TRENTO ANG. VIA LATINA)" - Piano**

Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) – Missione 2 – Componente 2 – Investimento 4.4 - sub investimento 4.4.1. "Rinnovo del parco autobus regionale per il trasporto pubblico con veicoli a combustibili puliti" (CUP D60J22000000006) - Risorse provenienti dal Piano Strategico Nazionale della Mobilità Sostenibile (PSNMS) - città ad alto inquinamento D.M. n. 234 del 6/6/2020". (CUP D60J21000040001)" ed assolve alle indicazioni contenute nel D.Lgs. 36/2023 del 31/03/2023, con particolare riferimento agli articoli 41-44 e alle indicazioni dell'Allegato I.7, articoli 6-21.

2. INQUADRAMENTO GENERALE ED ELABORATI GRAFICI PROGETTUALI

L'inquadramento generale degli edifici oggetto d'intervento e gli elaborati grafici architettonici, sono inseriti nel progetto di cui la presente relazione è parte integrante.

3. SISTEMA COSTRUTTIVO

Il sistema costruttivo dell'opera è una piastra in c.a. dello spessore di 60 cm, su cui sarà posata la cabina prefabbricata.

4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione e' la seguente:

1) Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, e strutture metalliche (Legge 05/11/71, n.1086 e D.M. 14/02/92 e D.M. 09/01/96).

2) Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche (Legge 2/02/74 n.64 e D.M. 16/01/96).

3) Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi (D.M. 16/01/96).

4) Decreto del Ministero delle infrastrutture. Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 17-1-2018)

5) Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle infrastrutture

5. INDAGINI GEOTECNICHE

Al fine della caratterizzazione del terreno e all'individuazione della categoria del suolo ai sensi del D.M.17-01-2018, vista la lavorazione di rullatura e la realizzazione del sottofondo, si adotta una categoria topografica T1 e cautelativamente una categoria di terreno ai fine sismico di tipo "C", con i seguenti parametri geotecnici:

STRATIGRAFIA TERRENO:

Prof. (m)	Litologia	Nspt
0.0-1.2	Sabbie debolmente limose	10
1.2-2.0	Ghiaie e sabbie	34

Litologia	Coefficiente parziale M1			Coefficiente parziale M2		
	φ'_d (°)	c'_d (kPa)	γ_d (kN/m^3)	φ'_d (°)	c'_d (kPa)	γ_d (kN/m^3)
Sabbie debolmente limose	28.2	0	15.0	23.2	0	15.0
Ghiaie e sabbie	32.1	0	17.2	26.6	0	17.2

6. APPROCCIO DI CALCOLO

Secondo la normativa tecnica la verifica degli elementi strutturali avverrà allo stato limite ultimo, con analisi strutturali statiche condotte in regime lineare.

La verifica degli elementi viene eseguita considerando tutte le caratteristiche di sollecitazione.

7. ANALISI DEI CARICHI

In accordo con il cap. 2.5.1 del D.M. 17 gennaio 2018 “Norme tecniche per le costruzioni”, sono state considerate nei calcoli le seguenti azioni, agenti sugli impalcati e/o copertura :

- Pesi propri elementi strutturali (g1) – γcls= 25 KN/m3

- Pesi propri degli elementi non strutturali (g2) – cabina= 570 KN

  Dim. Cabina 14,20 x 3,70 = 52,54 mq – qcabina= 570/52,54 = 10,85 KN/m2

- Carico da neve – qneve= 1,50 KN/m2

8. MATERIALI

Di seguito la classificazione dei materiali utilizzati per le verifiche e da utilizzare in fase esecutiva ai fini dell’intervento, come da progetto esecutivo strutture, secondo le definizioni delle NTC2018:

- CALCESTRUZZO : - Classe di resistenza : C25/30

- ACCIAIO armature : - B450C - Lunghezza minima sovrapposizione ferri : 40 ø

9. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

Per la risoluzione dei calcoli e la verifica degli elementi, sono stati utilizzati applicativi di calcolo autoprodotti e/o personalizzati con schede excel autoprodotti e/o personalizzati.

10. VALIDAZIONE DEI CODICI

Il tipo di applicativi di calcolo utilizzato e la documentazione a disposizione consentono un controllo dettagliato dei risultati e non rendono necessaria altra validazione dei codici di calcolo utilizzati.

11. MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

L'output del programma riporta dettagliatamente i dati geometrici e di carico ed i risultati ottenuti, ciascuno con le relative unità di misura, consentendo un pieno controllo.

12. FASCICOLO DEI CALCOLI – VERIFICA PORTANZA FONDAZIONE PIASTRA

Di seguito le schede di calcolo utilizzate per la verifica degli elementi strutturali in oggetto ai sensi delle Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 17-1-2018).

ANALISI DEI CARICHI AGENTI SU PIASTRA (SLU)

sp. PLATEA	0.60	m
G1 =	15.00	KN/m2
G2 =	10.85	KN/m2
Q1 =	1.50	KN/m2
q (SLU) =	**27.35**	**KN/m2**

Portanza_fond_Terzaghi

Ipotesi alla base del calcolo geotecnico

1) Pianta fondazione di tipo rettangolare con lati BxL (B= larghezza; L = lunghezza; B<L).
2) Piano di posa della fondazione orizzontale.
3) Carichi verticali, inclinati e/o eccentrici.
4) Terreno puramente coerente, puramente incoerente, misto.
5) Terreno sotto il piano di posa della fondazione omogeneo.
6) Tipo di rottura terreno: GENERALE (vedi Par.7.1 del testo FONDAZIONI del Prof. Viggiani).
N.B- Per ogni riferimento ulteriore per la piena comprensione delle notazioni vedi il testo "Fondazioni" Ed. Hevelius del Prof.Ing. Carlo VIGGIANI

