



COMUNE DI ISEO

Ricostruzione di parte del muro spondale Lungolago G. Marconi  
CUP: F19J22001920004

Responsabile Unico del Procedimento  
Arch. Nadia Bombardieri



COOPROGETTI SOC.COOP.  
Ing. Alessandro Placucci

E					
D					
C					
B					
A	31.10.2022	EMISSIONE			
Rev.					

SETTANTA7 STUDIO ASSOCIATO  
Arch. Daniele Rangone

SPI S.R.L  
Ing. Sergio De Felice

CODICE ELABORATO: PE\_STR\_01\_A

INTERVENTO DI TIPO A  
Tratto 16 metri

## Progetto Esecutivo

R.T.P.:

CAPOGRUPPO MANDATARIA



COOPROGETTI SOC. COOP.

Sede legale ed operativa

Via della Piaggiola 152 - 06024 Gubbio (Italy)

Tel. +39 075 923011

Web: [www.cooprogetti.it](http://www.cooprogetti.it)

Email: [cooprogetti@pec.it](mailto:cooprogetti@pec.it)

P.I. e C.F. 00424850543

MANDANTI:



SETTANTA7  
STUDIO ASSOCIATO

Sede legale

Via Principessa Clotilde n. 3 – 10144 Torino (Italy)

Tel. 0110463878

Email: [settanta7@pec.it](mailto:settanta7@pec.it)

P.I. e C.F. 10119920014



STUDIO PROGETTAZIONI D'INGEGNERIA-SPI s.r.l.

SPI S.R.L.

Sede legale

Via Gabriele Jannelli 23 – 80128 Napoli (Italy)

Tel. 0815790901

Email: [info@pec.spi.srl](mailto:info@pec.spi.srl)

P.I. e C.F. 04873791216

Scala -

ELABORATO:  
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE  
STRUTTURE

## Sommario

1	DATI DI INPUT E CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI.....	2
2	VERIFICA CARICO LIMITE .....	38
3	VERIFICA GEOTECNICA.....	45
4	VERIFICA STRUTTURALE.....	81

## 1 DATI DI INPUT E CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

### Dati generali

---

Zona	iseo
Lat./Long. [WGS84]	45.662735/10.049864
Normativa GEO	NTC 2018
Normativa STR	NTC 2018
Spinta	Mononobe & Okabe [M.O. 1929]

### Dati generali muro

---

Altezza muro	120,0 cm
Spessore testa muro	25,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	40,0 cm
Sporgenza mensola a monte	60,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	40,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	40,0 cm
Pali	
Sezione dei pali	22,0 cm
Lunghezza dei pali	1800,0 cm
Distanza asse da estremità mensola	20,0 cm
Interasse longitudinale	200,0 cm
Disposizione in pianta	Sfalsati
Armatura con tubolare	
Descrizione: UNI 7811	
Diametro esterno	219 mm
Diametro interno	203 mm
Verticali indagate	
Numero verticali indagate	5,0
Fattore correlazione verticali indagate (xi3)	1,5
Fattore correlazione verticali indagate (xi4)	1,34

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

---

---

=

### Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,078	2,4	0,256
S.L.D.	201,0	0,097	2,41	0,264
S.L.V.	1898,0	0,214	2,505	0,297
S.L.C.	2475,0	0,233	2,512	0,302

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,117	0,18	0,0021	0,0011
S.L.D.	0,1455	0,18	0,0027	0,0013
S.L.V.	0,321	0,18	0,0059	0,0029
S.L.C.	0,3495	0,18	0,0064	0,0032

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

#### Conglomerati

Nr.	Classe Calcestruzzo	fck,cubi [Mpa]	Ec [Mpa]	fck [Mpa]	fed [Mpa]	fctd [Mpa]	fctm [Mpa]
1	C20/25	25	29960	20	11.33	1.03	2.21
2	C25/30	30	31470	25	14.16	1.19	2.56
3	C28/35	35	32300	28	15.86	1.28	2.76
4	C32/40	40	34923	40	18.13	1.41	3.02

#### Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ftk [Mpa]	ftd [Mpa]	ep_tk	epd_ult	β1*β2 iniziale	β1*β2 finale
1	B450C	200000	450	391.3	540	391.3	0.075	0.0675	1	0.5
2	B450C*	200000	450	391.3	540	450	0.075	0.0675	1	0.5
3	B450C* *	200000	450	391.3	458.3	398.5	0.012	0.01	1	0.5
4	S235H	200000	240	210	360	210	0.012	0.01	1	0.5
5	S275H	200000	280	243	460	244	0.012	0.01	1	0.5
6	S355H	200000	360	312	510	360	0.012	0.01	1	0.5

