



Comune di  
Saluggia (VC)



MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO E MESSA IN SICUREZZA  
DEI SITI CHE OSPITANO RIFIUTI NUCLEARI E DEGLI AMBITI  
COLLOCATI A TERGO DELLA FASCIA B DI PROGETTO DEL PAI

## PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo delle strutture e di descrizione dei materiali

CODICE DOCUMENTO

ELABORATO

S 6 4 1 - 0 2 - 0 2 4 0 1 . D O C

14

00	FEBBRAIO 2024	S. GRIVA	A.DENINA	M. CODO
00	NOVEMBRE 2023	S. GRIVA	A.DENINA	M. CODO
REV.	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	AUTORIZZAZIONE



SERVIZI DI INGEGNERIA



HY.M.STUDIO associazione professionale  
sede legale e uffici: Via Pomba, 23 – 10123 Torino – t. 011 5613103 fax 011 5592891  
Cod. Fisc./P.IVA 05639220010 - e-mail: [hym@hymstudio.it](mailto:hym@hymstudio.it) - sito web: [www.hymstudio.it](http://www.hymstudio.it)

R.U. P.

Geom. Ombretta Perolio  
(Resp. Area Lavori Pubblici Comune di Saluggia)

RIPRODUZIONE O CONSEGNA A TERZI SOLO DIETRO SPECIFICA AUTORIZZAZIONE

**Indice**

Normative di riferimento	4
Richiami teorici	5
Calcolo della spinta sul muro	5
Valori caratteristici e valori di calcolo	5
Metodo di Culmann	5
Spinta in presenza di falda	5
Spinta in presenza di sisma	6
Verifica a ribaltamento	6
Verifica a scorrimento	7
Verifica al carico limite	7
Riduzione per eccentricità del carico	8
Riduzione per effetto piastra	8
Verifica alla stabilità globale	8
Vita nominale e classe d'uso dell'opera	10
Dati	10
Materiali	10
Calcestruzzo armato	10
Acciai	10
Geometria profilo terreno a monte del muro	10
Geometria muro	11
Geometria paramento e fondazione	11
Descrizione terreni	12
Stratigrafia	12
Condizioni di carico	13
Normativa	14
Descrizione combinazioni di carico	14
Dati sismici	17
Opzioni di calcolo	19
Risultati per inviluppo	20
Spinta e forze	20
Risultanti globali	22

---

Verifiche geotecniche	22
Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	22
Verifica a scorrimento fondazione	23
Verifica a carico limite	23
Dettagli calcolo portanza	23
Verifica a ribaltamento	24
Verifica stabilità globale muro + terreno	24
Dettagli strisce verifiche stabilità	24
Sollecitazioni	26
Paramento	26
Fondazione	27
Armature	28
Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)	29

## Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

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

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

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

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

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

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)

- Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018

## Richiami teorici

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Se il muro è in calcestruzzo armato: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

Se il muro è a gravità: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

### Calcolo della spinta sul muro

#### *Valori caratteristici e valori di calcolo*

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

#### *Metodo di Culmann*

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

#### *Spinta in presenza di falda*

Nel caso in cui a monte del muro sia presente la falda il diagramma delle pressioni sul muro risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

dove  $\gamma_{\text{sat}}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

### Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parete pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta \quad \beta' = \beta + \theta$$

dove  $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$  essendo  $k_h$  il coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di  $k_h$ .

In presenza di falda a monte,  $\theta$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente  $A$  vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2 \beta \cos \theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente  $A$  si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di  $\theta$ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente  $A$  viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

### Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante  $M_r$ ) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante  $M_s$ ) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto  $M_s/M_r$  sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_r$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza:

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante  $M_r$  è dato dalla componente orizzontale della spinta  $S$ , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro  $\delta$  è positivo, ribaltante

se  $\delta$  è negativo.  $\delta$  è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

#### Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella  $F_s$  sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_f$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \tan \delta_f + c_a B_f$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

#### Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c + q N_q s_q d_q i_q + 0.5 B \gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione:

c	coesione del terreno in fondazione
$\phi$	angolo di attrito del terreno in fondazione
$\gamma$	peso di volume del terreno in fondazione
B	larghezza della fondazione
D	profondità del piano di posa
q	pressione geostatica alla quota del piano di posa
N	fattori di capacità portante
d	fattori di profondità del piano di posa
i	fattori di inclinazione del carico

Fattori di capacità portante		$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$	$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$
Fattori di forma	$\phi = 0$	$s_c = 1 + 0.2 K_p \frac{B'}{L'}$	$s_q = 1$	$s_\gamma = 1$