ELENCO DEI DATI DI INPUT ED OUTPUT GEOTECNICI

GRANDEZZA	QUANTITA'	BREVE SUGGERIMENTO/COMMENTO
B (cm):	470.0	Introdurre la larghezza della fondazione.
D (cm):	60.0	Introdurre la profondità di scavo.
L (cm):	1420.0	Introdurre la lunghezza della fondazione.
a (cm):	0.0	Distanza tra il pelo libero della falda e il piano di posa della fondazione (se la falda è sopra il p.posa fondazione).
d (cm):	100.0	Profondità pelo libero della falda rispetto al p. posa della fondazione(se la falda è sotto il p.posa fondazione).
$\gamma 1$ (daN/m³):	1800	Introdurre il peso dell'unità di volume al di sopra del piano d fondazione.
$\gamma 2$ (daN/m³):	1800	Introdurre il peso dell'unità di volume al di sotto del piano di fondazione.
c (daN/cm²):	0.000	Coesione del terreno al di sotto del piano di fondazione (cu se in condizioni non drenate).
φ (°):	28.2	Angolo d'attrito del terreno al di sotto del piano di fondazione (0 se in condizioni non drenate).
$\gamma 2'$ (daN/m³):	800.0	Peso dell'unità di volume efficace (diverso da $\gamma 2$) in presenza di falda importante.
Nq:	15.04	II° coefficiente di carico limite del terreno.
Nc:	26.19	I° coefficiente di carico limite del terreno.
Nγ:	15.96	III° coefficiente di carico limite del terreno.
eB (cm):	0.00	Eccentricità dei carichi rispetto al baricentro della fondazione in direzione B.
eL (cm):	0.0	Eccentricità dei carichi rispetto al baricentro della fondazione in direzione L.
B' (cm):	470.0	Base di calcolo ridotta.
L' (cm):	1420.0	Lunghezza di calcolo ridotta.
sc:	1.190	I° fattore di forma fondazione.
sq:	1.177	II° fattore di forma fondazione.
sγ:	0.868	III° fattore di forma fondazione.
qapplicato (daN/cm²):	0.274	Assegnare il carico esterno (anche inclinato)sulla fondazione.
α (°):	0.00	Angolo di inclinazione, sulla verticale, del carico (se inclinato); se verticale porre l'angolo nullo.
qvert. (daN/cm²):	0.274	Componente verticale del carico inclinato sulla fondazione.
qorizz. (daN/cm²):	0.000	Componente orizzontale del carico inclinato sulla fondazione.
qscorrim.limite (daN/cm²):	0.15	Resistenza allo scorrimento relativo tra terreno e fondazione (di calcestruzzo o muratura).
1° Caso: componente orizzontale parallela a B (base fondazione)		
mB:	1.751	Esponente del carico inclinato.
iq:	1.000	II° coefficiente del carico inclinato.
ic:	0.000	I° coefficiente del carico inclinato.
iγ:	1.000	III° coefficiente del carico inclinato.
qlimiteSLU (daN/cm²):	4.52	Capacità portante caratteristica del terreno.
γR:	2.30	Coefficiente parziale per passaggio da carico ultimo caratteristico a carico di progetto SLU.
qlimiteSLU (daN/cm²):	1.96	Capacità portante di progetto SLU-GEO del terreno.

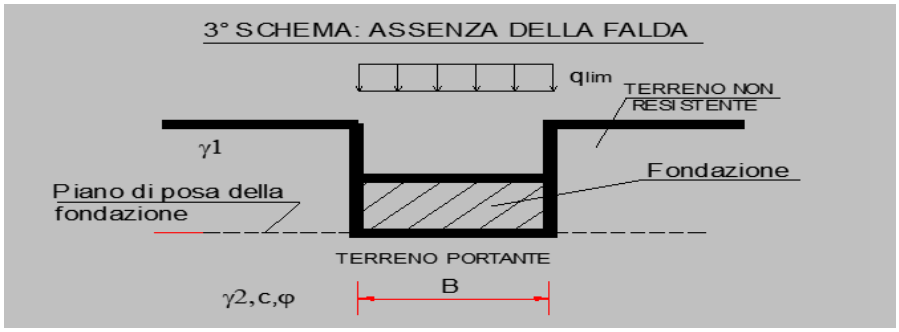
ESITO VERIFICA I° CASO: FONDAZIONE OK!

2° Caso: componente orizzontale parallela a L (lunghezza fondazione)		
mL:	1.249	Esponente del carico inclinato.
iq:	1.000	II° coefficiente del carico inclinato.
ic:	0.000	I° coefficiente del carico inclinato.
iγ:	1.000	III° coefficiente del carico inclinato.
qlimiteSLU (daN/cm²):	4.52	Capacità portante caratteristica del terreno.
γR:	2.30	Coefficiente parziale per passaggio da carico ultimo caratteristico a carico di progetto SLU.
qlimiteSLU (daN/cm²):	1.96	Capacità portante di progetto SLU-GEO del terreno.

ESITO VERIFICA II° CASO:FONDAZIONE OK!

NOTA IMPORTANTE- Se la falda è coincidente o al di sotto del p.posa della fondazione, porre **a= 0**; se sta sotto il piano di posa fondazione porre ancora **a=0.** Se la falda sta sopra il piano di posa della fondazione porre l'appropriato **a>0.** Se la falda sta sotto la fondazione porre d>0; se sta sopra la fondazione o coincide col p.posa fondazione porre d=0. Riepilogando: a e d non possono assumere valori negativi; dare valori negativi falsa il reale carico limite.

LEGENDA: SCHEMI DI CALCOLO RISOLTI DAL FOGLIO DI CALCOLO



13. FASCICOLO DEI CALCOLI – VERIFICA A PUNZONAMENTO PIASTRA

Di seguito le schede di calcolo utilizzate per la verifica degli elementi strutturali in oggetto ai sensi delle Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 17-1-2018).