Materiali impiegati realizzazione muro C32/40 B450C

Materiali impiegati realizzazione pali C32/40 S355H

Copriferro, Elevazione 5,0 cm  
Copriferro, Fondazione 4,0 cm  
Copriferro, Dente di fondazione 4,0 cm

### Stratigrafia

Ns	Spessor e strato (cm)	Inclinazione dello strato.	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza	Coesion e (kPa)	Angolo di attrito terra muro	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
----	-----------------------------	----------------------------------	--	----------------------------	-----------------------	---------------------------------------	------------------------------------	-----------	-------------

		(°)		taglio (°)		(°)				
1	15160	0	16.00	25	0.00	17	Si		Ghiaia con sabbia o ghaia sabbiosa	

#### Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
g2	10.0	211.0	5.1	5.1	0.0
q	10.0	181.0	10.0	10.0	0.0

### FATTORI DI COMBINAZIONE

#### A1+M1+R3

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.30
3	Peso terreno mensola	1.30
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	g2	1.50
8	q	1.50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

#### A Unitari+M1+RSLV

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	g2	1.00
8	q	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coazione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

#### A Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	g2	1.00
8	q	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coazione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

#### SISMA

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	g2	1.00
8	q	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coazione efficace	1

3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1.7
2	Laterale compressione	1.45
3	Coefficiente totale	1.6
4	Laterale (trazione)	1.6
5	Orizzontale	1.6
	Riduzione resistenza	Parziale

#### A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	g2	1.30
8	q	1.30

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	14
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1.7
2	Laterale compressione	1.45
3	Coefficiente totale	1.6
4	Laterale (trazione)	1.6
5	Orizzontale	1.6
	Riduzione resistenza	Parziale

#### A1+M1+R3 [STR]

### CALCOLO SPINTE

#### Discretizzazione terreno

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

160,0	136,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
 $K_a$  Coefficiente di spinta attiva.  
 $K_d$  Coefficiente di spinta dinamica.  
 $D_k$  Coefficiente di incremento dinamico.  
 $K_{ax}, K_{ay}$  Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
 $D_{kx}, D_{ky}$  Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	$K_a$	$K_d$	$D_k$	$K_{ax}$	$K_{ay}$	$D_{kx}$	$D_{ky}$
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

$Q_i$  Quota iniziale strato (cm)  
 $Q_f$  Quota finale strato (cm)  
 $R_{px}, R_{py}$  Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 $Z(R_{px})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 $Z(R_{py})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	$Q_i$	$Q_f$	$R_{px}$	$R_{py}$	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	160,0	136,0	2,24	0,6	147,35	147,84
2	136,0	112,0	2,96	0,65	123,51	123,85
3	112,0	88,0	3,69	0,69	99,61	99,86
4	88,0	64,0	4,41	0,74	75,67	75,87
5	64,0	40,0	5,13	0,79	51,72	51,88

### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

$P_y$  Peso del muro (kN);  
 $P_x$  Forza inerziale (kN);  
 $X_p, Y_p$  Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	$P_x$	$P_y$	$X_p$	$Y_p$
136,0	0,0	1,5	52,5	148,0
112,0	0,0	3,0	52,5	136,0
88,0	0,0	4,5	52,5	124,0
64,0	0,0	6,0	52,5	112,0
40,0	0,0	7,5	52,5	100,0

## Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
136,0	2,24	2,1	0,18	25,0
112,0	5,2	4,24	0,98	25,0
88,0	8,88	6,44	2,56	25,0
64,0	13,29	8,68	5,12	25,0
40,0	18,43	10,97	8,81	25,0

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

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

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	1,96	55,85	S	126,47	0,0	55,47
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	4,29	56,07	S	126,5	0,0	23,87
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	6,61	56,29	S	126,53	0,0	13,97
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	8,94	56,51	S	126,55	0,0	9,34
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	11,26	56,73	S	126,58	0,0	6,74

## Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda

40,0      0,0      16,0      0,0      25,0      17,0      0,0      0,0      Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$       Angolo di direzione della spinta.  
 $K_a$       Coefficiente di spinta attiva.  
 $K_d$       Coefficiente di spinta dinamica.  
 $D_k$       Coefficiente di incremento dinamico.  
 $K_{ax}, K_{ay}$  Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
 $D_{kx}, D_{ky}$  Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	$K_a$	$K_d$	$D_k$	$K_{ax}$	$K_{ay}$	$D_{kx}$	$D_{ky}$
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