	$\varphi > 0$	$s_c = 1 + 0.2K_p \frac{B'}{L'}$	$s_q = 1 + 0.1K_p \frac{B'}{L'}$	$s_\gamma = 1 + 0.1K_p \frac{B'}{L'}$
Fattori di profondità	$\varphi = 0$	$d_c = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_q = 1$	$d_\gamma = 1$
	$\varphi > 0$	$d_c = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_q = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$
Fattori di inclinazione del carico	$\varphi = 0$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_\gamma = 0$
	$\varphi > 0$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_g = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\varphi^\circ}\right)^2$

Indichiamo con  $K_p$  il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

#### Riduzione per eccentricità del carico

Nel caso in cui il carico al piano di posa della fondazione risulta eccentrico, Meyerhof propone di moltiplicare la capacità portante ultima per un fattore correttivo  $R_e$

$R_e = 1.0 - 2.0 \frac{e}{B}$	per terreni coesivi
$R_e = 1.0 - \sqrt{\frac{e}{B}}$	per terreni incoerenti

con  $e$  eccentricità del carico e  $B$  la dimensione minore della fondazione.

#### Riduzione per effetto piastra

Per valori elevati di  $B$  (dimensione minore della fondazione), Bowles propone di utilizzare un fattore correttivo  $r_\gamma$  del solo termine sul peso di volume ( $0.5 B \gamma N_\gamma$ ) quando  $B$  supera i 2 m.

$$r_\gamma = 1.0 + 0.25 \log \frac{B}{2,0}$$

Il termine sul peso di volume diventa:

$$0.5B\gamma N_\gamma r_\gamma$$

#### Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\eta_g$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 25.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:



$$\eta = \frac{\sum_{i=0}^n \left[ \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi_i}{m} \right]}{\sum_{i=0}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\tan \varphi_i \tan \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\varphi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $\eta$ . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

## Vita nominale e classe d'uso dell'opera

## Dati

### Materiali

Simbologia adottata

n° Indice materiale

Descr Descrizione del materiale

#### Calcestruzzo armato

C Classe di resistenza del cls

A Classe di resistenza dell'acciaio

$\gamma$  Peso specifico, espresso in [kg/mc]

R<sub>ck</sub> Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

E Modulo elastico, espresso in [kg/cm<sup>2</sup>]

$\nu$  Coeff. di Poisson

n Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls

ntc Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$ [kg/mc]	R <sub>ck</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\nu$	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	2500,00	407,88	343054	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	f <sub>uk</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]
B450C	4588,65	5506,38

#### Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n° numero ordine del punto  
 X ascissa del punto espressa in [m]  
 Y ordinata del punto espressa in [m]  
 A inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	0,00	-2,00	0.000
2	8,00	0,00	14.036

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

### Geometria muro

#### *Geometria paramento e fondazione*

Lunghezza muro 10,00 [m]

#### Paramento

Materiale C32/40  
 Altezza paramento 2,20 [m]  
 Altezza paramento libero 2,20 [m]  
 Spessore in sommità 0,40 [m]  
 Spessore all'attacco con la fondazione 0,40 [m]  
 Inclinazione paramento esterno 0,00 [°]  
 Inclinazione paramento interno 0,00 [°]

#### Fondazione

Materiale C32/40  
 Lunghezza mensola di valle 1,00 [m]  
 Lunghezza mensola di monte 1,00 [m]  
 Lunghezza totale 2,40 [m]  
 Inclinazione piano di posa 0,00 [°]  
 Spessore 0,40 [m]  
 Spessore magrone 0,00 [m]