ANALISI DEI CARICHI AGENTI SU PIASTRA (SLU)

sp. PLATEA	0.60	m
G1 =	15.00	KN/m2
G2 =	10.85	KN/m2
Q1 =	1.50	KN/m2
q (SLU) =	27.35	KN/m2
Impronta su piastra =	14.20	m
	3.70	m
CARICO DI PROGETTO =	1997.83	KN
CARICO TOTALE IMPRONTA	**1997.83**	**KN**

- VERIFICA PIASTRA A PUNZONAMENTO AGLI SLU:

Forza di taglio sollecitante	V_{Sd}	=	1997.83	[kN]
Lunghezza del perimetro critico di punzonamento	u	=	1960	[cm]
Coefficiente di eccentricità di carico β	β	=	1.00	
Valore del taglio per unità di lunghezza	v_{sd}	=	**1.02**	[kN/cm]
Classe del calcestruzzo	Classe	=	(25)/30	
Tensione tangenziale in funzione della classe c.l.s	τ_{Rd}	=	**0.030**	[kN/cm^2]
Larghezza della sezione	b	=	370	[cm]
Altezza utile della sezione in calcestruzzo	d		60	[cm]
	k=(1,6 - d)	=	1	
Area dell'armatura tesa disposta in direzione x	As,x	=	14.62	[cm^2]
Area dell'armatura tesa disposta in direzione y	As,y	=	14.62	[cm^2]
Rapporto geometrico d'armatura in direzione x	ρ_{1x}=As,x/bd	=	0.0006586	
Rapporto geometrico d'armatura in direzione y	ρ_{1y}=As,y/bd	=	0.0006586	
Rapporto ideale	$\rho_1=(\rho_{1x}\ \rho_{1y})^{0,5}$	=	0.0006586	verificato

Resistenza a punzonamento per unità di lunghezza	$V_{Rd1}=\tau_{Rd}\ k(1,2+40\rho_1)d$	=	**2.21**	[kN/cm]	Verificato
Resistenza a punzonamento per unità di lunghezza	$V_{Rd2}=1,6V_{Rd1}$	=	**3.53**	[kN/cm]	Verificato
Armatura massima a punzonamento	Asw	=	**69.43**	[cm^2]	
Armatura adottata per il punzonamento	A'sw	=	0.00	[cm^2]	L'armatura deve essere minore o uguale a As
Resistenza a punzonamento con armatura	$V_{Rd3}=V_{Rd1+}(A'_{sw}\ f_y\ \sin\alpha)/u$	=	**2.21**	[kN/cm]	Verificato

14. FASCICOLO DEI CALCOLI – VERIFICA MURO DI SOSTEGNO

Normative di riferimento:

NTC 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» - D.M. 17 gennaio 2018

NTC 2008 - Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008.

CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27).

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di Coulomb è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura nell'ipotesi di parete ruvida.

Per terreno omogeneo ed asciutto il diagramma delle pressioni si presenta lineare con distribuzione:

$$P_t = K_a \cdot \gamma_t \cdot z$$

La spinta S_t è applicata ad 1/3 H di valore

$$S_t = \frac{1}{2} \gamma_t \cdot H^2 \cdot K_a$$

Avendo indicato con:

$$K_a = \frac{\sin^2(\beta - \varphi)}{\sin^2\beta \cdot \sin(\beta + \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi - \varepsilon)}{\sin(\beta + \delta) \cdot \sin(\beta - \varepsilon)}} \right]^2}$$

Valori limite di K_a:

d < (b-φ-e) secondo Muller-Breslau

g_t= Peso unità di volume del terreno;

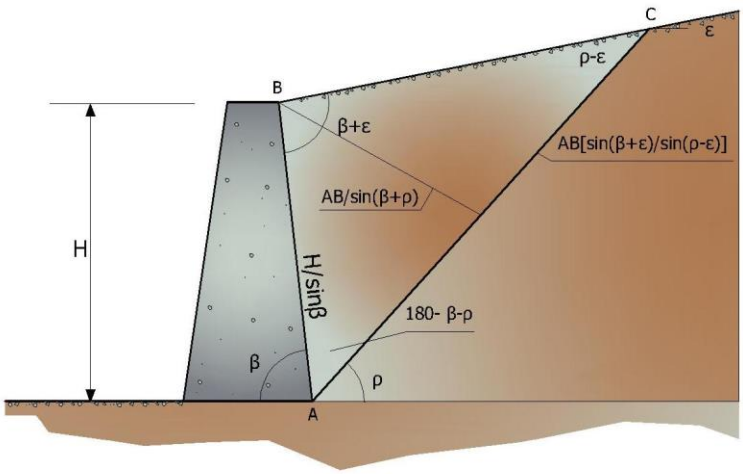
b= Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

j= Angolo di resistenza al taglio del terreno;

d= Angolo di attrito terra-muro;

e= Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, positiva se antioraria;

H= Altezza della parete.



Cuneo di rottura usato per la derivazione dell'equazione di Coulomb relativa alla pressione attiva.

Calcolo della spinta attiva con Rankine

Se e = d = 0 e b = 90° (muro con parete verticale liscia e terrapieno con superficie orizzontale) la spinta S_t si semplifica nella forma:

$$S_t = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \frac{(1-\sin\varphi)}{(1+\sin\varphi)} = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \tan^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$$

che coincide con l'equazione di Rankine per il calcolo della spinta attiva del terreno con terrapieno orizzontale.