$Q_i$       Quota iniziale strato (cm)  
 $Q_f$       Quota finale strato (cm)  
 $R_{px}, R_{py}$  Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 $Z(R_{px})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 $Z(R_{py})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	$Q_i$	$Q_f$	$R_{px}$	$R_{py}$	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	160,0	136,0	2,11	0,85	147,32	147,84
2	136,0	112,0	2,82	0,92	123,49	123,85
3	112,0	88,0	3,53	0,99	99,6	99,86
4	88,0	64,0	4,25	1,06	75,66	75,87
5	64,0	40,0	4,96	1,13	51,71	51,88
6	40,0	0,0	10,08	1,6	19,33	19,72

### SPINTE IN FONDAZIONE

#### Discretizzazione terreno

$Q_i$       Quota iniziale strato (cm);  
 $Q_f$       Quota finale strato (cm);  
 $G$       Peso unità di volume (KN/m<sup>3</sup>);  
 $E_{ps}$       Inclinazione dello strato. (°);  
 $F_i$       Angolo di resistenza a taglio (°);  
 $\Delta$       Angolo attrito terra muro;  
 $c$       Coesione (kPa);  
 $\beta$       Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);  
Note      Nelle note viene riportata la presenza della falda

$Q_i$	$Q_f$	$G$	$E_{ps}$	$F_i$	$\Delta$	$c$	$\beta$	Note
40,0	0,0	16,0	180,0	25,0	17,0	0,0	180,0	Falda

## Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
 $K_p$  Coefficiente di resistenza passiva.  
 $K_{px}, K_{py}$  Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

$\mu$	$K_p$	$K_{px}$	$K_{py}$
197,0	2,46	-2,36	-0,72

## Spinte risultanti e punto di applicazione

$Q_i$  Quota iniziale strato (cm)  
 $Q_f$  Quota finale strato (cm)  
 $R_{px}, R_{py}$  Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 $Z(R_{px})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 $Z(R_{py})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	$Q_i$	$Q_f$	$R_{px}$	$R_{py}$	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	40,0	0,0	-1,95	-0,36	13,33	13,33

## Sollecitazioni totali

$F_x$  Forza in direzione x (kN);  
 $F_y$  Forza in direzione y (kN);  
 $M$  Momento (kNm);

	$F_x$	$F_y$	$M$
Spinta terreno	27,75	6,55	9,65
Peso muro	0,0	7,5	-3,94
Peso fondazione	0,0	12,5	-7,81
Sovraccarico	0,0	13,59	-12,91
Terr. fondazione	0,0	14,98	-14,23
Spinte fondazione	-1,95	-0,36	-0,26
	<b>25,8</b>	<b>54,76</b>	<b>-29,5</b>

Momento stabilizzante -47,08 kNm

Momento ribaltante 17,58 kNm

## Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	19,43 kN
Forza verticale	87,17 kN

## Dati palo

Lunghezza	1800,0 cm
Diametro	22,0 cm
Copriferro	1,0 cm

Palo infisso  
 Numero verticali indagate 5  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi3]1.5  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi4]1.34

## Stratigrafia palo

### Strato N° 1

---

Spessore strato	1800,0 cm
Peso unità di volume	6,19 KN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	68646,59 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	137293,1 KN/m <sup>3</sup>

### Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

---

Lunghezza d'onda	85,4 cm
Cedimento del palo	0,02 cm
Spostamento in x	0,15 cm
Rotazione in testa	0,1 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 39.09 kPa

### Carico limite verticale

---

Carico limite di punta (Qp)	25,62 kN
Carico limite laterale (Qs)	201,82 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	151,62 kN
Peso palo (W)	1744,32 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	1,45

### Verifica palo in testa

---

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	87,17 kN
Taglio	19,43 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	1818,1 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	126,33 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	668,25 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

### Verifica palo alla profondità di cm 107.00

---

Momento	5,47 kNm
Sforzo normale	88,17 kN
Taglio	0,0 kN

Sforzo normale ultimo (Nu)	1818,1 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	126,33 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	668,25 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

### Verifiche palo alla profondità di cm 170.80

Momento	2,16 kNm
Sforzo normale	88,76 kN
Taglio	0,0 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	1818,1 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	126,33 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	668,25 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

### MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
20,0	-1,95	1,64	0,26	40,0
40,0	-11,66	8,65	3,73	40,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	1,8	103,09	S	185,58	0,0	110,76
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	11,93	104,76	S	185,71	0,0	21,06

### MENSOLA A MONTE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);

Fy Forza in direzione y (kN);  
M Momento (kNm);  
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
65,0	0,37	-5,92	6,05	40,0
105,0	10,08	16,92	-2,41	40,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	0,11	102,82	S	185,56	0,0	30,72
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	10,24	104,48	S	185,69	0,0	10,76

### A\_Unitari+M1+RSLV [GEO+STR]

## CALCOLO SPINTE

### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.  
Ka Coefficiente di spinta attiva.