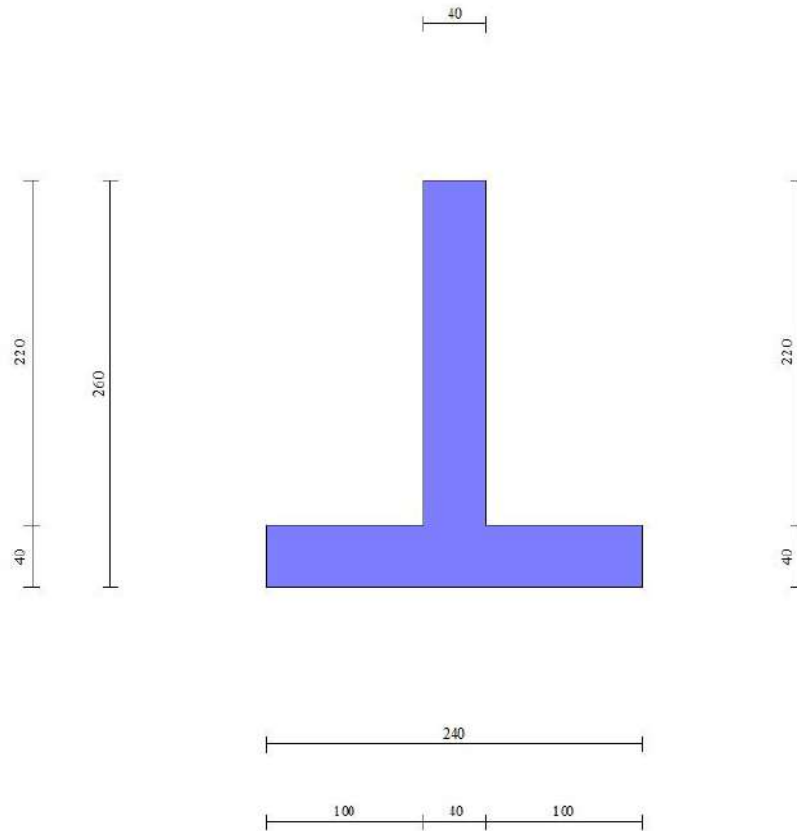


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Descrizione terreniParametri di resistenza

## Simbologia adottata

$n^{\circ}$	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
$c$	Coesione espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$c_a$	Adesione terra-muro espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix

Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
$\tau_l$	Tensione tangenziale limite, espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

$n^{\circ}$	Descr	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	$c$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$c_a$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Cesp	$\tau_l$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Terreno	1800,00	2000,00	30.000	20.000	0,00	0,00	---	---

Stratigrafia

## Simbologia adottata

$n^{\circ}$	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
$\alpha$	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato

Per calcolo pali (solo se presenti)

Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm  
 Ks Coefficiente di spinta  
 Cesp Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

Kst<sub>sta</sub>, Kst<sub>sis</sub> Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kw [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
1	3,00	0.000	Terreno	---	---	---	---	---
2	2,00	0.000	Terreno	---	---	---	---	---

Terreno di riempimento: Terreno  
 Inclinazione riempimento (rispetto alla verticale): 0.00 [°]

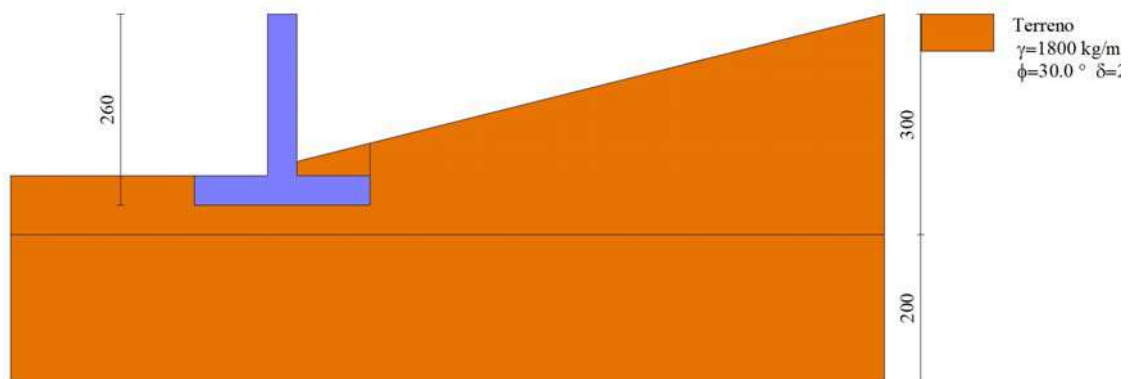


Fig. 2 - Stratigrafia

#### Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]

F<sub>x</sub> Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]

F<sub>y</sub> Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]

M Momento espresso in [kgm]

X<sub>i</sub> Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]

X<sub>f</sub> Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]

Q<sub>i</sub> Intensità del carico per x=X<sub>i</sub> espressa in [kg]

Q<sub>f</sub> Intensità del carico per x=X<sub>f</sub> espressa in [kg]

#### Condizione n° 1 (Condizione 1) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=1.00$  -  $\Psi_1=1.00$  -  $\Psi_2=1.00$

#### Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	F <sub>x</sub> [kg]	F <sub>y</sub> [kg]	M [kgm]	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kg]	Q <sub>f</sub> [kg]
1	Distribuito	Paramento					-2,20	-1,00	1200,00	0,00

Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1,fav}$	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1,sfav}$	1.00	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2,fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2,sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q,sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT,sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Descrizione combinazioni di carico

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{1,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff.  $\Psi_{0,j}$ ,  $\Psi_{1,j}$ ,  $\Psi_{2,j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili, per i valori dei coeff.  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$ , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione

$\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole



Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 15 - SLEQ

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 16 - SLEQ H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 17 - SLEQ H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 18 - A1-M1-R3 SCOR H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 19 - A1-M1-R3 SCOR H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Dati sismici

	<b>Simbolo</b>	<b>U.M.</b>		<b>SLU</b>	<b>SLE</b>
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]		0.530	0.320
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]		0.054	0.033
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.430	2.430
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.370	0.370
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.500	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	

<b>Stato limite ...</b>	<b>Coeff. di riduzione <math>\beta_m</math></b>	<b>kh</b>	<b>kv</b>
Ultimo - Scorrimento	0.380	3.080	1.540
Ultimo - Carico limite e verifiche strutturali	1.000	8.104	4.052
Ultimo - Ribaltamento	1.000	8.104	4.052
Esercizio	1.000	4.893	2.446

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

**Opzioni di calcolo**Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta a riposo
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Meyerhof
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Meyerhof
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ( $0.5B\gamma N_{\gamma}$ )	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione
Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra	

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

Spostamenti

Metodo di calcolo (per sole combinazioni SLD)	Richards-Elms
Spostamento limite	5,00 [cm]

Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

## Risultati per inviluppo

### Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic Indice della combinazione

A Tipo azione

I Inclinazione della spinta, espressa in [°]

V Valore dell'azione, espressa in [kg]

C<sub>x</sub>, C<sub>y</sub> Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kg]

P<sub>x</sub>, P<sub>y</sub> Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kg]	I [°]	C <sub>x</sub> [kg]	C <sub>y</sub> [kg]	P <sub>x</sub> [m]	P <sub>y</sub> [m]
1	Spinta statica	462	20,00	434	158	1,00	-2,27
	Peso/Inerzia muro			0	4600/0	-0,20	-1,78
	Peso/Inerzia terrapieno			0	585/0	0,56	-2,03
	Risultante forze sul muro			1080	0	--	--
2	Spinta statica	355	20,00	334	122	1,00	-2,27
	Incremento di spinta sismica		99	93	34	1,00	-2,32
	Peso/Inerzia muro			373	4600/186	-0,20	-1,78
	Peso/Inerzia terrapieno			47	585/24	0,56	-2,03
	Risultante forze sul muro			720	0	--	--

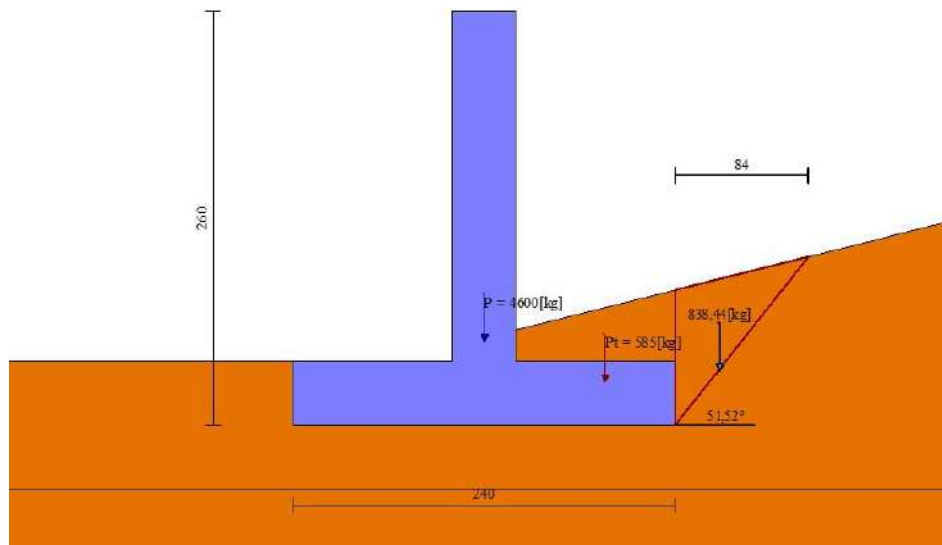


Fig. 3 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)