In effetti Rankine adottò essenzialmente le stesse ipotesi fatte da Coulomb, ad eccezione del fatto che trascurò l'attrito terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di K_a di Rankine si presenta come segue:

$$K_a = \cos\varepsilon \frac{\cos\varepsilon - \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\varphi}}{\cos\varepsilon + \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\varphi}}$$

Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di Mononobe & Okabe riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo e, di inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, e l'angolo b, di inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede, vengono aumentati di una quantità ϑ tale che:

$$\tan\vartheta = \left(\frac{k_h}{1 \pm k_h}\right)$$

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni (NTC 2018):

$$k_h = \beta_m \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right); \; k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove

β_m = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

ag = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Nella precedente espressione, il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito è pari a:

β_m = 0.38 nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

β_m = 0.47 nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).

Per muri non liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore unitario. I valori del coefficiente βm possono essere incrementati in ragione di particolari caratteristiche prestazionali del muro, prendendo a riferimento il diagramma di Figura 7.11.3 di cui al successivo § 7.11.6.3.2.

Nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di specifici studi, si deve assumere che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

Lo stato limite di ribaltamento deve essere trattato impiegando coefficienti parziali unitari sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e utilizzando valori di β_m incrementati del 50% rispetto a quelli innanzi indicati e comunque non superiori all'unità.

Le NTC 2008 calcolano i coefficienti k_h e k_v in dipendenza di vari fattori:

$$k_h = \beta_m \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right); k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito; per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno il coefficiente β_m assume valore unitario. Per i muri liberi di traslare o ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuto al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di studi specifici, si assume che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

a_{max}= Accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g= Accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

S= coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica S_S e di amplificazione topografica S_T.

a_g= accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - PVR)}$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Per l'applicazione dell'Eurocodice 8 (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

$$k_h = \frac{a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S}{g}$$

a_{gR}= Accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante;

γ_I= Fattore di importanza;

S= Soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E);

$a_g = a_{gR}\gamma_I$ è la "design ground acceleration on type A ground".

Il coefficiente sismico verticale k_v è definito in funzione di k_h, e vale:

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Effetto dovuto alla coesione

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

$$P_c = -2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

Non essendo possibile stabilire a priori quale sia il decremento indotto nella spinta per effetto della coesione, è stata calcolata un'altezza critica Z_c come segue:

$$Z_c = \frac{2 \cdot c}{\gamma} \cdot \frac{1}{\sqrt{K_A}} - \frac{Q \cdot \frac{\sin\beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}}{\gamma}$$

dove

Q = Carico agente sul terrapieno.

Se $Z_c < 0$ è possibile sovrapporre direttamente gli effetti, con decremento pari a:

$$S_c = P_c \cdot H$$

con punto di applicazione pari a H/2.

Carico uniforme sul terrapieno

Un carico Q, uniformemente distribuito sul piano campagna induce delle pressioni costanti pari a:

$$P_q = K_a \cdot Q \cdot \frac{\sin\beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}$$

Per integrazione, una spinta pari a S_q:

$$S_q = K_a \cdot Q \cdot H \frac{\sin\beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}$$

Con punto di applicazione ad H/2, avendo indicato con K_a il coefficiente di spinta attiva secondo Muller-Breslau.

Spinta attiva in condizioni sismiche

In presenza di sisma la forza di calcolo esercitata dal terrapieno sul muro è data da:

$$E_d = \frac{1}{2}\gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot KH^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

Dove:

H= Altezza muro;

k_v= Coefficiente sismico verticale;

g= Peso per unità di volume del terreno;

K= Coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico);

E_{ws}= Spinta idrostatica dell'acqua;

E_{wd}= Spinta idrodinamica.

Per terreni impermeabili la spinta idrodinamica E_{wd} = 0, ma viene effettuata una correzione sulla valutazione dell'angolo ϑ della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

$$\mathrm{tg}\,\vartheta = \frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

Nei terreni ad elevata permeabilità in condizioni dinamiche continua a valere la correzione di cui sopra, ma la spinta idrodinamica assume la seguente espressione:

$$E_{wd} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H'^2$$

Con H' altezza del livello di falda misurato a partire dalla base del muro.

Spinta idrostatica

La falda con superficie distante H_W dalla base del muro induce delle pressioni idrostatiche normali alla parete che, alla profondità z, sono espresse come segue:

$$P_w(z) = \gamma_w \cdot z$$

Con risultante pari a:

$$S_w = \frac{1}{2}\gamma_w \cdot H^2$$

La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo g_t con g'_t ($g'_t = g_{saturo} - g_W$), peso efficace del materiale immerso in acqua.

Resistenza passiva

Per terreno omogeneo il diagramma delle pressioni risulta lineare del tipo:

$$P_t = K_p \cdot \gamma_t \cdot z$$

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

$$S_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot H^2 \cdot K_p$$

Avendo indicato con:

$$K_p = \frac{\sin^2(\varphi + \beta)}{\sin^2\beta \cdot \sin(\beta - \delta) \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi + \varepsilon)}{\sin(\beta - \delta) \cdot \sin(\beta - \varepsilon)}}\right]^2}$$

(Muller-Breslau) con valori limiti di d pari a:

$$\delta < \beta - \varphi - \varepsilon$$

L'espressione di K_p secondo la formulazione di Rankine assume la seguente forma:

$$K_p = \frac{\cos\varepsilon + \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\varphi}}{\cos\varepsilon - \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\varphi}}$$

Carico limite di fondazioni superficiali su terreni

VESIC - Analisi a breve termine

Affinché la fondazione di un muro possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

Dove V_d è il carico di progetto, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso del muro; mentre R_d è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

Nella valutazione analitica del carico limite di progetto R_d si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine. Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$$\frac{R}{A'} \leq (2+\pi)\cdot c_u \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q$$

Dove:

A' = B'L' area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

c_u= Coesione non drenata;

q= Pressione litostatica totale sul piano di posa;

s_c= Fattore di forma;

