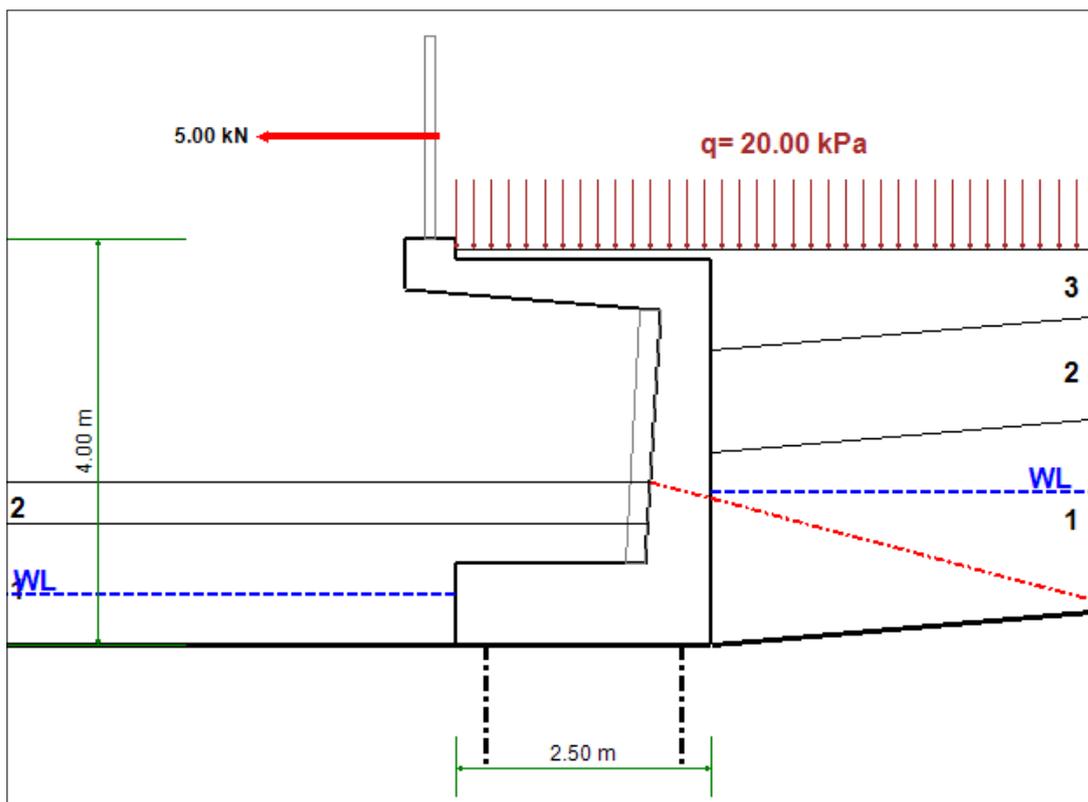


MB Muro

(Rev. 3)

Documento di Validazione



Indice

Premessa	2
Campo di applicazione e limitazioni d'uso	3
Esempi di Verifica	4
Esempio di calcolo completo	4
Monostrato orizzontale con sovraccarico	22
Monostrato orizzontale con falda	28
Monostrato orizzontale coesivo	34
Multistrato orizzontale non coesivo	43
Verifiche in presenza di pali di fondazione	55
Metodologia Generalizzata di Validazione	66
Coefficienti di Spinta	67
Calcolo delle spinte	69
Risultante sul piano di fondazione	76

Premessa

Il programma **MB Muro** è finalizzato ad eseguire le verifiche di stabilità delle opere di sostegno rigide, sia in condizioni statiche sia sismiche, in accordo alle "Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC08 e NTC18).

Scopo del presente documento è quello di dimostrare la validità dei risultati forniti dal programma "**MB Muro**" nell'ambito dello specifico campo di applicabilità.

Nel presente documento viene quindi riportata una serie di esempi di calcolo risolti.

Gli esempi presentati sono risolti in riferimento alla norma **NTC 08**. La metodologia seguita è tuttavia ripetibile anche per le NTC 18 variando i coefficienti parziali del caso.

Trattandosi in particolare di calcoli che comportano semplici operazioni, quali somme e moltiplicazioni, ciascun esempio viene risolto manualmente esplicitando passo passo i calcoli effettuati ed i relativi risultati.

A ciascuna determinazione effettuata viene quindi affiancato il corrispondente valore ottenuto dal programma per i relativi confronti.

Ove non diversamente specificato, negli esempi svolti sono assunti i seguenti valori dei coefficienti di aderenza al contatto tra il muro e il terreno:

Attrito al contatto con la parete:	$f\varnothing = 0.67$	(ossia: $\delta_a = 0.67 \varnothing$)
Attrito sul piano di fondazione:	$f\varnothing = 0.67$	(ossia: $\delta_a = 0.67 \varnothing$)
Coesione sul piano di fondazione:	$f_c = 0.67$	(ossia: $c_a = 0.67 c$)

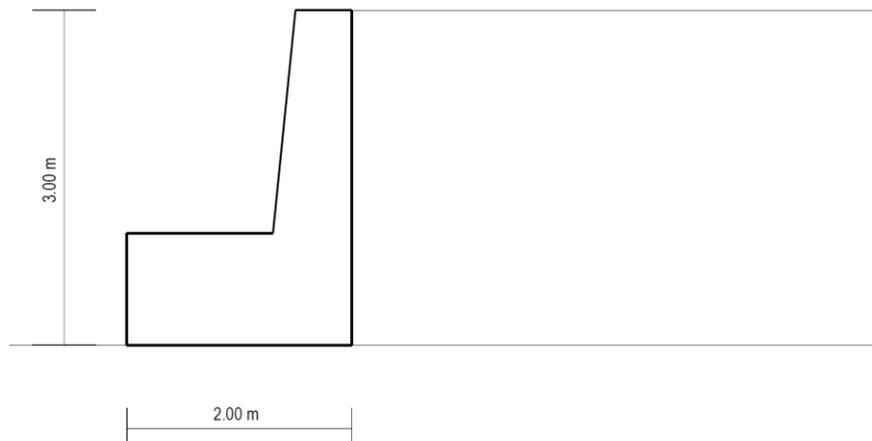
Infine, in relazione alla notevole casistica di configurazioni geometriche, geotecniche-stratigrafiche e di carico che si possono presentare, materialmente impossibile da coprire in modo esaustivo con specifici esempi di verifica, grazie alle svariate possibilità di controllo offerte dal programma, viene riportata una metodologia generalizzata di validazione che consiste in una dettagliata descrizione delle modalità di visualizzazione e di controllo dei risultati che permette all'utilizzatore stesso di effettuare in proprio le verifiche di ogni singolo specifico problema trattato.

Campo di applicazione e limitazioni d'uso

- Il calcolo delle spinte del terreno viene effettuato mediante i coefficienti di spinta attiva, calcolati tramite le formulazioni di Mononobe-Okabe e, pertanto, il programma può essere utilizzato per le verifiche di situazioni semplici in termini di stratigrafia e con la superficie avente un andamento lineare.
- Non possono essere risolti casi in cui la superficie del terreno presenta andamenti poligonali o comunque diversi da quello lineare, a meno di approssimare l'andamento della superficie con una linea mediana equivalente.
- E' possibile effettuare il calcolo delle spinte anche in condizioni "a riposo" (spinta ko) nel caso di muri di sostegno i cui spostamenti siano vincolati.
- Le verifiche di capacità portante della fondazione sono eseguite nell'ipotesi di terreno di fondazione omogeneo ed infinitamente esteso (no terreno stratificato). La capacità portante viene valutata mediante le formulazioni di Brinch-Hansen generalmente utilizzate nel caso di terreni a comportamento prevalentemente non coesivo o poco coesivo.
- Nel caso della presenza di pali di fondazione e/o tiranti di ancoraggio, le caratteristiche di portanza di tali elementi, utilizzate dal programma per le verifiche di capacità portante, devono essere valutate a priori dall'utente sulla base delle caratteristiche geotecniche dei terreni attraversati.
- Il calcolo del fattore di sicurezza relativo alla verifica di *Stabilità Globale* dell'insieme opera-terreno, viene effettuato secondo i metodi semplificati di "Fellenius", "Bishop" e "Janbu" nell'ipotesi di superfici di scivolamento circolari.
- Il programma effettua tutte le verifiche di stabilità del muro, per tutte le combinazioni di carico previste dalla norma, nelle condizioni SLU (Statiche) e SLV (Sismiche).
- Non sono effettuate verifiche di resistenza strutturale degli elementi e verifiche agli SLE (calcolo di spostamenti e cedimenti).

Esempi di Verifica

Esempio di calcolo completo



STRATO N.1
 $g = 20.00 \text{ kN/m}^3$
 $\phi' = 32.00^\circ$
 $c' = 0.00 \text{ kN/m}^2$

STRATO BASE
 $g = 20.00 \text{ kN/m}^3$
 $\phi' = 38.00^\circ$
 $c' = 0.00 \text{ kN/m}^2$

Geometria muro:

Base	=	2.00 m
Altezza totale	=	3.00 m
Spessore fondazione	=	1.00 m
Altezza elevazione	=	2.00 m
Spessore in testa	=	0.50 m
Inclinazione anteriore	=	10%
Spessore Base elevazione	=	0.70 m
Peso di volume unitario	=	25.00 kN/mc

Caratteristiche terreno spingente:

Altezza strato	=	3.00 m
Peso specifico unitario	=	20.00 kN/mc
Angolo di attrito interno	=	32 °
Coesione	=	0.00 kPa

Caratteristiche terreno Sotto il piano di fondazione:

Peso specifico unitario	=	20.00 kN/mc
Angolo di attrito interno	=	38 °
Coesione	=	0.00 kPa

Parametri Sismici del sito:

Accelerazione di riferimento:	(a_g/g)	=	0.150
Categoria suolo:		=	B
Coefficiente amplificazione stratigrafica	Ss:	=	1.20
Coefficiente amplificazione topografica	St:	=	1.00

Calcolo Manuale

Calcolo del peso del muro:

(A1)	area fondazione:	2.00×1.00	=	2.00 m^2
(A2)	area elevazione:	0.50×2.00	=	1.00 m^2
(A3)	area elevazione:	$\frac{1}{2} \times 0.20 \times 2.0$	=	0.20 m^2

	Area Totale:		=	3.20 m^2
	Peso:	$3.20 \text{ m}^2 \times 25.00 \text{ kN/m}^3$	=	80.00 kN

Calcolo posizione del baricentro (punto di applicazione della forza peso):

Momento statico rispetto all'origine (x=0):

(A1)	fondazione: $S_1 = (2.00 \text{ m}^2) \times 1.00$	=	2.00 m^3
(A2)	elevazione: $S_2 = (1.00 \text{ m}^2) \times (2.00 - 0.25)$	=	1.75 m^3
(A3)	elevazione: $S_3 = (0.20 \text{ m}^2) \times (1.50 - 0.20/3) =$	=	0.29 m^3

		$S_x =$	4.04 m^3

Ascissa baricentro: $X_g = S_x / A = 4.04 / 3.20$

$X_g = 1.26 \text{ m}$

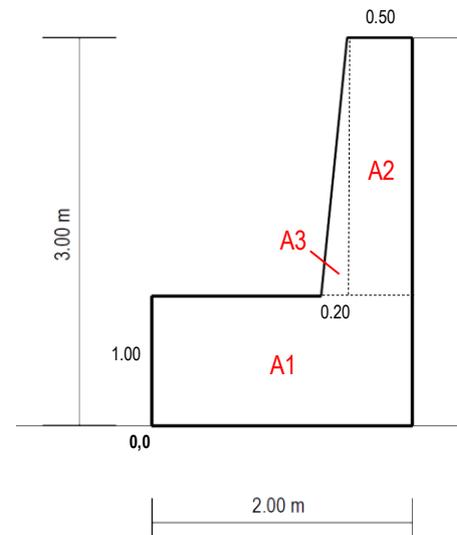
Momento statico rispetto alla base (y=0):

(A1)	fondazione: $S_1 = (2.00 \text{ m}^2) \times 0.50$	=	1.00 m^3
(A2)	elevazione: $S_2 = (1.00 \text{ m}^2) \times (1.00 + 1.00)$	=	2.00 m^3
(A3)	elevazione: $S_3 = (0.20 \text{ m}^2) \times (1.00 + 2.00/3)$	=	0.33 m^3

		$S_y =$	3.33 m^3

Ordinata baricentro: $Y_g = S_y / A = 3.33 / 3.20$

$Y_g = 1.04 \text{ m}$



Risultati del Programma

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE						
MASSE STRUTTURALI						
N. Mat	P. S. [kN/mc]	Area [mq]	Peso [kN]	Xg [m]	Yg [m]	Tipo Azione
1	25.00	3.200	80.00	1.26	1.04	Perm. Strutt.

Calcolo delle Spinte del terreno:

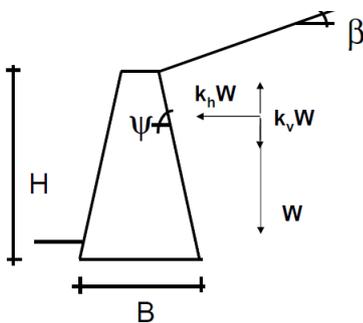
Calcolo Manuale

$S = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot (1 \pm k_v) \cdot H^2 \cdot K$ (O.P.C.M. 3274 - § 4.4.3)

Coefficiente sismico orizzontale: $k_h = \beta_m \cdot (a_g/g) \cdot S_s \cdot S_t$ (NTC - 7.11.6)
 Per suolo tipo B $(a_g/g) = 0.15$ (NTC - Tab. 7.11.II)
 $\beta_m = 0.24$
 $S_s = 1.20$
 $S_t = 1.00$
 $k_h = 0.24 \cdot 0.15 \cdot 1.20 \cdot 1.00 = 0.043$

Coefficiente sismico verticale: $k_v = \pm 0.5 k_h$ (NTC - 7.11.7)
 $k_v = \pm 0.5 \cdot 0.043 = \pm 0.022$

Coefficienti di spinta K (Mononobe - Okabe):



$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi' - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi' + \delta) \sin(\phi' - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2} \quad \text{per } \beta \leq \phi' - \theta$$

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi' - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta)} \quad \text{per } \beta > \phi' - \theta$$

In assenza di falda:

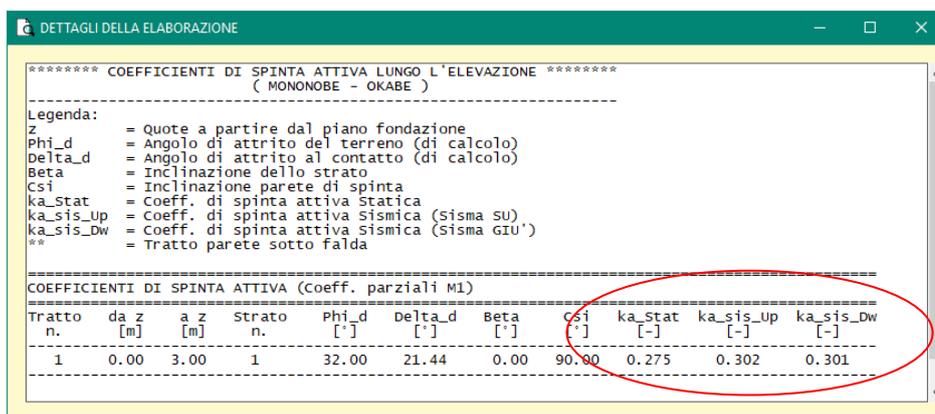
$\Theta = 0.00$ (in condizioni statiche)
 $\Theta = \arctg(k_h / 1 - k_v) = 2.528^\circ$ (per sisma verso l'alto)
 $\Theta = \arctg(k_h / 1 + k_v) = 2.421^\circ$ (per sisma verso il basso)

Inclinazione paramento: $\psi = 90^\circ$
 Inclinazione superficie: $\beta = 0^\circ$

Verifiche tipo (STR) con parametri geotecnici caratteristici (M1):

angolo di attrito del terreno: $\phi' = 32^\circ$
 angolo di attrito al contatto: $\delta = 0.67 \cdot 32 = 21.44^\circ$
 peso specifico: $\gamma' = 20.00 \text{ kN/m}^3$ (assenza di falda)
 per $\beta=0^\circ$ ($\beta < \phi' - \Theta$):
 in condizioni statiche: **K = 0.275**
 per sisma verso l'alto: **K = 0.302**
 per sisma verso il basso: **K = 0.301**

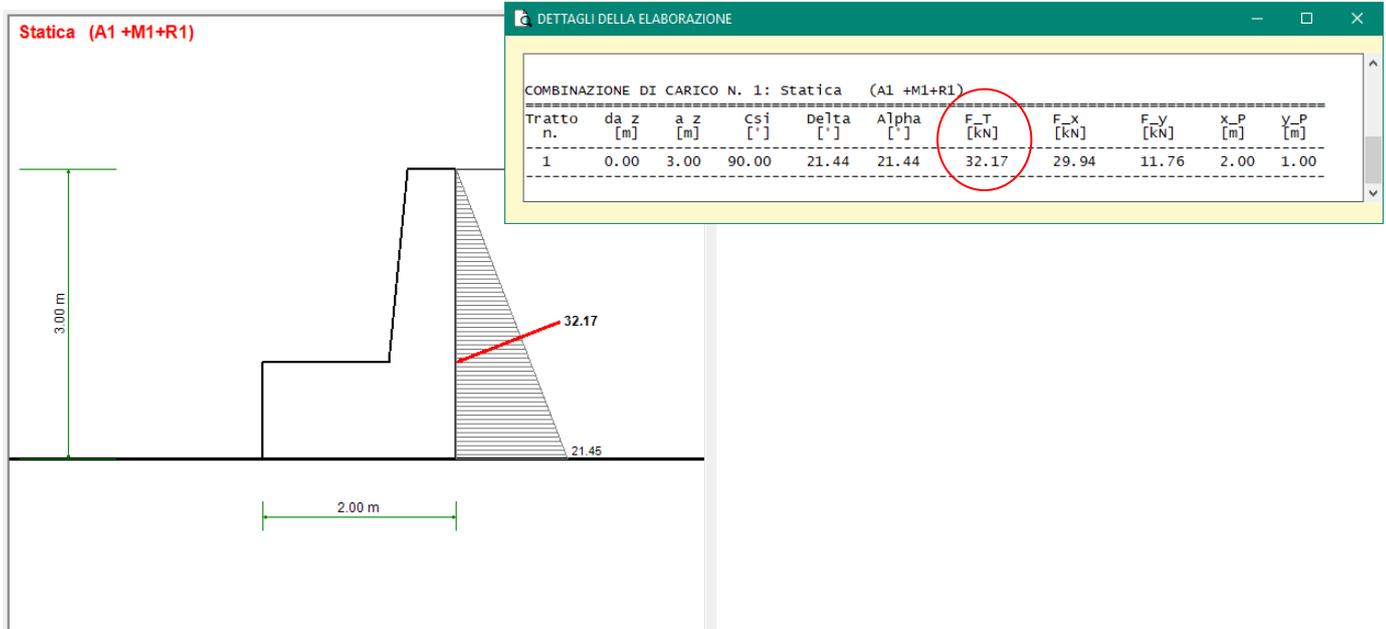
Risultati del Programma



Spinta totale per la combinazione Statica (A1+M1):

$K = 0.275$
 $S = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot (1+0.000) \cdot 3.00^2 \cdot 0.275 = 24.75 \text{ kN}$
 Coeff. Parziale (A1) = 1.30 (azione perm. Sfavor.) (NTC – Tab. 6.2.I)
 $S = 24.75 \text{ kN} \cdot 1.30 = 32.17 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)

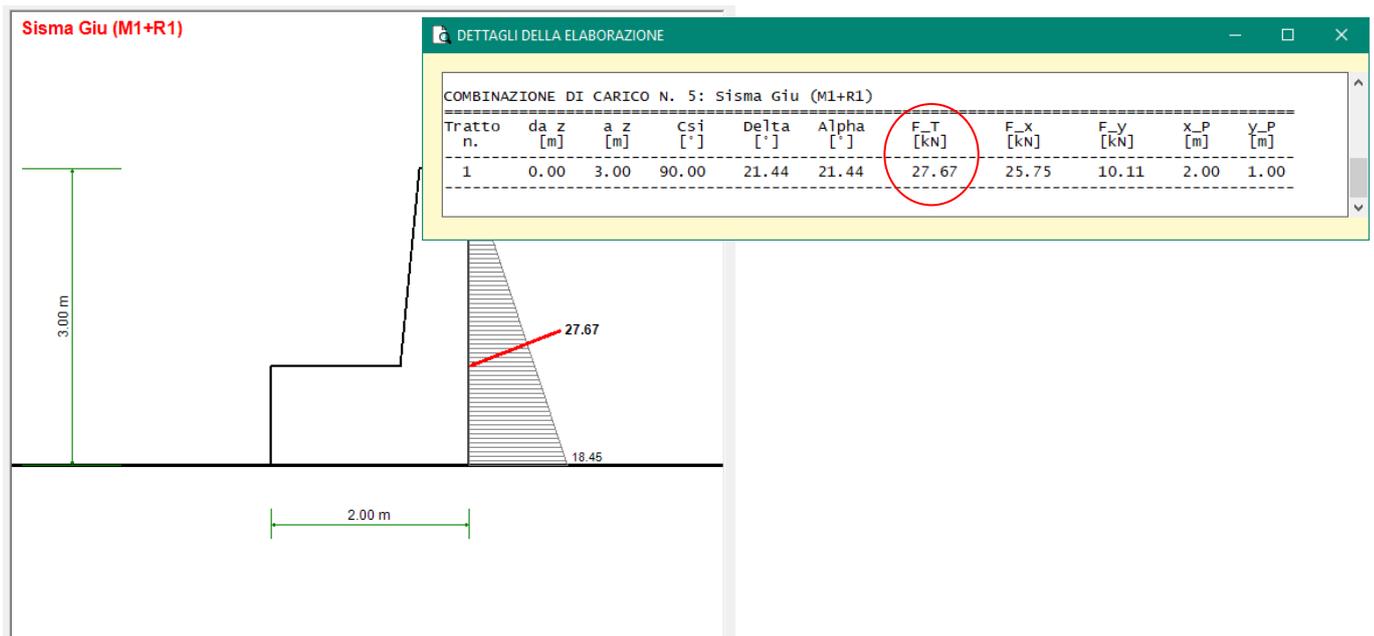
Risultati del Programma



Spinta totale per la combinazione Sisma Giù (A1+M1):

$K = 0.301$
 $S = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot (1+0.022) \cdot 3.00^2 \cdot 0.301 = 27.69 \text{ kN}$
 Coeff. Parziale (A1) = 1.00 (in condizioni sismiche)
 $S = 27.69 \text{ kN} \cdot 1.00 = 27.69 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)

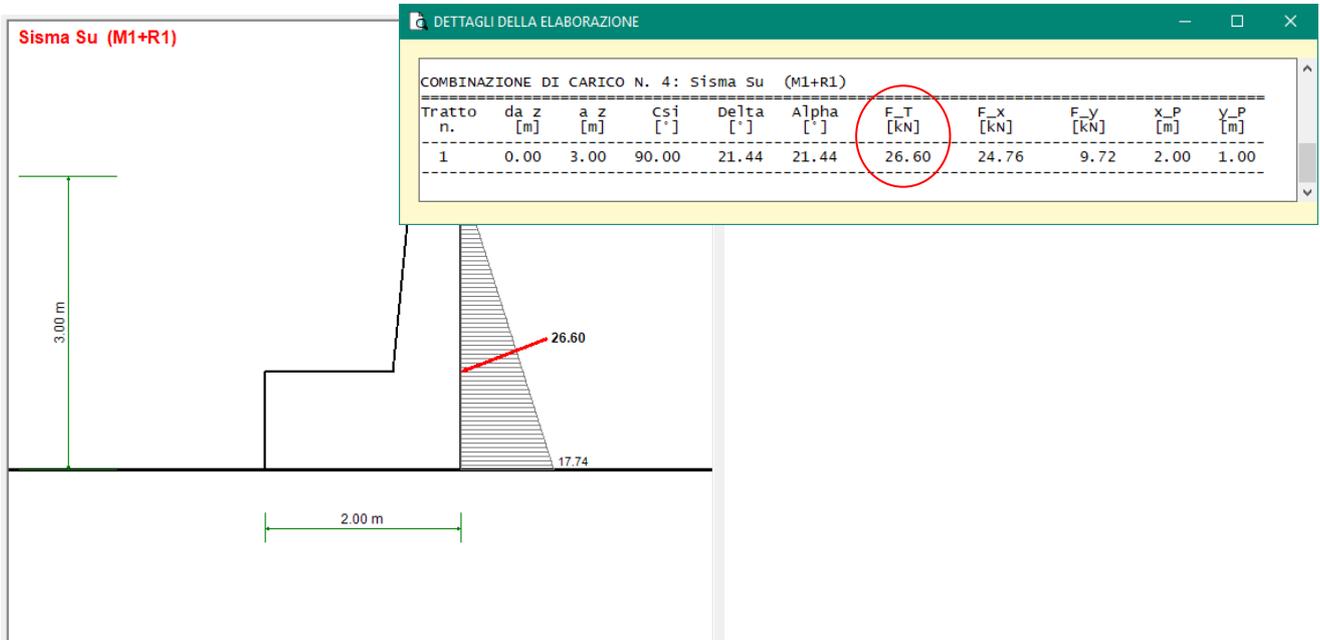
Risultati del Programma



Spinta totale per la combinazione Sisma Su (A1+M1):

$K = 0.302$
 $S = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot (1 - 0.022) \cdot 3.00^2 \cdot 0.302 = 26.58 \text{ kN}$
 Coeff. Parziale (A1) = 1.00 (in condizioni sismiche)
 $S = 26.58 \text{ kN} \cdot 1.00 = 26.58 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)

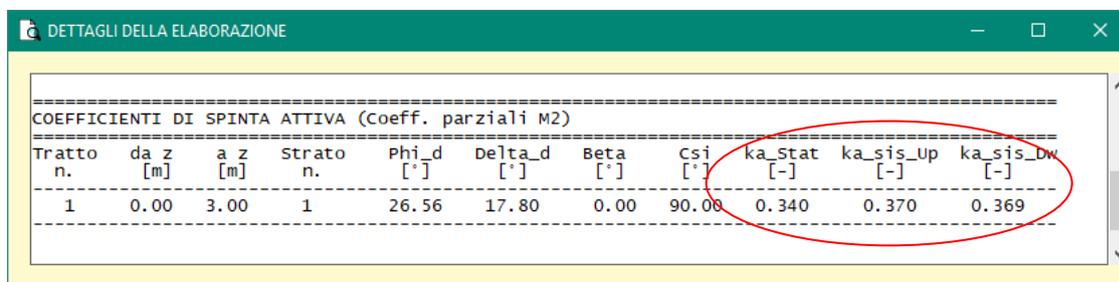
Risultati del Programma



Verifiche tipo (GEO) con parametri geotecnici di calcolo (M2):

coeff. Parziale = 1.25 ($tg\delta_d = tg\delta_k / 1.25$)
 angolo di attrito del terreno: $\delta_d' = 26.56^\circ$
 angolo di attrito al contatto: $\delta_d = 0.67 \cdot 26.56 = 17.80^\circ$
 peso specifico: $\gamma' = 20.00 \text{ kN/m}^3$ (assenza di falda)
 per $\beta=0^\circ$ ($\beta < \delta' - \theta$):
 in condizioni statiche: **K = 0.340**
 per sisma verso l'alto: **K = 0.370**
 per sisma verso il basso: **K = 0.369**

Risultati del Programma



Spinta totale per la combinazione Statica (A2+M2):

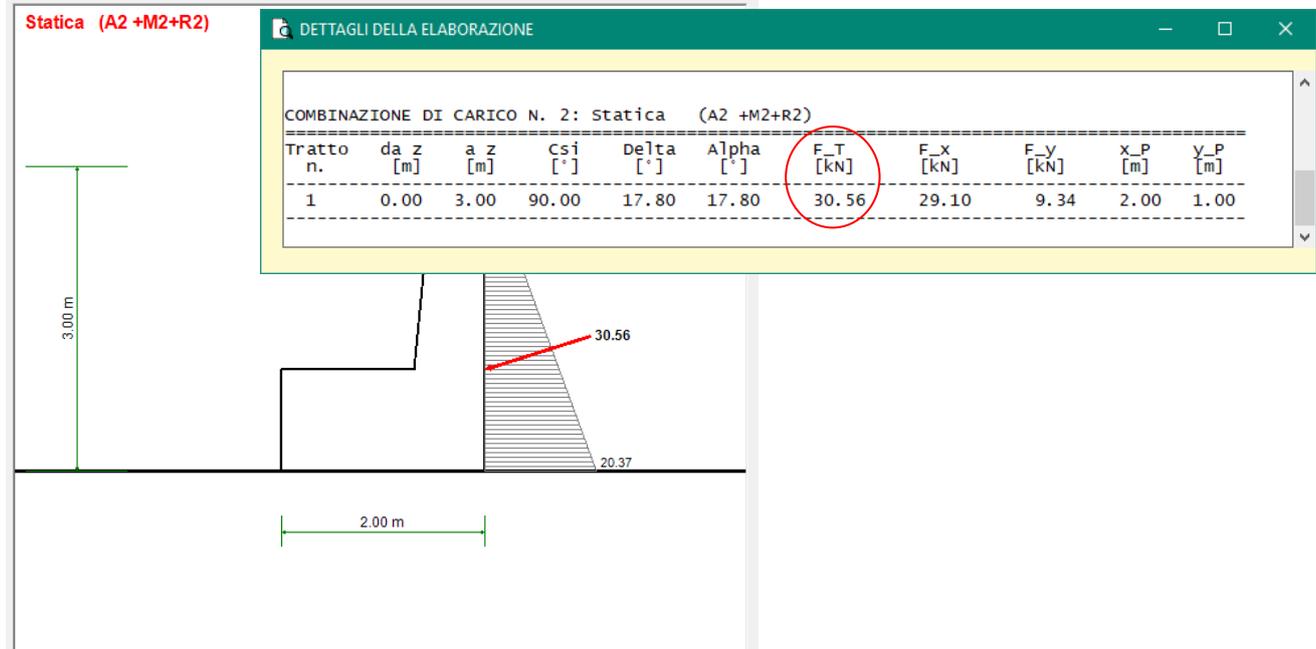
$K = 0.340$

$S = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot (1+0.000) \cdot 3.00^2 \cdot 0.340 = 30.60 \text{ kN}$

Coeff. Parziale (A2) = 1.00 (azione perm. Sfavor.) (NTC – Tab. 6.2.I)

$S = 30.60 \text{ kN} \cdot 1.00 = 30.60 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)

Risultati del Programma



Spinta totale per la combinazione Statica (EQU+M2):

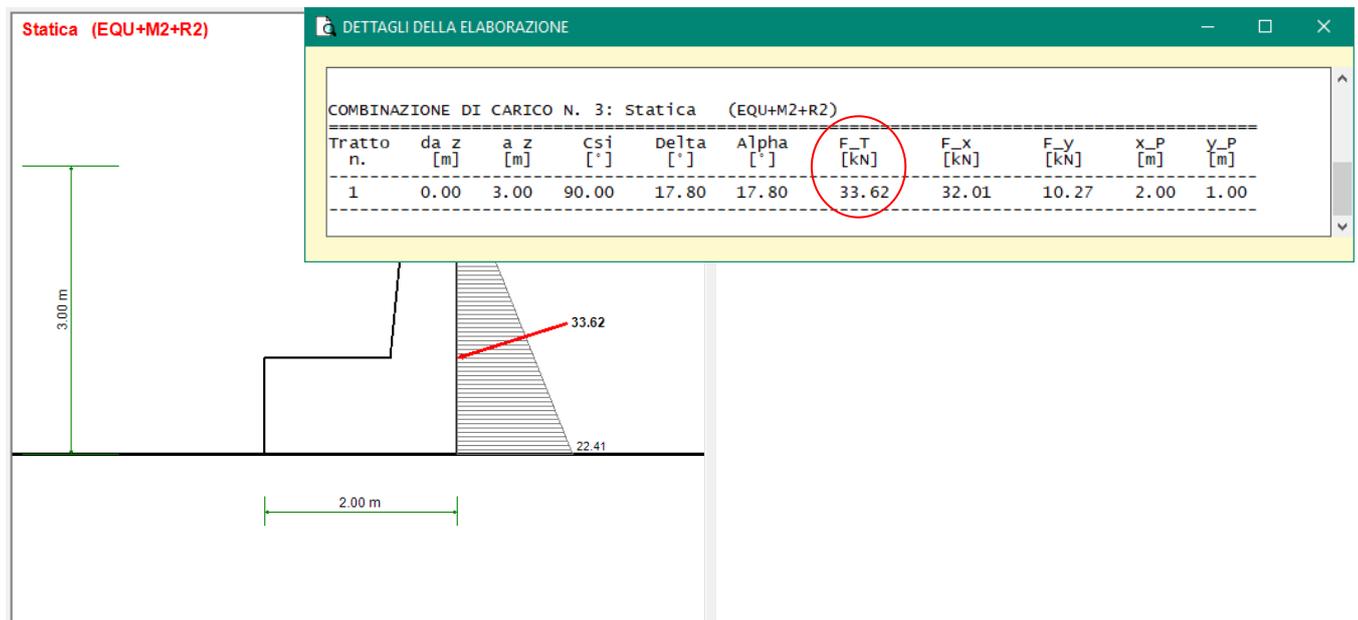
$K = 0.340$

$S = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot (1+0.000) \cdot 3.00^2 \cdot 0.340 = 30.60 \text{ kN}$

Coeff. Parziale (A2) = 1.10 (azione perm. Sfavor.) (NTC – Tab. 6.2.I)

$S = 30.60 \text{ kN} \cdot 1.10 = 33.66 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)

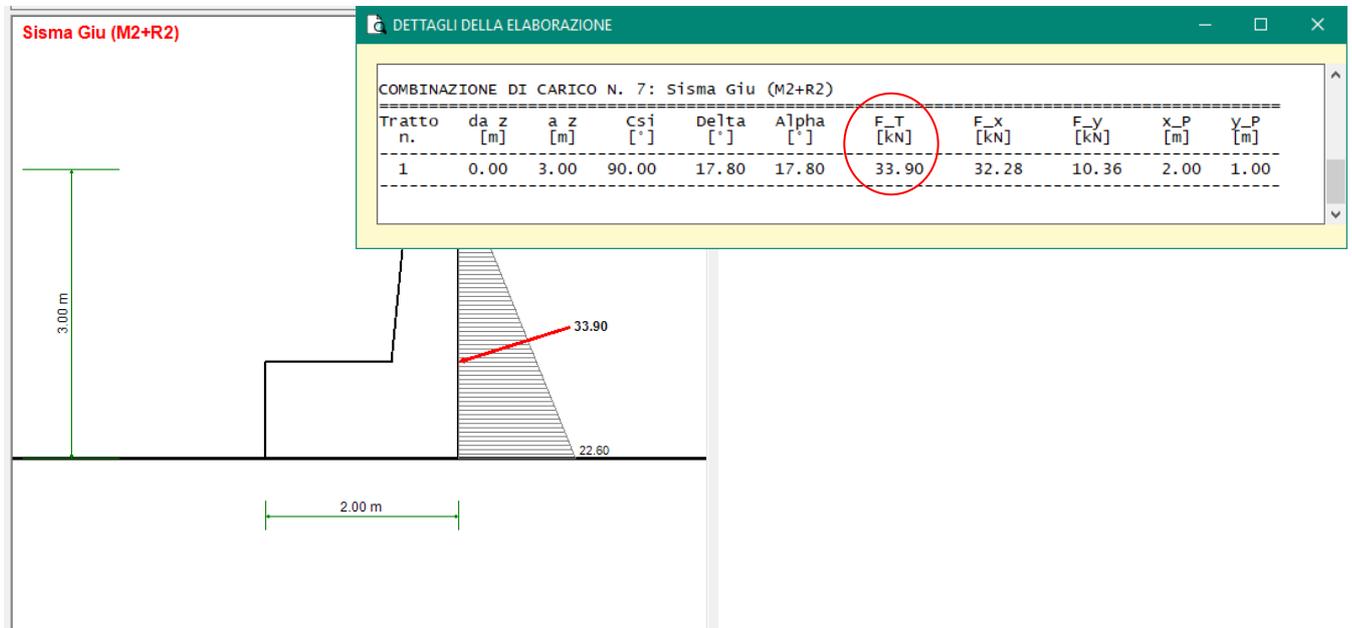
Risultati del Programma



Spinta totale per la combinazione Sisma Giù (A2+M2):

$K = 0.369$
 $S = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot (1 + 0.022) \cdot 3.00^2 \cdot 0.369 = 33.94 \text{ kN}$
 Coeff. Parziale (A2) = 1.00 (in condizioni sismiche)
 $S = 33.94 \text{ kN} \cdot 1.00 = 33.94 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)