Risultanti globali

## Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kg]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kg]
M <sub>r</sub>	Momento ribaltante, espresso in [kgm]
M <sub>s</sub>	Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N	T	M <sub>r</sub>	M <sub>s</sub>	ecc	
	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]	[m]	
1 - STR (A1-M1-R3)		5343	1514	1008	7048	0,069
2 - STR (A1-M1-R3)		5551	1567	1046	7312	0,071
3 - STR (A1-M1-R3)		5121	1541	1309	7019	0,085
4 - STR (A1-M1-R3)		6899	1514	1008	9049	0,034
5 - STR (A1-M1-R3)		5519	1514	1008	7393	0,043
6 - STR (A1-M1-R3)		6723	1514	1008	8704	0,055
7 - GEO (A2-M2-R2)		5304	1346	882	6956	0,055
8 - GEO (A2-M2-R2)		5551	1567	1046	7312	0,071
9 - GEO (A2-M2-R2)		5121	1541	1309	7019	0,085
10 - EQU (A1-M1-R3)		5343	1514	1008	7048	0,069
11 - EQU (A1-M1-R3)		5551	1567	1046	7312	0,071
12 - EQU (A1-M1-R3)		5121	1541	1309	7019	0,085
13 - SLER		5307	1054	686	6961	0,018
14 - SLEF		5307	1054	686	6961	0,018
15 - SLEQ		5307	1054	686	6961	0,018
16 - SLEQ		5453	1361	903	7170	0,051
17 - SLEQ		5193	1345	1061	6993	0,058
18 - A1-M1-R3 SCOR		5398	1246	822	7092	0,039
19 - A1-M1-R3 SCOR		5235	1236	922	6980	0,043

Verifiche geotecniche*Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati*

## Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>UPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)				1.284		6.294	
2 - STR (A1-M1-R3)		H + V				6.070	
3 - STR (A1-M1-R3)		H - V				5.969	
4 - STR (A1-M1-R3)				1.658		6.712	
5 - STR (A1-M1-R3)				1.327		6.603	
6 - STR (A1-M1-R3)				1.616		6.486	
7 - GEO (A2-M2-R2)						3.288	
8 - GEO (A2-M2-R2)		H + V				2.766	
9 - GEO (A2-M2-R2)		H - V				2.691	

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
10 - EQU (A1-M1-R3)					6.995		
11 - EQU (A1-M1-R3)		H + V			6.989		
12 - EQU (A1-M1-R3)		H - V			5.362		
18 - A1-M1-R3 SCOR		H + V	1.577				
19 - A1-M1-R3 SCOR		H - V	1.541				

#### Verifica a scorrimento fondazione

##### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kg]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kg]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kg]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kg]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kg]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kg]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kg]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
1 - STR (A1-M1-R3)	1945	0	0	--	--	1945	1514	1.284
19 - A1-M1-R3 SCOR H - V	1905	0	0	--	--	1905	1236	1.541

#### Verifica a carico limite

##### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kg]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kg]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kg]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kg]	[kg]	[kg]	
1 - STR (A1-M1-R3)	5343	33626	24019	6.294
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	5121	30567	25472	5.969

#### Dettagli calcolo portanza

##### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N <sub>c</sub> , N <sub>q</sub> , N <sub>γ</sub>	Fattori di capacità portante
i <sub>c</sub> , i <sub>q</sub> , i <sub>γ</sub>	Fattori di inclinazione del carico
d <sub>c</sub> , d <sub>q</sub> , d <sub>γ</sub>	Fattori di profondità del piano di posa
g <sub>c</sub> , g <sub>q</sub> , g <sub>γ</sub>	Fattori di inclinazione del profilo topografico
b <sub>c</sub> , b <sub>q</sub> , b <sub>γ</sub>	Fattori di inclinazione del piano di posa
s <sub>c</sub> , s <sub>q</sub> , s <sub>γ</sub>	Fattori di forma della fondazione
p <sub>c</sub> , p <sub>q</sub> , p <sub>γ</sub>	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
r <sub>γ</sub>	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B_{\gamma}N_{\gamma}$ viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kg/mc]
φ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kg/cm <sup>q</sup> ]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	r <sub>γ</sub>	D	B' H	γ	φ	c
									[m]	[m]	[kg/m c]	[°]	[kg/c mq]
1	30.140 18.401 15.668	0.679 0.679 0.223	1.058 1.029 1.029	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.980	0,40	2,40 2,08	1800	30.00	0,00
3	30.140 18.401 15.668	0.662 0.662 0.195	1.058 1.029 1.029	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.980	0,40	2,40 2,08	1800	30.00	0,00

### Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

Ms Momento stabilizzante, espresso in [kgm]

Mr Momento ribaltante, espresso in [kgm]

FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kgm]	[kgm]	
10 - EQU (A1-M1-R3)	7048	1008	6.995
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	7019	1309	5.362

### Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione

C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]

R Raggio, espresso in [m]

FS Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
7 - GEO (A2-M2-R2)	0,00; 4,00	6,76	3.288
9 - GEO (A2-M2-R2) H - V	0,00; 4,00	6,76	2.691

### Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]

Qy carico sulla striscia espresso in [kg]