$s_c = 0.2 \cdot \left(\frac{B'}{L'}\right)$ per fondazioni rettangolari, il valore di s_c viene assunto pari ad 1 per fondazioni nastriformi

d_c= Fattore di profondità;

$$d_c = 0.4 \cdot K \;\; \text{con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \le 1 \text{ altrimenti } K = \arctan\frac{D}{B}$$

i_c= Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico H;

$$i_c = 1 - \frac{2H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

A_f= Area efficace della fondazione;

c_a= Aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

VESIC - Analisi a lungo termine

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$\frac{R}{A'} \le c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan\varphi'} \tan^2\left(45 + \frac{\varphi'}{2}\right)$$
$$N_c = \left(N_q - 1\right) \cdot \cot\varphi'$$
$$N_\gamma = 2 \cdot \left(N_q + 1\right) \cdot \tan\varphi'$$

Fattori di forma

$$s_q = 1 + \left(\frac{B'}{L'}\right) \cdot \tan\varphi'$$ per forma rettangolare

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{B'}{L'}\right)$$ per forma rettangolare

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'}$$ per forma rettangolare, quadrata o circolare

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'

$$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot\varphi'}\right)^m$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot\varphi'}\right)^{m+1}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan\varphi'}$$

$$m = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}}$$

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$

$$d_q = 1 + 2\tan\varphi \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot K$$

$$\text{con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \le 1 \text{ altrimenti } K = \arctan\frac{D}{B}$$

$$d_\gamma = 1$$

HANSEN - Analisi a breve termine

$$\frac{R}{A'} \le (2 + \pi) \cdot c_u (1 + s_c + d_c - i_c) + q$$

Dove:

A' = B' L' area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

c_u= Coesione non drenata;

q= Pressione litostatica totale sul piano di posa;

s_c= Fattore di forma, s_c = 0 per fondazioni nastriformi;

d_c= Fattore di profondità;

$$d_c = 0.4 \cdot K \text{ con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \le 1 \text{ altrimenti } K = \arctan\frac{D}{B}$$

i_c= Fattore correttivo di inclinazione del carico;

$$i_c = 0.5 - 0.5\sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

A_f= Area efficace della fondazione;

c_a= Aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

HANSEN- Analisi a lungo termine

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$\frac{R}{A'} \leq c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan\varphi'} \tan^2\left(45 + \frac{\varphi'}{2}\right)$$

$$N_c = \left(N_q - 1\right) \cdot \cot\varphi'$$

$$N_\gamma = 1.5 \cdot \left(N_q - 1\right) \cdot \tan\varphi'$$

Fattori di forma

$$s_q = 1 + \left(\frac{B'}{L'}\right) \cdot \tan\varphi'$$

per forma rettangolare

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{B'}{L'}\right)$$

per forma rettangolare

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'}$$

per forma rettangolare, quadrata o circolare.

$$s_c = s_q = s_\gamma = 1$$

per fondazione nastriforme

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B’

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot\varphi'}\right)^5$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot\varphi'}\right)^5$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$

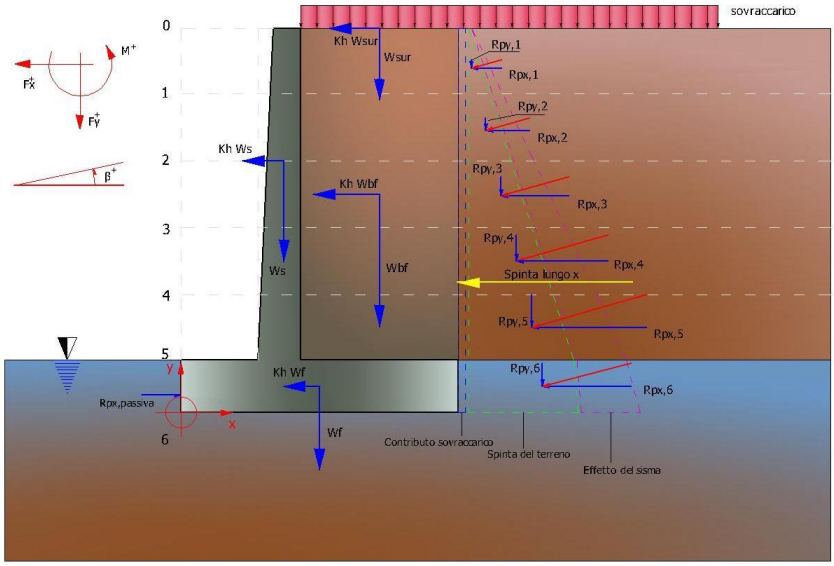
$$d_q = 1 + 2\tan\varphi(1 - \sin\varphi) \cdot K$$

$$\text{con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \le 1 \text{ altrimenti } K = \arctan\frac{D}{B}$$

$$d_\gamma = 1$$

Sollecitazioni muro

Per il calcolo delle sollecitazioni il muro è stato discretizzato in n-tratti in funzione delle sezioni significative e per ogni tratto sono state calcolate le spinte del terreno (valutate secondo un piano di rottura passante per il paramento lato monte), le risultanti delle forze orizzontali e verticali e le forze inerziali.



Schema delle forze agenti su un muro e convenzioni sui segni

Calcolo delle spinte per le verifiche globali

Le spinte sono state valutate ipotizzando un piano di rottura passante per l'estradosso della mensola di fondazione lato monte, tale piano è stato discretizzato in n-tratti.

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.