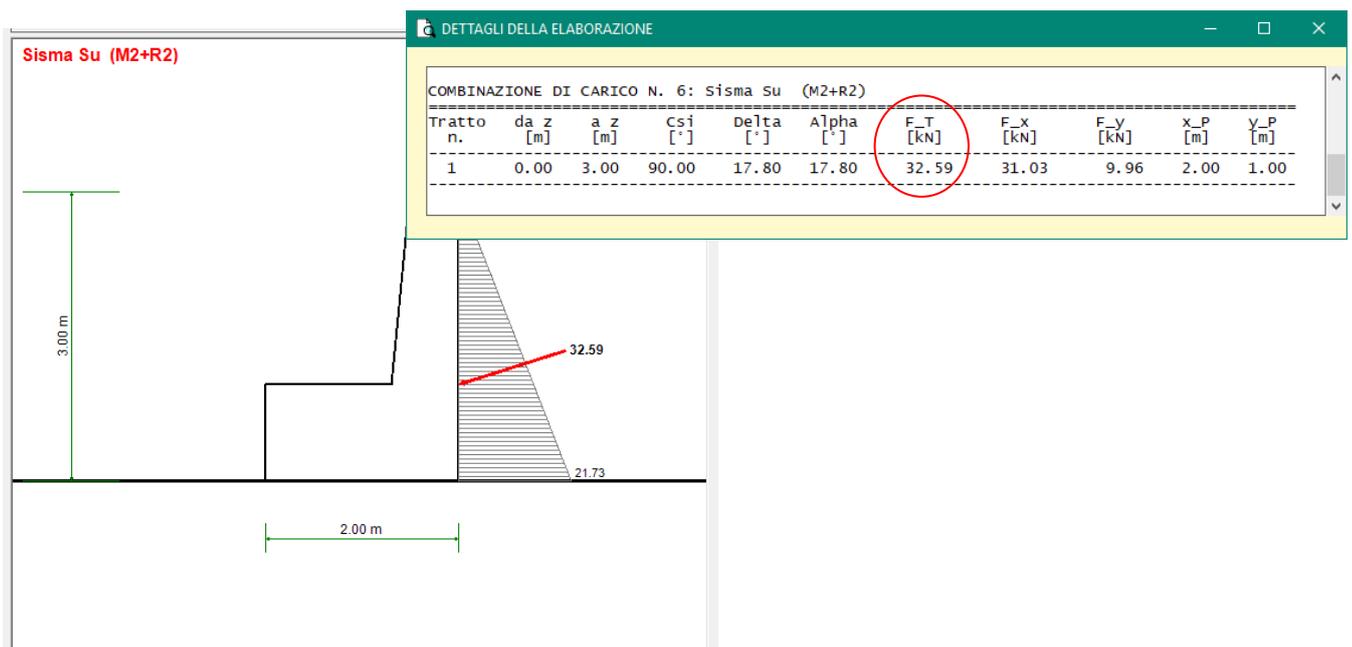
Risultati del Programma



Spinta totale per la combinazione Sisma Su (A2+M2):

$K = 0.370$
 $S = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot (1 - 0.022) \cdot 3.00^2 \cdot 0.370 = 32.57 \text{ kN}$
 Coeff. Parziale (A2) = 1.00 (in condizioni sismiche)
 $S = 32.57 \text{ kN} \cdot 1.00 = 32.57 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)

Risultati del Programma



Calcolo della Risultante sul piano di fondazione:

Combinazione Statica (A1+M1):

Calcolo Manuale

Peso Muro:	W_M	= 80.00 kN		
Coefficiente parziale (A1)		= 1.00	(azione perm. Favor.)	(NTC – Tab. 6.2.I)
Ascissa baricentro:	X_g	= 1.26 m		
Ordinata baricentro:	Y_g	= 1.04 m		
Momento Stabilizzante:	M_{stab}	= 80.00 kN x 1.26 m = 100.80 kNm		
Spinta del terreno:	S_T	= 32.17 kN		
Inclinazione:	δ	= 21.44°		
Componente orizz.	S_H	= 32.17 x cos 21.44 = 29.94 kN		
Componente vertic.	S_V	= 32.17 x sin 21.44 = 11.76 kN		
Ascissa comp. vertic.	x_T	= 2.00 m		
Ordinata comp. orizz.	y_T	= 1.00 m		
Momento comp. orizz. :	M_H	= 29.94 kN x 1.00 m = 29.94 kNm		
Momento comp. vertic. :	M_V	= 11.76 kN x 2.00 m = 23.52 kNm		
Momento Ribaltante:	M_{rib}	= 29.94 – 23.52 = 6.42 kNm		
Risultante Verticale:	$W_M + S_V$	= 80.00 + 11.76 = 91.76 kN		
Risultante Orizzontale:	S_H	= 29.94 kN		
Momento Ribaltante:	M_{rib}	= 6.42 kNm		
Momento Stabilizzante:	M_{stab}	= 100.80 kNm		
(valori approssimati per arrotondamenti)				

Risultati del Programma

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R1)										
Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	F_Vd [kN]	F_Hd [kN]	x [m]	y [m]	Mrib [kNm]	Mstab [kNm]	
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	1.00	80.00	0.00	1.26	1.04	0.00	100.92	
Sp.Terr.Monte:Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	1.00	11.76	29.94	2.00	1.00	6.42	0.00	
RISULTANTE SUL PIANO FONDAZIONE:				91.76	29.94			6.42	100.92	

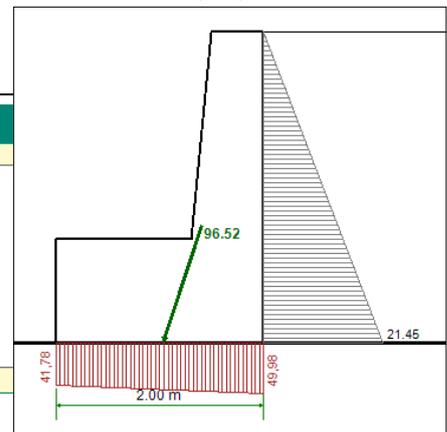
Calcolo Tensioni sul piano di fondazione:

distanza dal punto di ribaltamento: $d = (M_{stab} - M_{rib}) / R_v = (100.80 - 6.42) / 91.76 = 1.03$ m
 eccentricità: $e = B/2 - d = (2.00 / 2) - 1.03 = -0.03$ m
 $e < B/6$ (0.33 m) → risultante interna al nocciolo centrale d'inerzia (base interamente compressa)

Momento rispetto al centro fondazione: $M = R_v \cdot e = 91.76 \cdot (-0.03) = -2.75$ kNm (verso monte)
 Tensione lato valle: $\sigma_v = R_v/B + 6M/B^2 = 91.76/2.00 + 6(-2.75)/2.00^2 = 41.46$ kN (min)
 Tensione lato monte: $\sigma_m = R_v/B - 6M/B^2 = 91.76/2.00 - 6(-2.75)/2.00^2 = 50.01$ kN (max)
 (valori approssimati per arrotondamenti)

Risultati del Programma

CALCOLO TENSIONI SUL PIANO DI FONDAZIONE:		
Azione verticale	Ned	91.76 kN
Eccentricità	$e = B/2 - (M_{stab} - M_{rib}) / Ned$	-0.03 m
Momento	$M = Ned \cdot e $	2.73 kNm
Base Fondazione	B	2.00 m
e ≤ B/6 (base interamente compressa):		
Tensione Max	$s_{max} = Ned/B + 6 M /(B^2)$	49.98 kPa
Tensione min	$s_{min} = Ned/B - 6 M /(B^2)$	41.78 kPa



Combinazione Sisma Giù (A1+M1): Calcolo Manuale

Peso Muro:	W_M	= 80.00 kN	
Coefficiente parziale	(A1)	= 1.00	(condizioni sismiche)
Sisma Vertic. su muro:	W_V	= 80.00 x 0.022	= 1.76 kN ↓
Sisma orizz. su muro:	W_H	= 80.00 x 0.043	= 3.44 kN ←
Ascissa baricentro:	X_g	= 1.26 m	
Ordinata baricentro:	Y_g	= 1.04 m	
Momento stabilizzante:	Mstab	= (80.00 kN + 1.76 kN) x 1.26 m	= 103.02 kNm
Momento ribaltante:	Mrib	= 3.44 kN x 1.04 m	= 3.58 kNm
Spinta del terreno:	S_T	= 27.69 kN	
Inclinazione:	δ	= 21.44°	
Componente orizz.	S_H	= 27.69 x cos 21.44	= 25.77 kN
Componente vertic.	S_V	= 27.69 x sin 21.44	= 10.12 kN
Ascissa comp. vertic.	x_T	= 2.00 m	
Ordinata comp. orizz.	y_T	= 1.00 m	
Momento comp. orizz. :	M_H	= 25.77 kN x 1.00 m	= 25.77 kNm
Momento comp. vertic. :	M_V	= 10.12 kN x 2.00 m	= 20.24 kNm
Momento Ribaltante:	Mrib	= 25.77 - 20.24	= 5.53 kNm
Risultante Verticale:	$W_M + W_V + S_V$	= 80.00 + 1.76 + 10.12	= 91.88 kN
Risultante Orizzontale:	$W_H + S_H$	= 3.44 + 25.77	= 29.21 kN
Momento Ribaltante:	Mrib	= 3.58 + 5.53	= 9.11 kNm
Momento Stabilizzante:	Mstab		= 103.02 kNm
(valori approssimati per arrotondamenti)			

Risultati del Programma

COMBINAZIONE DI CARICO N. 5: Sisma Giu (M1+R1)									
Azione	Tipo Azione	F	Coef	F_vd	F_Hd	x	y	Mrib	Mstab
		[kN]	[-]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	1.00	80.00	0.00	1.26	1.04	0.00	100.92
-sisma vertic.			1.00	1.73	0.00	1.26	1.04	0.00	2.18
-sisma orizz.			1.00	0.00	3.46	1.26	1.04	3.60	0.00
Sp.Terr.Monte:Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	1.00	10.11	25.75	2.00	1.00	5.52	0.00
RISULTANTE SUL PIANO FONDAZIONE:				91.84	29.21			9.12	103.10

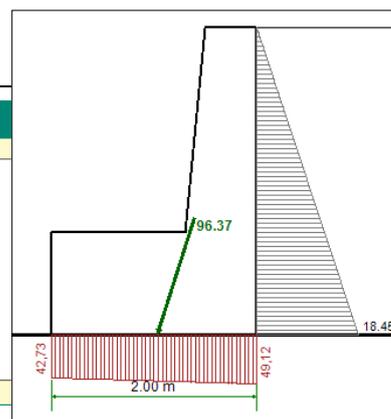
Calcolo Tensioni sul piano di fondazione:

distanza dal punto di ribaltamento: $d = (M_{stab} - M_{rib}) / R_v = (103.02 - 9.11) / 91.88 = 1.02 \text{ m}$
 eccentricità: $e = B/2 - d = (2.00 \text{ m} / 2) - 1.02 = -0.023 \text{ m}$
 $e < B/6 \text{ (0.33 m)} \rightarrow$ risultante interna al nocciolo centrale d'inerzia (base interamente compressa)

Momento rispetto al centro fondazione: $M = R_v \cdot e = 91.88 \cdot (-0.02) = -2.12 \text{ kNm (verso monte)}$
 Tensione lato valle: $\sigma_v = R_v/B + 6M/B^2 = 91.88/2.00 + 6(-2.12)/2.00^2 = 42.76 \text{ kN (min)}$
 Tensione lato monte: $\sigma_m = R_v/B - 6M/B^2 = 91.88/2.00 - 6(-2.12)/2.00^2 = 49.12 \text{ kN (max)}$
 (valori approssimati per arrotondamenti)

Risultati del Programma

CALCOLO TENSIONI SUL PIANO DI FONDAZIONE:		
Azione verticale	Ned	91.84 kN
Eccentricità	$e = B/2 - (M_{stab} - M_{rib})/Ned$	-0.02 m
Momento	$M = Ned \cdot e $	2.13 kNm
Base Fondazione	B	2.00 m
e <= B/6 (base interamente compressa):		
Tensione Max	$s_{max} = Ned/B + 6 M /(B^2)$	49.12 kPa
Tensione min	$s_{min} = Ned/B - 6 M /(B^2)$	42.73 kPa



Combinazione Sisma Su (A1+M1): Calcolo Manuale

Peso Muro:	W_M	= 80.00 kN	
Coefficiente parziale	(A1)	= 1.00	(condizioni sismiche)
Sisma Vertic. su muro:	W_V	= 80.00 x 0.022	= 1.76 kN ↑
Sisma orizz. su muro:	W_H	= 80.00 x 0.043	= 3.44 kN ←
Ascissa baricentro:	X_g	= 1.26 m	
Ordinata baricentro:	Y_g	= 1.04 m	
Momento stabilizzante:	Mstab	= (80.00 kN - 1.76 kN) x 1.26 m	= 98.58 kNm
Momento ribaltante:	Mrib	= 3.44 kN x 1.04 m	= 3.58 kNm
Spinta del terreno:	S_T	= 26.58 kN	
Inclinazione:	δ	= 21.44°	
Componente orizz.	S_H	= 26.58 x cos 21.44	= 24.74 kN
Componente vertic.	S_V	= 26.58 x sin 21.44	= 9.72 kN
Ascissa comp. vertic.	x_T	= 2.00 m	
Ordinata comp. orizz.	y_T	= 1.00 m	
Momento comp. orizz. :	M_H	= 24.74 kN x 1.00 m	= 24.74 kNm
Momento comp. vertic. :	M_V	= 9.72 kN x 2.00 m	= 19.44 kNm
Momento Ribaltante:	Mrib	= 24.74 - 19.44	= 5.30 kNm

Risultante Verticale:	$W_M + W_V + S_V = 80.00 - 1.76 + 9.72$	= 87.96 kN
Risultante Orizzontale:	$W_H + S_H = 3.44 + 24.74$	= 28.18 kN
Momento Ribaltante:	$M_{rib} = 3.58 + 5.30$	= 8.88 kNm
Momento Stabilizzante:	Mstab	= 98.58 kNm

(valori approssimati per arrotondamenti)

Risultati del Programma

COMBINAZIONE DI CARICO N. 4: Sisma Su (M1+R1)										
Azione	Tipo Azione	F	Coef	F_Vd	F_Hd	x	y	Mrib	Mstab	
		[kN]	[-]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	80.00	1.00	80.00	0.00	1.26	1.04	0.00	100.92
-sisma vertic.			-1.73	1.00	-1.73	0.00	1.26	1.04	0.00	-2.18
-sisma orizz.			3.46	1.00	0.00	3.46	1.26	1.04	3.60	0.00
Sp. Terr. Monte: Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	26.60	1.00	9.72	24.76	2.00	1.00	5.31	0.00
RISULTANTE SUL PIANO FONDAZIONE:					88.00	28.22			8.91	98.74

Calcolo Tensioni sul piano di fondazione:

distanza dal punto di ribaltamento: $d = (M_{stab} - M_{rib}) / R_v = (98.58 - 8.88) / 87.96 = 1.02 \text{ m}$

eccentricità: $e = B/2 - d = (2.00 / 2) - 1.02 = -0.02 \text{ m}$

$e < B/6$ (0.33 m) → risultante interna al nocciolo centrale d'inerzia (base interamente compressa)

Momento rispetto al centro fondazione: $M = R_v \cdot e = 87.96 \cdot (-0.02) = -1.76 \text{ kNm}$ (verso monte)

Tensione lato valle: $\sigma_v = R_v/B + 6M/B^2 = 87.96/2.00 + 6(-1.76)/2.00^2 = 41.34 \text{ kN}$ (min)

Tensione lato monte: $\sigma_m = R_v/B - 6M/B^2 = 87.96/2.00 - 6(-1.76)/2.00^2 = 46.62 \text{ kN}$ (max)

(valori approssimati per arrotondamenti)

Risultati del Programma

CALCOLO TENSIONI SUL PIANO DI FONDAZIONE:		
Azione verticale	Ned	88.00 kN
Eccentricità	$e = B/2 - (M_{stab} - M_{rib})/Ned$	-0.02 m
Momento	$M = Ned \cdot e $	1.83 kNm
Base Fondazione	B	2.00 m
$ e \leq B/6$ (base interamente compressa):		
Tensione Max	$s_{max} = Ned/B + 6 M /(B^2)$	46.74 kPa
Tensione min	$s_{min} = Ned/B - 6 M /(B^2)$	41.26 kPa

Combinazione Statica (A2+M2):

Calcolo Manuale

Peso Muro:	W_M	= 80.00 kN		
Coefficiente parziale	(A2)	= 1.00	(azione perm. Favor.)	(NTC – Tab. 6.2.I)
Ascissa baricentro:	X_g	= 1.26 m		
Ordinata baricentro:	Y_g	= 1.04 m		
Momento Stabilizzante:	M_{stab}	= 80.00 kN x 1.26 m = 100.80 kNm		
Spinta del terreno:	S_T	= 30.60 kN		
Inclinazione:	δ	= 17.80°		
Componente orizz.	S_H	= 30.60 x cos 17.80 = 29.14 kN		
Componente vertic.	S_V	= 30.60 x sin 17.80 = 9.35 kN		
Ascissa comp. vertic.	x_T	= 2.00 m		
Ordinata comp. orizz.	y_T	= 1.00 m		
Momento comp. orizz. :	M_H	= 29.14 kN x 1.00 m = 29.14 kNm		
Momento comp. vertic. :	M_V	= 9.35 kN x 2.00 m = 18.70 kNm		
Momento Ribaltante:	M_{rib}	= 29.14 – 18.70 = 10.44 kNm		
Risultante Verticale:	$W_M + S_V$	= 80.00 + 9.35 = 89.35 kN		
Risultante Orizzontale:	S_H	= 29.14 kN		
Momento Ribaltante:	M_{rib}	= 10.44 kNm		
Momento Stabilizzante:	M_{stab}	= 100.80 kNm		
(valori approssimati per arrotondamenti)				

Risultati del Programma

COMBINAZIONE DI CARICO N. 2: Statica (A2 +M2+R2)										
Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	F_vd [kN]	F_Hd [kN]	x [m]	y [m]	M_rib [kNm]	M_stab [kNm]	
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	1.00	80.00	0.00	1.26	1.04	0.00	100.92	
Sp.Terr.Monte:Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	1.00	9.34	29.10	2.00	1.00	10.42	0.00	
RISULTANTE SUL PIANO FONDAZIONE:				89.34	29.10			10.42	100.92	

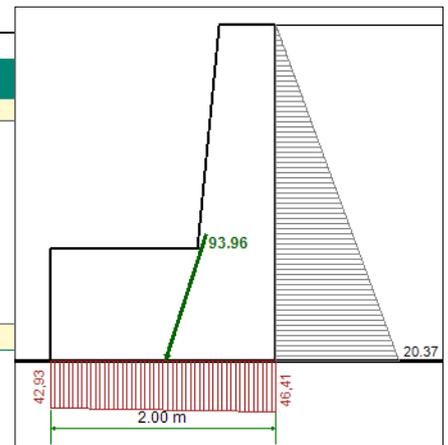
Calcolo Tensioni sul piano di fondazione:

distanza dal punto di ribaltamento: $d = (M_{stab} - M_{rib}) / R_v = (100.80 - 10.44) / 89.35 = 1.01$ m
 eccentricità: $e = B/2 - d = (2.00 / 2) - 1.01 = -0.01$ m
 $e < B/6$ (0.33 m) → risultante interna al nocciolo centrale d'inerzia (base interamente compressa)

Momento rispetto al centro fondazione: $M = R_v \cdot e = 89.35 \cdot (-0.01) = -0.89$ kNm (verso monte)
 Tensione lato valle: $\sigma_v = R_v/B + 6M/B^2 = 89.35/2.00 + 6(-0.89)/2.00^2 = 43.34$ kN (min)
 Tensione lato monte: $\sigma_m = R_v/B - 6M/B^2 = 89.35/2.00 - 6(-0.89)/2.00^2 = 46.01$ kN (max)
 (valori approssimati per arrotondamenti)

Risultati del Programma

CALCOLO TENSIONI SUL PIANO DI FONDAZIONE:		
Azione verticale	Ned	89.34 kN
Eccentricita'	$e = B/2 - (M_{stab} - M_{rib})/Ned$	-0.01 m
Momento	$M = Ned \cdot e $	1.16 kNm
Base Fondazione	B	2.00 m
e <= B/6 (base interamente compressa):		
Tensione Max	$s_{max} = Ned/B + 6 M /(B^2)$	46.41 kPa
Tensione min	$s_{min} = Ned/B - 6 M /(B^2)$	42.93 kPa



Combinazione Statica (EQU+M2):

Calcolo Manuale

Peso Muro:	W_M	= 80.00 kN	
Coefficiente parziale	(A2)	= 0.90	(azione perm. Favor.) (NTC – Tab. 6.2.I)
Peso Muro di calcolo:	W_M	= 80.00 x 0.90 = 72.00 kN	
Ascissa baricentro:	X_g	= 1.26 m	
Ordinata baricentro:	Y_g	= 1.04 m	
Momento Stabilizzante:	M_{stab}	= 72.00 kN x 1.26 m = 90.72 kNm	
Spinta del terreno:	S_T	= 33.66 kN	
Inclinazione:	δ	= 17.80°	
Componente orizz.	S_H	= 33.66 x cos 17.80 = 32.05 kN	
Componente vertic.	S_V	= 33.66 x sin 17.80 = 10.29 kN	
Ascissa comp. vertic.	x_T	= 2.00 m	
Ordinata comp. orizz.	y_T	= 1.00 m	
Momento comp. orizz. :	M_H	= 32.05 kN x 1.00 m = 32.05 kNm	
Momento comp. vertic. :	M_V	= 10.29 kN x 2.00 m = 20.58 kNm	
Momento Ribaltante:	M_{rib}	= 32.05 – 20.58 = 11.47 kNm	
Risultante Verticale:	$W_M + S_V$	= 72.00 + 10.29 = 82.29 kN	
Risultante Orizzontale:	S_H	= 32.05 kN	
Momento Ribaltante:	M_{rib}	= 11.47 kNm	
Momento Stabilizzante:	M_{stab}	= 90.72 kNm	

(valori approssimati per arrotondamenti)

Risultati del Programma

COMBINAZIONE DI CARICO N. 3: Statica (EQU+M2+R2)										
Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	F_vd [kN]	F_Hd [kN]	x [m]	y [m]	M_rib [kNm]	M_stab [kNm]	
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	0.90	72.00	0.00	1.26	1.04	0.00	90.83	
Sp.Terr.Monte:Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	1.00	10.27	32.01	2.00	1.00	11.46	0.00	
RISULTANTE SUL PIANO FONDAZIONE:				82.27	32.01			11.46	90.83	

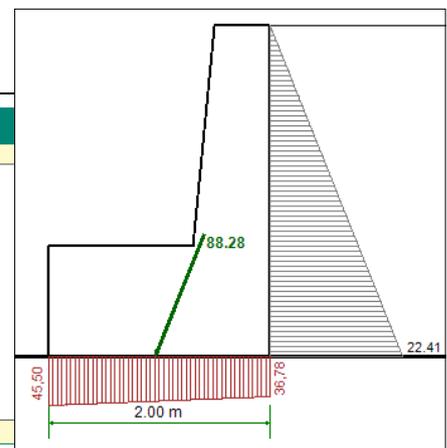
Calcolo Tensioni sul piano di fondazione:

distanza dal punto di ribaltamento: $d = (M_{stab} - M_{rib}) / R_v = (90.72 - 11.47) / 82.29 = 0.96$ m
 eccentricità: $e = B/2 - d = (2.00 / 2) - 0.96 = 0.04$ m
 $e < B/6$ (0.33 m) → risultante interna al nocciolo centrale d'inerzia (base interamente compressa)

Momento rispetto al centro fondazione: $M = R_v \cdot e = 82.29 \cdot (0.04) = +3.29$ kNm (verso valle)
 Tensione lato valle: $\sigma_v = R_v/B + 6M/B^2 = 82.29/2.00 + 6(3.29)/2.00^2 = 46.08$ kN (max)
 Tensione lato monte: $\sigma_m = R_v/B - 6M/B^2 = 82.29/2.00 - 6(3.29)/2.00^2 = 36.21$ kN (min)
 (valori approssimati per arrotondamenti)

Risultati del Programma

VERIFICA A RIBALTAMENTO:		
Momento Stabilizzante:	M_{stab}	90.83 kNm
Coeffic. parziale:	G_R	1.00 (NTC08 - Tab. 6.5.I)
Resistenza a Ribaltamento:	$M_{rd} = M_{stab}/G_R$	90.83 kNm
Momento Ribaltante:	Med	11.46 kNm
Verifica:	M_{rd}/Med	7.93 ---> ok!
VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE:		
Per la presente combinazione di carico è prevista la sola verifica a ribaltamento (NTC08 - 6.5.3.1.1)		



Combinazione Sisma Giù (A2+M2):

Calcolo Manuale

Peso Muro:	W_M	= 80.00 kN	
Coefficiente parziale	(A1)	= 1.00	(condizioni sismiche)
Sisma Vertic. su muro:	W_V	= 80.00 x 0.022	= 1.76 kN ↓
Sisma orizz. su muro:	W_H	= 80.00 x 0.043	= 3.44 kN ←
Ascissa baricentro:	X_g	= 1.26 m	
Ordinata baricentro:	Y_g	= 1.04 m	
Momento stabilizzante:	Mstab	= (80.00 kN + 1.76 kN) x 1.26 m	= 103.02 kNm
Momento ribaltante:	Mrib	= 3.44 kN x 1.04 m	= 3.58 kNm
Spinta del terreno:	S_T	= 33.94 kN	
Inclinazione:	δ	= 17.80°	
Componente orizz.		= 33.94 x cos 17.80	= 32.32 kN
Componente vertic.	S_V	= 33.94 x sin 17.80	= 10.38 kN
Ascissa comp. vertic.	x_T	= 2.00 m	
Ordinata comp. orizz.	y_T	= 1.00 m	
Momento comp. orizz. :	M_H	= 32.32 kN x 1.00 m	= 32.32 kNm
Momento comp. vertic. :	M_V	= 10.38 kN x 2.00 m	= 20.76 kNm
Momento Ribaltante:	Mrib	= 32.32 - 20.76	= 11.56 kNm
Risultante Verticale:	$W_M + W_V + S_V$	= 80.00 + 1.76 + 10.38	= 92.14 kN
Risultante Orizzontale:	$W_H + S_H$	= 3.44 + 32.32	= 35.76 kN
Momento Ribaltante:	Mrib	= 3.58 + 11.56	= 15.14 kNm
Momento Stabilizzante:	Mstab		= 103.02 kNm
(valori approssimati per arrotondamenti)			

Risultati del Programma

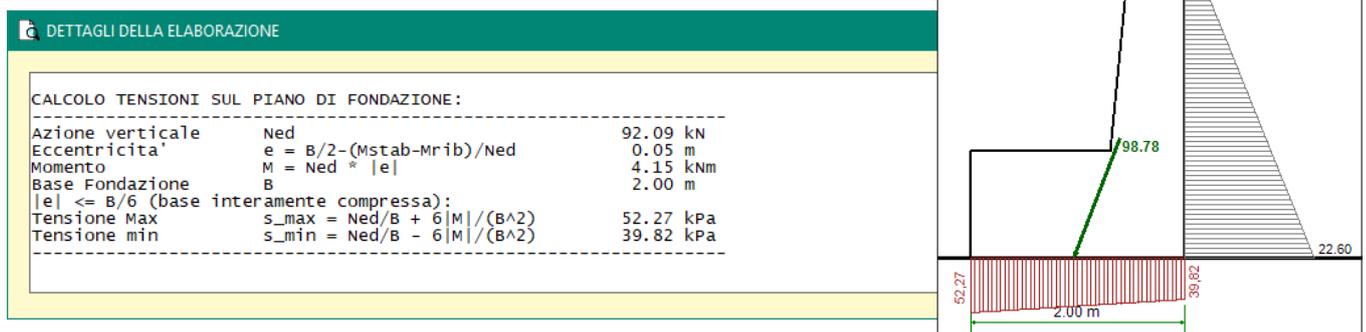
DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE										
COMBINAZIONE DI CARICO N. 7: sisma Giu (M2+R2)										
Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	F_Vd [kN]	F_Hd [kN]	x [m]	y [m]	Mrib [kNm]	Mstab [kNm]	
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	1.00	80.00	0.00	1.26	1.04	0.00	100.92	
-sisma vertic.			1.00	1.73	0.00	1.26	1.04	0.00	2.18	
-sisma orizz.			1.00	0.00	3.46	1.26	1.04	3.60	0.00	
Sp.Terr.Monte:Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	1.00	10.36	32.28	2.00	1.00	11.56	0.00	
RISULTANTE SUL PIANO FONDAZIONE:				92.09	35.74			15.16	103.10	

Calcolo Tensioni sul piano di fondazione:

distanza dal punto di ribaltamento: $d = (M_{stab} - M_{rib}) / R_v = (103.02 - 15.14) / 92.14 = 0.95 \text{ m}$
 eccentricità: $e = B/2 - d = (2.00 / 2) - 0.95 = 0.05 \text{ m}$
 $e < B/6 (0.33 \text{ m}) \rightarrow$ risultante interna al nocciolo centrale d'inerzia (base interamente compressa)

Momento rispetto al centro fondazione: $M = R_v \cdot e = 92.14 \cdot (0.05) = +4.61 \text{ kNm (verso valle)}$
 Tensione lato valle: $\sigma_v = R_v/B + 6M/B^2 = 92.14/2.00 + 6(4.61)/2.00^2 = 52.99 \text{ kN (max)}$
 Tensione lato monte: $\sigma_m = R_v/B - 6M/B^2 = 92.14/2.00 - 6(4.61)/2.00^2 = 39.16 \text{ kN (min)}$
 (valori approssimati per arrotondamenti)

Risultati del Programma



Combinazione Sisma Su (A2+M2):

Calcolo Manuale

Peso Muro:	W_M	= 80.00 kN	
Coefficiente parziale	(A1)	= 1.00	(condizioni sismiche)
Sisma Vertic. su muro:	W_V	= 80.00 x 0.022	= 1.76 kN ↑
Sisma orizz. su muro:	W_H	= 80.00 x 0.043	= 3.44 kN ←
Ascissa baricentro:	X_g	= 1.26 m	
Ordinata baricentro:	Y_g	= 1.04 m	
Momento stabilizzante:	Mstab	= (80.00 kN - 1.76 kN) x 1.26 m	= 98.58 kNm
Momento ribaltante:	Mrib	= 3.44 kN x 1.04 m	= 3.58 kNm
Spinta del terreno:	S_T	= 32.57 kN	
Inclinazione:	δ	= 17.80°	
Componente orizz.	S_H	= 32.57 x cos 17.80	= 31.01 kN
Componente vertic.	S_V	= 32.57 x sin 17.80	= 9.96 kN
Ascissa comp. vertic.	x_T	= 2.00 m	
Ordinata comp. orizz.	y_T	= 1.00 m	
Momento comp. orizz. :	M_H	= 31.01 kN x 1.00 m	= 31.01 kNm
Momento comp. vertic. :	M_V	= 9.96 kN x 2.00 m	= 19.92 kNm
Momento Ribaltante:	Mrib	= 31.01 - 19.92	= 11.09 kNm
Risultante Verticale:	$W_M + W_V + S_V$	= 80.00 - 1.76 + 9.96	= 88.20 kN
Risultante Orizzontale:	$W_H + S_H$	= 3.44 + 31.01	= 34.45 kN
Momento Ribaltante:	Mrib	= 3.58 + 11.09	= 14.67 kNm
Momento Stabilizzante:	Mstab		= 98.58 kNm
(valori approssimati per arrotondamenti)			

Risultati del Programma

COMBINAZIONE DI CARICO N. 6: Sisma Su (M2+R2)										
Azione	Tipo Azione	F	Coef	F_vd	F_Hd	x	y	Mrib	Mstab	
		[kN]	[-]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	1.00	80.00	0.00	1.26	1.04	0.00	100.92	
-sisma vertic.		-1.73	1.00	-1.73	0.00	1.26	1.04	0.00	-2.18	
-sisma orizz.		3.46	1.00	0.00	3.46	1.26	1.04	3.60	0.00	
Sp.Terr.Monte:Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	1.00	9.96	31.03	2.00	1.00	11.11	0.00	
RISULTANTE SUL PIANO FONDAZIONE:				88.23	34.48			14.71	98.74	

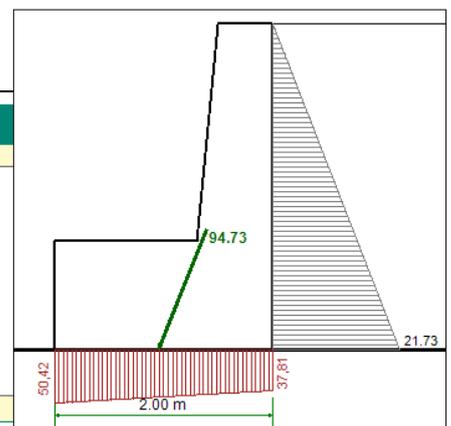
Calcolo Tensioni sul piano di fondazione:

distanza dal punto di ribaltamento: $d = (M_{stab} - M_{rib}) / R_v = (98.58 - 14.67) / 88.20 = 0.95 \text{ m}$
 eccentricità: $e = B/2 - d = (2.00 / 2) - 0.95 = 0.05 \text{ m}$
 $e < B/6 (0.33 \text{ m}) \rightarrow$ risultante interna al nocciolo centrale d'inerzia (base interamente compressa)

Momento rispetto al centro fondazione: $M = R_v \cdot e = 88.20 \cdot (0.05) = +4.41 \text{ kNm (verso valle)}$
 Tensione lato valle: $\sigma_v = R_v/B + 6M/B^2 = 88.20/2.00 + 6(4.41)/2.00^2 = 50.72 \text{ kN (max)}$
 Tensione lato monte: $\sigma_m = R_v/B - 6M/B^2 = 88.20/2.00 - 6(4.41)/2.00^2 = 37.49 \text{ kN (min)}$
 (valori approssimati per arrotondamenti)

Risultati del Programma

CALCOLO TENSIONI SUL PIANO DI FONDAZIONE:			
Azione verticale	Ned		88.23 kN
Eccentricita'	$e = B/2 - (M_{stab} - M_{rib})/Ned$		0.05 m
Momento	$M = Ned \cdot e $		4.20 kNm
Base Fondazione	B		2.00 m
$ e \leq B/6$ (base interamente compressa):			
Tensione Max	$s_{max} = Ned/B + 6 M /(B^2)$		50.42 kPa
Tensione min	$s_{min} = Ned/B - 6 M /(B^2)$		37.81 kPa



VERIFICHE

Combinazione Statica (A1+M1):

Calcolo Manuale

Verifica a Scivolamento:

Risultante Verticale:	S_V	= 91.76 kN
Risultante Orizzontale:	S_H	= 29.94 kN
Angolo di attrito sul piano di fondazione:	$\theta_a = 0.67 \cdot 38^\circ$	= 25.46°
Coesione sul piano di fondazione:	$c_a = 0.67 \cdot 0.00$ kPa	= 0.00 kPa
Coefficiente di sicurezza:	$\gamma_R = 1.00$	(NTC – Tab. 6.5.I)
Resistenza a scorrimento:	$R_H = (S_V \cdot \text{tg}\theta_a + B \cdot c_a) / \gamma_R$	= [91.76 · tg(25.46°) + 2.00 · 0.00] / 1.00 = 43.69 kN

Azione:	$E_d = S_H = 29.94$ kN
Resistenza:	$R_d = R_H = 43.69$ kN
Verifica:	$R_d / E_d = 43.69 / 29.94 = 1.46$

(valori approssimati per arrotondamenti)

Verifica a Ribaltamento:

Momento Ribaltante:	M_{rib}	= 6.42 kNm
Momento Stabilizzante:	M_{stab}	= 100.80 kNm
Coefficiente di sicurezza:	γ_R	= 1.00 (NTC – Tab. 6.5.I)

Azione:	$E_d = M_{rib} = 6.42$ kNm
Resistenza:	$R_d = M_{stab} / \gamma_R = 100.80$ kNm
Verifica:	$R_d / E_d = 100.80 / 6.42 = 15.70$

(valori approssimati per arrotondamenti)

Verifica Capacità Portante della Fondazione:
$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q$$

- γ' = Peso specifico naturale "efficace" del terreno immediatamente al di sotto del piano di fondazione;
- B = Larghezza dell'area effettiva di carico sul piano di fondazione;
- c' = Coesione attribuibile al terreno di fondazione;
- q' = Sovraccarico di terreno eventualmente presente ai lati della fondazione;
- $N_\gamma N_c N_q$ = fattori di capacità portante dipendenti dall'angolo di attrito del terreno;
- $s_\gamma s_c s_q$ = fattori di forma della fondazione;
- $i_\gamma i_c i_q$ = Fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico;
- $b_\gamma b_c b_q$ = Fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano di fondazione;
- $g_\gamma g_c g_q$ = Fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna;
- $d_c d_q$ = Fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa della fondazione.
- $z_\gamma z_c z_q$ = Fattori di riduzione per gli effetti sismici

$$z_q = z_\gamma = \left(1 - \frac{k_h}{1g\phi}\right)^{0.35} \quad z_c = 1 - 0,32k_h \quad k_h = \frac{S \cdot a_g}{g}$$

Si assume:

sovraccarico ai lati della fondazione assente	($q' = 0$)
fondazione di estensione infinita	($s_\gamma = s_c = s_q = 1.00$)
approfondimento fondazione rispetto al piano campagna nullo	($d_c = d_q = 1.00$)
piano di fondazione orizzontale	($b_\gamma = b_c = b_q = 1.00$)
piano campagna orizzontale	($g_\gamma = g_c = g_q = 1.00$)

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi')} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right) \quad \text{Meyerhof (1951)}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot g \phi' \quad \text{Meyerhof (1951)}$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi' \quad \text{Vésic (1975)}$$

$$i_\gamma = [1 - H/(N+B \cdot L \cdot c' \cdot \cot \phi')]^{(m+1)} \quad (\text{Vesic, 1970})$$

$$i_q = [1 - H/(N+B \cdot L \cdot c' \cdot \cot \phi')]^m$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_c \cdot \tan \phi')$$

$$m = (2+B/L)/(1+B/L) = 2$$

Parametri geotecnici di calcolo Terreno di fondazione:

γ'	20.00	[kN/m ³]	p.s. efficace (condizioni Drenate)
ϕ	38.00	[°]	attrito di calcolo
c	0.00	[kN/m ²]	coesione di calcolo

Azione verticale	Ned	91.76 kN
Azione orizzontale	Hed	29.95 kN
Eccentricita'	$e = B/2 - (M_{stab} - M_{rib}) / Ned$	-0.03 m
Base efficace	$B_{eff} = B - 2 e $	1.94 m
Fattore cap. port.	$N_q = \exp(\pi \cdot \tan \phi') \cdot \tan^2(\pi/4 + \phi'/2)$	48.93
Fattore cap. port.	$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi'$	61.35
Fattore cap. port.	$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi'$	78.02
coeff.inclin.carico	$i_\gamma = (1 - Hed / (Ned + B_{eff} \cdot c' \cdot \cot \phi'))^3$	0.31
coeff.inclin.carico	$i_q = (1 - Hed / (Ned + B_{eff} \cdot c' \cdot \cot \phi'))^2$	0.45
coeff.inclin.carico	$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c \cdot \tan \phi')$	0.44
coeff. sismico	$k_h = S_s \cdot S_t \cdot a_g / g$	0.00
coeff. sismico	$z_c = 1 - 0.32 \cdot k_h$	1.00
coeff. sismico	$z_q = (1 - k_h / \tan \phi')^{0.35}$	1.00
coeff. sismico	$z_g = z_q$	1.00
pressione limite	$q_{lim_1} = 0.5 \cdot \gamma' \cdot B_{eff} \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma \cdot z_g$	462.83 kN/m ²
pressione limite	$q_{lim_2} = c' \cdot N_c \cdot i_c \cdot z_c$	0.00 kN/m ²
pressione lim. tot.	$q_{lim} = q_{lim_1} + q_{lim_2}$	462.83 kN/m ²
Resistenza totale	$Q_{lim} = q_{lim} \cdot B_{eff}$	898.12 kN
Coeffic. parziale	R	1.00 (NTC08 - Tab.6.5.I)
Resistenza Calcolo	$R_{rd} = Q_{lim} / R$	898.12 kN

Azione: Ed = Ned = 91.76 kNm
 Resistenza: Rd = Rrd = 898.12 kNm
 Verifica: Rd / Ed = 898.12 / 91.76 = 9.79

Risultati del Programma

Combinazione	VERIFICHE		
	Sciv	Rib	Cap
<input checked="" type="radio"/> Statica (A1+M1+R1)	1.46	15.71	9.79
<input type="radio"/> Statica (A2+M2+R2)	1.21	9.69	4.04
<input type="radio"/> Statica (EQU+M2+R2)	-	7.93	-
<input type="radio"/> Sisma Su (M1+R1)	1.48	11.08	9.73
<input type="radio"/> Sisma Giu (M1+R1)	1.50	11.30	9.38
<input type="radio"/> Sisma Su (M2+R2)	1.01	6.71	2.50
<input type="radio"/> Sisma Giu (M2+R2)	1.01	6.80	2.44

	Sciv	Rib	Cap
Azione Ed	29.94	6.42	91.76
Resistenza Rd	43.69	100.92	898.18
Verifica Rd/Ed	1.46	15.71	9.79

Combinazione Sisma Su (A2+M2):

Calcolo Manuale

Verifica a Scivolamento:

Risultante Verticale:	S_V	= 88.20 kN
Risultante Orizzontale:	S_H	= 34.45 kN
Angolo di attrito sul piano di fondazione:	$\phi_a = 0.67 \cdot 32.01^\circ$	= 21.45°
Coesione sul piano di fondazione:	$c_a = 0.67 \cdot 0.00$ kPa	= 0.00 kPa
Coefficiente di sicurezza:	γ_R	= 1.00 (NTC – Tab. 6.5.I)
Resistenza a scorrimento:	$R_H = (S_V \cdot \tan \phi_a + B \cdot c_a) / \gamma_R$	= $[88.20 \cdot \tan(21.45^\circ) + 2.00 \cdot 0.00] / 1.00 = 34.65$ kN

Azione:	$E_d = S_H = 34.45$ kN
Resistenza:	$R_d = R_H = 34.65$ kN
Verifica:	$R_d / E_d = 34.65 / 34.45 = 1.01$

(valori approssimati per arrotondamenti)

Verifica a Ribaltamento:

Momento Ribaltante:	M_{rib}	= 14.67 kNm
Momento Stabilizzante:	M_{stab}	= 98.58 kNm
Coefficiente di sicurezza:	γ_R	= 1.00 (NTC – Tab. 6.5.I)

Azione:	$E_d = M_{rib} = 14.67$ kNm
Resistenza:	$R_d = M_{stab} / \gamma_R = 98.58$ kNm
Verifica:	$R_d / E_d = 98.58 / 14.67 = 6.72$

(valori approssimati per arrotondamenti)

Verifica Capacità Portante della Fondazione:

Parametri geotecnici di calcolo Terreno di fondazione:

γ'	20.00	[kN/m ³]	p.s. efficace (condizioni Drenate)
ϕ	32.01	[°]	attrito di calcolo
c	0.00	[kN/m ²]	coesione di calcolo

Azione verticale	Ned	88.19 kN
Azione orizzontale	Hed	34.45 kN
Eccentricita'	$e = B/2 - (M_{stab} - M_{rib}) / N_{ed}$	0.05 m
Base efficace	$B_{eff} = B - 2 e $	1.91 m
Fattore cap. port.	$N_q = \exp(\pi \cdot \tan \phi) \cdot \tan^2(\pi/4 + \phi/2)$	23.19
Fattore cap. port.	$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi$	35.51
Fattore cap. port.	$N_g = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi$	30.24
coeff.inclin.carico	$i_g = (1 - H_{ed} / (N_{ed} + B_{eff} \cdot c \cdot \cot \phi))^3$	0.23
coeff.inclin.carico	$i_q = (1 - H_{ed} / (N_{ed} + B_{eff} \cdot c \cdot \cot \phi))^2$	0.37
coeff.inclin.carico	$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c \cdot \tan \phi)$	0.34
coeff. sismico	$k_h = S_s \cdot S_t \cdot a_g / g$	0.18
coeff. sismico	$z_c = 1 - 0.32 \cdot k_h$	0.94
coeff. sismico	$z_q = (1 - k_h / \tan \phi)^{0.35}$	0.89
coeff. sismico	$z_g = z_q$	0.89
pressione limite	$q_{lim_1} = 0.5 \cdot \gamma' \cdot B_{eff} \cdot N_g \cdot i_g \cdot z_g$	115.78 kN/m ²
pressione limite	$q_{lim_2} = c \cdot N_c \cdot i_c \cdot z_c$	0.00 kN/m ²
pressione lim. tot.	$q_{lim} = q_{lim_1} + q_{lim_2}$	115.78 kN/m ²
Resistenza totale	$Q_{lim} = q_{lim} \cdot B_{eff}$	220.59 kN
Coeffic. parziale	R	1.00 (NTC08 - Tab. 6.5.I)
Resistenza Calcolo	$R_{rd} = Q_{lim} / R$	220.59 kN

Azione:	$E_d = N_{ed} = 88.20$ kNm
Resistenza:	$R_d = R_{rd} = 220.59$ kNm
Verifica:	$R_d / E_d = 220.59 / 88.20 = 2.50$

Risultati del Programma

Combinazione		VERIFICHE		
		Sciv	Rib	Cap
<input type="radio"/>	Statica (A1 +M1+R1)	1.46	15.71	9.79
<input type="radio"/>	Statica (A2 +M2+R2)	1.21	9.69	4.04
<input type="radio"/>	Statica (EQU+M2+R2)	-	7.93	-
<input type="radio"/>	Sisma Su (M1+R1)	1.48	11.08	9.73
<input type="radio"/>	Sisma Giu (M1+R1)	1.50	11.30	9.38
<input checked="" type="radio"/>	Sisma Su (M2+R2)	1.01	6.71	2.50
<input type="radio"/>	Sisma Giu (M2+R2)	1.01	6.80	2.44

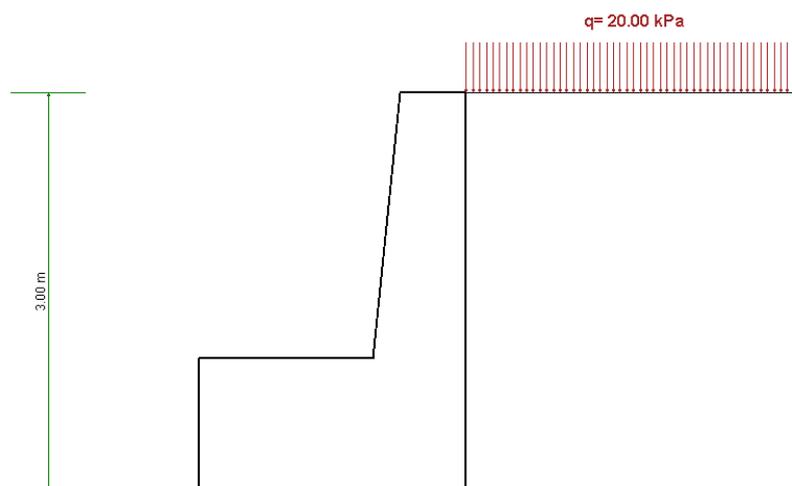
View Sintesi

	Sciv	Rib	Cap
Azione Ed	34.48	14.71	88.23
Resistenza Rd	34.66	98.74	220.23
Verifica Rd/Ed	1.01	6.71	2.50

Negli esempi che seguono vengono determinate le spinte contro il muro per diverse situazioni di stratigrafia e falda lungo l'elevazione.

La trattazione poi delle singole spinte determinate per il calcolo della risultante sul piano di fondazione è del tutto identica a quella illustrata in precedenza.

Monostrato orizzontale con sovraccarico



Caratteristiche terreno spingente:

Altezza strato	=	3.00 m
Peso specifico unitario	=	20.00 kN/mc
Angolo di attrito interno	=	32 °
Coesione	=	0.00 kPa

Sovraccarico :	=	20.00 kPa
Tipologia azione:	=	Variabile
Coeff. di partecipazione sism.	=	0.30

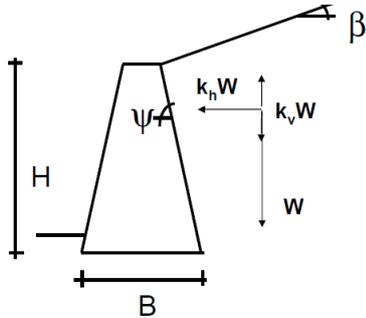
Parametri Sismici del sito:

Accelerazione di riferimento:	(a_g/g)	= 0.150
Categoria suolo:		= B
Coefficiente amplificazione stratigrafica	Ss:	= 1.20
Coefficiente amplificazione topografica	St:	= 1.00

Calcolo Manuale

Coefficiente sismico orizzontale: $k_h = \beta_m \cdot (a_g/g) \cdot S_s \cdot S_t$ (NTC – 7.11.6)
 $(a_g/g) = 0.15$
 Per suolo tipo B $\beta_m = 0.24$ (NTC – Tab. 7.11.II)
 $S_s = 1.20$
 $S_t = 1.00$
 $k_h = 0.24 \cdot 0.15 \cdot 1.20 \cdot 1.00 = 0.043$
 Coefficiente sismico verticale: $k_v = \pm 0.5 k_h$ (NTC – 7.11.7)
 $k_v = \pm 0.5 \cdot 0.043 = \pm 0.022$

Coefficienti di spinta K (Mononobe – Okabe):



$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi' - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi' + \delta) \sin(\phi' - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2} \quad \text{per } \beta \leq \phi' - \theta$$

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi' - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta)} \quad \text{per } \beta > \phi' - \theta$$

In assenza di falda:
 $\theta = 0.00$ (in condizioni statiche)
 $\theta = \arctg(k_h / 1 - k_v) = 2.528^\circ$ (per sisma verso l'alto)
 $\theta = \arctg(k_h / 1 + k_v) = 2.421^\circ$ (per sisma verso il basso)
 Inclinazione paramento: $\psi = 90^\circ$
 Inclinazione superficie: $\beta = 0^\circ$

Verifiche tipo (STR) – con parametri geotecnici caratteristici (M1):

angolo di attrito del terreno: $\phi' = 32^\circ$
 angolo di attrito al contatto: $\delta = 0.67 \cdot 32 = 21.44^\circ$
 peso specifico: $\gamma' = 20.00 \text{ kN/m}^3$ (assenza di falda)
 per $\beta=0^\circ$ ($\beta < \phi' - \theta$):
 in condizioni statiche: **K = 0.275**
 per sisma verso l'alto: **K = 0.302**
 per sisma verso il basso: **K = 0.301**

Verifiche tipo (GEO) – con parametri geotecnici di calcolo (M2):

coeff. Parziale = 1.25 ($tg\delta_d = tg\phi_k / 1.25$)

angolo di attrito del terreno: $\phi'_d = 26.56^\circ$
 angolo di attrito al contatto: $\delta_d = 0.67 \cdot 26.56 = 17.80^\circ$
 peso specifico: $\gamma' = 20.00 \text{ kN/m}^3$ (assenza di falda)
 per $\beta=0^\circ$ ($\beta < \phi'_d - \theta$):
 in condizioni statiche: **K = 0.340**
 per sisma verso l'alto: **K = 0.370**
 per sisma verso il basso: **K = 0.369**

Risultati del Programma

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE											
COEFFICIENTI DI SPINTA ATTIVA (Coeff. parziali M1)											
Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Strato n.	Phi_d [°]	Delta_d [°]	Beta [°]	Csi [°]	ka_Stat [-]	ka_sis_Up [-]	ka_sis_Dw [-]	
1	0.00	3.00	1	32.00	21.44	0.00	90.00	0.275	0.302	0.301	

COEFFICIENTI DI SPINTA ATTIVA (Coeff. parziali M2)											
Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Strato n.	Phi_d [°]	Delta_d [°]	Beta [°]	Csi [°]	ka_Stat [-]	ka_sis_Up [-]	ka_sis_Dw [-]	
1	0.00	3.00	1	26.56	17.80	0.00	90.00	0.340	0.370	0.369	

Calcolo Spinte:

$$S = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot (1 \pm k_v) \cdot H^2 \cdot K + q^* \cdot (1 \pm k_v) \cdot H \cdot K \quad (\text{O.P.C.M. 3274 - § 4.4.3})$$

Calcolo Manuale

Combinazione Statica (A1+M1):

$K = 0.275$

Spinta terreno: $S_T = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot (1+0.000) \cdot 3.00^2 \cdot 0.275 = 24.75 \text{ kN}$

Spinta sovracc: $S_q = 20.00 \cdot (1+0.000) \cdot 3.00 \cdot 0.275 = 16.50 \text{ kN}$

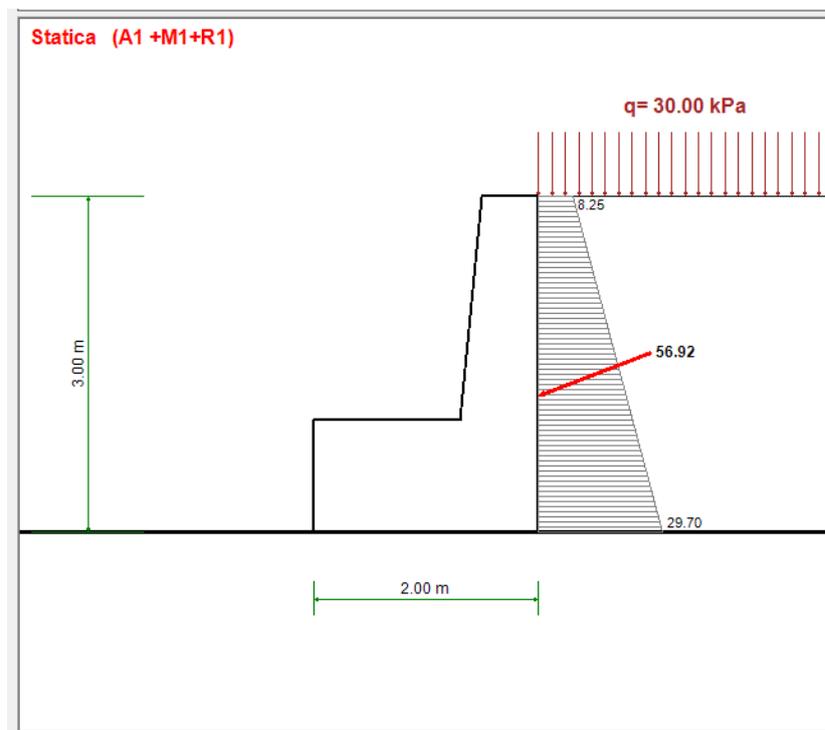
Spinta totale di combinazione:

Coefficiente parziale spinte: (A1) = 1.30 (azione perm. Sfavor.) (NTC – Tab. 6.2.I)

Coefficiente parziale sovraccarico (A1) = 1.50 (azione variabile. Sfavor.) (NTC – Tab. 6.2.I)

$S = S_T \cdot 1.30 + S_q \cdot 1.50 = 24.75 \cdot 1.30 + 16.50 \cdot 1.50 = 56.93 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)

Risultati del Programma



Calcolo Manuale

Combinazione Sisma Su (A1+M1):

Coefficiente partecip. sovracc. (ψ_2) = 0.30 (azione variabile. Sfavor.)
 Sovraccarico applicato q^* = $20.00 \cdot 0.30 = 6.00$ kPa

$K = 0.302$

Spinta terreno: $S_T = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot (1-0.022) \cdot 3.00^2 \cdot 0.302 = 26.58$ kN

Spinta sovracc: $S_q = 6.00 \cdot (1-0.022) \cdot 3.00 \cdot 0.302 = 5.32$ kN

Spinta totale di combinazione:

Coefficiente parziale spinte: (A1) = 1.00 (condizioni sismiche)

Coefficiente parziale sovraccarico (A1) = 1.00 (condizioni sismiche)

$S = S_T \cdot 1.00 + S_q \cdot 1.00 = 26.58 \cdot 1.00 + 5.32 \cdot 1.00 = 31.90$ kN (valore approssimato per arrotondamenti)

Combinazione Sisma Giù (A1+M1):

Coefficiente partecip. sovracc. (ψ_2) = 0.30 (azione variabile. Sfavor.)
 Sovraccarico applicato q^* = $20.00 \cdot 0.30 = 6.00$ kPa

$K = 0.301$

Spinta terreno: $S_T = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot (1+0.022) \cdot 3.00^2 \cdot 0.301 = 27.69$ kN

Spinta sovracc: $S_q = 6.00 \cdot (1+0.022) \cdot 3.00 \cdot 0.301 = 5.54$ kN

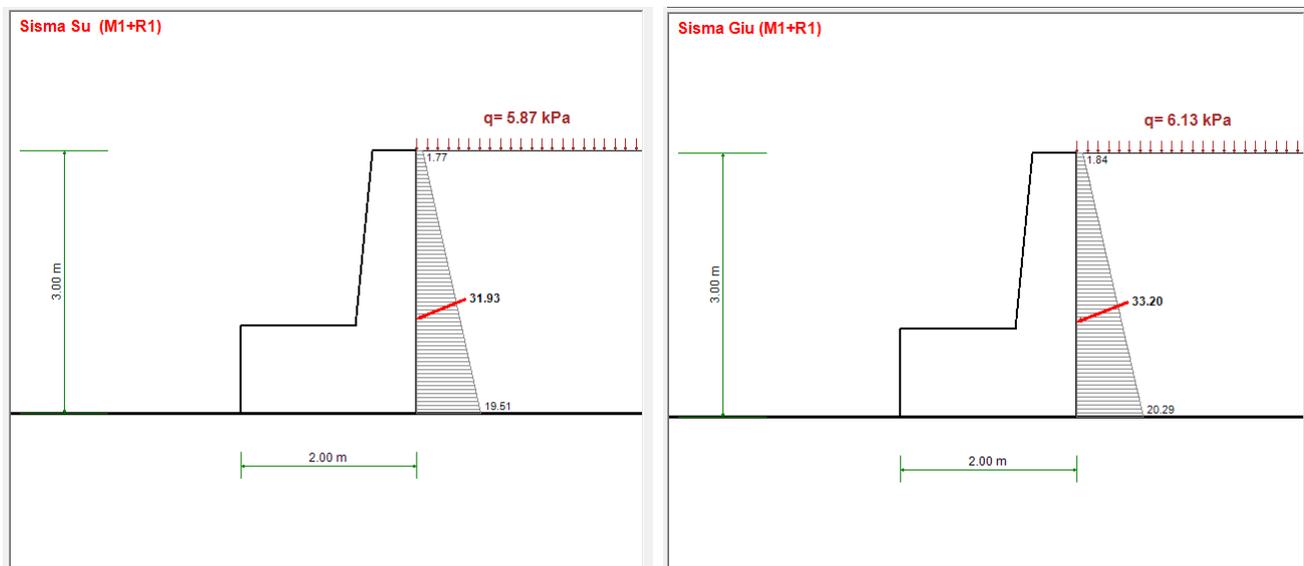
Spinta totale di combinazione:

Coefficiente parziale spinte: (A1) = 1.00 (condizioni sismiche)

Coefficiente parziale sovraccarico (A1) = 1.00 (condizioni sismiche)

$S = S_T \cdot 1.00 + S_q \cdot 1.00 = 27.69 \cdot 1.00 + 5.54 \cdot 1.00 = 33.23$ kN (valore approssimato per arrotondamenti)

Risultati del Programma



Calcolo Manuale

Combinazione Statica (A2+M2):

$K = 0.340$

Spinta terreno: $S_T = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot (1+0.000) \cdot 3.00^2 \cdot 0.340 = 30.60 \text{ kN}$

Spinta sovracc: $S_q = 20.00 \cdot (1+0.000) \cdot 3.00 \cdot 0.340 = 20.40 \text{ kN}$

Spinta totale di combinazione:

Coefficiente parziale spinte: (A2) = 1.00 (azione perm. Sfavor.) (NTC – Tab. 6.2.I)

Coefficiente parziale sovraccarico (A2) = 1.30 (azione variabile. Sfavor.) (NTC – Tab. 6.2.I)

$S = S_T \cdot 1.00 + S_q \cdot 1.30 = 30.60 \cdot 1.00 + 20.40 \cdot 1.30 = 57.12 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)

Combinazione Statica (EQU+M2):

$K = 0.340$

Spinta terreno: $S_T = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot (1+0.000) \cdot 3.00^2 \cdot 0.340 = 30.60 \text{ kN}$

Spinta sovracc: $S_q = 20.00 \cdot (1+0.000) \cdot 3.00 \cdot 0.340 = 20.40 \text{ kN}$

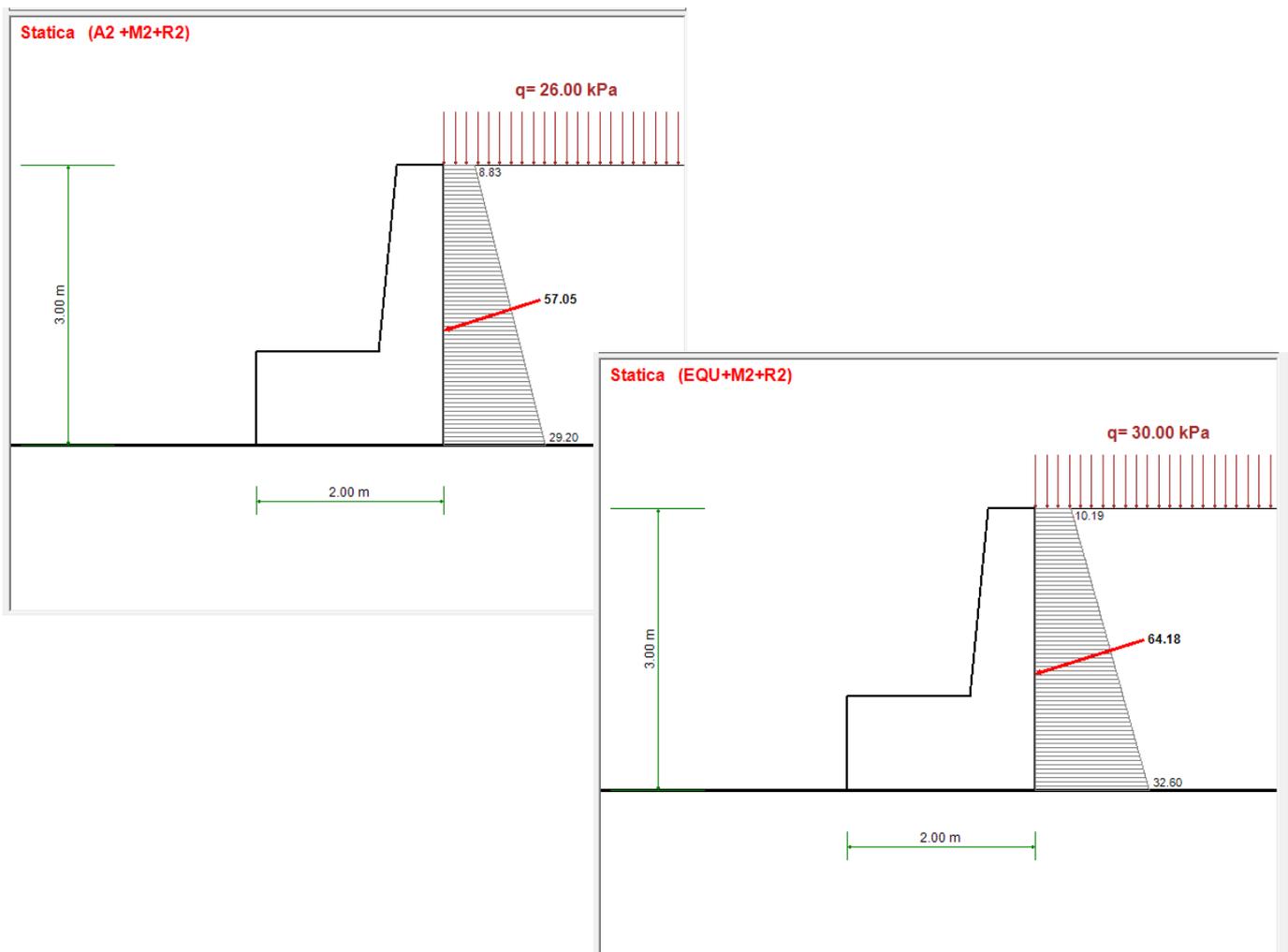
Spinta totale di combinazione:

Coefficiente parziale spinte: (EQU) = 1.10 (azione perm. Sfavor.) (NTC – Tab. 6.2.I)

Coefficiente parziale sovracc. (EQU) = 1.50 (azione variabile. Sfavor.) (NTC – Tab. 6.2.I)

$S = S_T \cdot 1.10 + S_q \cdot 1.50 = 30.60 \cdot 1.10 + 20.40 \cdot 1.50 = 64.26 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)

Risultati del Programma



Calcolo Manuale

Combinazione Sisma Su (A2+M2):

Coefficiente partecip. sovracc. (ψ_2) = 0.30 (azione variabile. Sfavor.)
 Sovraccarico applicato q^* = $20.00 \cdot 0.30 = 6.00$ kPa

$K = 0.370$

Spinta terreno: $S_T = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot (1-0.022) \cdot 3.00^2 \cdot 0.370 = 32.57$ kN

Spinta sovracc: $S_q = 6.00 \cdot (1-0.022) \cdot 3.00 \cdot 0.370 = 6.51$ kN

Spinta totale di combinazione:

Coefficiente parziale spinte: (A2) = 1.00 (condizioni sismiche)

Coefficiente parziale sovraccarico (A2) = 1.00 (condizioni sismiche)

$S = S_T \cdot 1.00 + S_q \cdot 1.00 = 32.57 \cdot 1.00 + 6.51 \cdot 1.00 = 39.08$ kN (valore approssimato per arrotondamenti)

Combinazione Sisma Giù (A2+M2):

Coefficiente partecip. sovracc. (ψ_2) = 0.30 (azione variabile. Sfavor.)
 Sovraccarico applicato q^* = $20.00 \cdot 0.30 = 6.00$ kPa

$K = 0.369$

Spinta terreno: $S_T = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot (1+0.022) \cdot 3.00^2 \cdot 0.369 = 33.94$ kN

Spinta sovracc: $S_q = 6.00 \cdot (1+0.022) \cdot 3.00 \cdot 0.369 = 6.79$ kN

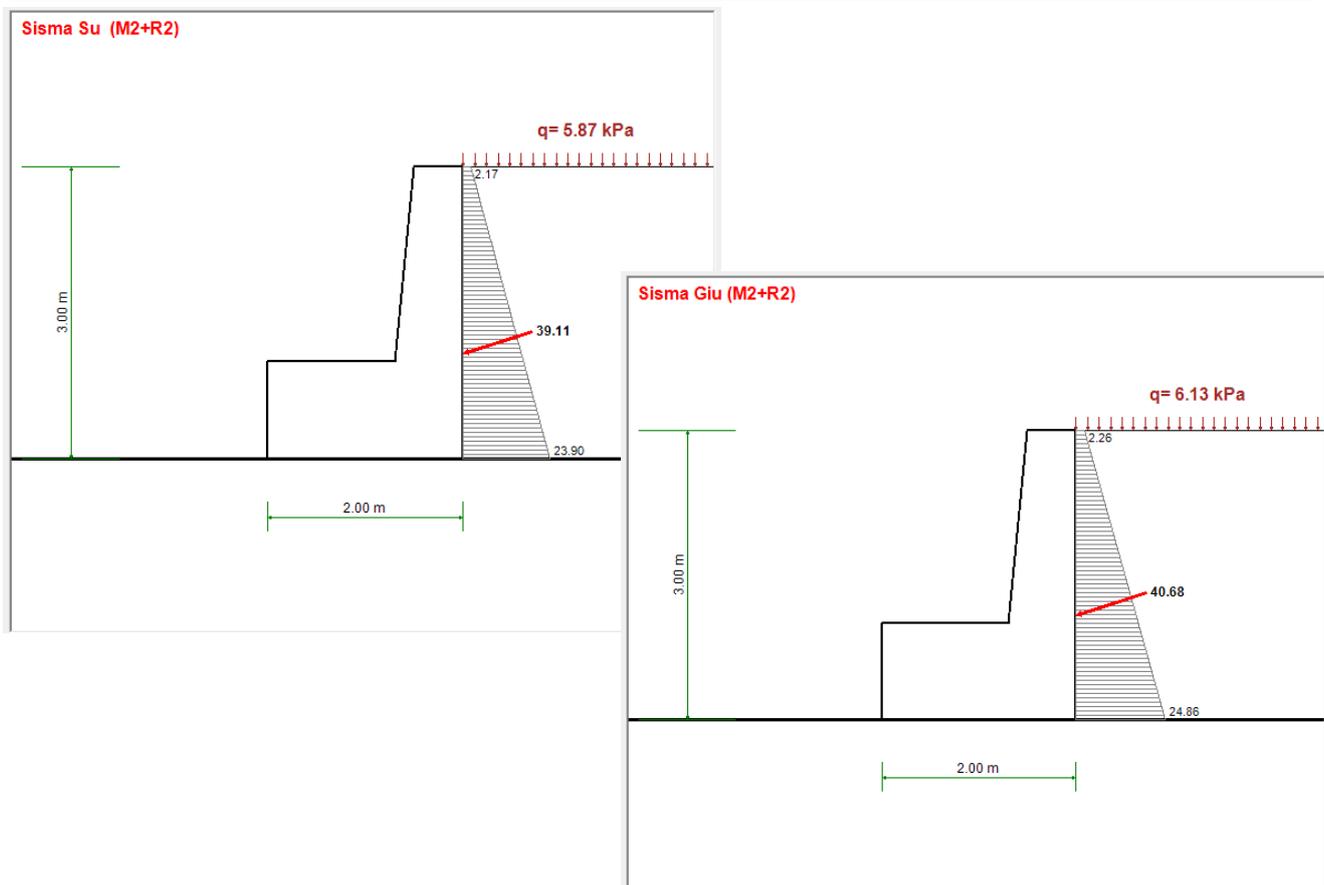
Spinta totale di combinazione:

Coefficiente parziale spinte: (A2) = 1.00 (condizioni sismiche)

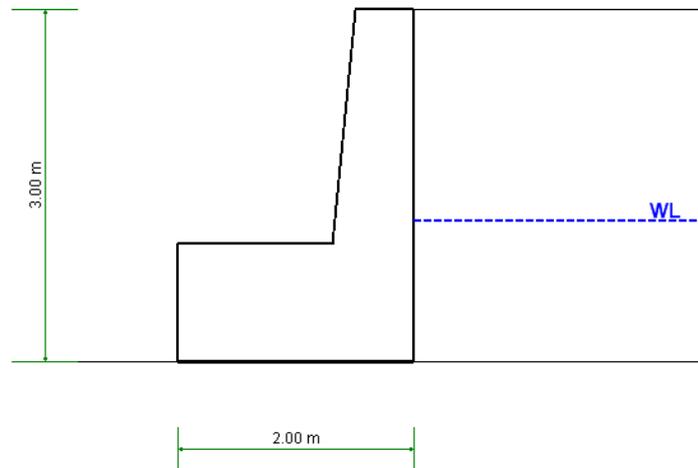
Coefficiente parziale sovraccarico (A2) = 1.00 (condizioni sismiche)

$S = S_T \cdot 1.00 + S_q \cdot 1.00 = 33.94 \cdot 1.00 + 6.79 \cdot 1.00 = 40.73$ kN (valore approssimato per arrotondamenti)

Risultati del Programma



Monostrato orizzontale con falda



Caratteristiche terreno spingente:

Altezza strato	=	3.00 m
Peso specifico unitario	=	21.00 kN/mc
Angolo di attrito interno	=	28 °
Coesione	=	0.00 kPa

Parametri Sismici del sito:

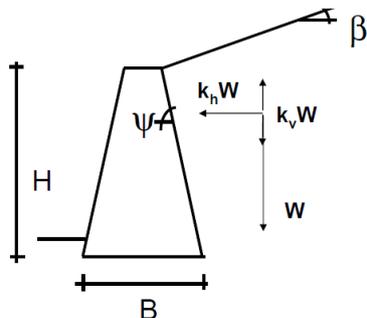
Accelerazione di riferimento:	(a_g/g)	=	0.150
Categoria suolo:		=	C
Coefficiente amplificazione stratigrafica	Ss:	=	1.50
Coefficiente amplificazione topografica	St:	=	1.00

Altezza della falda (dal piano di fondazione): Hw = 1.20 m

Calcolo Manuale

Coefficiente sismico orizzontale:	$k_h = \beta_m \cdot (a_g/g) \cdot S_s \cdot S_t$ ($a_g/g = 0.15$)	(NTC – 7.11.6)
Per suolo tipo C	$\beta_m = 0.24$ $S_s = 1.50$ $S_t = 1.00$	(NTC – Tab. 7.11.II)
Coefficiente sismico verticale:	$k_h = 0.24 \cdot 0.15 \cdot 1.50 \cdot 1.00 = 0.054$ $k_v = \pm 0.5 k_h$ $k_v = \pm 0.5 \cdot 0.054 = \pm 0.027$	(NTC – 7.11.7)

Coefficienti di spinta K (Mononobe – Okabe):



$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi' - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi' + \delta) \sin(\phi' - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2} \quad \text{per } \beta \leq \phi' - \theta$$

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi' - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta)} \quad \text{per } \beta > \phi' - \theta$$

Da z=0.00 a z=1.20 (sotto falda): (z = altezze dal piano di fondazione)
 $\Theta = 0.00$ (in condizioni statiche)
 $\Theta = (\gamma / \gamma - \gamma_w) \cdot \arctg(k_h / 1 - k_v) = 6.064^\circ$ (per sisma verso l'alto)
 $\Theta = (\gamma / \gamma - \gamma_w) \cdot \arctg(k_h / 1 + k_v) = 5.746^\circ$ (per sisma verso il basso)

Da z=1.20 a z=3.00 (sopra falda): (z = altezze dal piano di fondazione)
 $\Theta = 0.00$ (in condizioni statiche)
 $\Theta = \arctg(k_h / 1 - k_v) = 3.177^\circ$ (per sisma verso l'alto)
 $\Theta = \arctg(k_h / 1 + k_v) = 3.010^\circ$ (per sisma verso il basso)

Inclinazione paramento: $\psi = 90^\circ$
 Inclinazione superficie: $\beta = 0^\circ$

Verifiche tipo STR – con parametri geotecnici caratteristici (M1):

angolo di attrito del terreno: $\phi' = 28^\circ$
 angolo di attrito al contatto: $\delta = 0.67 \cdot 28 = 18.76^\circ$

Da z=0.00 a z=1.20 (sotto falda):
 in condizioni statiche: $\Theta = 0.000^\circ$ **K = 0.321**
 per sisma verso l'alto: $\Theta = 6.064^\circ$ **K = 0.398**
 per sisma verso il basso: $\Theta = 5.746^\circ$ **K = 0.393**

Da z=1.20 a z=3.00 (sopra falda):
 in condizioni statiche: $\Theta = 0.000^\circ$ **K = 0.321**
 per sisma verso l'alto: $\Theta = 3.177^\circ$ **K = 0.359**
 per sisma verso il basso: $\Theta = 3.010^\circ$ **K = 0.357**

Verifiche tipo GEO – con parametri geotecnici di calcolo (M2):

angolo di attrito del terreno: $\phi' = 23.04^\circ$ ($\gamma_\phi = 1.25$)
 angolo di attrito al contatto: $\delta = 0.67 \cdot 23.04 = 15.44^\circ$

Da z=0.00 a z=1.20 (sotto falda):
 in condizioni statiche: $\Theta = 0.000^\circ$ **K = 0.389**
 per sisma verso l'alto: $\Theta = 6.064^\circ$ **K = 0.476**
 per sisma verso il basso: $\Theta = 5.746^\circ$ **K = 0.470**