Kd Coefficiente di spinta dinamica.  
 Dk Coefficiente di incremento dinamico.  
 Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
 Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)  
 Qf Quota finale strato (cm)  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	160,0	136,0	1,59	0,4	147,14	147,81
2	136,0	112,0	2,28	0,44	123,4	123,83
3	112,0	88,0	2,97	0,48	99,54	99,84
4	88,0	64,0	3,66	0,51	75,62	75,85
5	64,0	40,0	4,34	0,55	51,68	51,86

### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

Py Peso del muro (kN);  
 Px Forza inerziale (kN);  
 Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
136,0	0,0	1,5	52,5	148,0
112,0	0,0	3,0	52,5	136,0
88,0	0,0	4,5	52,5	124,0
64,0	0,0	6,0	52,5	112,0
40,0	0,0	7,5	52,5	100,0

### Sollecitazioni sul muro

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).  
 Fx Forza in direzione x (kN);  
 Fy Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
136,0	1,59	1,9	0,13	25,0

112,0	3,87	3,84	0,71	25,0
88,0	6,84	5,81	1,93	25,0
64,0	10,5	7,83	3,93	25,0
40,0	14,84	9,88	6,89	25,0

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

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

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	1,96	55,85	S	126,47	0,0	77,86
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	3,9	56,03	S	126,49	0,0	32,02
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	5,84	56,22	S	126,52	0,0	18,13
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	8,16	56,44	S	126,54	0,0	11,82
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	10,1	56,62	S	126,57	0,0	8,36

### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
40,0	0,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)  
 Qf Quota finale strato (cm)  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	160,0	136,0	1,51	0,57	147,1	147,81
2	136,0	112,0	2,19	0,62	123,38	123,83
3	112,0	88,0	2,87	0,68	99,53	99,84
4	88,0	64,0	3,54	0,73	75,62	75,85
5	64,0	40,0	4,22	0,78	51,68	51,86
6	40,0	0,0	8,7	1,13	19,27	19,69

### SPINTE IN FONDAZIONE

#### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
40,0	0,0	16,0	180,0	25,0	17,0	0,0	180,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
 Kp Coefficiente di resistenza passiva.  
 Kpx, Kpy Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

$\mu$	Kp	Kpx	Kpy
197,0	2,46	-2,36	-0,72

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)  
 Qf Quota finale strato (cm)  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	40,0	0,0	-1,95	-0,36	13,33	13,33

### Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	23,03	4,52	8,65
Peso muro	0,0	7,5	-3,94
Peso fondazione	0,0	12,5	-7,81
Sovraccarico	0,0	9,06	-8,61
Terr. fondazione	0,0	11,52	-10,94
Spinte fondazione	-1,95	-0,36	-0,26
	<b>21,08</b>	<b>44,75</b>	<b>-22,91</b>

Momento stabilizzante -36,95 kNm  
 Momento ribaltante 14,04 kNm

### Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	16,12 kN
Forza verticale	69,31 kN

### Dati palo

Lunghezza	1800,0 cm
Diametro	22,0 cm
Copriferro	1,0 cm
Palo infisso	
Numero verticali indagate	5
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1.5
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1.34

### Stratigrafia palo

#### Strato N° 1

Spessore strato	1800,0 cm
Peso unità di volume	6,19 KN/m <sup>3</sup>

Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	68646,59 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	137293,1 KN/m <sup>3</sup>

### Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

---

Lunghezza d'onda	85,4 cm
Cedimento del palo	0,01 cm
Spostamento in x	0,13 cm
Rotazione in testa	0,08 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 39.09 kPa

### Carico limite verticale

---

Carico limite di punta (Qp)	25,62 kN
Carico limite laterale (Qs)	201,82 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	151,62 kN
Peso palo (W)	1744,32 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	1,75

### Verifica palo in testa

---

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	69,31 kN
Taglio	16,12 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	1818,1 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	126,56 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	668,25 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

### Verifica palo alla profondità di cm 107.00

---

Momento	4,54 kNm
Sforzo normale	70,3 kN
Taglio	0,0 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	1818,1 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	126,56 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	668,25 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