Dati generali muro

Altezza muro	180.0 cm
Spessore testa muro	30.0 cm
Risega muro lato valle	0.0 cm
Risega muro lato monte	0.0 cm
Sporgenza mensola a valle	1.0 cm
Sporgenza mensola a monte	170.0 cm
Svaso mensola a valle	0.0 cm
Altezza estremità mensola a valle	30.0 cm
Altezza estremità mensola a monte	30.0 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:	E
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.147	2.533	0.162
S.L.D.	50.0	0.177	2.502	0.171
S.L.V.	475.0	0.363	2.646	0.277
S.L.C.	975.0	0.422	2.684	0.307

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Classe II

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.2352	0.0	0.0	0.0
S.L.D.	0.2832	0.47	0.0136	0.0068
S.L.V.	0.5808	0.38	0.0225	0.0113
S.L.C.	0.6752	0.0	0.0	0.0

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	29960	20	11.33	1.03	2.21
2	C25/30	30	31470	25	14.16	1.19	2.56
3	C28/35	35	32300	28	15.86	1.28	2.76
4	C40/50	50	35220	40	19.83	1.49	3.2

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	200000	450	391.3	540	391.3	.075	.0675	1	0.5
2	B450C*	200000	450	391.3	540	450	.075	.0675	1	0.5
3	B450C**	200000	450	391.3	458.3	398.5	.012	.01	1	0.5
4	S235H	200000	240	210	360	210	0.012	0.01	1	0.5
5	S275H	200000	280	243	460	244	0.012	0.01	1	0.5
6	S355H	200000	360	312	510	360	0.012	0.01	1	0.5

Materiali impiegati realizzazione muro C20/25 B450C

Copriferro, Elevazione 4.0 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/m³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione	
1	210	0	18.00	28	0.00	19	No		Sabbia o sabbia limosa sciolta	
2	500	0	18.00	28	0.00	19	No		Sabbia o sabbia limosa sciolta	

Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
Carico neve	0.0	500.0	2.0	2.0	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	Carico neve	1.50

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
7	Carico neve	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
7	Carico neve	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

A1+M1+R3 [GEO+STR]

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
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);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
210.0	174.0	18.0	0.0	28.2	18.8	0.0	0.0	
174.0	138.0	18.0	0.0	28.2	18.8	0.0	0.0	
138.0	102.0	18.0	0.0	28.2	18.8	0.0	0.0	
102.0	66.0	18.0	0.0	28.2	18.8	0.0	0.0	
66.0	30.0	18.0	0.0	28.2	18.8	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
18.8	0.32	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0
18.8	0.32	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0
18.8	0.32	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0
18.8	0.32	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0
18.8	0.32	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
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	210.0	174.0	0.78	0.27	188.5	188.5
2	174.0	138.0	1.7	0.58	154.38	154.38
3	138.0	102.0	2.61	0.89	118.95	118.95
4	102.0	66.0	3.53	1.2	83.22	83.22
5	66.0	30.0	4.44	1.51	47.38	47.38

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
174.0	0.0	2.7	16.0	192.0
138.0	0.0	5.4	16.0	174.0
102.0	0.0	8.1	16.0	156.0
66.0	0.0	10.8	16.0	138.0
30.0	0.0	13.5	16.0	120.0

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
174.0	0.78	2.97	0.07	30.0
138.0	2.48	6.25	0.55	30.0
102.0	5.1	9.83	1.75	30.0
66.0	8.63	13.74	4.01	30.0
30.0	13.07	17.95	7.66	30.0

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
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	2.84	165.78	S	143.17	0.0	179.18
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	6.5	166.16	S	143.6	0.0	56.73
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	10.15	166.54	S	144.08	0.0	27.72
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	13.8	166.91	S	144.6	0.0	16.44
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	18.35	167.38	S	145.15	0.0	10.89

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (201.0/0.0)
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (201.0/210.0)
Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
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);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
210.0	174.0	18.0	0.0	28.2	28.2	0.0	0.0	
174.0	138.0	18.0	0.0	28.2	28.2	0.0	0.0	
138.0	102.0	18.0	0.0	28.2	28.2	0.0	0.0	
102.0	66.0	18.0	0.0	28.2	28.2	0.0	0.0	
66.0	30.0	18.0	0.0	28.2	28.2	0.0	0.0	
30.0	1.0	18.0	0.0	28.2	18.8	0.0	0.0	
1.0	0.0	18.0	0.0	28.2	18.8	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
28.2	0.32	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0
28.2	0.32	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0
28.2	0.32	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0
28.2	0.32	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0
28.2	0.32	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0
18.8	0.32	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0
18.8	0.32	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
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	210.0	174.0	0.72	0.39	188.5	188.5
2	174.0	138.0	1.57	0.84	154.38	154.38
3	138.0	102.0	2.42	1.3	118.95	118.95
4	102.0	66.0	3.26	1.75	83.22	83.22
5	66.0	30.0	4.11	2.2	47.38	47.38
6	30.0	1.0	3.97	2.02	15.14	15.26
7	1.0	0.0	0.15	0.07	0.5	0.5

SPINTE IN FONDAZIONE
Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
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);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
30.0	0.0	18.0	180.0	28.2	18.8	0.0	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
198.8	1.4	-1.32	-0.45

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
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	30.0	0.0	-1.07	-0.36	10.0	10.0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	16.2	8.57	-5.3
Peso muro	0.0	13.5	-2.16
Peso fondazione	0.0	15.08	-15.15
Sovraccarico	0.0	5.1	-5.92
Terr. fondazione	0.0	71.6	-83.06
Spinte fondazione	-1.07	-0.36	-0.11
	15.13	**113.49**	**-111.69**

Momento stabilizzante	-123.52 kNm
Momento ribaltante	11.82 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	16.2	kN
Sommatoria forze verticali	113.85	kN
Coefficiente di attrito	0.54	
Adesione	0.0	kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0	°
Forze normali al piano di scorrimento	113.85	kN
Forze parall. al piano di scorrimento	16.2	kN
Resistenza terreno	62.12	kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	**3.49**	

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-123.52	kNm
Momento ribaltante	11.82	kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	**9.08**	