Da z=1.20 a z=3.00 (sopra falda):
 in condizioni statiche: $\Theta = 0.000^\circ$ **K = 0.389**
 per sisma verso l'alto: $\Theta = 3.177^\circ$ **K = 0.431**
 per sisma verso il basso: $\Theta = 3.010^\circ$ **K = 0.429**

Risultati del Programma

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

=====

COEFFICIENTI DI SPINTA ATTIVA (Coeff. parziali M1)

=====

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Strato n.	Phi_d [°]	Delta_d [°]	Beta [°]	Csi [°]	ka_Stat [-]	ka_sis_Up [-]	ka_sis_Dw [-]
** 1	0.00	1.20	1	28.00	18.76	0.00	90.00	0.321	0.398	0.393
2	1.20	3.00	1	28.00	18.76	0.00	90.00	0.321	0.359	0.357

=====

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

=====

COEFFICIENTI DI SPINTA ATTIVA (Coeff. parziali M2)

=====

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Strato n.	Phi_d [°]	Delta_d [°]	Beta [°]	Csi [°]	ka_Stat [-]	ka_sis_Up [-]	ka_sis_Dw [-]
** 1	0.00	1.20	1	23.04	15.44	0.00	90.00	0.389	0.476	0.470
2	1.20	3.00	1	23.04	15.44	0.00	90.00	0.389	0.431	0.429

=====

Calcolo Spinte: $S = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot (1 \pm k_v) \cdot H^2 \cdot K + q^* \cdot (1 \pm k_v) \cdot H \cdot K$ (O.P.C.M. 3274 - § 4.4.3)

Calcolo Manuale

Combinazione Statica (A1+M1):

Da z=0.00 a z=1.20 (sotto falda): H=1.20m

coeff. di spinta attiva: $K = 0.321$
 $\gamma' = (\gamma - \gamma_w) = (21.00 - 10.00) = 11.00 \text{ kN/m}^3$

Spinta terreno: $S_T = \frac{1}{2} \cdot 11.00 \cdot (1+0.000) \cdot 1.20^2 \cdot 0.321 = 2.54 \text{ kN}$

Sovraccarico strato superiore: $\gamma' = 21.00 \text{ kN/m}^3$ (no falda)
 $q = \gamma' \cdot (3.00 - 1.20) = 21.00 \cdot 1.80 = 37.80 \text{ kPa}$

Spinta sovracc: $S_q = 37.80 \cdot (1+0.000) \cdot 1.20 \cdot 0.321 = 14.56 \text{ kN}$

Spinta di combinazione:
 Coeff. parziale spinte: (A1) = 1.30 (azione perm. Sfavor.) (NTC - Tab. 6.2.I)
 $S_1 = (S_T + S_q) \cdot 1.30 = (2.54 + 14.56) \cdot 1.30 = 22.23 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)

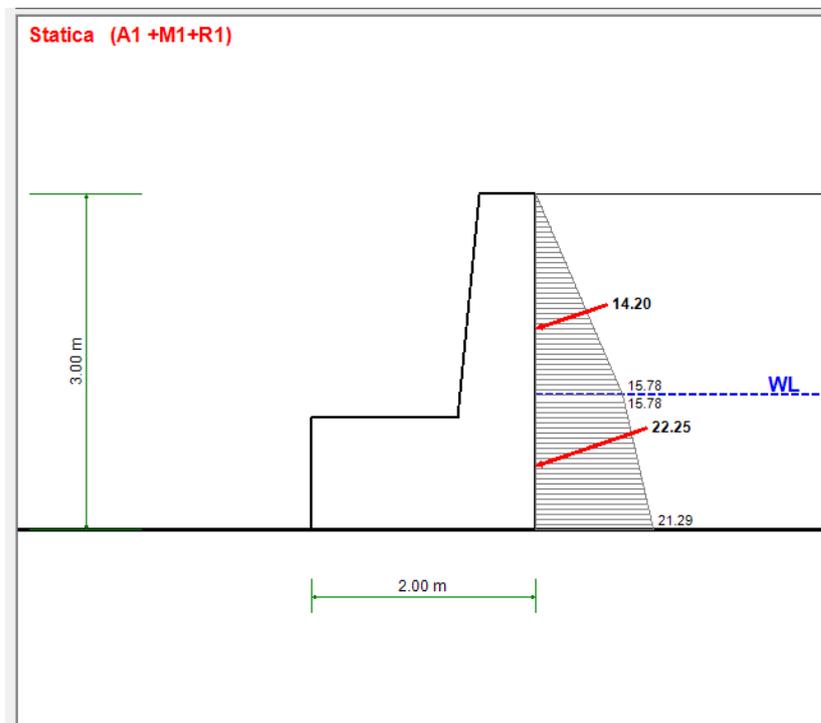
Da z=1.20 a z=3.00 (sopra falda): H=1.80m

coeff. di spinta attiva: $K = 0.321$
 $\gamma' = 21.00 \text{ kN/m}^3$ (no falda)

Spinta terreno: $S_T = \frac{1}{2} \cdot 21.00 \cdot (1+0.000) \cdot 1.80^2 \cdot 0.321 = 10.92 \text{ kN}$

Spinta di combinazione:
 Coeff. parziale spinte: (A1) = 1.30 (azione perm. Sfavor.) (NTC - Tab. 6.2.I)
 $S_2 = S_T \cdot 1.30 = 10.92 \cdot 1.30 = 14.20 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)

Risultati del Programma



Calcolo Manuale

Combinazione Sisma Su (A1+M1):

Da z=0.00 a z=1.20 (sotto falda): H=1.20m

coeff. di spinta attiva:

$$K = 0.398$$

$$\gamma' = (\gamma - \gamma_w) = (21.00 - 10.00) = 11.00 \text{ kN/m}^3$$

Spinta terreno:

$$S_T = \frac{1}{2} \cdot 11.00 \cdot (1 - 0.027) \cdot 1.20^2 \cdot 0.398 = 3.07 \text{ kN}$$

Sovraccarico strato superiore:

$$\gamma' = 21.00 \text{ kN/m}^3 \text{ (no falda)}$$

$$q = \gamma' \cdot (3.00 - 1.20) = 21.00 \cdot 1.80 = 37.80 \text{ kPa}$$

Spinta sovracc:

$$S_q = 37.80 \cdot (1 - 0.027) \cdot 1.20 \cdot 0.398 = 17.57 \text{ kN}$$

Spinta di combinazione:

Coeff. parziale spinte:

$$(A1) = 1.00$$

(condizioni sismiche)

$$S_1 = (S_T + S_q) \cdot 1.00 = (3.07 + 17.57) \cdot 1.00 = \mathbf{20.64 \text{ kN}}$$

(valore approssimato per arrotondamenti)

Da z=1.20 a z=3.00 (sopra falda): H=1.80m

coeff. di spinta attiva:

$$K = 0.359$$

$$\gamma' = 21.00 \text{ kN/m}^3 \text{ (no falda)}$$

Spinta terreno:

$$S_T = \frac{1}{2} \cdot 21.00 \cdot (1 - 0.027) \cdot 1.80^2 \cdot 0.359 = 11.88 \text{ kN}$$

Spinta di combinazione:

Coeff. parziale spinte:

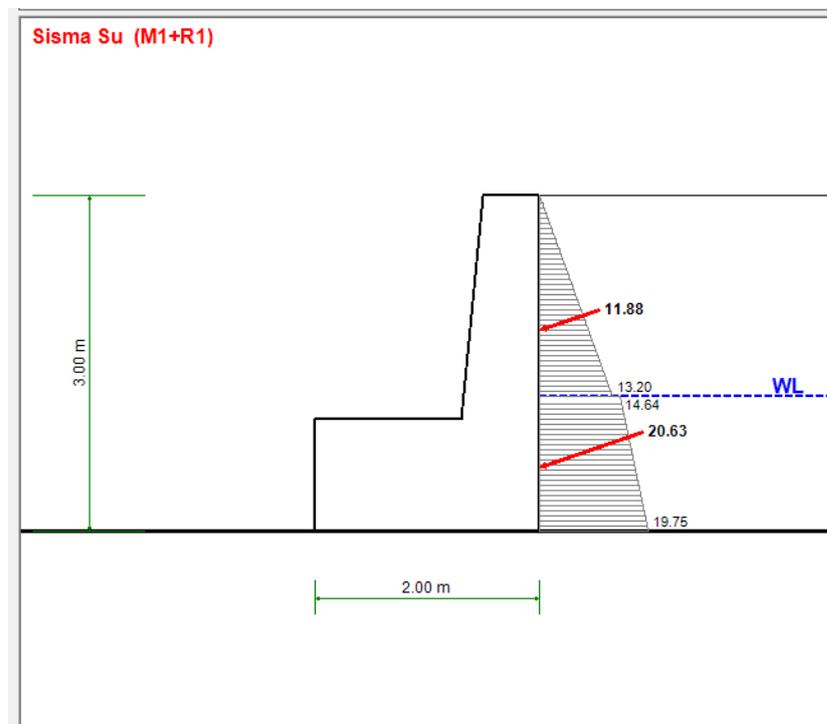
$$(A1) = 1.00$$

(condizioni sismiche)

$$S_2 = S_T \cdot 1.00 = 11.88 \cdot 1.00 = \mathbf{11.88 \text{ kN}}$$

(valore approssimato per arrotondamenti)

Risultati del Programma



Calcolo Manuale

Combinazione Sisma Giù (A1+M1):

Da z=0.00 a z=1.20 (sotto falda): H=1.20m

coeff. di spinta attiva:

$$K = 0.393$$

$$\gamma' = (\gamma - \gamma_w) = (21.00 - 10.00) = 11.00 \text{ kN/m}^3$$

Spinta terreno:

$$S_T = \frac{1}{2} \cdot 11.00 \cdot (1+0.027) \cdot 1.20^2 \cdot 0.393 = 3.20 \text{ kN}$$

Sovraccarico strato superiore:

$$\gamma' = 21.00 \text{ kN/m}^3 \text{ (no falda)}$$

$$q = \gamma' \cdot (3.00 - 1.20) = 21.00 \cdot 1.80 = 37.80 \text{ kPa}$$

Spinta sovracc:

$$S_q = 37.80 \cdot (1+0.027) \cdot 1.20 \cdot 0.393 = 18.31 \text{ kN}$$

Spinta di combinazione:

Coeff. parziale spinte:

$$(A1) = 1.00$$

(condizioni sismiche)

$$S_1 = (S_T + S_q) \cdot 1.00 = (3.20 + 18.31) \cdot 1.00 = 21.51 \text{ kN}$$

(valore approssimato per arrotondamenti)

Da z=1.20 a z=3.00 (sopra falda): H=1.80m

coeff. di spinta attiva:

$$K = 0.357$$

$$\gamma' = 21.00 \text{ kN/m}^3 \text{ (no falda)}$$

Spinta terreno:

$$S_T = \frac{1}{2} \cdot 21.00 \cdot (1+0.027) \cdot 1.80^2 \cdot 0.357 = 12.47 \text{ kN}$$

Spinta di combinazione:

Coeff. parziale spinte:

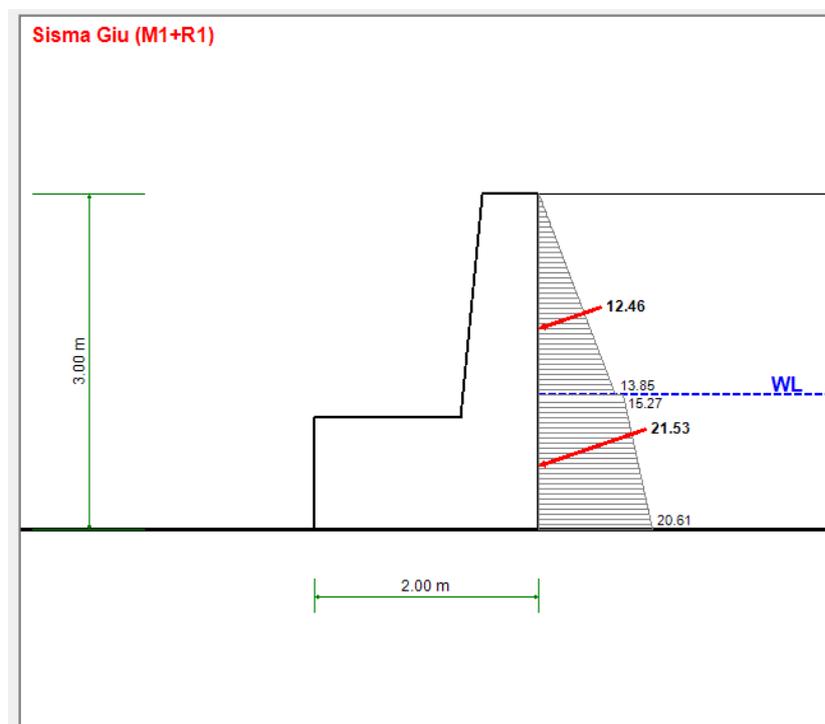
$$(A1) = 1.00$$

(condizioni sismiche)

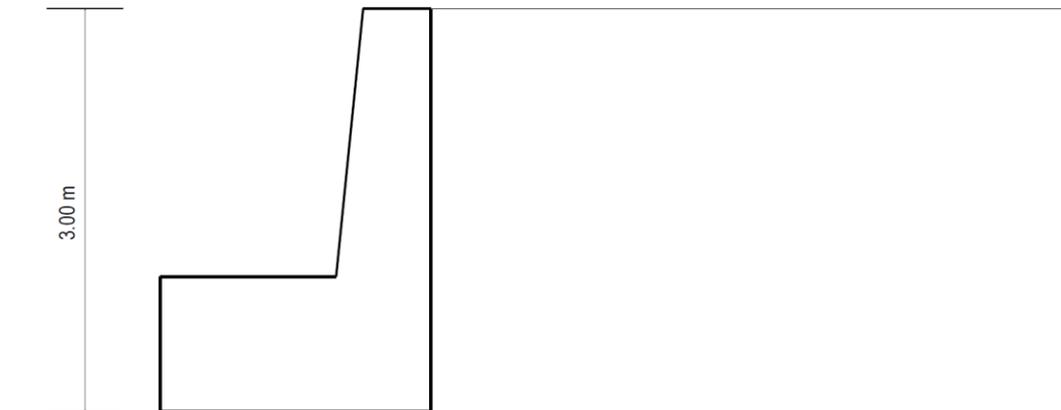
$$S_2 = S_T \cdot 1.00 = 12.47 \cdot 1.00 = 12.47 \text{ kN}$$

(valore approssimato per arrotondamenti)

Risultati del Programma



Monostrato orizzontale coesivo



STRATO N.1
g = 20.00 kN/m³
φ' = 32.00 °
c' = 5.00 kN/m²

Caratteristiche terreno spingente:

Altezza strato	=	3.00 m
Peso specifico unitario	=	20.00 kN/mc
Angolo di attrito interno	=	32 °
Coesione	=	5.00 kPa

Parametri Sismici del sito:

Accelerazione di riferimento:	(a _g /g)	= 0.150
Categoria suolo:		= B
Coefficiente amplificazione stratigrafica	Ss:	= 1.20
Coefficiente amplificazione topografica	St:	= 1.00

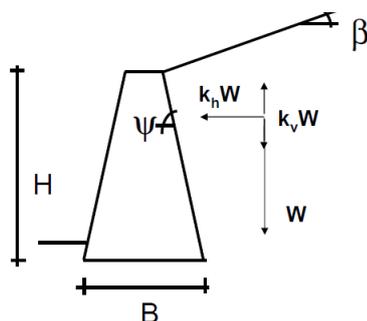
Calcolo delle Spinte del terreno:

Calcolo Manuale

Coefficiente sismico orizzontale: $k_h = \beta_m \cdot (a_g/g) \cdot S_s \cdot S_t$ (NTC – 7.11.6)
 Per suolo tipo B $(a_g/g) = 0.15$
 $\beta_m = 0.24$ (NTC – Tab. 7.11.II)
 $S_s = 1.20$
 $S_t = 1.00$
 $k_h = 0.24 \cdot 0.15 \cdot 1.20 \cdot 1.00 = 0.043$

Coefficiente sismico verticale: $k_v = \pm 0.5 k_h$ (NTC – 7.11.7)
 $k_v = \pm 0.5 \cdot 0.043 = \pm 0.022$

Coefficienti di spinta K (Mononobe – Okabe):



$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi' - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi' + \delta) \sin(\phi' - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2} \quad \text{per } \beta \leq \phi' - \theta$$

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi' - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta)} \quad \text{per } \beta > \phi' - \theta$$

In assenza di falda:

$\theta = 0.00$ (in condizioni statiche)
 $\theta = \arctg(k_h / 1 - k_v) = 2.528^\circ$ (per sisma verso l'alto)
 $\theta = \arctg(k_h / 1 + k_v) = 2.421^\circ$ (per sisma verso il basso)

Inclinazione paramento: $\psi = 90^\circ$
 Inclinazione superficie: $\beta = 0^\circ$

Verifiche tipo (STR) con parametri geotecnici caratteristici (M1):

angolo di attrito del terreno: $\phi' = 32^\circ$
 angolo di attrito al contatto: $\delta = 0.67 \cdot 32 = 21.44^\circ$
 peso specifico: $\gamma' = 20.00 \text{ kN/m}^3$ (assenza di falda)
 per $\beta=0^\circ$ ($\beta < \phi' - \theta$):
 in condizioni statiche: **K = 0.275**
 per sisma verso l'alto: **K = 0.302**
 per sisma verso il basso: **K = 0.301**

Risultati del Programma

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE										
COEFFICIENTI DI SPINTA ATTIVA (Coeff. parziali M1)										
Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Strato n.	Phi_d [°]	Delta_d [°]	Beta [°]	Csi [°]	ka_Stat [-]	ka_sis_Up [-]	ka_sis_Dw [-]
1	0.00	3.00	1	32.00	21.44	0.00	90.00	0.275	0.302	0.301

Verifiche tipo (GEO) con parametri geotecnici di calcolo (M2):

coeff. Parziale = 1.25 (tg $\phi_d = \text{tg}\phi_k / 1.25$)
 angolo di attrito del terreno: $\phi_d' = 26.56^\circ$
 angolo di attrito al contatto: $\delta_d = 0.67 \cdot 26.56 = 17.80^\circ$
 peso specifico: $\gamma' = 20.00 \text{ kN/m}^3$ (assenza di falda)
 per $\beta=0^\circ$ ($\beta < \phi' - \theta$):
 in condizioni statiche: **K = 0.340**
 per sisma verso l'alto: **K = 0.370**
 per sisma verso il basso: **K = 0.369**

Risultati del Programma

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

COEFFICIENTI DI SPINTA ATTIVA (Coeff. parziali M2)										
Tratto n.	da z [m]	a z [m]	strato n.	Phi_d [']	Delta_d [']	Beta [']	Csi [']	ka_Stat [-]	ka_sis_Up [-]	ka_sis_Dw [-]
1	0.00	3.00	1	26.56	17.80	0.00	90.00	0.340	0.370	0.369

Calcolo Manuale

Spinta per la combinazione Statica (A1+M1):

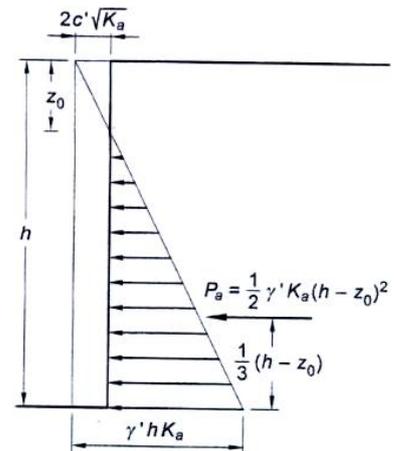
$K_a = 0.275$
 Profondità da testa muro di annullamento delle tensioni per la coesione:

$$z_0 = \frac{2c}{\gamma' \cdot \sqrt{k_a}} = (2 \cdot 5.00 \text{ kPa}) / 20.00 \sqrt{0.275} = 0.953 \text{ m}$$

Spinta totale:

$$S = \frac{1}{2} \gamma' K_a (h - z_0)^2 = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 0.275 (3.00 - 0.953)^2 = 11.52 \text{ kN}$$

Coeff. Parziale (A1) = 1.30 (azione perm. Sfavor.) (NTC – Tab. 6.2.1)
 $S = 11.52 \text{ kN} \cdot 1.30 = 14.97 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)

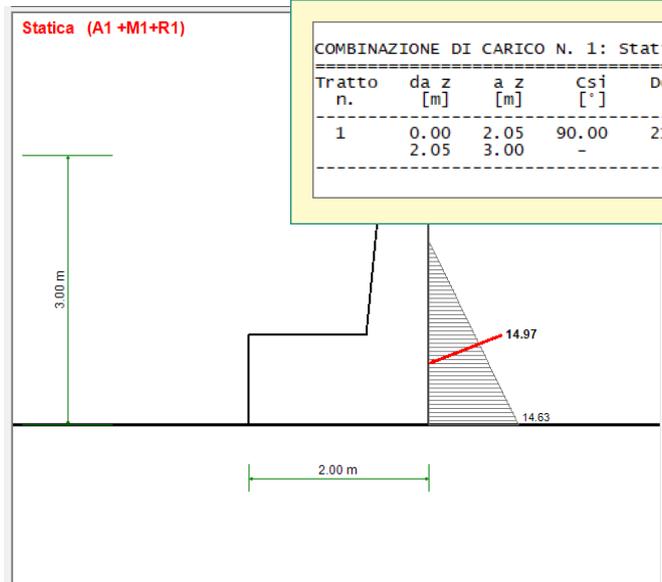


Risultati del Programma

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

Statica (A1+M1+R1)

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1+M1+R1)										
Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [']	Delta [']	Alpha [']	F_T [kN]	F_x [kN]	F_y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	2.05	90.00	21.44	21.44	14.97	13.93	5.47	2.00	0.68
	2.05	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-



Punto di applicazione:
 $y = 1/3 (h - z_0) = 1/3 (3.00 - 0.953) = 0.68 \text{ m}$

Calcolo Manuale

Spinta per la combinazione Statica (A2+M2):

$K_a = 0.340$
 Coesione di calcolo: $c_d = c_k / 1.25 = 4.00 \text{ kPa}$

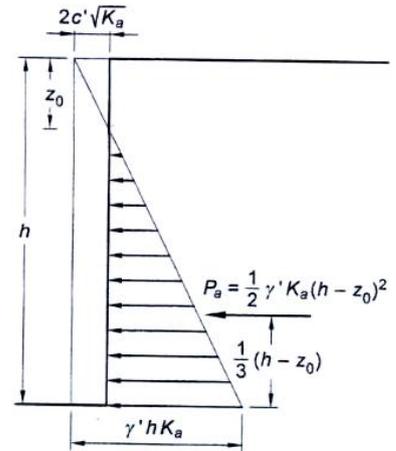
Profondità da testa muro di annullamento delle tensioni per la coesione:

$$z_0 = \frac{2c}{\gamma' \cdot \sqrt{k_a}} = (2 \cdot 4.00 \text{ kPa}) / 20.00 \sqrt{0.340} = 0.686 \text{ m}$$

Spinta totale:

$$S = \frac{1}{2} \gamma' K_a (h - z_0)^2 = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 0.340 (3.00 - 0.686)^2 = 18.21 \text{ kN}$$

Coeff. Parziale (A1) = 1.00 (azione perm. Sfavor.) (NTC – Tab. 6.2.I)
 $S = 18.21 \text{ kN} \cdot 1.00 = 18.21 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)



Risultati del Programma

Statica (A2 +M2+R2)

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 2: Statica (A2 +M2+R2)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Cs [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F-T [kN]	F-x [kN]	F-y [kN]	x-P [m]	y-P [m]
1	0.00	2.31	90.00	17.80	17.80	18.18	17.31	5.55	2.00	0.77

Punto di applicazione:
 $y = 1/3 (h-z_0) = 1/3 (3.00 - 0.686) = 0.77 \text{ m}$

Calcolo Manuale

Spinta per la combinazione Statica (EQU+M2):

$K_a = 0.340$

Coesione di calcolo: $c_d = c_k / 1.25 = 4.00 \text{ kPa}$

Profondità da testa muro di annullamento delle tensioni per la coesione:

$$z_0 = \frac{2c}{\gamma' \cdot \sqrt{K_a}} = (2 \cdot 4.00 \text{ kPa}) / 20.00 \sqrt{0.340} = 0.686 \text{ m}$$

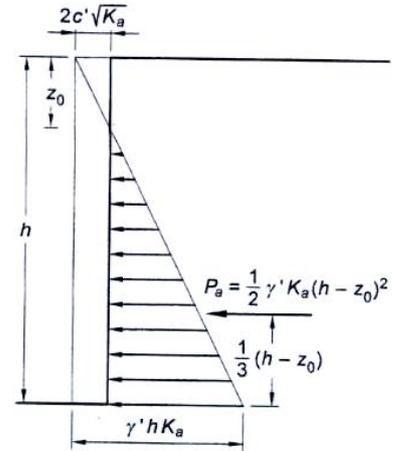
Spinta totale:

$$S = \frac{1}{2} \gamma' K_a (h - z_0)^2 = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 0.340 (3.00 - 0.686)^2 = 18.21 \text{ kN}$$

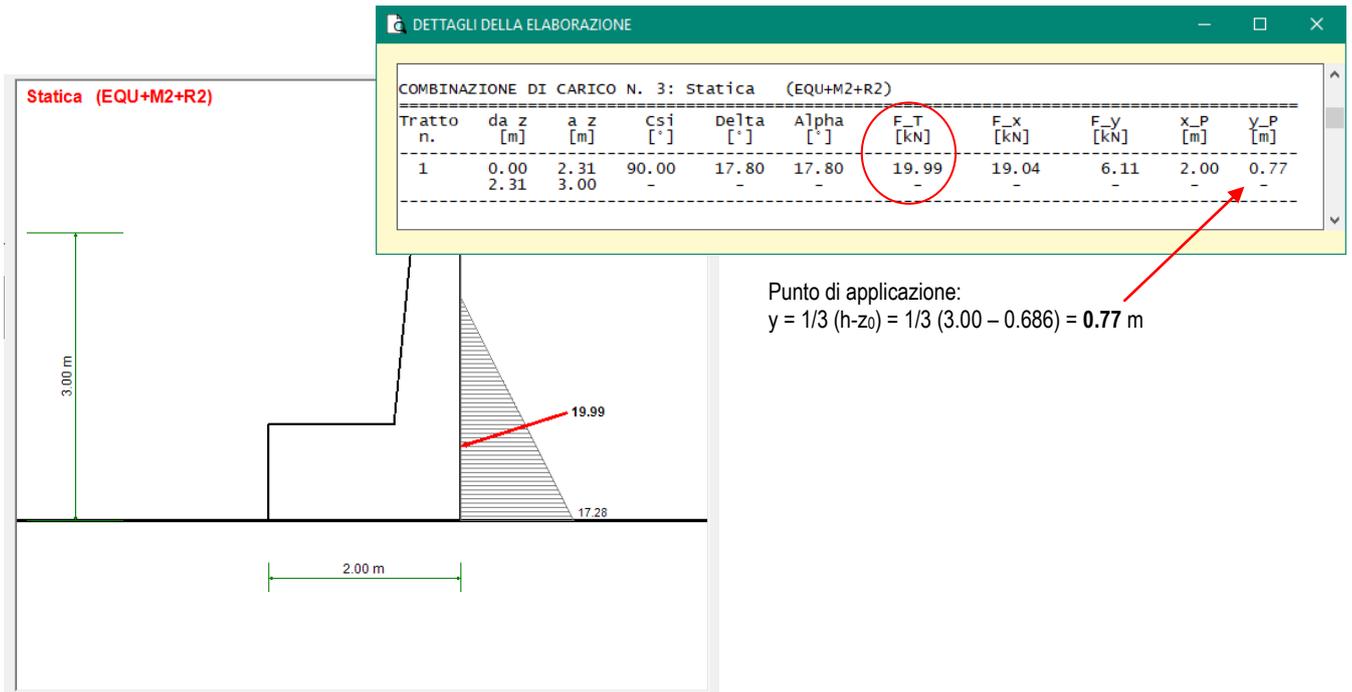
Coeff. Parziale (A1) = 1.10 (azione perm. Sfavor.)

(NTC – Tab. 6.2.I)

$S = 18.21 \text{ kN} \cdot 1.10 = 20.03 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)



Risultati del Programma



Calcolo Manuale

Spinta per la combinazione Sisma Su (A1+M1):

$K_a = 0.302$
 $\gamma' = 20.00 \text{ kN/m}^3 \cdot (1 - k_v) = 20 \cdot (1 - 0.022) = 19.56 \text{ kN/m}^3$ (per Sisma Su)

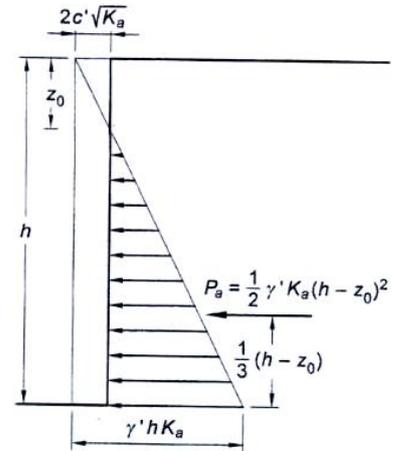
Profondità da testa muro di annullamento delle tensioni per la coesione:

$z_0 = \frac{2c}{\gamma' \cdot \sqrt{k_a}} = (2 \cdot 5.00 \text{ kPa}) / 19.56 \sqrt{0.302} = 0.930 \text{ m}$

Spinta totale:

$S = \frac{1}{2} \gamma' K_a (h - z_0)^2 = \frac{1}{2} \cdot 19.56 \cdot 0.302 (3.00 - 0.930)^2 = 12.65 \text{ kN}$

Coeff. Parziale (A1) = 1.00 (in condizioni sismiche)
 $S = 12.65 \text{ kN} \cdot 1.00 = 12.65 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)



Risultati del Programma

Sisma Su (M1+R1)

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F _T [kN]	F _X [kN]	F _Y [kN]	x _P [m]	y _P [m]
1	0.00 2.07	2.07 3.00	90.00	21.44	21.44	12.67	11.79	4.63	2.00	0.69

Punto di applicazione:
 $y = 1/3 (h - z_0) = 1/3 (3.00 - 0.930) = 0.69 \text{ m}$

Calcolo Manuale

Spinta per la combinazione Sisma Giù (A1+M1):

$$K_a = 0.301$$

$$\gamma' = 20.00 \text{ kN/m}^3 \cdot (1+k_v) = 20 \cdot (1+0.022) = 20.44 \text{ kN/m}^3 \text{ (per Sisma Giù)}$$

Profondità da testa muro di annullamento delle tensioni per la coesione:

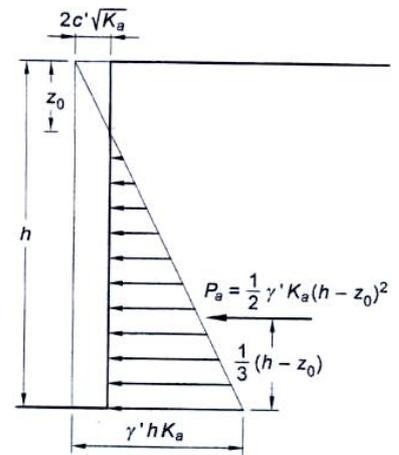
$$z_0 = \frac{2c}{\gamma' \cdot \sqrt{K_a}} = (2 \cdot 5.00 \text{ kPa}) / 20.44 \sqrt{0.301} = 0.892 \text{ m}$$

Spinta totale:

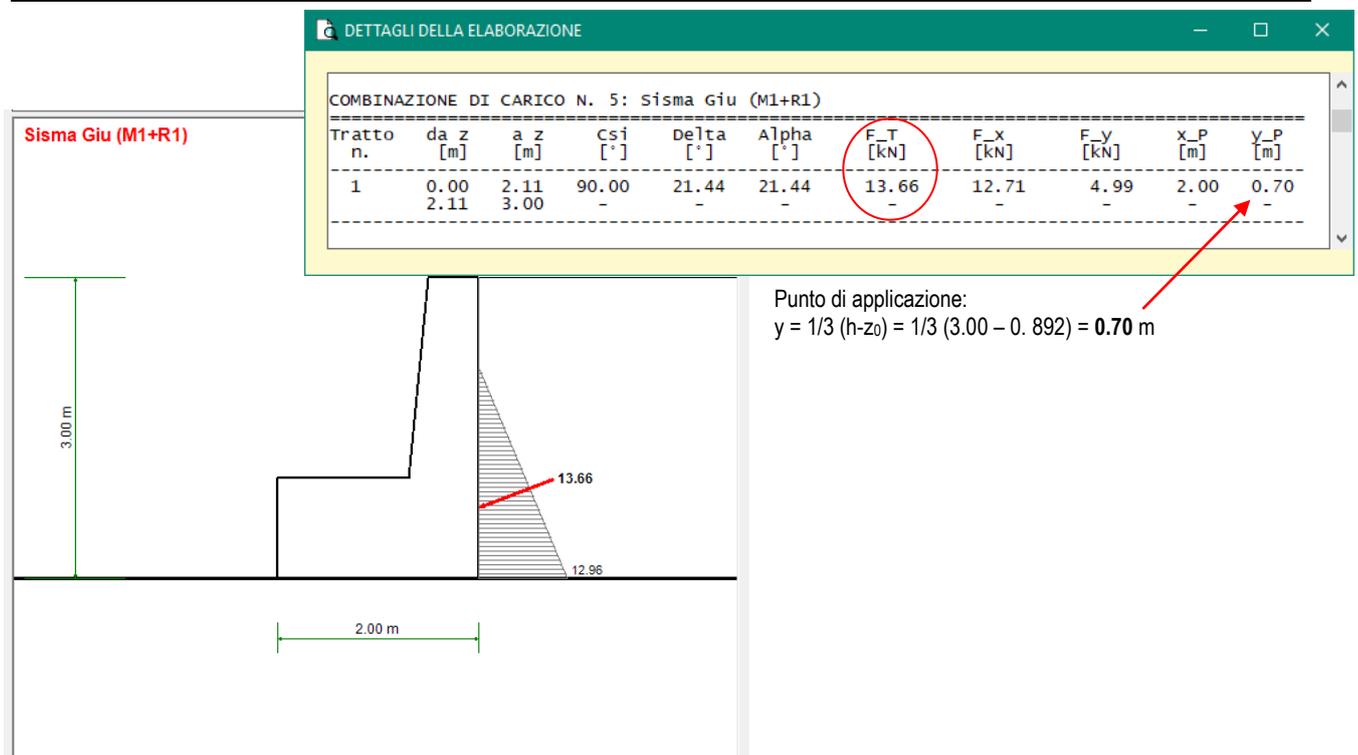
$$S = \frac{1}{2} \gamma' K_a (h - z_0)^2 = \frac{1}{2} \cdot 20.44 \cdot 0.301 (3.00 - 0.892)^2 = 13.67 \text{ kN}$$

Coeff. Parziale (A1) = 1.00 (in condizioni sismiche)

$$S = 13.67 \text{ kN} \cdot 1.00 = 13.67 \text{ kN} \text{ (valore approssimato per arrotondamenti)}$$



Risultati del Programma



Calcolo Manuale

Spinta per la combinazione Sisma Su (A2+M2):

$K_a = 0.370$
 Coesione di calcolo: $c_d = c_k / 1.25 = 4.00 \text{ kPa}$

$\gamma' = 20.00 \text{ kN/m}^3 \cdot (1 - kv) = 20 \cdot (1 - 0.022) = 19.56 \text{ kN/m}^3$ (per Sisma Su)

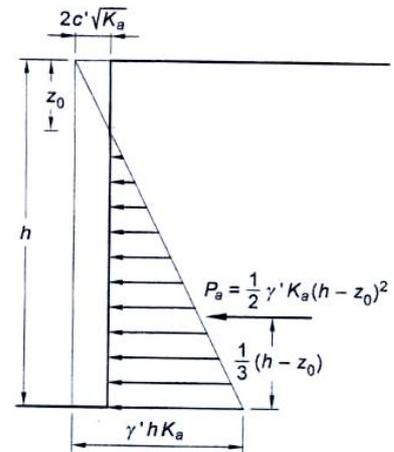
Profondità da testa muro di annullamento delle tensioni per la coesione:

$$z_0 = \frac{2c}{\gamma' \cdot \sqrt{K_a}} = (2 \cdot 4.00 \text{ kPa}) / 19.56 \sqrt{0.370} = 0.672 \text{ m}$$

Spinta totale:

$$S = \frac{1}{2} \gamma' K_a (h - z_0)^2 = \frac{1}{2} \cdot 19.56 \cdot 0.370 (3.00 - 0.672)^2 = 19.60 \text{ kN}$$

Coeff. Parziale (A1) = 1.00 (in condizioni sismiche)
 $S = 19.60 \text{ kN} \cdot 1.00 = \mathbf{19.60 \text{ kN}}$ (va lore approssimato per arrotondamenti)



Risultati del Programma

Sisma Su (M2+R2)

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 6: Sisma Su (M2+R2)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Cs ⁱ [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F _T [kN]	F _X [kN]	F _Y [kN]	x _P [m]	y _P [m]
1	0.00	2.33	90.00	17.80	17.80	19.62	18.68	6.00	2.00	0.78

Punto di applicazione:
 $y = 1/3 (h - z_0) = 1/3 (3.00 - 0.672) = \mathbf{0.78 \text{ m}}$

Calcolo Manuale

Spinta per la combinazione Sisma Giù (A2+M2):