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

n°	W	Qy	b	α	φ	c	u	Tx; Ty
	[kg]	[kg]	[m]	[°]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg]
1	51	0	4,76 - 0,30	41.571	24.791	0,00	0,000	



n°	W [kg]	Qy [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq ]	u [kg/cmq ]	Tx; Ty [kg]
2	149	0	0,30	39.670	24.791	0,00	0,000	
3	234	0	0,30	36.450	24.791	0,00	0,000	
4	307	0	0,30	33.359	24.791	0,00	0,000	
5	366	0	0,30	30.375	24.791	0,00	0,000	
6	415	0	0,30	27.480	24.791	0,00	0,000	
7	453	0	0,30	24.659	24.791	0,00	0,000	
8	482	0	0,30	21.901	24.791	0,00	0,000	
9	502	0	0,30	19.195	24.791	0,00	0,000	
10	514	0	0,30	16.533	24.791	0,00	0,000	
11	518	0	0,30	13.908	24.791	0,00	0,000	
12	513	0	0,30	11.312	24.791	0,00	0,000	
13	536	0	0,30	8.739	24.791	0,00	0,000	
14	566	0	0,30	6.184	24.791	0,00	0,000	
15	540	0	0,30	3.641	24.791	0,00	0,000	
16	491	0	0,30	1.106	24.791	0,00	0,000	
17	2024	0	0,30	-1.428	24.791	0,00	0,000	
18	616	0	0,30	-3.964	24.791	0,00	0,000	
19	359	0	0,30	-6.508	24.791	0,00	0,000	
20	337	0	0,30	-9.065	24.791	0,00	0,000	
21	276	0	0,30	-11.640	24.791	0,00	0,000	
22	187	0	0,30	-14.239	24.791	0,00	0,000	
23	142	0	0,30	-16.869	24.791	0,00	0,000	
24	89	0	0,30	-19.536	24.791	0,00	0,000	
25	28	0	-2,71 - 0,30	-20.747	24.791	0,00	0,000	

n°	W [kg]	Qy [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq ]	u [kg/cmq ]	Tx; Ty [kg]
1	51	0	4,76 - 0,30	41.571	30.000	0,00	0,000	
2	149	0	0,30	39.670	30.000	0,00	0,000	
3	234	0	0,30	36.450	30.000	0,00	0,000	
4	307	0	0,30	33.359	30.000	0,00	0,000	
5	366	0	0,30	30.375	30.000	0,00	0,000	
6	415	0	0,30	27.480	30.000	0,00	0,000	
7	453	0	0,30	24.659	30.000	0,00	0,000	
8	482	0	0,30	21.901	30.000	0,00	0,000	
9	502	0	0,30	19.195	30.000	0,00	0,000	
10	514	0	0,30	16.533	30.000	0,00	0,000	
11	518	0	0,30	13.908	30.000	0,00	0,000	
12	513	0	0,30	11.312	30.000	0,00	0,000	
13	536	0	0,30	8.739	30.000	0,00	0,000	
14	566	0	0,30	6.184	30.000	0,00	0,000	
15	540	0	0,30	3.641	30.000	0,00	0,000	
16	491	0	0,30	1.106	30.000	0,00	0,000	
17	2024	0	0,30	-1.428	30.000	0,00	0,000	
18	616	0	0,30	-3.964	30.000	0,00	0,000	
19	359	0	0,30	-6.508	30.000	0,00	0,000	
20	337	0	0,30	-9.065	30.000	0,00	0,000	
21	276	0	0,30	-11.640	30.000	0,00	0,000	
22	187	0	0,30	-14.239	30.000	0,00	0,000	
23	142	0	0,30	-16.869	30.000	0,00	0,000	
24	89	0	0,30	-19.536	30.000	0,00	0,000	
25	28	0	-2,71 - 0,30	-20.747	30.000	0,00	0,000	