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	15.13	kN
Somma forze in direzione y (Fy)	113.49	kN
Somma momenti	-111.69	kNm
Larghezza fondazione	201.0	cm
Lunghezza	1000.0	cm
Eccentricità su B	2.08	cm
Peso unità di volume	18.0	KN/m³
Angolo di resistenza al taglio	28.2	°
Coesione	0.0	kPa
Terreno sulla fondazione	30.0	cm
Peso terreno sul piano di posa	18.0	KN/m³
Nq	15.05	
Nc	26.2	
Ng	17.21	
Fattori di forma		
sq	1.11	
sc	1.11	
sg	0.92	
Inclinazione carichi		
iq	0.77	
ic	0.75	
ig	0.67	
Fattori di profondità		
dq	1.05	
dc	1.06	
dg	1.0	
Carico limite verticale (Qlim)	510.63	kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	**3.21**	

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	98.42 cm
Larghezza della fondazione	201.0 cm
x = 0.0 cm	59.97 kPa
x = 201.0 cm	52.95 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
1.0	-1.07	-0.89	0.05	30.0

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
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	1.01	165.59	S	142.92	0.0	157.83

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
31.0	0.15	-13.56	2.8	30.0

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
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	0.09	165.5	S	142.79	0.0	10.32

A_Unitari+M1+RSLV [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.0225
Coefficiente sismico verticale Kv 0.0113

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
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);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
210.0	174.0	18.0	0.0	28.2	18.8	0.0	0.0	
174.0	138.0	18.0	0.0	28.2	18.8	0.0	0.0	
138.0	102.0	18.0	0.0	28.2	18.8	0.0	0.0	
102.0	66.0	18.0	0.0	28.2	18.8	0.0	0.0	
66.0	30.0	18.0	0.0	28.2	18.8	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
18.8	0.32	0.33	0.02	0.3	0.1	0.02	0.01
18.8	0.32	0.33	0.02	0.3	0.1	0.02	0.01
18.8	0.32	0.33	0.02	0.3	0.1	0.02	0.01
18.8	0.32	0.33	0.02	0.3	0.1	0.02	0.01
18.8	0.32	0.33	0.02	0.3	0.1	0.02	0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
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	210.0	174.0	0.6	0.21	188.29	188.29
2	174.0	138.0	1.35	0.46	154.34	154.34
3	138.0	102.0	2.09	0.71	118.93	118.93
4	102.0	66.0	2.84	0.97	83.21	83.21
5	66.0	30.0	3.58	1.22	47.38	47.38

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
174.0	0.06	2.7	16.0	192.0
138.0	0.12	5.4	16.0	174.0
102.0	0.18	8.1	16.0	156.0
66.0	0.24	10.8	16.0	138.0
30.0	0.3	13.5	16.0	120.0

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
174.0	0.66	2.91	0.07	30.0
138.0	2.07	6.06	0.47	30.0
102.0	4.22	9.48	1.47	30.0
66.0	7.12	13.14	3.35	30.0
30.0	10.77	17.06	6.36	30.0

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
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	2.84	165.78	S	143.16	0.0	211.68
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	6.04	166.11	S	143.58	0.0	67.97
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	9.69	166.49	S	144.03	0.0	33.43
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	13.34	166.87	S	144.52	0.0	19.9
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	17.44	167.29	S	145.04	0.0	13.21

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (201.0/0.0)
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (201.0/210.0)
Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
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);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
210.0	174.0	18.0	0.0	28.2	28.2	0.0	0.0	
174.0	138.0	18.0	0.0	28.2	28.2	0.0	0.0	
138.0	102.0	18.0	0.0	28.2	28.2	0.0	0.0	
102.0	66.0	18.0	0.0	28.2	28.2	0.0	0.0	
66.0	30.0	18.0	0.0	28.2	28.2	0.0	0.0	
30.0	1.0	18.0	0.0	28.2	18.8	0.0	0.0	
1.0	0.0	18.0	0.0	28.2	18.8	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
28.2	0.32	0.33	0.02	0.28	0.15	0.02	0.01
28.2	0.32	0.33	0.02	0.28	0.15	0.02	0.01
28.2	0.32	0.33	0.02	0.28	0.15	0.02	0.01
28.2	0.32	0.33	0.02	0.28	0.15	0.02	0.01
28.2	0.32	0.33	0.02	0.28	0.15	0.02	0.01
18.8	0.32	0.33	0.02	0.3	0.1	0.02	0.01
18.8	0.32	0.33	0.02	0.3	0.1	0.02	0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
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	210.0	174.0	0.56	0.3	188.29	188.29
2	174.0	138.0	1.25	0.67	154.34	154.34
3	138.0	102.0	1.94	1.04	118.93	118.93
4	102.0	66.0	2.63	1.41	83.21	83.21
5	66.0	30.0	3.32	1.78	47.38	47.38
6	30.0	1.0	3.21	1.64	15.14	15.26
7	1.0	0.0	0.12	0.06	0.5	0.5

SPINTE IN FONDAZIONE
Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
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);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
30.0	0.0	18.0	180.0	28.2	18.8	0.0	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
198.8	1.4	-1.32	-0.45

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
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	30.0	0.0	-1.07	-0.36	10.0	10.0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	13.04	6.9	-4.33
Peso muro	0.3	13.5	-1.8
Peso fondazione	0.34	15.08	-15.1
Sovraccarico	0.08	3.4	-3.78
Terr. fondazione	1.24	55.08	-62.41
Spinte fondazione	-1.07	-0.36	-0.11
	13.93	**93.59**	**-87.52**

Momento stabilizzante	-99.02 kNm
Momento ribaltante	11.5 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	15.0 kN
Sommatoria forze verticali	93.96 kN
Coefficiente di attrito	0.54
Adesione	0.0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	93.96 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	15.0 kN
Resistenza terreno	51.45 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	**3.43**

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-99.02 kNm
Momento ribaltante	11.5 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	**8.61**