### Verifiche palo alla profondità di cm 170.80

---

Momento	1,79 kNm
Sforzo normale	70,9 kN

Taglio	0,0 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	1818,1 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	126,56 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	668,25 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

## MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
20,0	-1,95	1,64	0,26	40,0
40,0	-10,01	6,72	3,02	40,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	1,8	103,09	S	185,58	0,0	110,76
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	10,24	104,48	S	185,69	0,0	27,08

## MENSOLA A MONTE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
65,0	0,64	-3,55	4,72	40,0
105,0	8,7	13,38	-1,85	40,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	0,68	102,91	S	185,56	0,0	51,25
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	9,12	104,3	S	185,67	0,0	13,61

### A\_Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%) [GEO]

## CALCOLO SPINTE

### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0

17,0      0,36      0,0      0,0      0,34      0,11      0,0      0,0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi      Quota iniziale strato (cm)  
 Qf      Quota finale strato (cm)  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	160,0	136,0	1,59	0,4	147,14	147,81
2	136,0	112,0	2,28	0,44	123,4	123,83
3	112,0	88,0	2,97	0,48	99,54	99,84
4	88,0	64,0	3,66	0,51	75,62	75,85
5	64,0	40,0	4,34	0,55	51,68	51,86

### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

Py      Peso del muro (kN);  
 Px      Forza inerziale (kN);  
 Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
136,0	0,0	1,5	52,5	148,0
112,0	0,0	3,0	52,5	136,0
88,0	0,0	4,5	52,5	124,0
64,0	0,0	6,0	52,5	112,0
40,0	0,0	7,5	52,5	100,0

### Sollecitazioni sul muro

Quota      Origine ordinata minima del muro (cm).  
 Fx      Forza in direzione x (kN);  
 Fy      Forza in direzione y (kN);  
 M      Momento (kNm);  
 H      Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
136,0	1,59	1,9	0,13	25,0
112,0	3,87	3,84	0,71	25,0
88,0	6,84	5,81	1,93	25,0
64,0	10,5	7,83	3,93	25,0
40,0	14,84	9,88	6,89	25,0

### Discretizzazione terreno

Qi      Quota iniziale strato (cm);  
 Qf      Quota finale strato (cm);  
 G      Peso unità di volume (KN/m<sup>3</sup>);  
 Eps      Inclinazione dello strato. (°);

Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
40,0	0,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	160,0	136,0	1,51	0,57	147,1	147,81
2	136,0	112,0	2,19	0,62	123,38	123,83
3	112,0	88,0	2,87	0,68	99,53	99,84
4	88,0	64,0	3,54	0,73	75,62	75,85
5	64,0	40,0	4,22	0,78	51,68	51,86
6	40,0	0,0	8,7	1,13	19,27	19,69

### SPINTE IN FONDAZIONE

#### Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
----	-----------------------------

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
40,0	0,0	16,0	180,0	25,0	17,0	0,0	180,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
197,0	2,46	-2,36	-0,72

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	40,0	0,0	-1,95	-0,36	13,33	13,33

### Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	23,03	4,52	8,65
Peso muro	0,0	7,5	-3,94
Peso fondazione	0,0	12,5	-7,81
Sovraccarico	0,0	9,06	-8,61
Terr. fondazione	0,0	11,52	-10,94
Spinte fondazione	-1,95	-0,36	-0,26
	<b>21,08</b>	<b>44,75</b>	<b>-22,91</b>

Momento stabilizzante -36,95 kNm  
Momento ribaltante 14,04 kNm

## Verifica palo max sollecitato

---

Forza orizzontale	16,12 kN
Forza verticale	69,31 kN

## Dati palo

---

Lunghezza	1800,0 cm
Diametro	22,0 cm
Copriferro	1,0 cm
Palo infisso	
Numero verticali indagate	5
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1.5
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1.34

## Stratigrafia palo

### Strato N° 1

---

Spessore strato	1800,0 cm
Peso unità di volume	6,19 KN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	68646,59 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	137293,1 KN/m <sup>3</sup>

## Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

---

Lunghezza d'onda	85,4 cm
Cedimento del palo	0,01 cm
Spostamento in x	0,13 cm
Rotazione in testa	0,08 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 39.09 kPa

## Carico limite verticale

---

Carico limite di punta (Qp)	25,62 kN
Carico limite laterale (Qs)	201,82 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	151,62 kN
Peso palo (W)	1744,32 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	1,75

## MENSOLA A VALLE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);

Fx Forza in direzione x (kN);  
 Fy Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
20,0	-1,95	1,64	0,26	40,0
40,0	-10,01	6,72	3,02	40,0

## MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
 Fx Forza in direzione x (kN);  
 Fy Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
65,0	0,64	-3,55	4,72	40,0
105,0	8,7	13,38	-1,85	40,0

## SISMA [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.0021  
 Coefficiente sismico verticale Kv 0.0011

## CALCOLO SPINTE

### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.