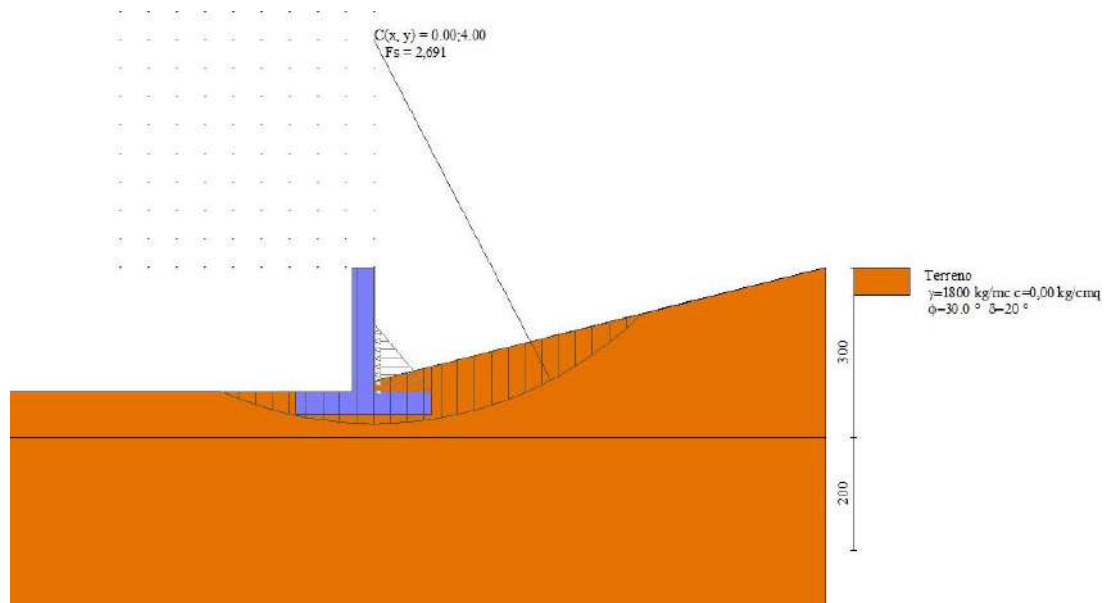


Fig. 7 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 9)

SollecitazioniElementi calcolati a trave

## Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kg]. Positivo se di compressione.  
 T Taglio, espresso in [kg]. Positivo se diretto da monte verso valle  
 M Momento, espresso in [kgm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

*Paramento*

n°	X	N <sub>min</sub>	N <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	0	0	0	0	0	0
2	-0,10	100	130	0	8	0	0
3	-0,20	200	260	0	16	0	2
4	-0,30	300	390	0	24	0	4
5	-0,40	400	520	0	32	0	6
6	-0,50	500	650	0	41	0	10
7	-0,60	600	780	0	49	0	15
8	-0,70	700	910	0	57	0	20
9	-0,80	800	1040	0	65	0	26
10	-0,90	900	1170	0	73	0	33
11	-1,00	1000	1300	0	81	0	41
12	-1,09	1092	1420	4	93	0	48
13	-1,18	1185	1540	17	113	1	58
14	-1,28	1277	1660	38	142	4	70
15	-1,37	1369	1780	68	179	8	84
16	-1,46	1462	1900	107	225	16	103
17	-1,55	1554	2020	153	279	28	126
18	-1,65	1646	2140	209	342	45	155
19	-1,74	1738	2260	273	414	67	190
20	-1,83	1831	2380	345	518	96	231
21	-1,92	1923	2500	426	639	131	281
22	-2,02	2015	2620	516	774	174	339

n°	X	N <sub>min</sub>	N <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
23	-2,11	2108	2740	620	929	227	407
24	-2,20	2200	2860	739	1104	289	486