$K_a = 0.369$

Coesione di calcolo: $c_d = c_k / 1.25 = 4.00 \text{ kPa}$

$\gamma' = 20.00 \text{ kN/m}^3 \cdot (1+k_v) = 20 \cdot (1+0.022) = 20.44 \text{ kN/m}^3$ (per Sisma Giù)

Profondità da testa muro di annullamento delle tensioni per la coesione:

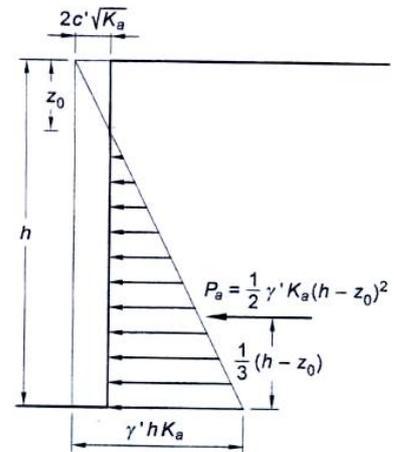
$$z_0 = \frac{2c}{\gamma' \cdot \sqrt{K_a}} = (2 \cdot 4.00 \text{ kPa}) / (20.44 \cdot \sqrt{0.369}) = 0.644 \text{ m}$$

Spinta totale:

$$S = \frac{1}{2} \gamma' K_a (h - z_0)^2 = \frac{1}{2} \cdot 20.44 \cdot 0.369 \cdot (3.00 - 0.644)^2 = 20.93 \text{ kN}$$

Coeff. Parziale (A1) = 1.00 (in condizioni sismiche)

$S = 20.93 \text{ kN} \cdot 1.00 = \mathbf{20.93 \text{ kN}}$ (va lore approssimato per arrotondamenti)



Risultati del Programma

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

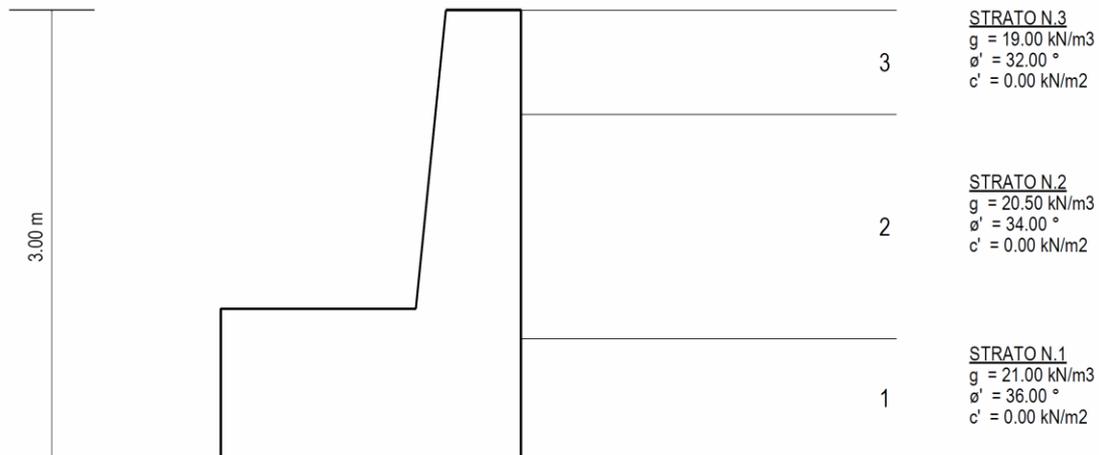
COMBINAZIONE DI CARICO N. 7: Sisma Giu (M2+R2)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_X [kN]	F_Y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	2.36	90.00	17.80	17.80	20.89	19.89	6.39	2.00	0.79

Sisma Giu (M2+R2)

Punto di applicazione:
 $y = 1/3 (h - z_0) = 1/3 (3.00 - 0.644) = \mathbf{0.79 \text{ m}}$

Multistrato orizzontale non coesivo



Caratteristiche terreno spingente (strati numerati a partire dal piano di fondazione):

N. strato	Altezza strato	Peso specifico unitario	Angolo di attrito interno	Coesione	inclinazione
1	0.80	21.00	36°	0.00	0.00
2	1.50	20.50	34°	0.00	0.00
3	0.70	19.00	32°	0.00	0.00

Parametri Sismici del sito:

Accelerazione di riferimento: (a_g/g) = 0.250

Categoria suolo: = C

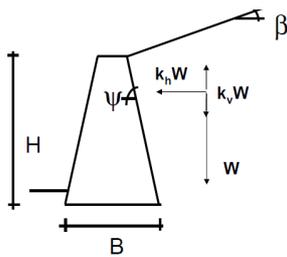
Coefficiente amplificazione stratigrafica S_s: = 1.50

Coefficiente amplificazione topografica S_t: = 1.20

Calcolo Manuale

Coefficiente sismico orizzontale: $k_h = \beta_m \cdot (a_g/g) \cdot S_s \cdot St$ (NTC – 7.11.6)
 ($a_g/g) = 0.25$
 Per suolo tipo C $\beta_m = 0.31$ (NTC – Tab. 7.11.II)
 $S_s = 1.50$
 $St = 1.20$
 $k_h = 0.31 \cdot 0.25 \cdot 1.50 \cdot 1.20 = 0.140$
 Coefficiente sismico verticale: $k_v = \pm 0.5 k_h$ (NTC – 7.11.7)
 $k_v = \pm 0.5 \cdot 0.140 = \pm 0.070$

Coefficienti di spinta K (Mononobe – Okabe):



$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi' - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \frac{\sin(\phi' + \delta) \sin(\phi' - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \sin(\psi + \beta)} \right]^2} \quad \text{per } \beta \leq \phi' - \theta$$

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi' - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta)} \quad \text{per } \beta > \phi' - \theta$$

In assenza di falda: $\theta = 0.00$ (in condizioni statiche)
 $\theta = \arctg(k_h / (1 - k_v)) = 8.561^\circ$ (per sisma verso l'alto)
 $\theta = \arctg(k_h / (1 + k_v)) = 7.454^\circ$ (per sisma verso il basso)

Inclinazione paramento: $\psi = 90^\circ$
 Inclinazione superficie: $\beta = 0^\circ$

Verifiche tipo STR – con parametri geotecnici caratteristici (M1):

N. strato	Peso specifico unitario γ	Angolo di attrito interno ϕ_k	Angolo di attrito contatto δ_k	K Statico	K Sisma Su	K Sisma Giù
1	21.00	36°	24.12	0.235	0.332	0.317
2	20.50	34°	22.78	0.254	0.355	0.340
3	19.00	32°	21.44	0.275	0.380	0.364

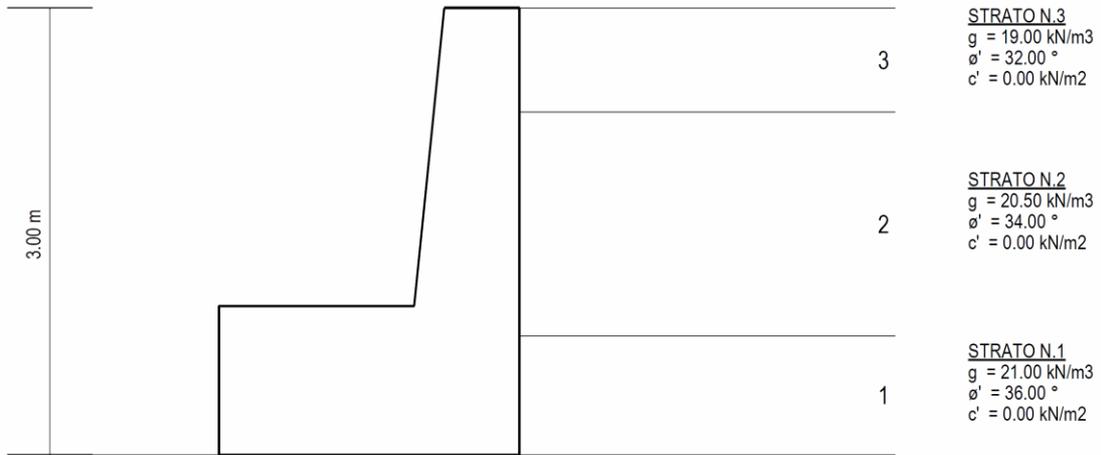
Verifiche tipo GEO – con parametri geotecnici di calcolo (M2): coeff. Parziale = 1.25 ($tg\phi_d = tg\phi_k / 1.25$)

N. strato	Peso specifico unitario γ	Angolo di attrito interno ϕ_d	Angolo di attrito contatto δ_d	K Statico	K Sisma Su	K Sisma Giù
1	21.00	30.17°	20.21	0.295	0.405	0.388
2	20.50	28.35°	18.99	0.317	0.431	0.414
3	19.00	26.56°	17.80	0.340	0.459	0.441

Risultati del Programma

Calcolo delle Tensioni Efficaci del terreno:

Calcolo Manuale



Tensioni efficaci verticali lungo l'elevazione (a partire dal piano di fondazione)

IN CONDIZIONI STATICHE:

$z = 0.00 \quad \sigma'_v = (h_1 \cdot \gamma_1) + (h_2 \cdot \gamma_2) + (h_3 \cdot \gamma_3) = (0.80 \cdot 21.00) + (1.50 \cdot 20.50) + (0.70 \cdot 19.00) = \mathbf{60.85 \text{ kPa}}$
 $z = 0.80 \quad \sigma'_v = (h_2 \cdot \gamma_2) + (h_3 \cdot \gamma_3) = (1.50 \cdot 20.50) + (0.70 \cdot 19.00) = \mathbf{44.05 \text{ kPa}}$
 $z = 2.30 \quad \sigma'_v = (h_3 \cdot \gamma_3) = (0.70 \cdot 19.00) = \mathbf{13.30 \text{ kPa}}$

IN CONDIZIONI SISMICHE (Sisma Su):

$z = 0.00 \quad \sigma'_v = 60.85 \text{ kPa} \cdot (1 - 0.070) = \mathbf{56.59 \text{ kPa}}$
 $z = 0.80 \quad \sigma'_v = 44.05 \text{ kPa} \cdot (1 - 0.070) = \mathbf{40.97 \text{ kPa}}$
 $z = 2.30 \quad \sigma'_v = 13.30 \text{ kPa} \cdot (1 - 0.070) = \mathbf{12.37 \text{ kPa}}$

IN CONDIZIONI SISMICHE (Sisma Giù):

$z = 0.00 \quad \sigma'_v = 60.85 \text{ kPa} \cdot (1 + 0.070) = \mathbf{65.11 \text{ kPa}}$
 $z = 0.80 \quad \sigma'_v = 44.05 \text{ kPa} \cdot (1 + 0.070) = \mathbf{47.13 \text{ kPa}}$
 $z = 2.30 \quad \sigma'_v = 13.30 \text{ kPa} \cdot (1 + 0.070) = \mathbf{14.23 \text{ kPa}}$

Risultati del Programma

TENSIONI EFFICACI ATTIVE - SOLO TERRENO - (Coeff. parziali m1)										
Tratto n.	z [m]	Statiche			Sisma Up			Sisma Dw		
		sig_v [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_v [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_v [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]
1	0.00	60.85	0.235	14.29	56.59	0.332	18.77	65.11	0.317	20.64
	0.80	44.05	0.235	10.35	40.96	0.332	13.59	47.13	0.317	14.94
2	0.80	44.05	0.254	11.20	40.96	0.355	14.55	47.13	0.340	16.02
	2.30	13.30	0.254	3.38	12.37	0.355	4.39	14.23	0.340	4.84
3	2.30	13.30	0.275	3.66	12.37	0.380	4.70	14.23	0.364	5.18
	3.00	0.00	0.275	0.00	0.00	0.380	0.00	0.00	0.364	0.00

Calcolo Tensioni efficaci attive lungo l'elevazione ($\sigma_a = \sigma'_v \cdot Ka$):

Verifiche tipo STR – con parametri geotecnici caratteristici (M1):

IN CONDIZIONI STATICHE:

z = 0.00	$\sigma'_v = 60.85$ kPa	$Ka = 60.85 \cdot 0.235$	= 14.30 kPa
z = 0.80 (-)	$\sigma'_v = 44.05$ kPa	$Ka = 44.05 \cdot 0.235$	= 10.35 kPa (-) = strato inferiore
z = 0.80 (+)	$\sigma'_v = 44.05$ kPa	$Ka = 44.05 \cdot 0.254$	= 11.19 kPa (+) = strato superiore
z = 2.30 (-)	$\sigma'_v = 13.30$ kPa	$Ka = 13.30 \cdot 0.254$	= 3.38 kPa (-) = strato inferiore
z = 2.30 (+)	$\sigma'_v = 13.30$ kPa	$Ka = 13.30 \cdot 0.275$	= 3.66 kPa (+) = strato superiore

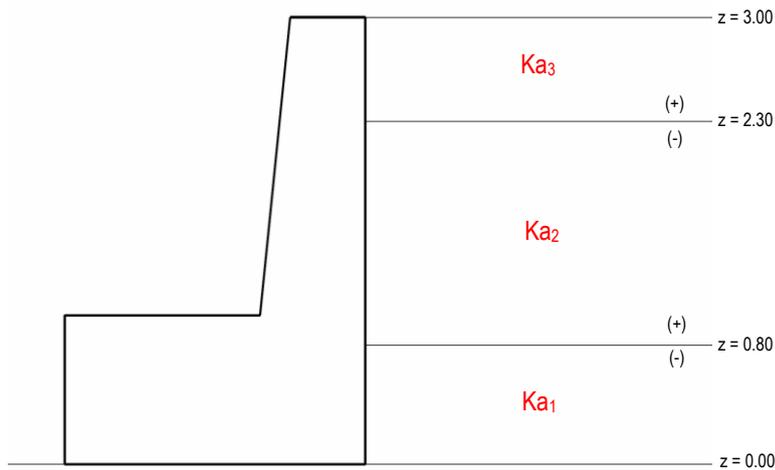
IN CONDIZIONI SISMICHE (Sisma Su):

z = 0.00	$\sigma'_v = 56.59$ kPa	$Ka = 56.59 \cdot 0.332$	= 18.79 kPa
z = 0.80 (-)	$\sigma'_v = 40.97$ kPa	$Ka = 40.97 \cdot 0.332$	= 13.60 kPa
z = 0.80 (+)	$\sigma'_v = 40.97$ kPa	$Ka = 40.97 \cdot 0.355$	= 14.54 kPa
z = 2.30 (-)	$\sigma'_v = 12.37$ kPa	$Ka = 12.37 \cdot 0.355$	= 4.39 kPa
z = 2.30 (+)	$\sigma'_v = 12.37$ kPa	$Ka = 12.37 \cdot 0.380$	= 4.70 kPa

IN CONDIZIONI SISMICHE (Sisma Giù):

z = 0.00	$\sigma'_v = 65.11$ kPa	$Ka = 65.11 \cdot 0.317$	= 20.64 kPa
z = 0.80 (-)	$\sigma'_v = 47.13$ kPa	$Ka = 47.13 \cdot 0.317$	= 14.94 kPa
z = 0.80 (+)	$\sigma'_v = 47.13$ kPa	$Ka = 47.13 \cdot 0.340$	= 16.02 kPa
z = 2.30 (-)	$\sigma'_v = 14.23$ kPa	$Ka = 14.23 \cdot 0.340$	= 4.84 kPa
z = 2.30 (+)	$\sigma'_v = 14.23$ kPa	$Ka = 14.23 \cdot 0.364$	= 5.18 kPa

(valori approssimati per arrotondamenti)



Risultati del Programma

TENSIONI EFFICACI ATTIVE - SOLO TERRENO - (Coeff. parziali M1)										
Tratto n.	z [m]	Statiche			Sisma Up			Sisma Dw		
		sig_v [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_v [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_v [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]
1	0.00	60.85	0.235	14.29	56.59	0.332	18.77	65.11	0.317	20.64
	0.80	44.05	0.235	10.35	40.96	0.332	13.59	47.13	0.317	14.94
2	0.80	44.05	0.254	11.20	40.96	0.355	14.55	47.13	0.340	16.02
	2.30	13.30	0.254	3.38	12.37	0.355	4.39	14.23	0.340	4.84
3	2.30	13.30	0.275	3.66	12.37	0.380	4.70	14.23	0.364	5.18
	3.00	0.00	0.275	0.00	0.00	0.380	0.00	0.00	0.364	0.00

Verifiche tipo GEO – con parametri geotecnici di calcolo (M2):

IN CONDIZIONI STATICHE:

z = 0.00	$\sigma'_v = 60.85 \text{ kPa}$	$\sigma_a = 60.85 \cdot 0.295 = 17.95 \text{ kPa}$	
z = 0.80 (-)	$\sigma'_v = 44.05 \text{ kPa}$	$\sigma_a = 44.05 \cdot 0.295 = 12.99 \text{ kPa}$	(-) = strato inferiore
z = 0.80 (+)	$\sigma'_v = 44.05 \text{ kPa}$	$\sigma_a = 44.05 \cdot 0.317 = 13.96 \text{ kPa}$	(+) = strato superiore
z = 2.30 (-)	$\sigma'_v = 13.30 \text{ kPa}$	$\sigma_a = 13.30 \cdot 0.317 = 4.22 \text{ kPa}$	(-) = strato inferiore
z = 2.30 (+)	$\sigma'_v = 13.30 \text{ kPa}$	$\sigma_a = 13.30 \cdot 0.340 = 4.52 \text{ kPa}$	(+) = strato superiore

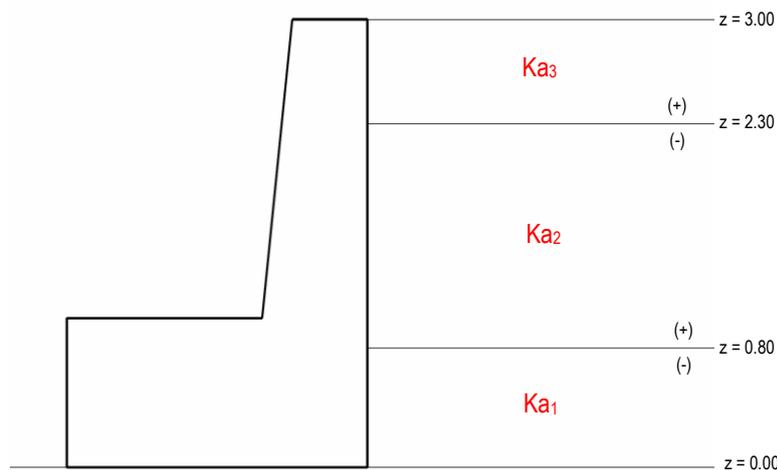
IN CONDIZIONI SISMICHE (Sisma Su):

z = 0.00	$\sigma'_v = 56.59 \text{ kPa}$	$\sigma_a = 56.59 \cdot 0.405 = 22.92 \text{ kPa}$	
z = 0.80 (-)	$\sigma'_v = 40.97 \text{ kPa}$	$\sigma_a = 40.97 \cdot 0.405 = 16.59 \text{ kPa}$	
z = 0.80 (+)	$\sigma'_v = 40.97 \text{ kPa}$	$\sigma_a = 40.97 \cdot 0.431 = 17.66 \text{ kPa}$	
z = 2.30 (-)	$\sigma'_v = 12.37 \text{ kPa}$	$\sigma_a = 12.37 \cdot 0.431 = 5.33 \text{ kPa}$	
z = 2.30 (+)	$\sigma'_v = 12.37 \text{ kPa}$	$\sigma_a = 12.37 \cdot 0.459 = 5.68 \text{ kPa}$	

IN CONDIZIONI SISMICHE (Sisma Giù):

z = 0.00	$\sigma'_v = 65.11 \text{ kPa}$	$\sigma_a = 65.11 \cdot 0.388 = 25.26 \text{ kPa}$	
z = 0.80 (-)	$\sigma'_v = 47.13 \text{ kPa}$	$\sigma_a = 47.13 \cdot 0.388 = 18.29 \text{ kPa}$	
z = 0.80 (+)	$\sigma'_v = 47.13 \text{ kPa}$	$\sigma_a = 47.13 \cdot 0.414 = 19.51 \text{ kPa}$	
z = 2.30 (-)	$\sigma'_v = 14.23 \text{ kPa}$	$\sigma_a = 14.23 \cdot 0.414 = 5.89 \text{ kPa}$	
z = 2.30 (+)	$\sigma'_v = 14.23 \text{ kPa}$	$\sigma_a = 14.23 \cdot 0.441 = 6.28 \text{ kPa}$	

(valori approssimati per arrotondamenti)



Risultati del Programma

TENSIONI EFFICACI ATTIVE - SOLO TERRENO - (Coeff. parziali M2)										
Tratto n.	z [m]	Statiche			Sisma up			Sisma Dw		
		sig_V [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_V [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_V [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]
1	0.00	60.85	0.295	17.97	56.59	0.405	22.93	65.11	0.388	25.29
	0.80	44.05	0.295	13.01	40.96	0.405	16.60	47.13	0.388	18.31
2	0.80	44.05	0.317	13.96	40.96	0.431	17.67	47.13	0.414	19.50
	2.30	13.30	0.317	4.21	12.37	0.431	5.34	14.23	0.414	5.89
3	2.30	13.30	0.340	4.52	12.37	0.459	5.68	14.23	0.441	6.27
	3.00	0.00	0.340	0.00	0.00	0.459	0.00	0.00	0.441	0.00

Calcolo Spinte:

Combinazione Statica (A1+M1):

Coefficiente parziale (A1) = 1.30 (azione perm. Sfavor.) (NTC – Tab. 6.2.I)

Tensioni attive efficaci:

z = 0.00 $\sigma_a = 14.30 \cdot 1.30 = 18.59 \text{ kPa}$
 z = 0.80(-) $\sigma_a = 10.35 \cdot 1.30 = 13.46 \text{ kPa}$
 z = 0.80(+) $\sigma_a = 11.19 \cdot 1.30 = 14.55 \text{ kPa}$
 z = 2.30(-) $\sigma_a = 3.38 \cdot 1.30 = 4.39 \text{ kPa}$
 z = 2.30(+) $\sigma_a = 3.66 \cdot 1.30 = 4.75 \text{ kPa}$
 (valori approssimati per arrotondamenti)

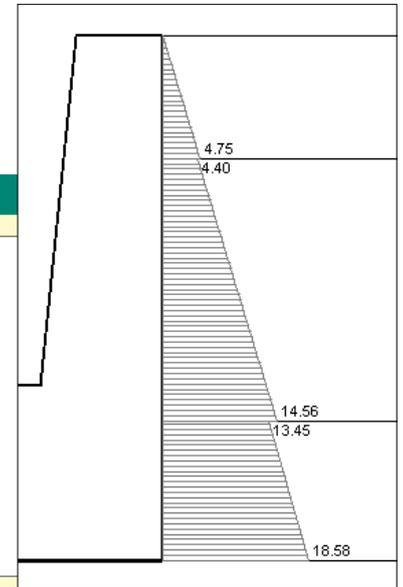
Risultati del Programma

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R1)

Coefficienti parziali di combinazione delle azioni:
 Spinta del terreno: Gamma_G1 = 1,30 (Perm. Strutt. sfav.)
 Spinta del sovracc.: Gamma_Q = 1,50 (Variabile Sfav.)

Tratto n.	z [m]	Sig_T [kPa]	Gamma_G1 [-]	Sig_Td [kPa]	Sig_Q [kPa]	Gamma_Q [-]	Sig_Qd [kPa]	Sig_eff [kPa]
1	0.00	14.29	1.30	18.58	0.00	1.50	0.00	18.58
	0.80	10.35	1.30	13.45	0.00	1.50	0.00	13.45
2	0.80	11.20	1.30	14.56	0.00	1.50	0.00	14.56
	2.30	3.38	1.30	4.40	0.00	1.50	0.00	4.40
3	2.30	3.66	1.30	4.75	0.00	1.50	0.00	4.75
	3.00	0.00	1.30	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00



Spinte:

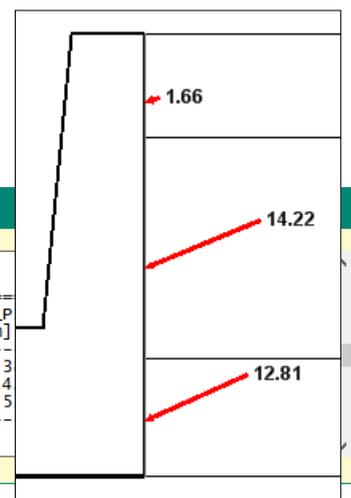
$S_1 = \frac{1}{2} (\sigma_{a1} + \sigma_{a2}) h_1 = \frac{1}{2} (18.59 + 13.46) \text{ kPa} \cdot 0.80 \text{ m} = 12.82 \text{ kN}$
 $S_2 = \frac{1}{2} (\sigma_{a1} + \sigma_{a2}) h_2 = \frac{1}{2} (14.55 + 4.39) \text{ kPa} \cdot 1.50 \text{ m} = 14.21 \text{ kN}$
 $S_3 = \frac{1}{2} (\sigma_{a1} + \sigma_{a2}) h_3 = \frac{1}{2} (4.75 + 0.00) \text{ kPa} \cdot 0.70 \text{ m} = 1.66 \text{ kN}$
 (valori approssimati per arrotondamenti)

Risultati del Programma

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R1)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_x [kN]	F_y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	0.80	90.00	24.12	24.12	12.81	11.69	5.24	2.00	0.3
2	0.80	2.30	90.00	22.78	22.78	14.22	13.11	5.50	2.00	1.4
3	2.30	3.00	90.00	21.44	21.44	1.66	1.55	0.61	2.00	2.5



Combinazione Sisma Su (A1+M1):

Coefficiente parziale (A1) = 1.00 (condizioni sismiche)

Tensioni attive efficaci:

$z = 0.00 \quad \sigma_a = 18.79 \cdot 1.00 = 18.79 \text{ kPa}$

$z = 0.80^{(-)} \quad \sigma_a = 13.60 \cdot 1.00 = 13.60 \text{ kPa}$

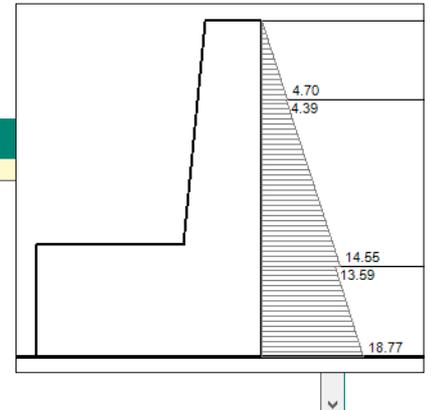
$z = 0.80^{(+)} \quad \sigma_a = 14.54 \cdot 1.00 = 14.54 \text{ kPa}$

$z = 2.30^{(-)} \quad \sigma_a = 4.39 \cdot 1.00 = 4.39 \text{ kPa}$

$z = 2.30^{(+)} \quad \sigma_a = 4.70 \cdot 1.00 = 4.70 \text{ kPa}$

(valori approssimati per arrotondamenti)

Risultati del Programma



DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE								
Tratto n.	z [m]	Sig_T [kPa]	Gamma_G1 [-]	Sig_Td [kPa]	Sig_Q [kPa]	Gamma_Q [-]	Sig_Qd [kPa]	Sig_eff [kPa]
1	0.00	18.77	1.00	18.77	0.00	0.00	0.00	18.77
	0.80	13.59	1.00	13.59	0.00	0.00	0.00	13.59
2	0.80	14.55	1.00	14.55	0.00	0.00	0.00	14.55
	2.30	4.39	1.00	4.39	0.00	0.00	0.00	4.39
3	2.30	4.70	1.00	4.70	0.00	0.00	0.00	4.70
	3.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Spinte:

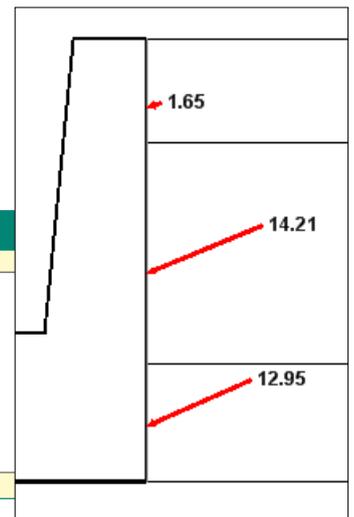
$S_1 = \frac{1}{2} (\sigma_{a1} + \sigma_{a2}) h_1 = \frac{1}{2} (18.79 + 13.60) \text{ kPa} \cdot 0.80 \text{ m} = 12.96 \text{ kN}$

$S_2 = \frac{1}{2} (\sigma_{a1} + \sigma_{a2}) h_2 = \frac{1}{2} (14.54 + 4.39) \text{ kPa} \cdot 1.50 \text{ m} = 14.20 \text{ kN}$

$S_3 = \frac{1}{2} (\sigma_{a1} + \sigma_{a2}) h_3 = \frac{1}{2} (4.70 + 0.00) \text{ kPa} \cdot 0.70 \text{ m} = 1.65 \text{ kN}$

(valori approssimati per arrotondamenti)

Risultati del Programma



DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE										
COMBINAZIONE DI CARICO N. 4: Sisma Su (M1+R1)										
Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_X [kN]	F_Y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	0.80	90.00	24.12	24.12	12.95	11.81	5.29	2.00	0.38
	0.80	2.30	90.00	22.78	22.78	14.21	13.10	5.50	2.00	1.42
3	2.30	3.00	90.00	21.44	21.44	1.65	1.53	0.60	2.00	2.53

Combinazione Sisma Giù (A1+M1):

Coefficiente parziale (A1) = 1.00 (condizioni sismiche)

Tensioni attive efficaci:

$z = 0.00 \quad \sigma_a = 20.64 \cdot 1.00 = 20.64 \text{ kPa}$

$z = 0.80^{(-)} \quad \sigma_a = 14.94 \cdot 1.00 = 14.94 \text{ kPa}$

$z = 0.80^{(+)} \quad \sigma_a = 16.02 \cdot 1.00 = 16.02 \text{ kPa}$

$z = 2.30^{(-)} \quad \sigma_a = 4.84 \cdot 1.00 = 4.84 \text{ kPa}$

$z = 2.30^{(+)} \quad \sigma_a = 5.18 \cdot 1.00 = 5.18 \text{ kPa}$

(valori approssimati per arrotondamenti)

Risultati del Programma

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 5: Sisma Giu (M1+R1)

Coefficienti parziali di combinazione delle azioni:
 Spinta del terreno: Gamma_G1 = 1,00 (Perm. Strutt. sfav.)
 Spinta del sovracc.: Gamma_Q = 0,00 (variabile sfav.)

Tratto n.	z [m]	Sig_T [kPa]	Gamma_G1 [-]	Sig_Td [kPa]	Sig_Q [kPa]	Gamma_Q [-]	Sig_Qd [kPa]	Sig_eff [kPa]
1	0.00	20.64	1.00	20.64	0.00	0.00	0.00	20.64
	0.80	14.94	1.00	14.94	0.00	0.00	0.00	14.94
2	0.80	16.02	1.00	16.02	0.00	0.00	0.00	16.02
	2.30	4.84	1.00	4.84	0.00	0.00	0.00	4.84
3	2.30	5.18	1.00	5.18	0.00	0.00	0.00	5.18
	3.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Spinte:

$S_1 = \frac{1}{2} (\sigma_{a1} + \sigma_{a2}) h_1 = \frac{1}{2} (20.64 + 14.94) \text{ kPa} \cdot 0.80 \text{ m} = 14.23 \text{ kN}$

$S_2 = \frac{1}{2} (\sigma_{a1} + \sigma_{a2}) h_2 = \frac{1}{2} (16.02 + 4.84) \text{ kPa} \cdot 1.50 \text{ m} = 15.65 \text{ kN}$

$S_3 = \frac{1}{2} (\sigma_{a1} + \sigma_{a2}) h_3 = \frac{1}{2} (5.18 + 0.00) \text{ kPa} \cdot 0.70 \text{ m} = 1.81 \text{ kN}$

(valori approssimati per arrotondamenti)

Risultati del Programma

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 5: Sisma Giu (M1+R1)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_x [kN]	F_y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	0.80	90.00	24.12	24.12	14.23	12.99	5.82	2.00	0.38
2	0.80	2.30	90.00	22.78	22.78	15.64	14.42	6.06	2.00	1.42
3	2.30	3.00	90.00	21.44	21.44	1.81	1.69	0.66	2.00	2.53

Combinazione Statica (A2+M2):

Coefficiente parziale (A2) = 1.00 (azione perm. Sfavor.) (NTC – Tab. 6.2.I)

Tensioni attive efficaci:

$z = 0.00 \quad \sigma_a = 17.95 \cdot 1.00 = 17.95 \text{ kPa}$

$z = 0.80^{(-)} \quad \sigma_a = 12.99 \cdot 1.00 = 12.99 \text{ kPa}$

$z = 0.80^{(+)} \quad \sigma_a = 13.96 \cdot 1.00 = 13.96 \text{ kPa}$

$z = 2.30^{(-)} \quad \sigma_a = 4.22 \cdot 1.00 = 4.22 \text{ kPa}$

$z = 2.30^{(+)} \quad \sigma_a = 4.52 \cdot 1.00 = 4.52 \text{ kPa}$

(valori approssimati per arrotondamenti)

Risultati del Programma

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 2: Statica (A2 +M2+R2)

Coefficienti parziali di combinazione delle azioni:
 Spinta del terreno: $\gamma_{G1} = 1,00$ (Perm. Strutt. sfav.)
 Spinta del sovracc.: $\gamma_Q = 1,30$ (variabile sfav.)

Tratto n.	z [m]	Sig_T [kPa]	Gamma_G1 [-]	Sig_Td [kPa]	Sig_Q [kPa]	Gamma_Q [-]	Sig_Qd [kPa]	Sig_eff [kPa]
1	0.00	17.97	1.00	17.97	0.00	1.30	0.00	17.97
	0.80	13.01	1.00	13.01	0.00	1.30	0.00	13.01
2	0.80	13.96	1.00	13.96	0.00	1.30	0.00	13.96
	2.30	4.21	1.00	4.21	0.00	1.30	0.00	4.21
3	2.30	4.52	1.00	4.52	0.00	1.30	0.00	4.52
	3.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00

Spinte:

$S_1 = \frac{1}{2} (\sigma_{a1} + \sigma_{a2}) h_1 = \frac{1}{2} (17.95 + 12.99) \text{ kPa} \cdot 0.80 \text{ m} = 12.38 \text{ kN}$

$S_2 = \frac{1}{2} (\sigma_{a1} + \sigma_{a2}) h_2 = \frac{1}{2} (13.96 + 4.22) \text{ kPa} \cdot 1.50 \text{ m} = 13.64 \text{ kN}$

$S_3 = \frac{1}{2} (\sigma_{a1} + \sigma_{a2}) h_3 = \frac{1}{2} (4.52 + 0.00) \text{ kPa} \cdot 0.70 \text{ m} = 1.58 \text{ kN}$

(valori approssimati per arrotondamenti)

Risultati del Programma

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 2: Statica (A2 +M2+R2)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_x [kN]	F_y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	0.80	90.00	20.21	20.21	12.39	11.63	4.28	2.00	0.38
2	0.80	2.30	90.00	19.00	19.00	13.63	12.89	4.44	2.00	1.42
3	2.30	3.00	90.00	17.80	17.80	1.58	1.50	0.48	2.00	2.53

Combinazione Statica (EQU+M2):

Coefficiente parziale (A2) = 1.10 (azione perm. Sfavor.) (NTC – Tab. 6.2.I)

Tensioni attive efficaci:

$z = 0.00 \quad \sigma_a = 17.95 \cdot 1.10 = 19.75 \text{ kPa}$

$z = 0.80^{(-)} \quad \sigma_a = 12.99 \cdot 1.10 = 14.29 \text{ kPa}$

$z = 0.80^{(+)} \quad \sigma_a = 13.96 \cdot 1.10 = 15.36 \text{ kPa}$

$z = 2.30^{(-)} \quad \sigma_a = 4.22 \cdot 1.10 = 4.64 \text{ kPa}$

$z = 2.30^{(+)} \quad \sigma_a = 4.52 \cdot 1.10 = 4.97 \text{ kPa}$

(valori approssimati per arrotondamenti)

Risultati del Programma

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 3: Statica (EQU+M2+R2)

Coefficienti parziali di combinazione delle azioni:
 Spinta del terreno: $\Gamma_{G1} = 1,10$ (Perm. Strutt. Sfav.)
 Spinta del sovracc.: $\Gamma_Q = 1,50$ (variabile Sfav.)