Ka Coefficiente di spinta attiva.  
 Kd Coefficiente di spinta dinamica.  
 Dk Coefficiente di incremento dinamico.  
 Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
 Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
17,0	0,36	0,36	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,36	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,36	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,36	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,36	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)  
 Qf Quota finale strato (cm)  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	160,0	136,0	1,61	0,41	147,15	147,82
2	136,0	112,0	2,3	0,44	123,4	123,83
3	112,0	88,0	2,99	0,48	99,54	99,85
4	88,0	64,0	3,67	0,52	75,63	75,86
5	64,0	40,0	4,36	0,56	51,69	51,87

### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

Py Peso del muro (kN);  
 Px Forza inerziale (kN);  
 Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
136,0	0,0	1,5	52,5	148,0
112,0	0,01	3,0	52,5	136,0
88,0	0,01	4,5	52,5	124,0
64,0	0,01	6,0	52,5	112,0
40,0	0,02	7,5	52,5	100,0

### Sollecitazioni sul muro

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).  
 Fx Forza in direzione x (kN);  
 Fy Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
-------	----	----	---	---

136,0	1,62	1,91	0,13	25,0
112,0	3,92	3,85	0,72	25,0
88,0	6,91	5,83	1,95	25,0
64,0	10,59	7,85	3,97	25,0
40,0	14,95	9,91	6,95	25,0

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

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

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	1,96	55,85	S	126,47	0,0	76,72
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	3,9	56,03	S	126,49	0,0	31,65
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	5,84	56,22	S	126,52	0,0	17,96
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	8,16	56,44	S	126,54	0,0	11,72
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	10,1	56,62	S	126,57	0,0	8,3

### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
40,0	0,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
25,0	0,36	0,36	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,36	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,36	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,36	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,36	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
17,0	0,36	0,36	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)  
 Qf Quota finale strato (cm)  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	160,0	136,0	1,53	0,58	147,11	147,82
2	136,0	112,0	2,21	0,63	123,39	123,83
3	112,0	88,0	2,89	0,69	99,53	99,85
4	88,0	64,0	3,56	0,74	75,62	75,86
5	64,0	40,0	4,24	0,79	51,68	51,87
6	40,0	0,0	8,73	1,14	19,27	19,7

### SPINTE IN FONDAZIONE

#### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
40,0	0,0	16,0	180,0	25,0	17,0	0,0	180,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
 Kp Coefficiente di resistenza passiva.  
 Kpx, Kpy Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

$\mu$	Kp	Kpx	Kpy
197,0	2,46	-2,36	-0,72

## Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)  
Qf Quota finale strato (cm)  
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	40,0	0,0	-1,95	-0,36	13,33	13,33

## Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	23,15	4,58	8,69
Peso muro	0,02	7,5	-3,92
Peso fondazione	0,03	12,5	-7,81
Sovraccarico	0,02	9,06	-8,58
Terr. fondazione	0,02	11,52	-10,92
Spinte fondazione	-1,95	-0,36	-0,26
	<b>21,29</b>	<b>44,8</b>	<b>-22,79</b>

Momento stabilizzante -37,02 kNm

Momento ribaltante 14,23 kNm

## Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	16,27 kN
Forza verticale	69,15 kN

## Dati palo

Lunghezza	1800,0 cm
Diametro	22,0 cm
Copriferro	1,0 cm
Palo infisso	
Numero verticali indagate	5
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1.5
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1.34

## Stratigrafia palo

### Strato N° 1

Spessore strato	1800,0 cm
-----------------	-----------

Peso unità di volume	6,19 KN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	68646,59 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	137293,1 KN/m <sup>3</sup>

### Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

---

Lunghezza d'onda	85,4 cm
Cedimento del palo	0,01 cm
Spostamento in x	0,13 cm
Rotazione in testa	0,08 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 39.09 kPa

### Carico limite verticale

---

Carico limite di punta (Qp)	25,62 kN
Carico limite laterale (Qs)	201,82 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1.7
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1.45
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	102,84 kN
Peso palo (W)	1744,32 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	1,19

### Verifica palo in testa

---

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	69,15 kN
Taglio	16,27 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	1818,1 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	126,56 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	668,25 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

### Verifica palo alla profondità di cm 107.00

---

Momento	4,58 kNm
Sforzo normale	70,15 kN
Taglio	0,0 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	1818,1 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	126,56 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	668,25 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