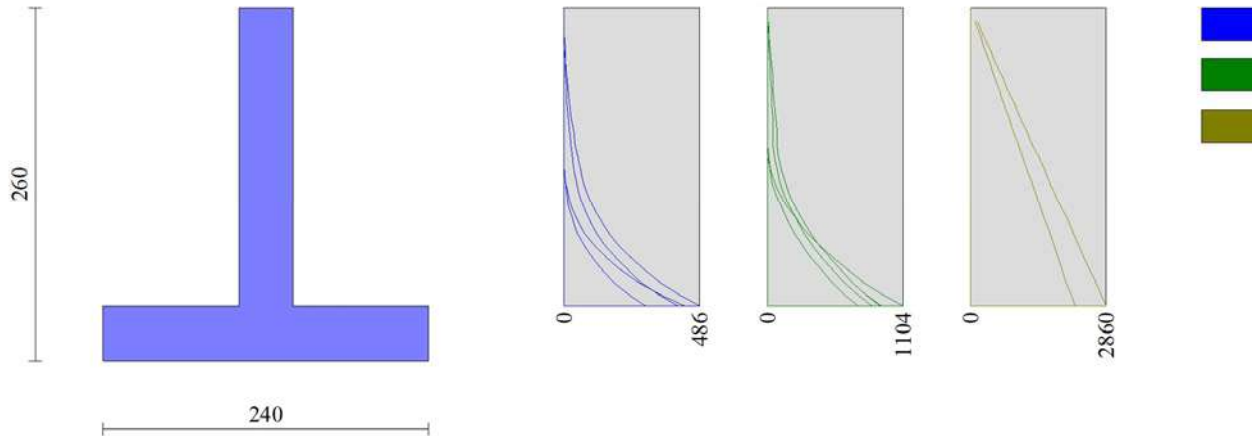


Fig. 8 - Paramento

## Fondazione

n°	X	N <sub>min</sub>	N <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	-1,40	0	0	0	0	0	0
2	-1,30	0	0	130	187	7	9
3	-1,20	0	0	260	371	26	37
4	-1,10	0	0	389	552	59	83
5	-1,00	0	0	517	729	104	148
6	-0,90	0	0	644	904	162	229
7	-0,80	0	0	771	1075	233	328
8	-0,70	0	0	896	1243	316	444
9	-0,60	0	0	1021	1407	412	577
10	-0,50	0	0	1145	1569	520	725
11	-0,40	0	0	1268	1727	641	890
12	0,00	0	0	240	670	45	269
13	0,10	0	0	175	567	24	207
14	0,20	0	0	120	473	9	155
15	0,30	0	0	73	386	0	112
16	0,40	0	0	35	307	-6	78
17	0,50	0	0	7	236	-8	51
18	0,60	0	0	-13	173	-7	30
19	0,70	0	0	-23	118	-6	16
20	0,80	0	0	-25	71	-3	7
21	0,90	0	0	-17	33	-1	2
22	1,00	0	0	0	0	0	0

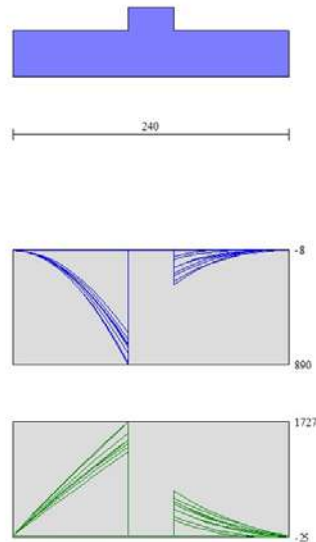


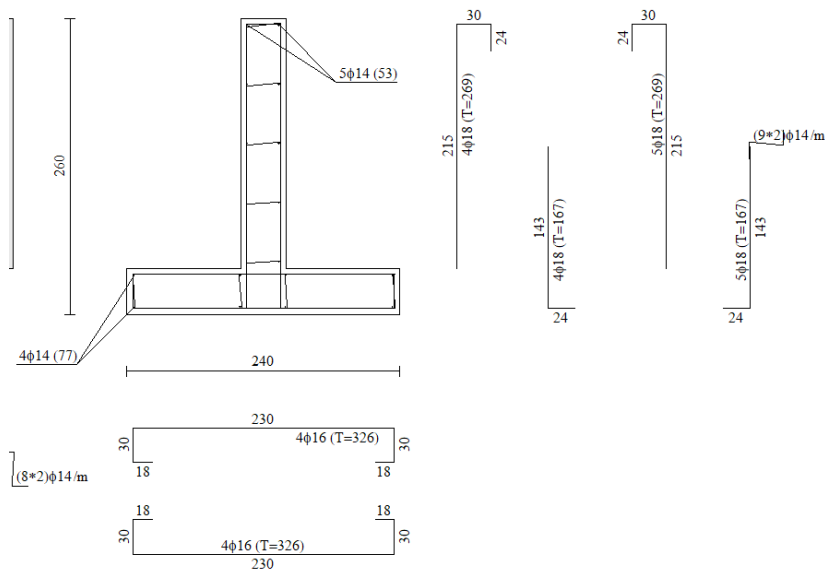
Fig. 9 - Fondazione

## Armature

Sono state impostate le seguenti armature:

Copriferro (ricoprimento di cls sulla barra) [cm]	4,00	
Nr. ganci al metro quadrato	9	
Diametro ferri paramento [mm]	superiori 18,00	inferiori 18,00
Diametro ferri fondazione [mm]	16,00	
Diametro ferri mensole [mm]	16,00	
Diametro ferri ripartitori [mm]	14,00	

Il Progetto delle armature ha fornito il seguente risultato (armatura minima):



Si prevedono pertanto i seguenti ferri:

FONDAZIONE: ferri inferiori e superiori D16/20 - ripartitori D14/20 inferiori e superiori  
 ELEVAZIONE: ferri anteriori e posteriori D18/20 - ripartitori D14/20 anteriori e posteriori  
 Ferri di ripresa verticali D18/20

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del D.M. 17/07/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	15.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	HY.M. Studio
Licenza	AIU35701J

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

Avigliana, FEB. 2024\_\_\_\_\_

Il progettista - ing. Massimo Codo