Tratto n.	z [m]	Sig_T [kPa]	Gamma_G1 [-]	Sig_Td [kPa]	Sig_Q [kPa]	Gamma_Q [-]	Sig_Qd [kPa]	Sig_eff [kPa]
1	0.00	17.97	1.10	19.77	0.00	1.50	0.00	19.77
	0.80	13.01	1.10	14.31	0.00	1.50	0.00	14.31
2	0.80	13.96	1.10	15.35	0.00	1.50	0.00	15.35
	2.30	4.21	1.10	4.64	0.00	1.50	0.00	4.64
3	2.30	4.52	1.10	4.97	0.00	1.50	0.00	4.97
	3.00	0.00	1.10	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00

Spinte:

$S_1 = \frac{1}{2} (\sigma_{a1} + \sigma_{a2}) h_1 = \frac{1}{2} (19.75 + 14.29) \text{ kPa} \cdot 0.80 \text{ m} = 13.62 \text{ kN}$

$S_2 = \frac{1}{2} (\sigma_{a1} + \sigma_{a2}) h_2 = \frac{1}{2} (15.36 + 4.64) \text{ kPa} \cdot 1.50 \text{ m} = 15.00 \text{ kN}$

$S_3 = \frac{1}{2} (\sigma_{a1} + \sigma_{a2}) h_3 = \frac{1}{2} (4.97 + 0.00) \text{ kPa} \cdot 0.70 \text{ m} = 1.74 \text{ kN}$

(valori approssimati per arrotondamenti)

Risultati del Programma

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 3: Statica (EQU+M2+R2)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_x [kN]	F_y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	0.80	90.00	20.21	20.21	13.63	12.79	4.71	2.00	0.38
2	0.80	2.30	90.00	19.00	19.00	14.99	14.18	4.88	2.00	1.42
3	2.30	3.00	90.00	17.80	17.80	1.74	1.66	0.53	2.00	2.53

Combinazione Sisma Su (A2+M2):

Coefficiente parziale (A2) = 1.00 (condizioni sismiche)

Tensioni attive efficaci:

$z = 0.00 \quad \sigma_a = 22.92 \cdot 1.00 = 22.92 \text{ kPa}$

$z = 0.80^{(-)} \quad \sigma_a = 16.59 \cdot 1.00 = 16.59 \text{ kPa}$

$z = 0.80^{(+)} \quad \sigma_a = 17.66 \cdot 1.00 = 17.66 \text{ kPa}$

$z = 2.30^{(-)} \quad \sigma_a = 5.33 \cdot 1.00 = 5.33 \text{ kPa}$

$z = 2.30^{(+)} \quad \sigma_a = 5.68 \cdot 1.00 = 5.68 \text{ kPa}$

(valori approssimati per arrotondamenti)

Risultati del Programma

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 6: Sisma Su (M2+R2)

Coefficienti parziali di combinazione delle azioni:
 Spinta del terreno: Gamma_G1 = 1,00 (Perm. Strutt. Sfav.)
 Spinta del sovracc.: Gamma_Q = 0,00 (variabile sfav.)

Tratto n.	z [m]	Sig_T [kPa]	Gamma_G1 [-]	Sig_Td [kPa]	Sig_Q [kPa]	Gamma_Q [-]	Sig_Qd [kPa]	Sig_eff [kPa]
1	0.00	22.93	1.00	22.93	0.00	0.00	0.00	22.93
	0.80	16.60	1.00	16.60	0.00	0.00	0.00	16.60
2	0.80	17.67	1.00	17.67	0.00	0.00	0.00	17.67
	2.30	5.34	1.00	5.34	0.00	0.00	0.00	5.34
3	2.30	5.68	1.00	5.68	0.00	0.00	0.00	5.68
	3.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Spinte:

$S_1 = \frac{1}{2} (\sigma_{a1} + \sigma_{a2}) h_1 = \frac{1}{2} (22.92 + 16.59) \text{ kPa} \cdot 0.80 \text{ m} = 15.80 \text{ kN}$

$S_2 = \frac{1}{2} (\sigma_{a1} + \sigma_{a2}) h_2 = \frac{1}{2} (17.66 + 5.33) \text{ kPa} \cdot 1.50 \text{ m} = 17.24 \text{ kN}$

$S_3 = \frac{1}{2} (\sigma_{a1} + \sigma_{a2}) h_3 = \frac{1}{2} (5.68 + 0.00) \text{ kPa} \cdot 0.70 \text{ m} = 1.99 \text{ kN}$

(valori approssimati per arrotondamenti)

Risultati del Programma

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 6: Sisma Su (M2+R2)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_x [kN]	F_y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	0.80	90.00	20.21	20.21	15.81	14.84	5.46	2.00	0.38
2	0.80	2.30	90.00	19.00	19.00	17.26	16.32	5.62	2.00	1.42
3	2.30	3.00	90.00	17.80	17.80	1.99	1.89	0.61	2.00	2.53

Combinazione Sisma Giù (A2+M2):

Coefficiente parziale (A2) = 1.00 (condizioni sismiche)

Tensioni attive efficaci:

$z = 0.00 \quad \sigma_a = 25.26 \cdot 1.00 = 25.26 \text{ kPa}$

$z = 0.80^{(-)} \quad \sigma_a = 18.29 \cdot 1.00 = 18.29 \text{ kPa}$

$z = 0.80^{(+)} \quad \sigma_a = 19.51 \cdot 1.00 = 19.51 \text{ kPa}$

$z = 2.30^{(-)} \quad \sigma_a = 5.89 \cdot 1.00 = 5.89 \text{ kPa}$

$z = 2.30^{(+)} \quad \sigma_a = 6.28 \cdot 1.00 = 6.28 \text{ kPa}$

(valori approssimati per arrotondamenti)

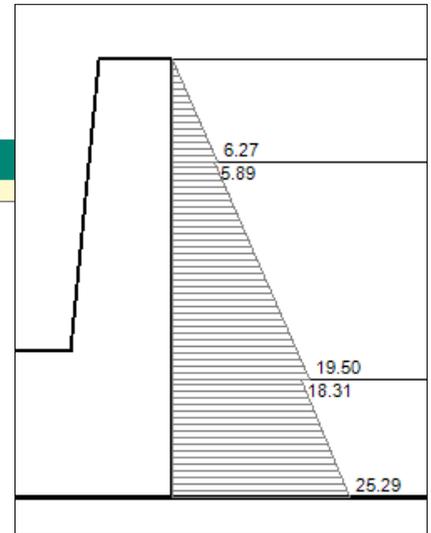
Risultati del Programma

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 7: Sisma Giu (M2+R2)

Coefficienti parziali di combinazione delle azioni:
 Spinta del terreno: Gamma_G1 = 1,00 (Perm. Strutt. Sfav.)
 Spinta del sovracc.: Gamma_Q = 0,00 (variabile Sfav.)

Tratto n.	z [m]	Sig_T [kPa]	Gamma_G1 [-]	Sig_Td [kPa]	Sig_Q [kPa]	Gamma_Q [-]	Sig_Qd [kPa]	Sig_eff [kPa]
1	0.00	25.29	1.00	25.29	0.00	0.00	0.00	25.29
	0.80	18.31	1.00	18.31	0.00	0.00	0.00	18.31
2	0.80	19.50	1.00	19.50	0.00	0.00	0.00	19.50
	2.30	5.89	1.00	5.89	0.00	0.00	0.00	5.89
3	2.30	6.27	1.00	6.27	0.00	0.00	0.00	6.27
	3.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



Spinte:

$S_1 = \frac{1}{2} (\sigma_{a1} + \sigma_{a2}) h_1 = \frac{1}{2} (25.26 + 18.29) \text{ kPa} \cdot 0.80 \text{ m} = 17.42 \text{ kN}$

$S_2 = \frac{1}{2} (\sigma_{a1} + \sigma_{a2}) h_2 = \frac{1}{2} (19.51 + 5.89) \text{ kPa} \cdot 1.50 \text{ m} = 19.05 \text{ kN}$

$S_3 = \frac{1}{2} (\sigma_{a1} + \sigma_{a2}) h_3 = \frac{1}{2} (6.28 + 0.00) \text{ kPa} \cdot 0.70 \text{ m} = 2.20 \text{ kN}$

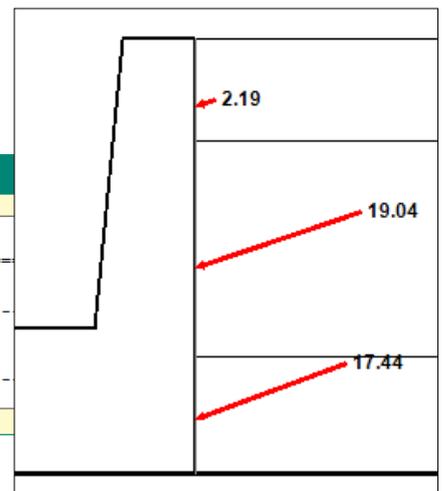
(valori approssimati per arrotondamenti)

Risultati del Programma

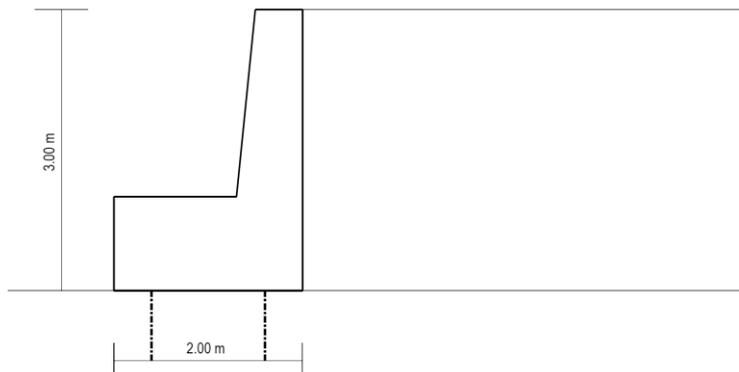
DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 7: Sisma Giu (M2+R2)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_x [kN]	F_y [kN]	x_P [m]
1	0.00	0.80	90.00	20.21	20.21	17.44	16.36	6.02	2.00
2	0.80	2.30	90.00	19.00	19.00	19.04	18.01	6.20	2.00
3	2.30	3.00	90.00	17.80	17.80	2.19	2.09	0.67	2.00



Verifiche in presenza di pali di fondazione



STRATO N.1
 $g = 20.00 \text{ kN/m}^3$
 $\phi' = 32.00^\circ$
 $c' = 0.00 \text{ kN/m}^2$

STRATO BASE
 $g = 20.00 \text{ kN/m}^3$
 $\phi' = 38.00^\circ$
 $c' = 0.00 \text{ kN/m}^2$

Geometria muro:

Base	=	2.00 m
Altezza totale	=	3.00 m
Spessore fondazione	=	1.00 m
Altezza elevazione	=	2.00 m
Spessore in testa	=	0.50 m
Inclinazione anteriore	=	10%
Spessore Base elevazione	=	0.70 m
Peso di volume unitario	=	25.00 kN/mc

Caratteristiche terreno spingente:

Altezza strato	=	3.00 m
Peso specifico unitario	=	20.00 kN/mc
Angolo di attrito interno	=	32°
Coesione	=	0.00 kPa

Caratteristiche dei Pali di Fondazione:

Tipologia	=	Pali TRIVELLATI
Coeff. di correlazione	=	1.70 (livello di conoscenza basso)

	Pali di Valle	Pali di MONTE
Posizione da estremo fondazione	0.40 m	1.60 m
Interasse longitudinale	0.75 m	1.50 m
Portata laterale (analitica)	200 kN	200 kN
Portata alla Base (analitica)	50 kN	50 kN
Resistenza per carichi trasv. (analitica)	120 kN	120 kN

Parametri Sismici del sito:

Accelerazione di riferimento:	(a_g/g)	= 0.150
Categoria suolo:		= B
Coefficiente amplificazione stratigrafica	Ss:	= 1.20
Coefficiente amplificazione topografica	St:	= 1.00

Calcolo delle Spinte del terreno:

NOTA:

Essendo presenti i pali di fondazione, che determinano un vincolo nei confronti delle traslazioni del muro, le spinte sono calcolate nelle condizioni di spostamenti impediti (regime di spinta "ko").

Calcolo Manuale

Coefficiente sismico orizzontale: $k_h = \beta_m \cdot (a_g/g) \cdot S_s \cdot S_t$ (NTC - 7.11.6)
 $(a_g/g) = 0.15$
 Spostamenti impediti \rightarrow $\beta_m = 1.00$ (NTC - § 7.11.6.2.1)
 $S_s = 1.20$
 $S_t = 1.00$
 $k_h = 1.00 \cdot 0.15 \cdot 1.20 \cdot 1.00 = 0.180$

Coefficiente sismico verticale: $k_v = \pm 0.5 k_h$ (NTC - 7.11.7)
 $k_v = \pm 0.5 \cdot 0.180 = \pm 0.090$

Verifiche tipo (STR) con parametri geotecnici caratteristici (M1):

angolo di attrito del terreno: $\phi' = 32^\circ$
 angolo di attrito al contatto: $\delta = 0.00^\circ \rightarrow$ (in condizioni di spinta "ko" non si considera l'attrito al contatto)
 peso specifico: $\gamma' = 20.00 \text{ kN/m}^3$
 $k_o = 1 - \sin\phi' = 0.470$

Spinta Statica: $S_{stat} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot H^2 \cdot K_o = \frac{1}{2} \cdot 20.00 \cdot 3.00^2 \cdot 0.470 = 42.30 \text{ kN}$

Increment. Spinta Sisma Su: $\gamma' = \gamma \cdot (1 - k_v) = 20.00 \cdot (1 - 0.090) = 18.20 \text{ kN/m}^3$ (per sisma Su)
 $\Delta S_E = a_g/g \cdot S_s \cdot S_t \cdot \gamma' \cdot H^2 = 0.15 \cdot 1.20 \cdot 1.00 \cdot 18.20 \cdot 3.00^2 = 29.48 \text{ kN}$ (O.P.C.M. 3274 - § 4.4.3)

Increment. Spinta Sisma Giù: $\gamma' = \gamma \cdot (1 + k_v) = 20.00 \cdot (1 + 0.090) = 21.80 \text{ kN/m}^3$ (per sisma Giù)
 $\Delta S_E = a_g/g \cdot S_s \cdot S_t \cdot \gamma' \cdot H^2 = 0.15 \cdot 1.20 \cdot 1.00 \cdot 21.80 \cdot 3.00^2 = 35.32 \text{ kN}$ (O.P.C.M. 3274 - § 4.4.3)

Combinazione Statica (A1+M1):

Coefficiente parziale (A1) = 1.30 (azione perm. Sfavor.) (NTC - Tab. 6.2.I)
 $S = 42.30 \text{ kN} \cdot 1.30 = 54.99 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Cs i [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_x [kN]	F_y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	3.00	90.00	0.00	0.00	54.99	54.99	0.00	2.00	1.00

Combinazione Sisma Su (A1+M1):

Spinta Totale: $S = S_{stat} + \Delta S_E = 42.30 + 29.48 = 71.78 \text{ kN}$
 Coefficiente parziale (A1) = 1.00 (in condizioni sismiche)
 $S = 71.78 \text{ kN} \cdot 1.00 = 71.78 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)
 Posizione:
 $y = (S_{stat} \cdot H/3 + \Delta S_E \cdot H/2) / (S_{stat} + \Delta S_E) = 1.205 \text{ m}$

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Cs i [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_x [kN]	F_y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	3.00	90.00	0.00	0.00	71.78	71.78	0.00	2.00	1.21

Combinazione Sisma Giù (A1+M1):

Spinta Totale: $S = S_{stat} + \Delta S_E = 42.30 + 35.32 = 77.62 \text{ kN}$

Coefficiente parziale (A1) = 1.00 (in condizioni sismiche)

$S = 77.62 \text{ kN} \cdot 1.00 = 77.62 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)

Posizione:

$$y = (S_{stat} \cdot H/3 + \Delta S_E \cdot H/2) / (S_{stat} + \Delta S_E) = 1.227 \text{ m}$$

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_x [kN]	F_y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	3.00	90.00	0.00	0.00	77.61	77.61	0.00	2.00	1.23

Verifiche tipo (GEO) con parametri geotecnici di calcolo (M2):

coeff. Parziale = 1.25

$$(tg\phi_d = tg\phi_k / 1.25)$$

angolo di attrito del terreno: $\phi_d' = 26.56^\circ$

angolo di attrito al contatto: $\delta = 0.00^\circ \rightarrow$ (in condizioni di spinta "ko" non si considera l'attrito al contatto)

peso specifico: $\gamma' = 20.00 \text{ kN/m}^3$

$$k_o = 1 - \sin\phi' = 0.553$$

Spinta Statica: $S_{stat} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot H^2 \cdot k_o = \frac{1}{2} \cdot 20.00 \cdot 3.00^2 \cdot 0.553 = 49.77 \text{ kN}$

Increment. Spinta Sisma Su: $\gamma' = \gamma \cdot (1 - kv) = 20.00 \cdot (1 - 0.090) = 18.20 \text{ kN/m}^3$ (per sisma Su)

$$\Delta S_E = a_g/g \cdot S_s \cdot S_t \cdot \gamma' \cdot H^2 = 0.15 \cdot 1.20 \cdot 1.00 \cdot 18.20 \cdot 3.00^2 = 29.48 \text{ kN} \quad (\text{O.P.C.M. 3274 - § 4.4.3})$$

Increment. Spinta Sisma Giù: $\gamma' = \gamma \cdot (1 + kv) = 20.00 \cdot (1 + 0.090) = 21.80 \text{ kN/m}^3$ (per sisma Giù)

$$\Delta S_E = a_g/g \cdot S_s \cdot S_t \cdot \gamma' \cdot H^2 = 0.15 \cdot 1.20 \cdot 1.00 \cdot 21.80 \cdot 3.00^2 = 35.32 \text{ kN} \quad (\text{O.P.C.M. 3274 - § 4.4.3})$$

Combinazione Statica (A2+M2):

Coefficiente parziale (A1) = 1.00 (azione perm. Sfavor.) (NTC – Tab. 6.2.I)

$S = 49.77 \text{ kN} \cdot 1.00 = 49.77 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_x [kN]	F_y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	3.00	90.00	0.00	0.00	49.75	49.75	0.00	2.00	1.00

Posizione:
 $y = H/3 = 1.00 \text{ m}$

Combinazione Statica (EQU+M2):

Coefficiente parziale (A1) = 1.10 (azione perm. Sfavor.) (NTC – Tab. 6.2.I)

$S = 49.77 \text{ kN} \cdot 1.10 = 54.75 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_x [kN]	F_y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	3.00	90.00	0.00	0.00	54.73	54.73	0.00	2.00	1.00

Posizione:
 $y = H/3 = 1.00 \text{ m}$

Combinazione Sisma Su (A2+M2):

Spinta Totale: $S = S_{stat} + \Delta S_E = 49.77 + 29.48 = 79.25 \text{ kN}$

Coefficiente parziale (A1) = 1.00 (in condizioni sismiche)

$S = 79.25 \text{ kN} \cdot 1.00 = 79.25 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)

Posizione:

$$y = (S_{stat} \cdot H/3 + \Delta S_E \cdot H/2) / (S_{stat} + \Delta S_E) = 1.186 \text{ m}$$

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Cs1 [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_x [kN]	F_y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	3.00	90.00	0.00	0.00	79.23	79.23	0.00	2.00	1.19

Combinazione Sisma Giù (A2+M2):

Spinta Totale: $S = S_{stat} + \Delta S_E = 49.77 + 35.32 = 85.09 \text{ kN}$

Coefficiente parziale (A1) = 1.00 (in condizioni sismiche)

$S = 85.09 \text{ kN} \cdot 1.00 = 85.09 \text{ kN}$ (valore approssimato per arrotondamenti)

Posizione:

$$y = (S_{stat} \cdot H/3 + \Delta S_E \cdot H/2) / (S_{stat} + \Delta S_E) = 1.208 \text{ m}$$

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Cs1 [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_x [kN]	F_y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	3.00	90.00	0.00	0.00	85.06	85.06	0.00	2.00	1.21

Calcolo del peso del muro:

(A1)	area fondazione:	2.00 x 1.00	=	2.00 m ²
(A2)	area elevazione:	0.50 x 2.00	=	1.00 m ²
(A3)	area elevazione:	½ x 0.20 x 2.0	=	0.20 m ²
	Area Totale:		=	3.20 m ²
	Peso:	3.20 m ² x 25.00 kN/m ³	=	80.00 kN

Calcolo posizione del baricentro (punto di applicazione della forza peso):

Momento statico rispetto all'origine (x=0):

(A1)	fondazione: $S_1 = (2.00 \text{ m}^2) \times 1.00$	=	2.00 m ³
(A2)	elevazione: $S_2 = (1.00 \text{ m}^2) \times (2.00 - 0.25)$	=	1.75 m ³
(A3)	elevazione: $S_3 = (0.20 \text{ m}^2) \times (1.50 - 0.20/3)$	=	0.29 m ³

$$S_x = 4.04 \text{ m}^3$$

$$\text{Ascissa baricentro: } X_g = S_x / A = 4.04 / 3.20$$

$$= 1.26 \text{ m}$$

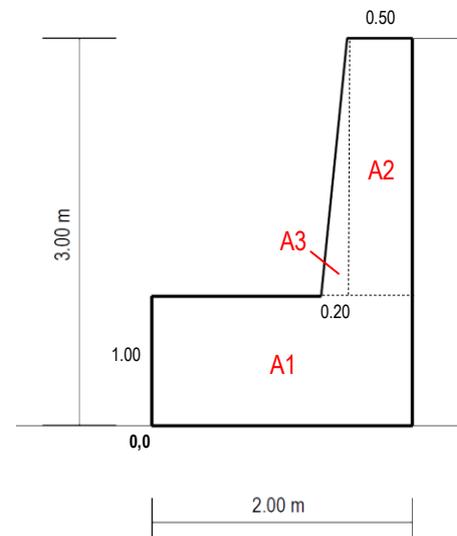
Momento statico rispetto alla base (y=0):

(A1)	fondazione: $S_1 = (2.00 \text{ m}^2) \times 0.50$	=	1.00 m ³
(A2)	elevazione: $S_2 = (1.00 \text{ m}^2) \times (1.00 + 1.00)$	=	2.00 m ³
(A3)	elevazione: $S_3 = (0.20 \text{ m}^2) \times (1.00 + 2.00/3)$	=	0.33 m ³

$$S_y = 3.33 \text{ m}^3$$

$$\text{Ordinata baricentro: } Y_g = S_y / A = 3.33 / 3.20$$

$$= 1.04 \text{ m}$$



MASSE STRUTTURALI						
N. Mat	P. S. [kN/mc]	Area [mq]	Peso [kN]	Xg [m]	Yg [m]	Tipo Azione
1	25.00	3.200	80.00	1.26	1.04	Perm. Strutt.

Calcolo delle Risultanti in testa ai pali:

Combinazione Statica (A1+M1):

Risultante sul piano di fondazione:

Peso Muro:	W_M	= 80.00 kN		
Coefficiente parziale	(A1)	= 1.00	(azione perm. Favor.)	(NTC – Tab. 6.2.I)
Ascissa baricentro:	X_g	= 1.26 m		
Ordinata baricentro:	Y_g	= 1.04 m		
Momento Stabilizzante:	M_{stab}	= 80.00 kN x 1.26 m = 100.80 kNm		
Spinta del terreno:	S_T	= 54.99 kN		
Posizione:	y	= 1.00 m		
Momento Ribaltante:	M_{rib}	= 54.99 kN x 1.00 m = 54.99 kNm		
Risultante Verticale:	W_M	= 80.00 kN		
Risultante Orizzontale:	S_H	= 54.99 kN		
Momento Ribaltante:	M_{rib}	= 54.99 kNm		
Momento Stabilizzante:	M_{stab}	= 100.80 kNm		

(valori approssimati per arrotondamenti)

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R1)										
Azione	Tipo Azione		F [kN]	Coef [-]	F_Vd [kN]	F_Hd [kN]	x [m]	y [m]	M_rib [kNm]	M_stab [kNm]
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm.	Strutt.	Fav	1.00	80.00	0.00	1.26	1.04	0.00	100.92
Sp.Terr.Monte:Tratto n.01	Perm.	Strutt.	Sfav	1.00	0.00	54.99	2.00	1.00	54.99	0.00
RISULTANTE SUL PIANO FONDAZIONE:					80.00	54.99			54.99	100.92

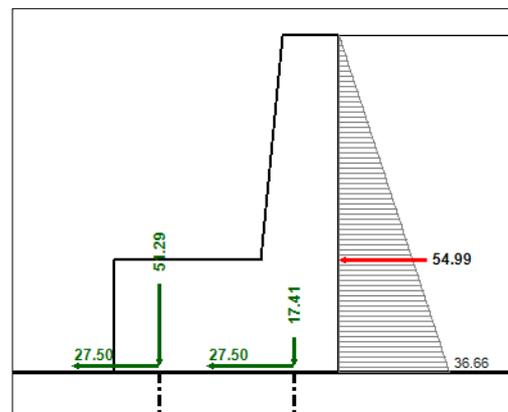
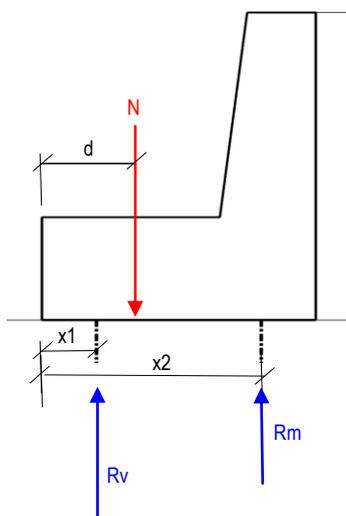
Azioni in testa ai pali:

Momento Complessivo: $M_{tot} = M_{stab} - M_{rib} = 100.80 - 54.99 = 45.81 \text{ kNm}$ (rispetto all'estremo di valle della fondazione)
 Posizione Risultante Verticale: $d = M_{tot} / N = 45.81 / 80.00 = 0.573 \text{ m}$ (dall'estremo di valle della fondazione)

Risultante sui pali di valle: $R_v = N (x_2 - d) / (x_2 - x_1) = 80.00 (1.60 - 0.573) / (1.60 - 0.40) = 68.47 \text{ kN/m}$ (a metro di muro)
 Risultante sui pali di monte: $R_m = N - R_v = 80.00 - 68.47 = 11.73 \text{ kN/m}$ (a metro di muro)

Azione Verticale sui pali di valle: $N_v = R_v \times i_v = 68.47 \times 0.75 \text{ m} = 51.35 \text{ kN / palo}$
 Azione Verticale sui pali di monte: $N_m = R_m \times i_m = 11.73 \times 1.50 \text{ m} = 17.60 \text{ kN / palo}$

Azione orizzontale sui pali: $H_p = H / (1/i_v + 1/i_m) = 54.99 / (1/0.75 + 1/1.50) = 27.50 \text{ kN/palo}$



Combinazione Sisma Su (A1+M1):

Risultante sul piano di fondazione:

Peso Muro: $W_M = 80.00 \text{ kN} \times (1-k_v) = 80.00 \times (1-0.090) = 72.80 \text{ kN}$
 Coefficiente parziale (A1) = 1.00 (in condizioni sismiche)
 Ascissa baricentro: $X_g = 1.26 \text{ m}$
 Ordinata baricentro: $Y_g = 1.04 \text{ m}$
 Momento Stabilizzante: $M_{stab} = 72.80 \text{ kN} \times 1.26 \text{ m} = 91.73 \text{ kNm}$
 Inerzia orizzontale su muro: $F_H = 80.00 \text{ kN} \times k_h = 80.00 \times 0.180 = 14.40 \text{ kN}$
 Momento Ribaltante: $M_{rib} = 14.40 \text{ kN} \times 1.04 \text{ m} = 14.98 \text{ kNm}$

Spinta del terreno: $S_T = 71.78 \text{ kN}$
 Posizione: $y = 1.205 \text{ m}$
 Momento Ribaltante: $M_{rib} = 71.78 \text{ kN} \times 1.205 \text{ m} = 86.50 \text{ kNm}$

Risultante Verticale: $W_M = 72.80 \text{ kN}$
 Risultante Orizzontale: $S_H = 14.40 + 71.78 = 86.18 \text{ kN}$
 Momento Ribaltante: $M_{rib} = 14.98 + 86.50 = 101.48 \text{ kNm}$
 Momento Stabilizzante: $M_{stab} = 91.73 \text{ kNm}$
 (valori approssimati per arrotondamenti)

COMBINAZIONE DI CARICO N. 4: sisma Su (M1+R1)										
Azione	Tipo Azione		F [kN]	Coef [-]	F_vd [kN]	F_Hd [kN]	x [m]	y [m]	M_rib [kNm]	M_stab [kNm]
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	80.00	1.00	80.00	0.00	1.26	1.04	0.00	100.92
-sisma vertic.			-7.20	1.00	-7.20	0.00	1.26	1.04	0.00	-9.08
-sisma orizz.			14.40	1.00	0.00	14.40	1.26	1.04	15.00	0.00
Sp.Terr.Monte:Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	71.78	1.00	0.00	71.78	2.00	1.21	86.52	0.00
RISULTANTE SUL PIANO FONDAZIONE:					72.80	86.18			101.52	91.83

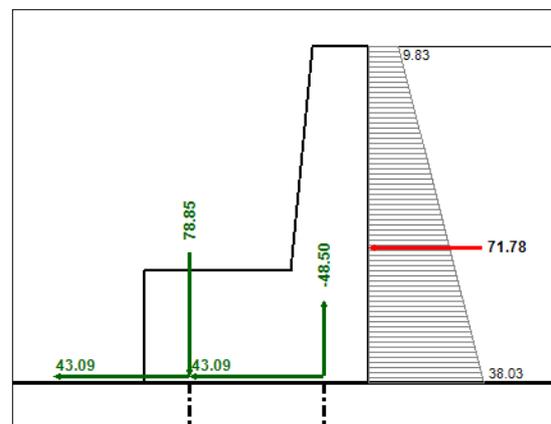
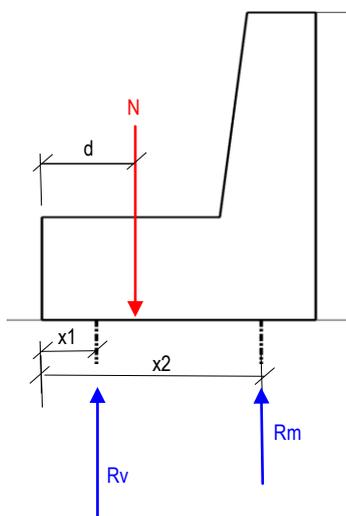
Azioni in testa ai pali:

Momento Complessivo: $M_{tot} = M_{stab} - M_{rib} = 91.73 - 101.48 = -9.75 \text{ kNm}$ (rispetto all'estremo di valle della fondazione)
 Posizione Risultante Verticale: $d = M_{tot} / N = -9.75 / 72.80 = -0.134 \text{ m}$ (dall'estremo di valle della fondazione)

Risultante sui pali di valle: $R_v = N \times (x_2 - d) / (x_2 - x_1) = 72.80 \times (1.60 + 0.134) / (1.60 - 0.40) = 105.20 \text{ kN/m}$ (a metro di muro)
 Risultante sui pali di monte: $R_m = N - R_v = 72.80 - 105.20 = -32.40 \text{ kN/m}$ (a metro di muro)

Azione Verticale sui pali di valle: $N_v = R_v \times i_v = 105.20 \times 0.75 \text{ m} = 78.90 \text{ kN / palo}$
 Azione Verticale sui pali di monte: $N_m = R_m \times i_m = -32.40 \times 1.50 \text{ m} = -48.60 \text{ kN / palo}$ (Trazione)

Azione orizzontale sui pali: $H_p = H / (1/i_v + 1/i_m) = 86.18 / (1/0.75 + 1/1.50) = 43.09 \text{ kN/palo}$



Combinazione Sisma Giù (A1+M1):

Risultante sul piano di fondazione:

Peso Muro: $W_M = 80.00 \text{ kN} \times (1+kv) = 80.00 \times (1+0.090) = 87.20 \text{ kN}$
 Coefficiente parziale (A1) = 1.00 (in condizioni sismiche)
 Ascissa baricentro: $X_g = 1.26 \text{ m}$
 Ordinata baricentro: $Y_g = 1.04 \text{ m}$
 Momento Stabilizzante: $M_{stab} = 87.20 \text{ kN} \times 1.26 \text{ m} = 109.87 \text{ kNm}$
 Inerzia orizzontale su muro: $F_H = 80.00 \text{ kN} \times kh = 80.00 \times 0.180 = 14.40 \text{ kN}$
 Momento Ribaltante: $M_{rib} = 14.40 \text{ kN} \times 1.04 \text{ m} = 14.98 \text{ kNm}$

Spinta del terreno: $S_T = 77.62 \text{ kN}$
 Posizione: $y = 1.227 \text{ m}$
 Momento Ribaltante: $M_{rib} = 77.62 \text{ kN} \times 1.227 \text{ m} = 95.24 \text{ kNm}$

Risultante Verticale: $W_M = 87.20 \text{ kN}$
 Risultante Orizzontale: $S_H = 14.40 + 77.62 = 92.02 \text{ kN}$
 Momento Ribaltante: $M_{rib} = 14.98 + 95.24 = 110.22 \text{ kNm}$
 Momento Stabilizzante: $M_{stab} = 109.87 \text{ kNm}$
 (valori approssimati per arrotondamenti)

COMBINAZIONE DI CARICO N. 5: Sisma Giu (M1+R1)										
Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	F_Vd [kN]	F_Hd [kN]	x [m]	y [m]	M_rib [kNm]	M_stab [kNm]	
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	80.00	1.00	80.00	0.00	1.26	1.04	0.00	100.92
-sisma vertic.			7.20	1.00	7.20	0.00	1.26	1.04	0.00	9.08
-sisma orizz.			14.40	1.00	0.00	14.40	1.26	1.04	15.00	0.00
Sp.Terr.Monte:Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	77.61	1.00	0.00	77.61	2.00	1.23	95.26	0.00
RISULTANTE SUL PIANO FONDAZIONE:					87.20	92.01			110.26	110.00

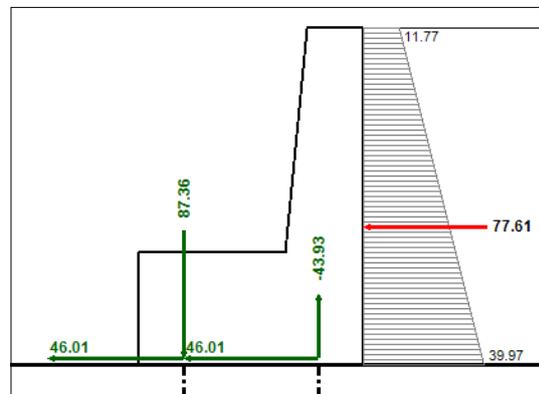
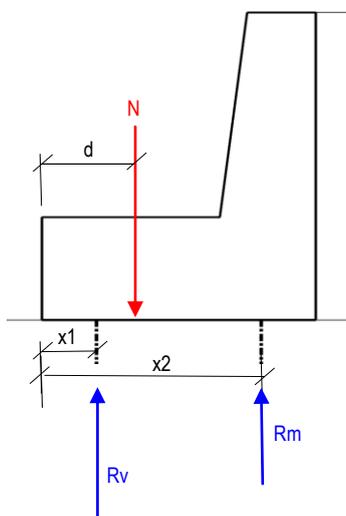
Azioni in testa ai pali:

Momento Complessivo: $M_{tot} = M_{stab} - M_{rib} = 109.87 - 110.22 = -0.35 \text{ kNm}$ (rispetto all'estremo di valle della fondazione)
 Posizione Risultante Verticale: $d = M_{tot} / N = -0.35 / 87.20 = -0.004 \text{ m}$ (dall'estremo di valle della fondazione)

Risultante sui pali di valle: $R_v = N(x_2 - d) / (x_2 - x_1) = 87.20(1.60 + 0.004) / (1.60 - 0.40) = 115.98 \text{ kN/m}$ (a metro di muro)
 Risultante sui pali di monte: $R_m = N - R_v = 87.20 - 115.98 = -28.78 \text{ kN/m}$ (a metro di muro)

Azione Verticale sui pali di valle: $N_v = R_v \times i_v = 115.98 \times 0.75 \text{ m} = 87.00 \text{ kN / palo}$
 Azione Verticale sui pali di monte: $N_m = R_m \times i_m = -28.78 \times 1.50 \text{ m} = -43.17 \text{ kN / palo}$ (Trazione)

Azione orizzontale sui pali: $H_p = H / (1/i_v + 1/i_m) = 92.02 / (1/0.75 + 1/1.50) = 46.01 \text{ kN/palo}$



Combinazione Statica (A2+M2):

Risultante sul piano di fondazione:

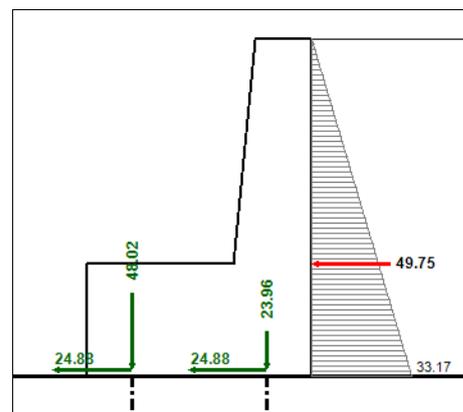
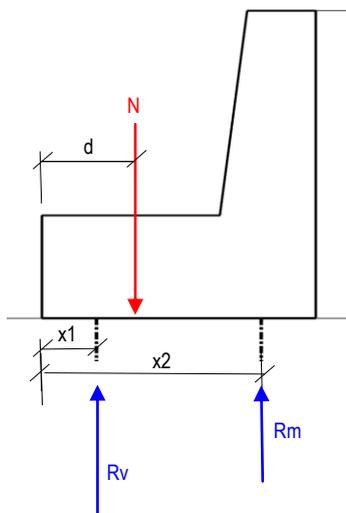
Peso Muro:	W_M	= 80.00 kN		
Coefficiente parziale	(A1)	= 1.00	(azione perm. Favor.)	(NTC – Tab. 6.2.I)
Ascissa baricentro:	X_g	= 1.26 m		
Ordinata baricentro:	Y_g	= 1.04 m		
Momento Stabilizzante:	Mstab	= 80.00 kN x 1.26 m = 100.80 kNm		
Spinta del terreno:	S_T	= 49.77 kN		
Posizione:	y	= 1.00 m		
Momento Ribaltante:	Mrib	= 49.77 kN x 1.00 m = 49.77 kNm		
Risultante Verticale:	W_M	= 80.00 kN		
Risultante Orizzontale:	S_H	= 49.77 kN		
Momento Ribaltante:	Mrib	= 49.77 kNm		
Momento Stabilizzante:	Mstab	= 100.80 kNm		