### Verifiche palo alla profondità di cm 170.80

---

Momento	1,81 kNm
---------	----------

Sforzo normale	70,74 kN
Taglio	0,0 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	1818,1 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	126,56 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	668,25 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

## MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
20,0	-1,95	1,64	0,26	40,0
40,0	-10,09	6,61	3,01	40,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	1,8	103,09	S	185,58	0,0	110,76
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	10,24	104,48	S	185,69	0,0	27,56

## MENSOLA A MONTE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
65,0	0,59	-3,42	4,67	40,0
105,0	8,73	13,44	-1,86	40,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	0,68	102,91	S	185,56	0,0	53,23
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	9,12	104,3	S	185,67	0,0	13,55

## A2+M2+R2 [GEO]

### CALCOLO SPINTE

#### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	20,46	17,0	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	20,46	17,0	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	20,46	17,0	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	20,46	17,0	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	20,46	17,0	0,0	0,0	Falda

#### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
17,0	0,42	0,0	0,0	0,41	0,12	0,0	0,0
17,0	0,42	0,0	0,0	0,41	0,12	0,0	0,0
17,0	0,42	0,0	0,0	0,41	0,12	0,0	0,0

17,0	0,42	0,0	0,0	0,41	0,12	0,0	0,0
17,0	0,42	0,0	0,0	0,41	0,12	0,0	0,0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)  
 Qf Quota finale strato (cm)  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	160,0	136,0	2,26	0,61	147,37	147,85
2	136,0	112,0	2,97	0,65	123,52	123,86
3	112,0	88,0	3,68	0,69	99,61	99,87
4	88,0	64,0	4,39	0,74	75,68	75,88
5	64,0	40,0	5,1	0,78	51,72	51,89

### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

Py Peso del muro (kN);  
 Px Forza inerziale (kN);  
 Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
136,0	0,0	1,5	52,5	148,0
112,0	0,0	3,0	52,5	136,0
88,0	0,0	4,5	52,5	124,0
64,0	0,0	6,0	52,5	112,0
40,0	0,0	7,5	52,5	100,0

### Sollecitazioni sul muro

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).  
 Fx Forza in direzione x (kN);  
 Fy Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
136,0	2,26	2,11	0,18	25,0
112,0	5,24	4,26	0,99	25,0
88,0	8,92	6,45	2,59	25,0
64,0	13,32	8,69	5,15	25,0
40,0	18,42	10,97	8,84	25,0

### Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato (cm);  
 G Peso unità di volume (KN/m<sup>3</sup>);

Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	20,46	20,46	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	20,46	20,46	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	20,46	20,46	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	20,46	20,46	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	20,46	20,46	0,0	0,0	Falda
40,0	0,0	16,0	0,0	20,46	17,0	0,0	0,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
20,46	0,42	0,0	0,0	0,39	0,15	0,0	0,0
20,46	0,42	0,0	0,0	0,39	0,15	0,0	0,0
20,46	0,42	0,0	0,0	0,39	0,15	0,0	0,0
20,46	0,42	0,0	0,0	0,39	0,15	0,0	0,0
20,46	0,42	0,0	0,0	0,39	0,15	0,0	0,0
17,0	0,42	0,0	0,0	0,41	0,12	0,0	0,0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	160,0	136,0	2,2	0,72	147,36	147,85
2	136,0	112,0	2,91	0,77	123,52	123,86
3	112,0	88,0	3,61	0,82	99,61	99,87
4	88,0	64,0	4,32	0,87	75,67	75,88
5	64,0	40,0	5,03	0,93	51,72	51,89
6	40,0	0,0	10,04	1,47	19,35	19,72

### SPINTE IN FONDAZIONE

#### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
40,0	0,0	16,0	180,0	20,46	17,0	0,0	180,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
197,0	2,07	-1,98	-0,61

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	40,0	0,0	-1,77	-0,3	13,33	13,33

### Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	28,12	5,58	11,28
Peso muro	0,0	7,5	-3,94
Peso fondazione	0,0	12,5	-7,81
Sovraccarico	0,0	11,78	-11,19
Terr. fondazione	0,0	11,52	-10,94
Spinte fondazione	-1,77	-0,3	-0,24
	<b>26,35</b>	<b>48,58</b>	<b>-22,84</b>

Momento stabilizzante -40,86 kNm

Momento ribaltante 18,02 kNm

### Verifica palo max sollecitato

---

Forza orizzontale	19,68 kN
Forza verticale	71,83 kN

### Dati palo

---

Lunghezza	1800,0 cm
Diametro	22,0 cm
Copriferro	1,0 cm
Palo infisso	
Numero verticali indagate	5
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1.5
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1.34