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	13.93 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	93.59 kN
Somma momenti	-87.52 kNm
Larghezza fondazione	201.0 cm
Lunghezza	1000.0 cm
Eccentricità su B	6.99 cm
Peso unità di volume	18.0 KN/m³
Angolo di resistenza al taglio	28.2 °
Coesione	0.0 kPa
Terreno sulla fondazione	30.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	18.0 KN/m³
Nq	15.05
Nc	26.2
Ng	17.21

Fattori di forma	
sq	1.1
sc	1.11
sg	0.93
Inclinazione carichi	
iq	0.74
ic	0.72
ig	0.63
Fattori di profondità	
dq	1.05
dc	1.06
dg	1.0
Carico limite verticale (Qlim)	447.26 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	**3.98**

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	93.51 cm
Larghezza della fondazione	201.0 cm
x = 0.0 cm	56.28 kPa
x = 201.0 cm	36.85 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
1.0	-1.07	-0.85	0.05	30.0

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
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	1.01	165.59	S	142.92	0.0	165.12

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
31.0	0.12	1.52	-11.17	30.0

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
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	0.09	165.5	S	142.79	0.0	91.86

A_Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%) [GEO]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.0225
Coefficiente sismico verticale Kv 0.0113

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
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);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
210.0	174.0	18.0	0.0	28.2	18.8	0.0	0.0	
174.0	138.0	18.0	0.0	28.2	18.8	0.0	0.0	
138.0	102.0	18.0	0.0	28.2	18.8	0.0	0.0	
102.0	66.0	18.0	0.0	28.2	18.8	0.0	0.0	
66.0	30.0	18.0	0.0	28.2	18.8	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
18.8	0.32	0.34	0.03	0.3	0.1	0.03	0.01
18.8	0.32	0.34	0.03	0.3	0.1	0.03	0.01
18.8	0.32	0.34	0.03	0.3	0.1	0.03	0.01
18.8	0.32	0.34	0.03	0.3	0.1	0.03	0.01
18.8	0.32	0.34	0.03	0.3	0.1	0.03	0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
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	210.0	174.0	0.62	0.21	188.29	188.29
2	174.0	138.0	1.39	0.47	154.34	154.34
3	138.0	102.0	2.15	0.73	118.93	118.93
4	102.0	66.0	2.92	0.99	83.21	83.21
5	66.0	30.0	3.69	1.26	47.38	47.38

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
174.0	0.09	2.7	16.0	192.0
138.0	0.18	5.4	16.0	174.0
102.0	0.27	8.1	16.0	156.0
66.0	0.36	10.8	16.0	138.0
30.0	0.46	13.5	16.0	120.0

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
174.0	0.71	2.91	0.07	30.0
138.0	2.19	6.08	0.5	30.0
102.0	4.43	9.52	1.56	30.0
66.0	7.45	13.21	3.53	30.0
30.0	11.22	17.17	6.68	30.0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (201.0/0.0)
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (201.0/210.0)
Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
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);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
210.0	174.0	18.0	0.0	28.2	28.2	0.0	0.0	
174.0	138.0	18.0	0.0	28.2	28.2	0.0	0.0	
138.0	102.0	18.0	0.0	28.2	28.2	0.0	0.0	
102.0	66.0	18.0	0.0	28.2	28.2	0.0	0.0	
66.0	30.0	18.0	0.0	28.2	28.2	0.0	0.0	
30.0	1.0	18.0	0.0	28.2	18.8	0.0	0.0	
1.0	0.0	18.0	0.0	28.2	18.8	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
28.2	0.32	0.34	0.03	0.28	0.15	0.03	0.01
28.2	0.32	0.34	0.03	0.28	0.15	0.03	0.01
28.2	0.32	0.34	0.03	0.28	0.15	0.03	0.01
28.2	0.32	0.34	0.03	0.28	0.15	0.03	0.01
28.2	0.32	0.34	0.03	0.28	0.15	0.03	0.01
18.8	0.32	0.34	0.03	0.3	0.1	0.03	0.01
18.8	0.32	0.34	0.03	0.3	0.1	0.03	0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
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	210.0	174.0	0.58	0.31	188.29	188.29
2	174.0	138.0	1.29	0.69	154.34	154.34
3	138.0	102.0	2.0	1.07	118.93	118.93
4	102.0	66.0	2.72	1.46	83.21	83.21
5	66.0	30.0	3.43	1.84	47.38	47.38
6	30.0	1.0	3.31	1.69	15.14	15.26
7	1.0	0.0	0.12	0.06	0.5	0.5

SPINTE IN FONDAZIONE
Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
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);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
30.0	0.0	18.0	180.0	28.2	18.8	0.0	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
198.8	1.4	-1.32	-0.45

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
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	30.0	0.0	-1.07	-0.36	10.0	10.0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	13.45	7.12	-4.47
Peso muro	0.46	13.5	-1.61
Peso fondazione	0.51	15.08	-15.07
Sovraccarico	0.11	3.4	-3.7
Terr. fondazione	1.86	55.08	-61.66
Spinte fondazione	-1.07	-0.36	-0.11
	15.31	**93.81**	**-86.63**

Momento stabilizzante	-99.46 kNm
Momento ribaltante	12.83 kNm

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-99.46 kNm
Momento ribaltante	12.83 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	**7.75**
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

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
1.0	-1.07	-0.87	0.05	30.0

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
31.0	0.12	1.99	-12.42	30.0

15. CONCLUSIONI

Il muro di contenimento del piazzale verso il fosso esistente è ampiamente verificato secondo la normativa vigente.

Le analisi hanno permesso di verificare la piastra di fondazione, verificando a punzonamento il carico concentrato, senza necessità di una specifica armatura a punzonamento, ma con un'armatura minima diffusa costituita da una rete elettrosaldata ϕ8 – 100x100.

Borgosesia, ottobre 2023

Il tecnico

Ing. Egidio Fauda Pichet