(valori approssimati per arrotondamenti)

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE										
COMBINAZIONE DI CARICO N. 2: Statica (A2 +M2+R2)										
Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	F_Vd [kN]	F_Hd [kN]	x [m]	y [m]	Mrib [kNm]	Mstab [kNm]	
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	80.00	1.00	80.00	0.00	1.26	1.04	0.00	100.92
Sp.Terr.Monte:Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	49.75	1.00	0.00	49.75	2.00	1.00	49.75	0.00
RISULTANTE SUL PIANO FONDAZIONE:					80.00	49.75			49.75	100.92

Azioni in testa ai pali:

Momento Complessivo:	$M_{tot} = M_{stab} - M_{rib} = 100.80 - 49.77 = 51.03 \text{ kNm}$	(rispetto all'estremo di valle della fondazione)
Posizione Risultante Verticale:	$d = M_{tot} / N = 51.03 / 80.00 = 0.638 \text{ m}$	(dall'estremo di valle della fondazione)
Risultante sui pali di valle:	$R_v = N (x_2 - d) / (x_2 - x_1) = 80.00 (1.60 - 0.638) / (1.60 - 0.40) = 64.13 \text{ kN/m}$	(a metro di muro)
Risultante sui pali di monte:	$R_m = N - R_v = 80.00 - 64.13 = 15.87 \text{ kN/m}$	(a metro di muro)
Azione Verticale sui pali di valle:	$N_v = R_v \times i_v = 64.13 \times 0.75 \text{ m} = 48.10 \text{ kN / palo}$	
Azione Verticale sui pali di monte:	$N_m = R_m \times i_m = 15.87 \times 1.50 \text{ m} = 23.81 \text{ kN / palo}$	
Azione orizzontale sui pali:	$H_p = H / (1/i_v + 1/i_m) = 49.77 / (1/0.75 + 1/1.50) = 24.89 \text{ kN/palo}$	



Combinazione Statica (EQU+M2):

Risultante sul piano di fondazione:

Peso Muro:	W_M	= 80.00 kN		
Coefficiente parziale	(A1)	= 0.90	(azione perm. Favor.)	(NTC – Tab. 6.2.I)
Ascissa baricentro:	X_g	= 1.26 m		
Ordinata baricentro:	Y_g	= 1.04 m		
Peso Muro di calcolo:	W_M	= 80.00 kN x 0.90 = 72.00 kN		
Momento Stabilizzante:	M_{stab}	= 80.00 kN x 0.90 x 1.26 m = 90.72 kNm		
Spinta del terreno:	S_T	= 54.75 kN		
Posizione:	y	= 1.00 m		
Momento Ribaltante:	M_{rib}	= 54.75 kN x 1.00 m = 54.75 kNm		
Risultante Verticale:	W_M	= 72.00 kN		
Risultante Orizzontale:	S_H	= 54.75 kN		
Momento Ribaltante:	M_{rib}	= 54.75 kNm		
Momento Stabilizzante:	M_{stab}	= 90.72 kNm		

(valori approssimati per arrotondamenti)

COMBINAZIONE DI CARICO N. 3: Statica (EQU+M2+R2)											
Azione	Tipo Azione			F [kN]	Coef [-]	F_Vd [kN]	F_Hd [kN]	x [m]	y [m]	M_rib [kNm]	M_stab [kNm]
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm.	Strutt.	Fav	80.00	0.90	72.00	0.00	1.26	1.04	0.00	90.83
Sp.Terr.Monte:Tratto n.01	Perm.	Strutt.	Sfav	54.73	1.00	0.00	54.73	2.00	1.00	54.72	0.00
RISULTANTE SUL PIANO FONDAZIONE:						72.00	54.73			54.72	90.83

Azioni in testa ai pali:

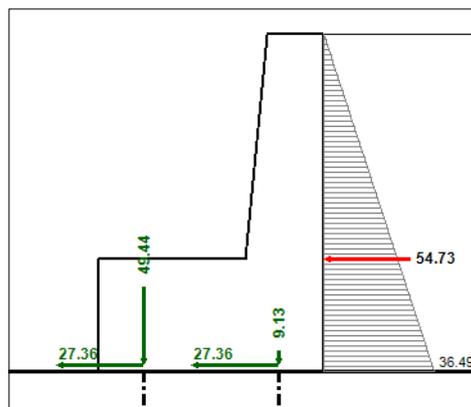
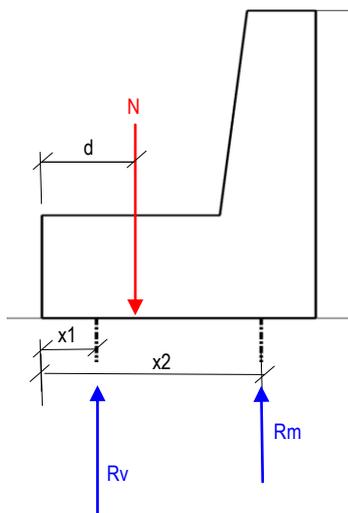
Momento Complessivo: $M_{tot} = M_{stab} - M_{rib} = 90.72 - 54.75 = 35.97 \text{ kNm}$ (rispetto all'estremo di valle della fondazione)
 Posizione Risultante Verticale: $d = M_{tot} / N = 35.97 / 72.00 = 0.500 \text{ m}$ (dall'estremo di valle della fondazione)

Risultante sui pali di valle: $R_v = N (x_2 - d) / (x_2 - x_1) = 72.00 (1.60 - 0.500) / (1.60 - 0.40) = 66.00 \text{ kN/m}$ (a metro di muro)
 Risultante sui pali di monte: $R_m = N - R_v = 72.00 - 66.00 = 6.00 \text{ kN/m}$ (a metro di muro)

Azione Verticale sui pali di valle: $N_v = R_v \times i_v = 66.00 \times 0.75 \text{ m} = 49.50 \text{ kN / palo}$

Azione Verticale sui pali di monte: $N_m = R_m \times i_m = 6.00 \times 1.50 \text{ m} = 9.00 \text{ kN / palo}$

Azione orizzontale sui pali: $H_p = H / (1/i_v + 1/i_m) = 54.75 / (1/0.75 + 1/1.50) = 27.38 \text{ kN/palo}$



Combinazione Sisma Su (A2+M2):

Risultante sul piano di fondazione:

Peso Muro: $W_M = 80.00 \text{ kN} \times (1-k_v) = 80.00 \times (1-0.090) = 72.80 \text{ kN}$
 Coefficiente parziale (A1) = 1.00 (in condizioni sismiche)
 Ascissa baricentro: $X_g = 1.26 \text{ m}$
 Ordinata baricentro: $Y_g = 1.04 \text{ m}$
 Momento Stabilizzante: $M_{stab} = 72.80 \text{ kN} \times 1.26 \text{ m} = 91.73 \text{ kNm}$
 Inerzia orizzontale su muro: $F_H = 80.00 \text{ kN} \times k_h = 80.00 \times 0.180 = 14.40 \text{ kN}$
 Momento Ribaltante: $M_{rib} = 14.40 \text{ kN} \times 1.04 \text{ m} = 14.98 \text{ kNm}$

Spinta del terreno: $S_T = 79.25 \text{ kN}$
 Posizione: $y = 1.186 \text{ m}$
 Momento Ribaltante: $M_{rib} = 79.25 \text{ kN} \times 1.186 \text{ m} = 93.99 \text{ kNm}$

Risultante Verticale: $W_M = 72.80 \text{ kN}$
 Risultante Orizzontale: $S_H = 14.40 + 79.25 = 93.65 \text{ kN}$
 Momento Ribaltante: $M_{rib} = 14.98 + 93.99 = 108.97 \text{ kNm}$
 Momento Stabilizzante: $M_{stab} = 91.73 \text{ kNm}$
 (valori approssimati per arrotondamenti)

COMBINAZIONE DI CARICO N. 6: sisma Su (M2+R2)										
Azione	Tipo Azione		F [kN]	Coef [-]	F_vd [kN]	F_Hd [kN]	x [m]	y [m]	M_rib [kNm]	M_stab [kNm]
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	80.00	1.00	80.00	0.00	1.26	1.04	0.00	100.92
-sisma vertic.			-7.20	1.00	-7.20	0.00	1.26	1.04	0.00	-9.08
-sisma orizz.			14.40	1.00	0.00	14.40	1.26	1.04	15.00	0.00
Sp.Terr.Monte:Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	79.23	1.00	0.00	79.23	2.00	1.19	93.96	0.00
RISULTANTE SUL PIANO FONDAZIONE:					72.80	93.63			108.96	91.83

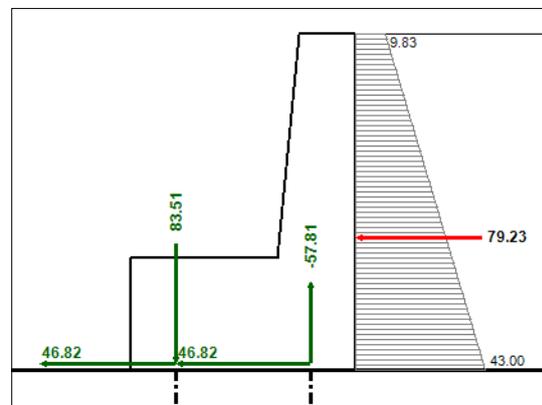
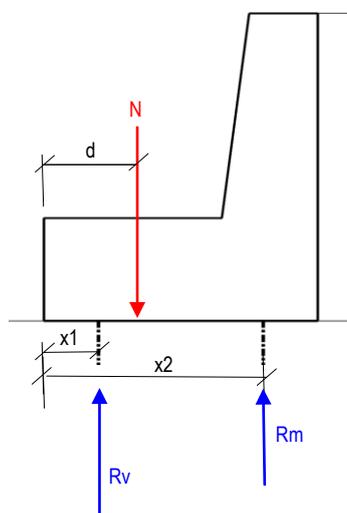
Azioni in testa ai pali:

Momento Complessivo: $M_{tot} = M_{stab} - M_{rib} = 91.73 - 108.97 = -17.24 \text{ kNm}$ (rispetto all'estremo di valle della fondazione)
 Posizione Risultante Verticale: $d = M_{tot} / N = -17.24 / 72.80 = -0.237 \text{ m}$ (dall'estremo di valle della fondazione)

Risultante sui pali di valle: $R_v = N(x_2 - d) / (x_2 - x_1) = 72.80(1.60 + 0.237) / (1.60 - 0.40) = 111.44 \text{ kN/m}$ (a metro di muro)
 Risultante sui pali di monte: $R_m = N - R_v = 72.80 - 111.44 = -38.64 \text{ kN/m}$ (a metro di muro)

Azione Verticale sui pali di valle: $N_v = R_v \times i_v = 111.44 \times 0.75 \text{ m} = 83.58 \text{ kN / palo}$
 Azione Verticale sui pali di monte: $N_m = R_m \times i_m = -38.64 \times 1.50 \text{ m} = -57.96 \text{ kN / palo}$ (Trazione)

Azione orizzontale sui pali: $H_p = H / (1/i_v + 1/i_m) = 93.65 / (1/0.75 + 1/1.50) = 46.83 \text{ kN/palo}$



Combinazione Sisma Giù (A2+M2):

Risultante sul piano di fondazione:

Peso Muro: $W_M = 80.00 \text{ kN} \times (1+kv) = 80.00 \times (1+0.090) = 87.20 \text{ kN}$
 Coefficiente parziale (A1) = 1.00 (in condizioni sismiche)
 Ascissa baricentro: $X_g = 1.26 \text{ m}$
 Ordinata baricentro: $Y_g = 1.04 \text{ m}$
 Momento Stabilizzante: $M_{stab} = 87.20 \text{ kN} \times 1.26 \text{ m} = 109.87 \text{ kNm}$
 Inerzia orizzontale su muro: $F_H = 80.00 \text{ kN} \times kh = 80.00 \times 0.180 = 14.40 \text{ kN}$
 Momento Ribaltante: $M_{rib} = 14.40 \text{ kN} \times 1.04 \text{ m} = 14.98 \text{ kNm}$

Spinta del terreno: $S_T = 85.09 \text{ kN}$
 Posizione: $y = 1.208 \text{ m}$
 Momento Ribaltante: $M_{rib} = 85.09 \text{ kN} \times 1.208 \text{ m} = 102.79 \text{ kNm}$

Risultante Verticale: $W_M = 87.20 \text{ kN}$
 Risultante Orizzontale: $S_H = 14.40 + 85.09 = 99.49 \text{ kN}$
 Momento Ribaltante: $M_{rib} = 14.98 + 102.79 = 117.77 \text{ kNm}$
 Momento Stabilizzante: $M_{stab} = 109.87 \text{ kNm}$
 (valori approssimati per arrotondamenti)

COMBINAZIONE DI CARICO N. 7: Sisma Giu (M2+R2)										
Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	F_Vd [kN]	F_Hd [kN]	x [m]	y [m]	M_rib [kNm]	M_stab [kNm]	
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	80.00	1.00	80.00	0.00	1.26	1.04	0.00	100.92
-sisma vertic.			7.20	1.00	7.20	0.00	1.26	1.04	0.00	9.08
-sisma orizz.			14.40	1.00	0.00	14.40	1.26	1.04	15.00	0.00
Sp.Terr.Monte:Tratto n.01	Perm. Strutt.	sfav	85.06	1.00	0.00	85.06	2.00	1.21	102.71	0.00
RISULTANTE SUL PIANO FONDAZIONE:					87.20	99.46			117.71	110.00

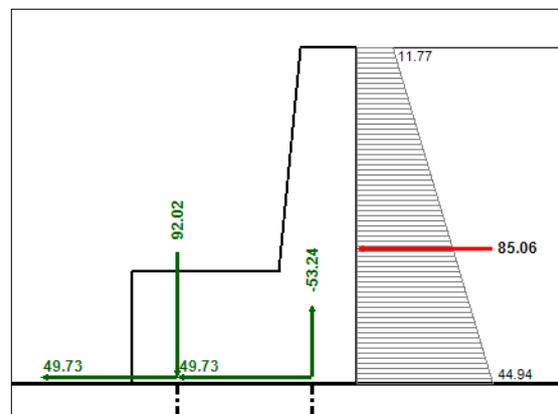
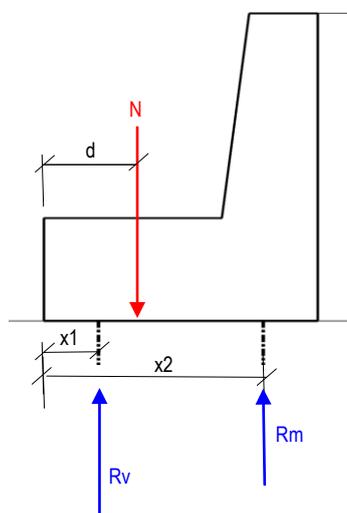
Azioni in testa ai pali:

Momento Complessivo: $M_{tot} = M_{stab} - M_{rib} = 109.87 - 117.77 = -7.90 \text{ kNm}$ (rispetto all'estremo di valle della fondazione)
 Posizione Risultante Verticale: $d = M_{tot} / N = -7.90 / 87.20 = -0.091 \text{ m}$ (dall'estremo di valle della fondazione)

Risultante sui pali di valle: $R_v = N(x_2 - d) / (x_2 - x_1) = 87.20(1.60 + 0.091) / (1.60 - 0.40) = 122.88 \text{ kN/m}$ (a metro di muro)
 Risultante sui pali di monte: $R_m = N - R_v = 87.20 - 122.88 = -35.68 \text{ kN/m}$ (a metro di muro)

Azione Verticale sui pali di valle: $N_v = R_v \times i_v = 122.88 \times 0.75 \text{ m} = 92.16 \text{ kN / palo}$
 Azione Verticale sui pali di monte: $N_m = R_m \times i_m = -35.68 \times 1.50 \text{ m} = -53.52 \text{ kN / palo}$ (Trazione)

Azione orizzontale sui pali: $H_p = H / (1/i_v + 1/i_m) = 99.49 / (1/0.75 + 1/1.50) = 49.75 \text{ kN/palo}$



Metodologia Generalizzata di Validazione

Allo scopo di permettere un agevole verifica della validità dei risultati ottenuti, il programma "MB Muro" è strutturato in maniera tale da poter visualizzare e stampare nel dettaglio tutti i singoli calcoli effettuati (dai coefficienti di spinta attiva alle pressioni e spinte del terreno, alle componenti di carico, fino alle risultanti sul piano fondazione e relative verifiche) corredati delle relative espressioni utilizzate.

Trattandosi in particolare di calcoli che comportano semplici operazioni, quali somme e moltiplicazioni, tutti i dettagli del calcolo possono essere agevolmente verificati e riprodotti mediante calcolo "a mano" o mediante l'uso di semplici fogli di calcolo elettronico tipo "excel".

(esempio di controllo dei valori dei coefficienti di spinta attiva lungo l'elevazione e delle masse di terreno gravanti sull'opera)

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

***** COEFFICIENTI DI SPINTA ATTIVA LUNGO L'ELEVAZIONE *****
(MONONOBE - OKABE)

Legenda:
 z = Quote a partire dal piano fondazione
 Phi_d = Angolo di attrito del terreno (di calcolo)
 Delta_d = Angolo di attrito al contatto (di calcolo)
 Beta = Inclinazione dello strato
 Csi = Inclinazione parete di spinta
 ka_Stat = Coeff. di spinta attiva Statica
 ka_sis_Up = Coeff. di spinta attiva Sismica (Sisma SU)
 ka_sis_Dw = Coeff. di spinta attiva Sismica (Sisma GIU')
 ** = Tratto parete sotto falda

COEFFICIENTI DI SPINTA ATTIVA (Coeff. parziali M1)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Strato n.	Phi_d [°]	Delta_d [°]	Beta [°]	Csi [°]	ka_Stat [-]	ka_sis_Up [-]	ka_sis_Dw [-]
** 1	0.00	1.00	1	38.00	25.46	15.00	90.00	0.258	0.367	0.359
** 2	1.00	2.00	1	38.00	25.46	15.00	90.00	0.258	0.367	0.359
** 3	2.00	4.84	1	38.00	25.46	15.00	90.00	0.258	0.307	0.303

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

***** COEFFICIENTI DI SPINTA ATTIVA LUNGO L'ELEVAZIONE *****
(MONONOBE - OKABE)

Legenda:
 z = Quote a partire dal piano fondazione
 Phi_d = Angolo di attrito del terreno (di calcolo)
 Delta_d = Angolo di attrito al contatto (di calcolo)
 Beta = Inclinazione dello strato
 Csi = Inclinazione parete di spinta
 ka_Stat = Coeff. di spinta attiva Statica
 ka_sis_Up = Coeff. di spinta attiva Sismica (Sisma SU)
 ka_sis_Dw = Coeff. di spinta attiva Sismica (Sisma GIU')
 ** = Tratto parete sotto Falda

COEFFICIENTI DI SPINTA ATTIVA (Coeff. parziali M2)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Strato n.	Phi_d [°]	Delta_d [°]	Beta [°]	Csi [°]	ka_Stat [-]	ka_sis_Up [-]	ka_sis_Dw [-]
** 1	0.00	1.00	1	32.01	21.44	15.00	90.00	0.338	0.478	0.468
** 2	1.00	2.00	1	32.01	21.44	15.00	90.00	0.338	0.478	0.468
** 3	2.00	4.84	1	32.01	21.44	15.00	90.00	0.338	0.400	0.396

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

MASSE DI TERRENO GRAVANTI SULL'OPERA DI SOSTEGNO

n.	Strato	P.S. [kN/mc]	Area [mq]	Peso [kN]	Xg [m]	Yg [m]
1	1	20.00	2.000	40.00	2.15	1.50
2	1	20.00	5.136	102.72	2.18	3.29

Il programma è inoltre dotato di numerose routines di controllo della coerenza dei dati di input, che vanno dal controllo delle caratteristiche geometriche inserite alla verifica della congruenza dei dati impostati, quali i coefficienti parziali di norma e le accelerazioni sismiche, in particolare per analisi in termini di spinta attiva "ka" o di spinta a riposo "ko". Eventuali incongruenze sono quindi opportunamente segnalate prima dell'esecuzione del calcolo.

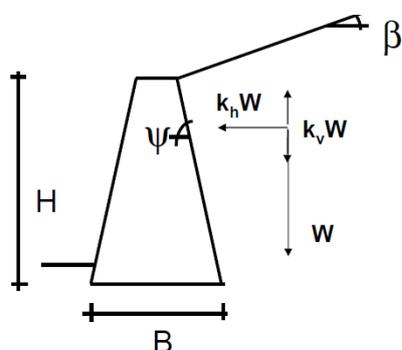
Altra particolare facilitazione è rappresentata dalla visualizzazione grafica, in tempo reale, della geometria, delle azioni di calcolo applicate nelle varie combinazioni di carico, e dei risultati specifici per ciascuna combinazione. Tutte caratteristiche queste che consentono di avere sempre costantemente sotto controllo l'evoluzione dell'analisi, dall'inserimento dei dati al calcolo e visualizzazione dei risultati.

In relazione alla notevole casistica di configurazioni geometriche, geotecniche-stratigrafiche e di carico che si possono presentare, materialmente impossibile da coprire in modo esaustivo con specifici esempi di verifica, grazie alle innumerevoli possibilità di controllo offerte dal programma descritte in precedenza, nelle pagine che seguono viene descritta una metodologia di validazione generalizzata che mette l'utilizzatore stesso in condizione di poter effettuare in proprio le verifiche di ogni singolo specifico problema trattato.

Tale metodologia consiste nel descrivere le formulazioni di base utilizzate dal software e le conseguenti modalità di visualizzazione e di controllo dei risultati.

Coefficienti di Spinta

Le spinte del terreno vengono calcolate, sia nelle condizioni statiche che sismiche, con riferimento al "coefficiente di spinta attiva" determinato in accordo alle formulazioni di Mononobe-Okabe, nell'ipotesi di superficie di scivolamento piana.



$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi' - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi' + \delta) \sin(\phi' - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2} \quad \text{per } \beta \leq \phi' - \theta$$

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi' - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta)} \quad \text{per } \beta > \phi' - \theta$$

dove:

- ϕ' = angolo di attrito del terreno;
- δ = angolo di attrito al contatto;
- ψ = inclinazione paramento di monte;
- β = inclinazione della superficie;
- $\theta = \arctan(k_h / 1 \pm k_v)$ (in assenza di falda);
- $\theta = (\gamma / \gamma - \gamma_w) \cdot \arctg(k_h / 1 \pm k_v)$ (in presenza di falda);
- k_h = coeff. accelerazione sismica orizzontale;
- k_v = coeff. accelerazione sismica verticale.

Le predette formulazioni, se pur specificatamente dedicate al calcolo delle spinte in condizioni sismiche, risultano applicabili anche nelle condizioni statiche in quanto coincidenti con le classiche formulazioni di Müller-Breslau (1924).

Nel caso di opere di sostegno i cui spostamenti siano impediti, come nel caso di muri su pali di fondazione o con tiranti di ancoraggio, le spinte sono calcolate con riferimento al "coefficiente di spinta a riposo" :

$$k_0 = 1 - \sin \phi'$$

Combinazione

- Statica (M1+M1+R1) **1.38 3.59 4.52**
- Statica (A2+M2+R2) 1.11 3.39 2.02
- Statica (EQU+M2+R2) - 2.74 -
- Sisma Su (M1+R1) 1.50 3.85 4.90
- Sisma Giu (M1+R1) 1.51 3.91 4.69
- Sisma Su (M2+R2) 1.00 3.14 1.61
- Sisma Giu (M2+R2) 1.01 3.19 1.55

VERIFICHE

	Sciv	Rib	Cap
Statica (M1+M1+R1)	1.38	3.59	4.52
Statica (A2+M2+R2)	1.11	3.39	2.02
Statica (EQU+M2+R2)	-	2.74	-
Sisma Su (M1+R1)	1.50	3.85	4.90
Sisma Giu (M1+R1)	1.51	3.91	4.69
Sisma Su (M2+R2)	1.00	3.14	1.61
Sisma Giu (M2+R2)	1.01	3.19	1.55

Azione Ed Sciv Rib Cap
126.54 152.61 305.05

Resistenza Rd 175.07 548.46 1379.75

Verifica Rd/Ed 1.38 3.59 4.52

MM MT FG ka Ceff FT σw T R V

Scelta Dettagli View Dettagli

Per visualizzare i valori dei coefficienti di spinta attiva utilizzati dal programma:

- 1 selezionare una combinazione di carico;
- 2 selezionare il dettaglio desiderato (coeff. di spinta ka);
- 3 visualizzare il dettaglio.

(nell'esempio è selezionata una combinazione di carico con coefficienti parziali sulle resistenze del terreno M1; i coefficienti di spinta attiva saranno quindi quelli calcolati con i parametri geotecnici "caratteristici").

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

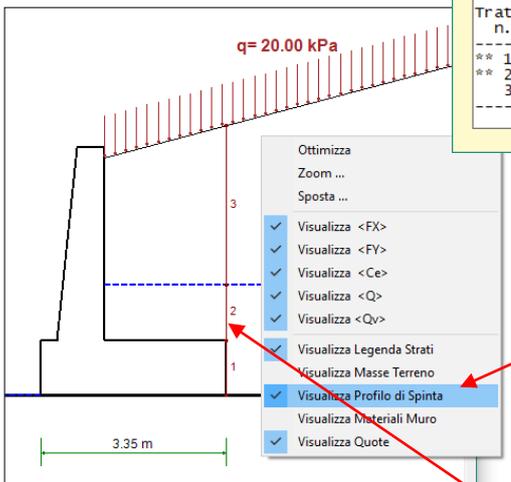
***** COEFFICIENTI DI SPINTA ATTIVA LUNGO L'ELEVAZIONE *****
(MONONOBE - OKABE)

Legenda:
z = Quote a partire dal piano fondazione
Phi_d = Angolo di attrito del terreno (di calcolo)
Delta_d = Angolo di attrito al contatto (di calcolo)
Beta = Inclinazione dello strato
Csi = Inclinazione parete di spinta
ka_Stat = Coeff. di spinta attiva Statica
ka_sis_Up = Coeff. di spinta attiva sismica (sisma su)
ka_sis_Dw = Coeff. di spinta attiva sismica (sisma GIU')

***** COEFFICIENTI DI SPINTA ATTIVA (Coeff. parziali M1) *****

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Strato n.	Phi_d [°]	Delta_d [°]	Beta [°]	Csi [°]	ka_Stat [-]	ka_sis_Up [-]	ka_sis_Dw [-]
** 1	0.00	1.00	1	38.00	25.35	15.00	90.00	0.258	0.366	0.359
** 2	1.00	2.00	1	38.00	25.35	15.00	90.00	0.258	0.366	0.359
3	2.00	4.89	1	38.00	25.35	15.00	90.00	0.258	0.306	0.303

Legenda



Nel caso in esempio, l'altezza del terreno presente a tergo del muro è ripartita in 3 tratti di cui 2 sotto falda; i suddetti tratti possono essere visualizzati graficamente selezionando "visualizza profilo di spinta" dal menu contestuale dell'immagine grafica.

Profilo di spinta

A fianco è riportato l'analogo dettaglio dei coefficienti di spinta attiva calcolati per una combinazione di carico con coefficienti parziali M2, ossia, con parametri geotecnici "ridotti".

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

***** COEFFICIENTI DI SPINTA ATTIVA LUNGO L'ELEVAZIONE *****
(MONONOBE - OKABE)

Legenda:
z = Quote a partire dal piano fondazione
Phi_d = Angolo di attrito del terreno (di calcolo)
Delta_d = Angolo di attrito al contatto (di calcolo)
Beta = Inclinazione dello strato
Csi = Inclinazione parete di spinta
ka_Stat = Coeff. di spinta attiva Statica
ka_sis_Up = Coeff. di spinta attiva sismica (sisma su)
ka_sis_Dw = Coeff. di spinta attiva sismica (sisma GIU')

***** COEFFICIENTI DI SPINTA ATTIVA (Coeff. parziali M2) *****

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Strato n.	Phi_d [°]	Delta_d [°]	Beta [°]	Csi [°]	ka_Stat [-]	ka_sis_Up [-]	ka_sis_Dw [-]
** 1	0.00	1.00	1	32.01	21.35	15.00	90.00	0.338	0.478	0.468
** 2	1.00	2.00	1	32.01	21.35	15.00	90.00	0.338	0.478	0.468
3	2.00	4.89	1	32.01	21.35	15.00	90.00	0.338	0.399	0.395

Calcolo delle spinte

Nel caso semplice in cui il terreno spingente a tergo del muro è composto da un solo strato, la spinta del terreno può essere determinata mediante le seguenti espressioni:

in assenza di sovraccarico: $S = \frac{1}{2} \gamma' h^2 k_a$ (1)

in presenza di sovraccarico: $S = \frac{1}{2} \gamma' h^2 k_a + q h k_a$ (2)

dove “ k_a ” è il coefficiente di spinta attiva calcolato con le espressioni di Mononobe-Okabe, di cui al capitolo precedente e “ γ' ” è il peso specifico “efficace” del terreno.

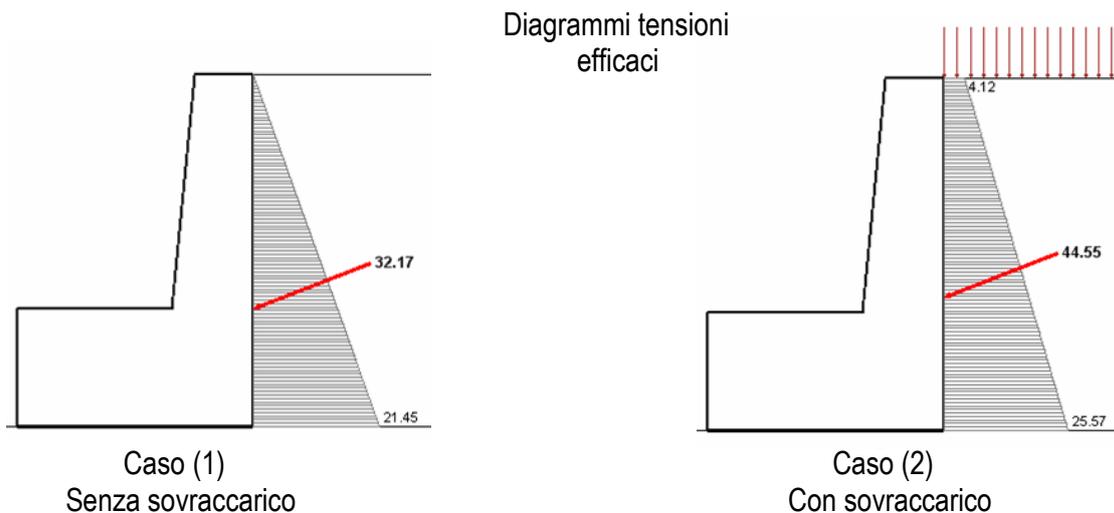
$\gamma' = \gamma$ in assenza di falda;

$\gamma' = (\gamma - \gamma_w)$ se lo strato è sotto falda.

Le espressioni anzidette, in pratica, rappresentano l'area dei diagrammi delle tensioni “efficaci” agenti lungo il paramento.

Nel primo caso infatti, la tensione efficace agente alla base del muro è pari a $\sigma'_h = (\gamma' h) k_a$ e l'area del diagramma triangolare delle tensioni efficaci è proprio pari a $\frac{1}{2} \gamma' h^2 k_a$.

Nel secondo caso, all'area anzidetta si deve aggiungere l'area del rettangolo delle tensioni efficaci, costanti lungo l'altezza del muro, dovute al sovraccarico: $\sigma'_h = q k_a$; tale area vale proprio $q h k_a$



Qualora il terreno sia composto da più strati sovrapposti, la spinta viene determinata sommando le spinte relative a ciascuno strato calcolate utilizzando l'espressione (2), dove su ogni strato si assume agente un sovraccarico “ q ” pari al peso degli strati soprastanti ed all'eventuale sovraccarico presente in superficie.

Da evidenziare che, nel caso sismico, il peso specifico del terreno, e l'eventuale sovraccarico, sono da moltiplicarsi per:

$(1 + k_v)$	per sisma verso il basso
$(1 - k_v)$	per sisma verso l'alto

Qualora infine, il terreno sia dotato di coesione " c' ", il relativo diagramma delle tensioni risulta essere come quello rappresentato nella figura seguente.

Tale diagramma viene ottenuto sottraendo dal diagramma delle tensioni calcolate in assenza di coesione, la resistenza, costante, offerta dalla coesione:

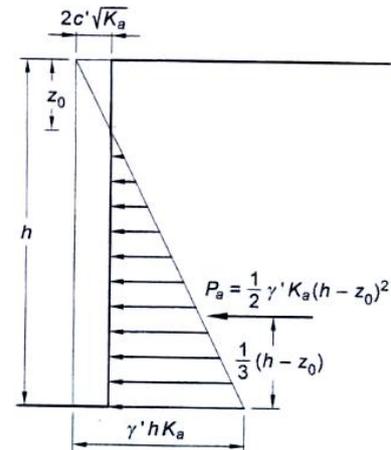
$$2 c' \sqrt{k_a}$$

ne risulta una minore estensione in elevazione del diagramma di pressione risultante ove l'annullamento delle tensioni si colloca alla profondità "z₀":

$$z_0 = \frac{2c}{\gamma' \cdot \sqrt{k_a}}$$

la spinta complessiva, pari all'area del diagramma di tensione risultante, viene quindi calcolata come:

$$S = \frac{1}{2} \gamma' K_a (h - z_0)^2$$



Nel caso più generale, nel quale rientrano comunque come casi particolari quelli precedentemente detti, la spinta complessiva viene sempre calcolata determinando l'area del diagramma delle "tensioni efficaci" lungo l'altezza del muro:

$$\sigma'_h(z) = \sigma'_v(z) \cdot k_a - 2 c' \sqrt{k_a} \quad (\geq 0.00)$$

$$\sigma'_v(z) = \sigma_v(z) - u$$

dove:

σ'_v tensione geostatica verticale "efficace" alla profondità (z)

$\sigma_v = \gamma \cdot z + q$ tensione geostatica verticale "totale" alla profondità (z)

$u =$ eventuale pressione idrostatica alla profondità (z)

tale area rappresenta il valore di spinta relativa al solo terreno; ovviamente, nel caso sia presente la falda, a tale valore va aggiunta la spinta idrostatica relativa.

Il calcolo prevede pertanto i seguenti passi:

- calcolo della *tensione geostatica verticale totale* lungo l'elevazione del muro
- calcolo della *tensione geostatica verticale "efficace"*
- calcolo della *tensione di spinta attiva "efficace"*
- calcolo della spinta complessiva del terreno (area del diagramma di tensione)

$$\sigma_v(z)$$

$$\sigma'_v(z) = \sigma_v(z) - u$$

$$\sigma'_v(z) \cdot k_a - 2 c' \sqrt{k_a}$$

Visualizzazione dettaglio tensioni attive efficaci

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

*** TENSIONI ATTIVE EFFICACI LUNGO L'ELEVAZIONE ***
(MONONOBE - OKABE)

Legenda:
 z = quota a partire dal piano fondazione
 sig_v = Tensione verticale efficace
 ka = coefficiente di spinta attiva
 sig_a = Tensione attiva efficace
 $sig_a = sig_v * ka - 2 c Radq(ka)$
 ** = Tratto parete sotto falda

TENSIONI EFFICACI ATTIVE - SOLO TERRENO - (Coeff. parziali M1)

Tratto n.	z [m]	statiche			Sisma Up			Sisma Dw		
		sig_v [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_v [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_v [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]
** 1	0.00	77.79	0.258	20.06	75.46	0.366	27.65	80.12	0.359	28.75
	1.00	67.79	0.258	17.48	65.76	0.366	24.10	69.82	0.359	25.05
** 2	1.00	67.79	0.258	17.48	65.76	0.366	24.10	69.82	0.359	25.05
	2.00	57.79	0.258	14.90	56.06	0.366	20.54	59.52	0.359	21.35
3	2.00	57.79	0.258	14.90	56.06	0.306	17.18	59.52	0.303	18.05
	4.89	0.00	0.258	0.00	0.00	0.306	0.00	0.00	0.303	0.00

TENSIONI EFFICACI ATTIVE - PER SOVRACCARICO - (Coeff. parziali M1)

Tratto n.	z [m]	statiche			Sisma Up			Sisma Dw		
		sig_v [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_v [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_v [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]
** 1	0.00	20.00	0.258	5.16	19.40	0.366	7.11	20.60	0.359	7.39
	1.00	20.00	0.258	5.16	19.40	0.366	7.11	20.60	0.359	7.39
** 2	1.00	20.00	0.258	5.16	19.40	0.366	7.11	20.60	0.359	7.39
	2.00	20.00	0.258	5.16	19.40	0.366	7.11	20.60	0.359	7.39
3	2.00	20.00	0.258	5.16	19.40	0.306	5.94	20.60	0.303	6.25
	4.89	20.00	0.258	5.16	19.40	0.306	5.94	20.60	0.303	6.25

Annotations: Coeff. parziali M1, Tensioni del terreno, Tensioni del sovraccarico

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

*** TENSIONI ATTIVE EFFICACI LUNGO L'ELEVAZIONE ***
(MONONOBE - OKABE)

Legenda:
 z = quota a partire dal piano fondazione
 sig_v = Tensione verticale efficace
 ka = coefficiente di spinta attiva
 sig_a = Tensione attiva efficace
 $sig_a = sig_v * ka - 2 c Radq(ka)$
 ** = Tratto parete sotto falda

TENSIONI EFFICACI ATTIVE - SOLO TERRENO - (Coeff. parziali M2)

Tratto n.	z [m]	statiche			Sisma Up			Sisma Dw		
		sig_v [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_v [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_v [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]
** 1	0.00	77.79	0.338	26.31	75.46	0.478	36.09	80.12	0.468	37.49
	1.00	67.79	0.338	22.93	65.76	0.478	31.45	69.82	0.468	32.67
** 2	1.00	67.79	0.338	22.93	65.76	0.478	31.45	69.82	0.468	32.67
	2.00	57.79	0.338	19.55	56.06	0.478	26.81	59.52	0.468	27.85
3	2.00	57.79	0.338	19.55	56.06	0.399	22.39	59.52	0.395	23.54
	4.89	0.00	0.338	0.00	0.00	0.399	0.00	0.00	0.395	0.00

TENSIONI EFFICACI ATTIVE - PER SOVRACCARICO - (Coeff. parziali M2)

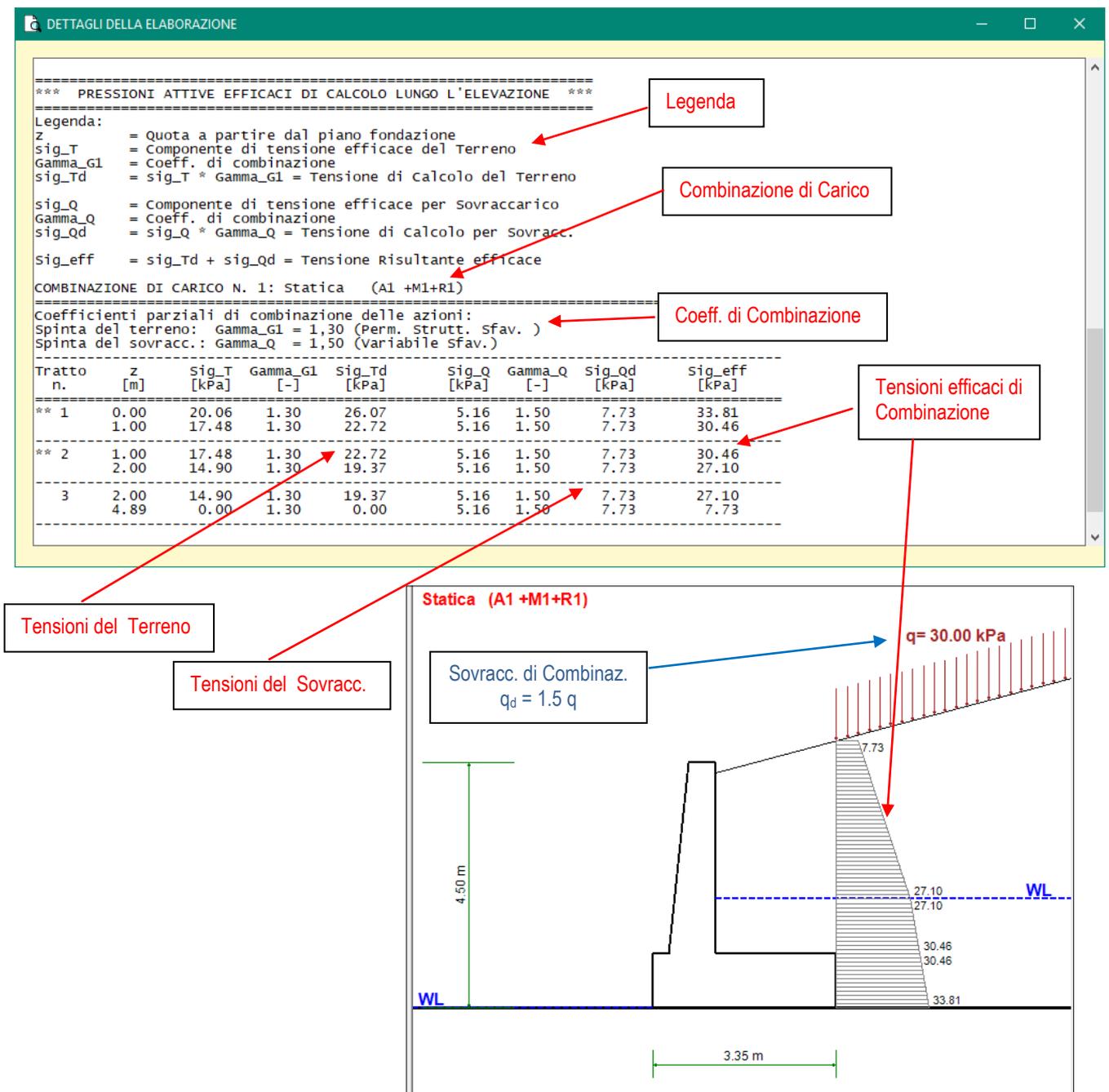
Tratto n.	z [m]	statiche			Sisma Up			Sisma Dw		
		sig_v [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_v [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]	sig_v [kPa]	ka [-]	sig_a [kPa]
** 1	0.00	20.00	0.338	6.77	19.40	0.478	9.28	20.60	0.468	9.64
	1.00	20.00	0.338	6.77	19.40	0.478	9.28	20.60	0.468	9.64
** 2	1.00	20.00	0.338	6.77	19.40	0.478	9.28	20.60	0.468	9.64
	2.00	20.00	0.338	6.77	19.40	0.478	9.28	20.60	0.468	9.64
3	2.00	20.00	0.338	6.77	19.40	0.399	7.75	20.60	0.395	8.15
	4.89	20.00	0.338	6.77	19.40	0.399	7.75	20.60	0.395	8.15

Annotations: Coeff. parziali M2, Tensioni del terreno, Tensioni del sovraccarico

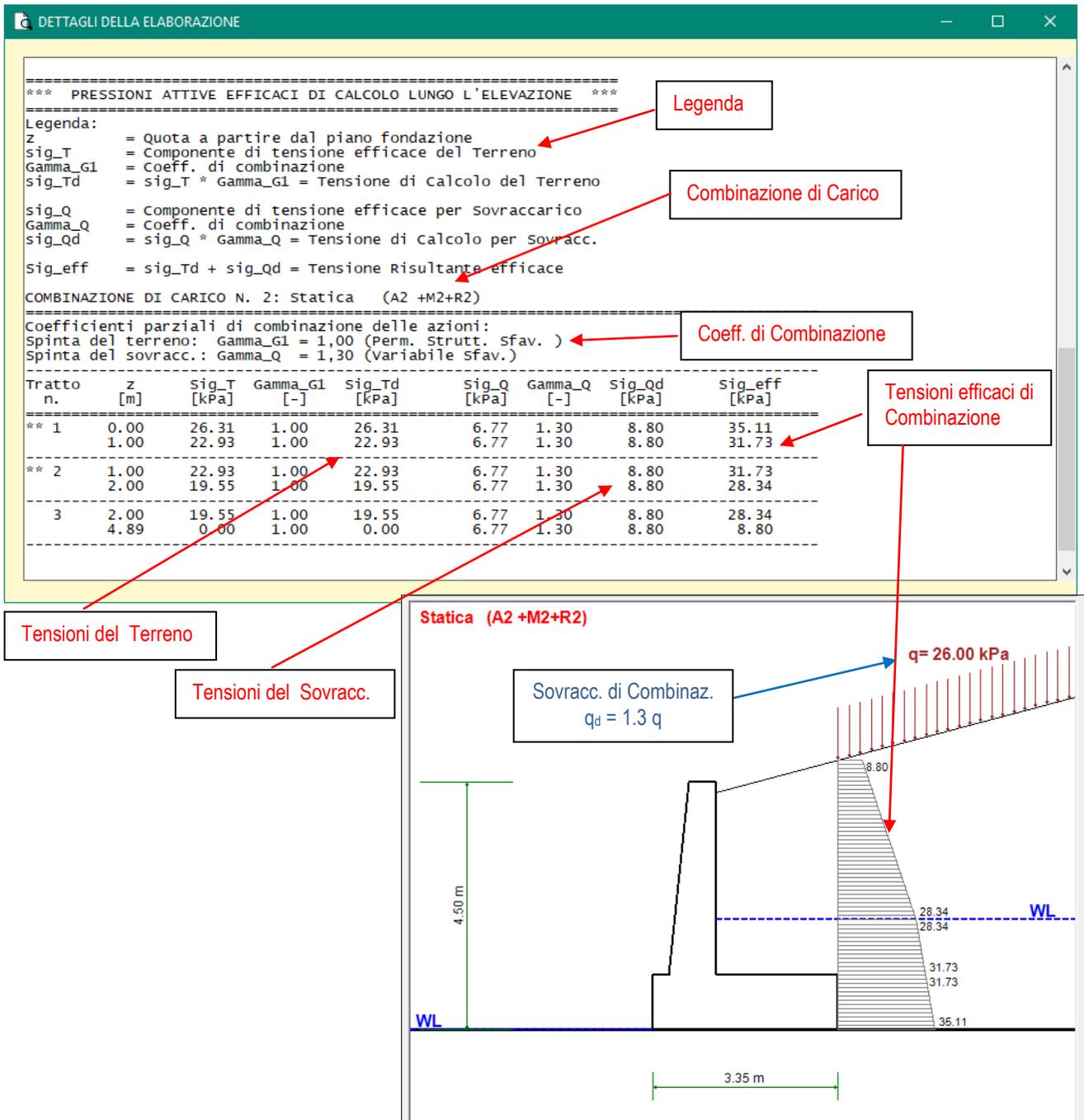
Il diagramma complessivo delle tensioni efficaci agenti contro il muro viene determinato specificatamente per ciascuna delle combinazioni di carico previste dalla norma; infatti, a seconda della combinazione di carico considerata, le tensioni precedentemente calcolate saranno da moltiplicare per i rispettivi coefficienti parziali di combinazione, come sinteticamente riportato nel prospetto seguente:

Combinazione	Spinte Terreno	Spinte Sovraccarico
A1 + M1	1.30	1.50 (se azione variabile)
A2 + M2	1.00	1.30 (se azione variabile)
EQU + M2	1.10	1.50 (se azione variabile)
Sismiche	1.00	ψ_2

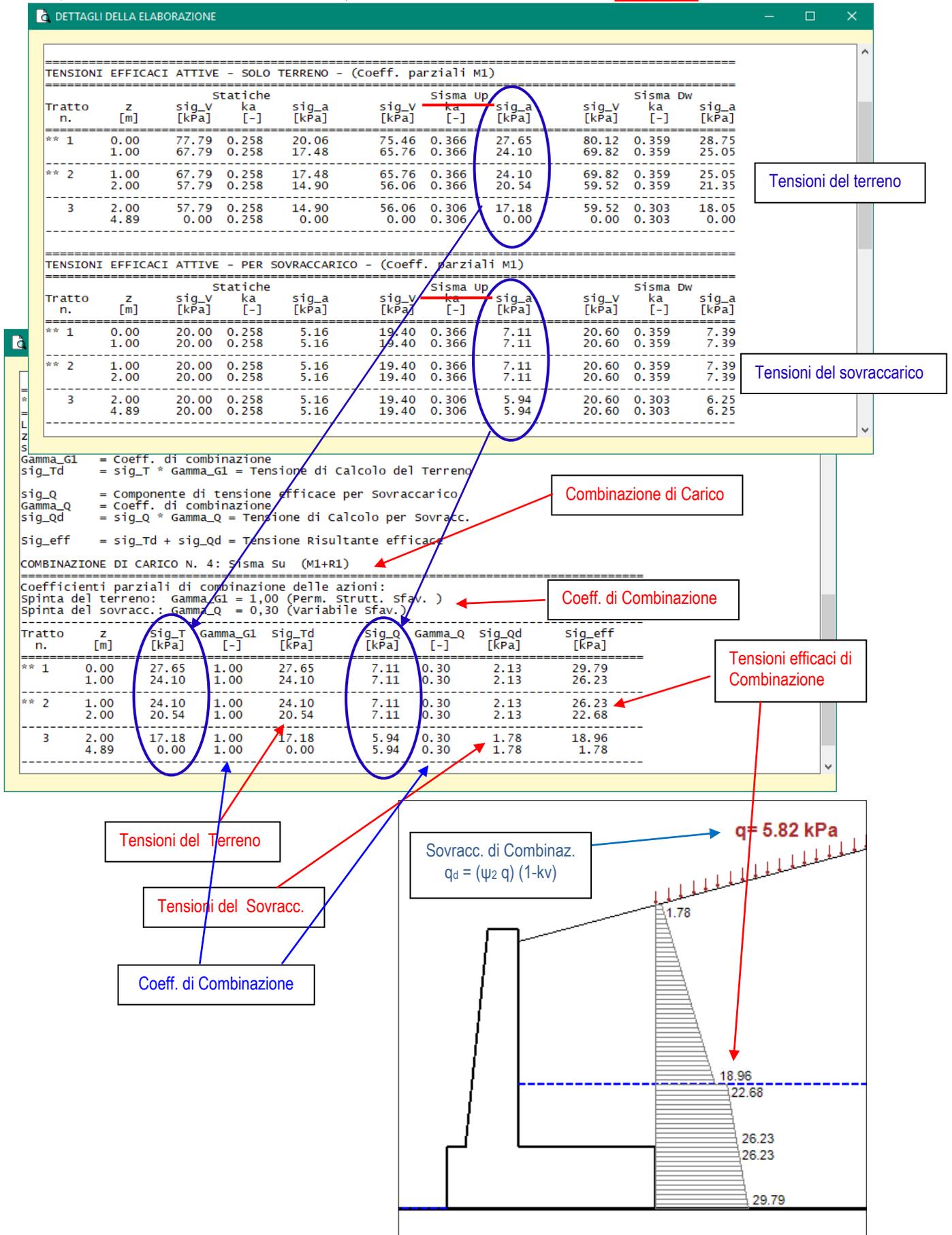
Esempio visualizzazione tensioni efficaci (Combinazione statica A1+M1)



Esempio visualizzazione tensioni efficaci (Combinazione statica A2+M2)



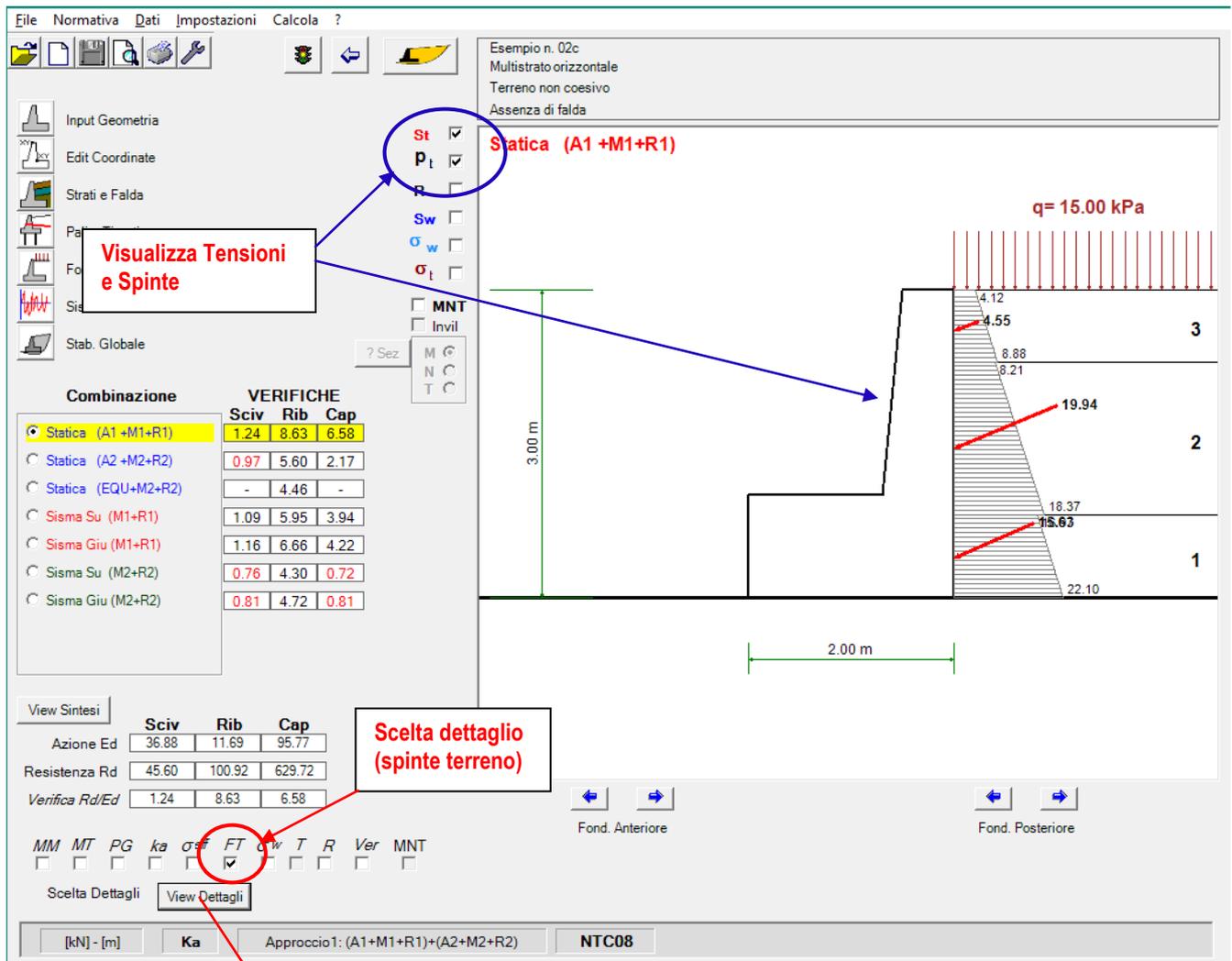
Esempio visualizzazione tensioni efficaci (Combinazione Sismica 1.0+M2 – sisma SU)



La spinta totale, come detto, viene quindi determinata calcolando l'area complessiva del diagramma di spinta efficace.

Come nel caso ad esempio evidenziato nella figura seguente, si possono determinare le seguenti componenti di spinta:

Strato n. 1 (da 0.00 a 0.80 m) : $S_1 = [(22.10 + 16.97) / 2] \cdot 0.80 \text{ m} = 15.63 \text{ kN}$
 Strato n. 2 (da 0.80 a 2.30 m) : $S_2 = [(18.37 + 8.21) / 2] \cdot 1.50 \text{ m} = 19.94 \text{ kN}$
 Strato n. 3 (da 2.30 a 3.00 m) : $S_3 = [(8.88 + 4.12) / 2] \cdot 0.70 \text{ m} = 4.55 \text{ kN}$



DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

*** SPINTE ATTIVE EFFICACI DI CALCOLO LUNGO L'ELEVAZIONE ***

Legenda:
 z = Quota a partire dal piano fondazione
 Csi = Angolo inclinazione paramento (orario rispetto all'orizzontale)
 Delta = Angolo di attrito al contatto
 Alpha = Angolo inclinazione spinta (antiorario rispetto all'orizzontale)
 F_T = valore complessivo di spinta
 F_x = componente orizzontale di spinta (>0 verso sinistra - ribaltante)
 F_y = componente verticale di spinta (>0 verso il basso - stabilizz.)
 x_P, y_P = coordinate x,y punto di applicazione

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1+M1+R1)										
Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F _T [kN]	F _x [kN]	F _y [kN]	x _P [m]	y _P [m]
1	0.00	0.80	90.00	24.12	24.12	15.63	14.27	6.39	2.00	0.38
2	0.80	2.30	90.00	22.78	22.78	19.94	18.38	7.72	2.00	1.45
3	2.30	3.00	90.00	21.44	21.44	4.55	4.24	1.66	2.00	2.61

Risultante sul piano di fondazione

Il calcolo della risultante sul piano di fondazione deriva dalla composizione di tutte le azioni presenti tra le quali si annoverano:

- componenti di spinta del terreno e dell'eventuale sovraccarico in superficie;
- pesi propri del muro e delle masse di terreno gravanti su di esso;
- spinte idrostatiche ed idrodinamiche dell'acqua;
- componenti inerziali applicate alle masse del muro e del terreno gravante su di esso;
- eventuali ulteriori azioni esterne aggiuntive applicate all'opera di sostegno.

Il calcolo consiste nel determinare le due componenti, orizzontale e verticale, della risultante sul piano di fondazione ed il relativo punto di applicazione.

- La componente orizzontale è ottenuta dalla somma di tutte le componenti orizzontali (spinte del terreno e dell'acqua, forze inerziali, ...);
- La componente verticale è ottenuta dalla somma di tutte le componenti verticali (pesi propri, sovraccarichi, forze inerziali, ...);
- Il punto di applicazione viene determinato calcolando il momento complessivo di tutte le azioni rispetto ad un punto qualsiasi sul piano fondazione, ricercando poi il punto per il quale tale momento risulta essere nullo (per tale punto passa infatti la risultante).

Generalmente viene determinato il momento risultante rispetto all'estremo di valle della fondazione, che è il punto attorno al quale può avvenire il ribaltamento del muro. Tale momento viene sempre suddiviso nelle sue due componenti "ribaltante" e "stabilizzante", rispettivamente "Azione" e "Resistenza", utili per le verifiche a ribaltamento.

Nota il momento complessivo rispetto al punto di ribaltamento è poi immediato determinare, mediante una semplice trasposizione, il punto di applicazione della risultante.

Controllo Pesì propri del muro e delle masse di terreno gravanti su di esso:

The screenshot displays the software interface for calculating the resultant on the foundation plane. It includes two 'DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE' (Details of Elaboration) windows and a main diagram of the retaining wall structure.

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE - MASSE STRUTTURALI

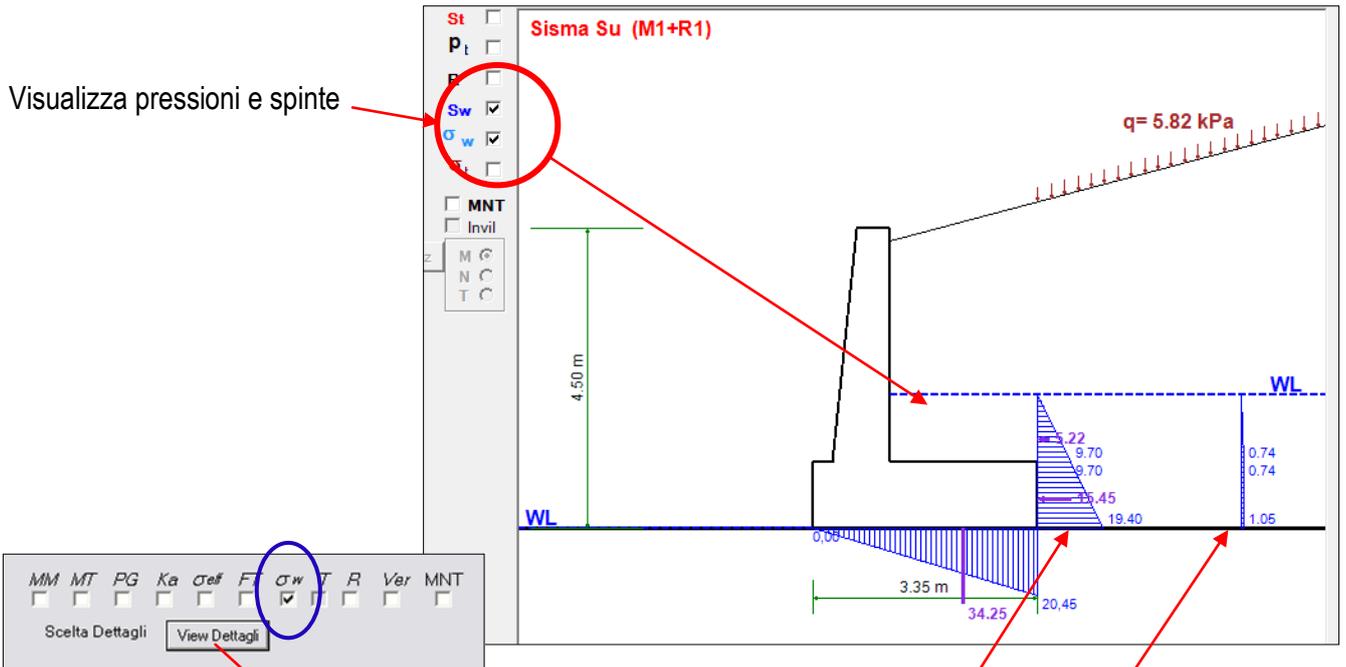
N. Mat	P. S. [kN/mc]	Area [mq]	Peso [kN]	Xg [m]	Yg [m]	Tipo Azione
1	25.00	5.563	139.06	1.26	1.39	Perm. Strutt.

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE - MASSE DI TERRENO GRAVANTI SULL'OPERA DI SOSTEGNO

n.	Strato	P. S. [kN/mc]	Area [mq]	Peso [kN]	Xg [m]	Yg [m]
1	1	20.00	2.050	41.00	2.18	1.50
2	1	20.00	5.278	105.56	2.21	3.29

The main diagram shows a retaining wall with a height of 4.50 m and a base width of 3.20 m. A surcharge of $q = 26.00 \text{ kPa}$ is applied to the ground surface. The diagram illustrates the distribution of soil masses (1 and 2) and the resulting forces (52.52, 29.76, 33.15) acting on the wall. A water table (WL) is also indicated. The diagram is titled 'Visualizza masse terreno'.

Controllo Spinte idrostatiche ed idrodinamiche dell'acqua:



Visualizza pressioni e spinte

MM MT PG Ka σ_{eff} F_T σ_w T R Ver MNT

Sceita Dettagli View Dettagli

Nota:
 Sisma giù: $\gamma_w \cdot (1+k_v)$
 Sisma su: $\gamma_w \cdot (1-k_v)$

$$\delta p_w = \frac{7}{8} \frac{a_h}{g} \gamma_w \sqrt{(z_w \cdot h_w)}$$

DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

*** PRESSIONI IDROSTATICHE DI CALCOLO LUNGO L'ELEVAZIONE ***

Legenda:
 z = Quota a partire dal piano fondazione
 Hw = altezza falda dal piano fondazione
 zw = (Hw-z) = profondità dal pelo libero

pw = Gamma_w * zw = Pressione idrostatica
 pw = Gamma_w * (1-kv) * zw = Pressione idrostatica (Sisma Up)
 pw = Gamma_w * (1+kv) * zw = Pressione idrostatica (Sisma Dw)
 G_1 = Coeff. di combinazione
 pwd = (G_1) * pw = Pressione idrostatica (di calcolo)
 Dpw = (7/8) * (ah/g) * Gamma_w * (zw * Hw)^0.5 = pressione idrodinamica

COMBINAZIONE DI CARICO N. 4: Sisma Su (M1+R1)

Coefficiente di combinazione delle azioni:
 Spinta idrostatica: G_1 = 1,00 (Perm. Strutt. sfav.)

Tratto n.	z [m]	Idrostat pw [kPa]	G_1 [-]	Idrostat pwd [kPa]	Idrodin Dpw [kPa]	Totale pw_Tot [kPa]
1	0.00	19.40	1.0	19.40	1.05	20.45
	1.00	9.70	1.0	9.70	0.74	10.44
2	1.00	9.70	1.0	9.70	0.74	10.44
	2.00	0.00	1.0	0.00	0.00	0.00

*** SPINTE IDROSTATICHE DI CALCOLO LUNGO L'ELEVAZIONE ***

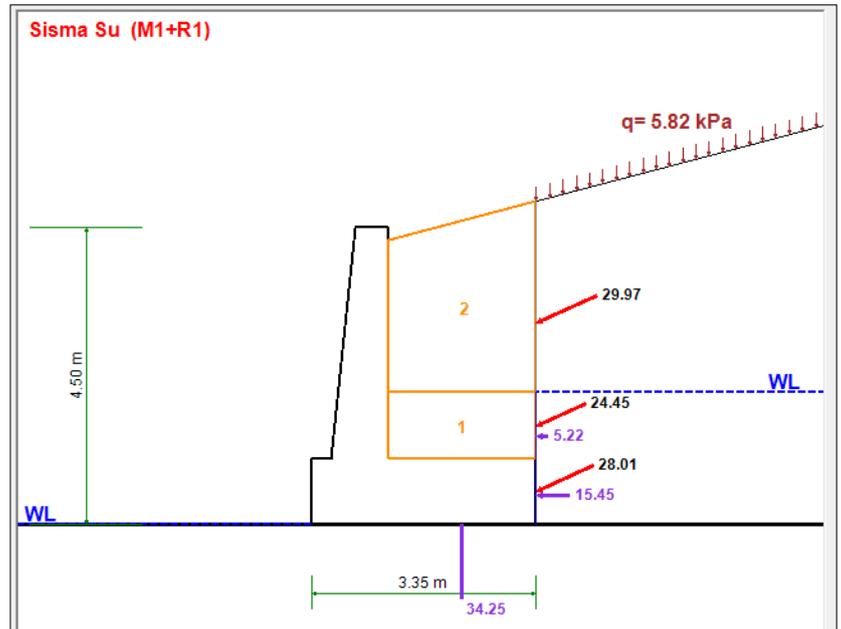
Legenda:
 z = Quota a partire dal piano fondazione
 Csi = Angolo inclinazione paramento (orario rispetto all'orizzontale)
 Alpha = Angolo inclinazione spinta (antiorario rispetto all'orizzontale)
 F_T = Valore complessivo di spinta
 F_X = Componente orizzontale di spinta (>0 verso sinistra - ribaltante)
 F_Y = Componente verticale di spinta (>0 verso il basso - stabilizz.)
 x_P, y_P = Coordinate x,y punto di applicazione

COMBINAZIONE DI CARICO N. 4: Sisma Su (M1+R1)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_X [kN]	F_Y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	1.00	90.00	0.00	15.45	15.45	0.00	3.35	0.45
2	1.00	2.00	90.00	0.00	5.22	5.22	0.00	3.35	1.33

Calcolo della risultante sul piano di fondazione:

Visualizzazione delle Azioni



DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

*** DETTAGLIO CALCOLO RISULTANTE SUL PIANO DI FONDAZIONE ***

Legenda:
 F = valore dell'azione
 Coef = coefficiente di combinazione dell'azione
 F_Vd = Componente verticale di calcolo dell'azione
 F_Hd = Componente orizzont. di calcolo dell'azione
 x,y = coordinate punto di applicazione dell'azione
 Mrib = Momento ribaltante (rispetto estremo di valle fondazione)
 Mstab = Momento stabilizzante

N.B. Le spinte del terreno sono già quelle di combinazione con quelle dell'eventuale sovraccarico (es. 1.3*st + 1.5*sq)
 N.B. Le spinte idrostatiche sono già quelle di combinazione
 Le componenti verticali di spinta del terreno e dell'acqua sono legate a quelle orizzontali e, se rivolte verso il basso, riducono il momento ribaltante anziché aumentare lo stabilizzante
 Eventuali forze e coppie esterne aggiuntive sono considerate sfavorevoli se ribaltanti

COMBINAZIONE DI CARICO N. 4: Sisma Su (M1+R1)

Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	F_Vd [kN]	F_Hd [kN]	x [m]	y [m]	Mrib [kNm]	Mstab [kNm]	
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	142.81	1.00	142.81	0.00	1.32	1.37	0.00	187.82
-sisma vertic.			-4.28	1.00	-4.28	0.00	1.32	1.37	0.00	-5.63
-sisma orizz.			8.57	1.00	0.00	8.57	1.32	1.37	11.72	0.00
Terr. su muro: Area n.01	Perm. Strutt.	Fav	44.00	1.00	44.00	0.00	2.25	1.50	0.00	99.00
-sisma vertic.			-1.32	1.00	-1.32	0.00	2.25	1.50	0.00	-2.97
-sisma orizz.			2.64	1.00	0.00	2.64	2.25	1.50	3.96	0.00
Terr. su muro: Area n.02	Perm. Strutt.	Fav	114.17	1.00	114.17	0.00	2.29	3.30	0.00	261.63
-sisma vertic.			-3.43	1.00	-3.43	0.00	2.29	3.30	0.00	-7.85
-sisma orizz.			6.85	1.00	0.00	6.85	2.29	3.30	22.63	0.00
Sovracc. su muro:	Variabile	Fav	44.00	0.00	0.00	0.00	2.25	4.59	0.00	0.00
-sisma vertic. su Sovracc			-1.32	0.00	0.00	0.00	2.25	4.59	0.00	0.00
-sisma orizz. su Sovracc			2.64	0.00	0.00	0.00	2.25	4.59	0.00	0.00
Sp.Terr.Monte:Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	28.01	1.00	11.99	25.31	3.35	0.49	-27.78	0.00
Sp.Terr.Monte:Tratto n.02	Perm. Strutt.	Sfav	24.45	1.00	10.47	22.10	3.35	1.49	-2.19	0.00
Sp.Terr.Monte:Tratto n.03	Perm. Strutt.	Sfav	29.97	1.00	12.83	27.08	3.35	3.05	39.52	0.00
Sp.Idr. Monte:Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	15.45	1.00	0.00	15.45	3.35	0.45	6.89	0.00
Sp.Idr. Monte:Tratto n.02	Perm. Strutt.	Sfav	5.22	1.00	0.00	5.22	3.35	1.33	6.96	0.00
SottoSp. Idr.:	Perm. Strutt.	Sfav	34.25	1.00	-34.25	0.00	2.23	0.00	76.50	0.00
RISULTANTE SUL PIANO FONDAZIONE:					292.99	113.22			138.21	532.00

Componente Verticale

Componente Orizzontale

Momenti Ribaltante e Stabilizzante

A commento del calcolo della risultante sul piano di fondazione, come risulta dalla scheda di output precedente, si possono fare le seguenti osservazioni:

- L'eventuale sovraccarico gravante sul muro, se azione di tipo variabile favorevole, non viene contato (coefficiente di combinazione = 0.00); esso può essere invece contato come azione favorevole solo nel caso in cui si trattasse di una azione di tipo permanente strutturale;
- La componente sismica verticale (per sisma verso l'alto) applicata alle masse strutturali ed alle masse di terreno gravanti sull'opera determina un "alleggerimento" dei pesi (tale azione non viene quindi contata come azione "ribaltante", ma bensì come riduzione dell'azione stabilizzante offerta dai predetti pesi);
- Le spinte del terreno sono sempre da considerate come azioni permanenti "sfavorevoli", anche nel caso in cui dovessero determinare un momento ribaltante negativo. Tale assunzione deriva dal fatto che la spinta complessiva del terreno, relativa all'intera altezza del muro, è sempre in ogni caso un'azione ribaltante (sfavorevole) indipendentemente dal fatto che, per comodità di calcolo, questa sia stata ottenuta mediante la somma di diverse componenti per diversi tratti di muro i quali, presi singolarmente, potrebbero in alcuni casi sembrare azioni stabilizzanti (nell'esempio precedente si può notare come le prime due componenti di spinta $S_1 = 26.93$ kN ed $S_2 = 23.37$ kN, per la loro posizione ed inclinazione, determinano un momento rispetto al punto di ribaltamento negativo; tali azioni sono comunque contate come riduzione del momento ribaltante e non come incremento del momento stabilizzante).

Determinazione del punto di applicazione della risultante sul piano di fondazione:

La determinazione del punto di applicazione della risultante sul piano di fondazione viene effettuata a partire dalle componenti orizzontale e verticale e dal momento complessivo calcolato rispetto al punto di ribaltamento del muro (fig. a).

$$M = M_{stab} - M_{rib}$$

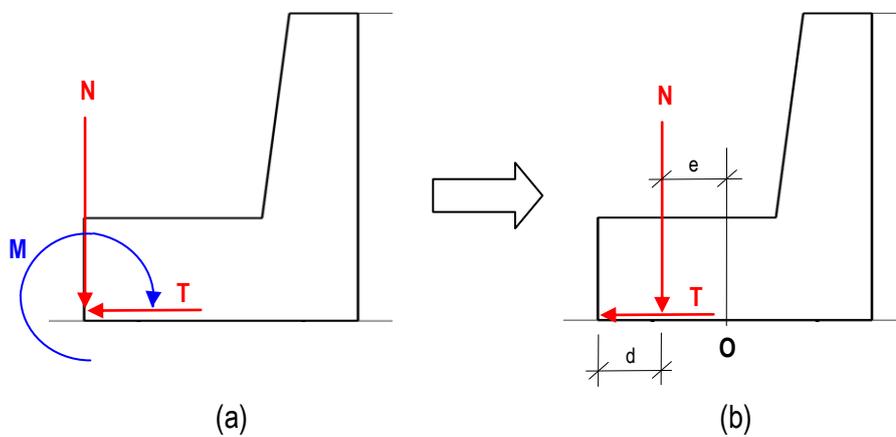
La distanza " d " del punto di applicazione della risultante dal punto di ribaltamento è ottenuta mediante la trasposizione della componente di carico verticale "N" (fig. b):

$$d = M / N$$

nel caso in cui fosse $M_{stab} < M_{rib}$ risulterebbe $d < 0$ ossia la risultante cade all'esterno della base di fondazione (condizione di ribaltamento).

L'eccentricità "e" del carico rispetto al baricentro della fondazione "O" risulta pari a:

$$e = B/2 - d$$



DETTAGLI DELLA ELABORAZIONE

CALCOLO TENSIONI SUL PIANO DI FONDAZIONE:

Azione verticale	Ned	305.05 kN
Eccentricità	$e = B/2 - (M_{stab} - M_{rib}) / Ned$	0.38 m
Momento	$M = Ned * e $	115.11 kNm
Base Fondazione	B	3.35 m
e ≤ B/6 (base interamente compressa):		
Tensione Max	$s_{max} = Ned/B + 6 M /(B^2)$	152.60 kPa
Tensione min	$s_{min} = Ned/B - 6 M /(B^2)$	29.52 kPa

View Dettagli Verifiche

MM MT PG Ka σ_{eff} FT σ_w T R **Ver** MNT

Scelta Dettagli View Dettagli

Visualizzazione:

spinte

risultante

tensioni in fondazione