### Stratigrafia palo

#### Strato N° 1

---

Spessore strato	1800,0 cm
Peso unità di volume	6,19 KN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	68646,59 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	137293,1 KN/m <sup>3</sup>

### Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

---

Lunghezza d'onda	85,4 cm
Cedimento del palo	0,01 cm
Spostamento in x	0,15 cm
Rotazione in testa	0,1 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 39.09 kPa

### Carico limite verticale

---

Carico limite di punta (Qp)	25,62 kN
Carico limite laterale (Qs)	201,82 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1.7
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1.45
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	102,84 kN
Peso palo (W)	1744,32 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	1,16

### MENSOLA A VALLE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
 Fx Forza in direzione x (kN);  
 Fy Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
20,0	-1,77	1,7	0,26	40,0
40,0	-11,61	5,4	3,11	40,0

### MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
 Fx Forza in direzione x (kN);  
 Fy Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
65,0	0,2	-1,04	4,13	40,0
105,0	10,04	15,35	-2,16	40,0

## 2 VERIFICA CARICO LIMITE

### Dati generali

Zona	iseo
Lat./Long. [WGS84]	45.662735/10.049864
Normativa GEO	NTC 2018
Normativa STR	NTC 2018
Spinta	Mononobe & Okabe [M.O. 1929]

### Dati generali muro

Altezza muro	120,0 cm
Spessore testa muro	25,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	40,0 cm
Sporgenza mensola a monte	60,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	40,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	40,0 cm

Pali	
Sezione dei pali	22,0 cm
Lunghezza dei pali	1800,0 cm
Distanza asse da estremità mensola	20,0 cm
Interasse longitudinale	200,0 cm
Disposizione in pianta	Sfalsati

Armatura con tubolare	
Descrizione: UNI 7811	
Diametro esterno	219 mm
Diametro interno	203 mm

Verticali indagate	
Numero verticali indagate	5,0
Fattore correlazione verticali indagate (xi3)	1,5
Fattore correlazione verticali indagate (xi4)	1,34

### Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
1	15160	0	16.00	25	0.00	17	Si		Ghiaia con sabbia o ghiaia sabbiosa

## FATTORI DI COMBINAZIONE

### A1+M1+R3

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.30
3	Peso terreno mensola	1.30
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	g2	1.50
8	q	1.50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

### A Unitari+M1+RSLV

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	g2	1.00
8	q	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

### A Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	g2	1.00
8	q	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coazione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

#### SISMA

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	g <sub>2</sub>	1.00
8	q	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coazione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1.7
2	Laterale compressione	1.45
3	Coefficiente totale	1.6
4	Laterale (trazione)	1.6
5	Orizzontale	1.6
	Riduzione resistenza	Parziale

#### A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	g <sub>2</sub>	1.30
8	q	1.30

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1.25
2	Coazione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	14
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1.7
2	Laterale compressione	1.45
3	Coefficiente totale	1.6
4	Laterale (trazione)	1.6
5	Orizzontale	1.6
	Riduzione resistenza	Parziale

## A\_Unitari+M1+RSLV [GEO+STR]

### Verifica palo max sollecitato

---

Forza orizzontale	16,12 kN
Forza verticale	69,31 kN

### Dati palo

---

Lunghezza	1800,0 cm
Diametro	22,0 cm
Copriferro	1,0 cm
Palo infisso	
Numero verticali indagate	5
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1.5
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1.34

### Stratigrafia palo

#### Strato N° 1

---

Spessore strato	1800,0 cm
Peso unità di volume	6,19 KN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	68646,59 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	137293,1 KN/m <sup>3</sup>

### Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

---

Lunghezza d'onda	85,4 cm
Cedimento del palo	0,01 cm
Spostamento in x	0,13 cm
Rotazione in testa	0,08 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 39.09 kPa

### Carico limite verticale

---

Carico limite di punta (Qp)	25,62 kN
Carico limite laterale (Qs)	201,82 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	151,62 kN
Peso palo (W)	1744,32 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	1,75

## A\_Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%) [GEO]

### Verifica palo max sollecitato

---

Forza orizzontale	16,12 kN
-------------------	----------

Forza verticale 69,31 kN

### Dati palo

---

Lunghezza	1800,0 cm
Diametro	22,0 cm
Copriferro	1,0 cm
Palo infisso	
Numero verticali indagate	5
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1.5
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1.34

### Stratigrafia palo

#### Strato N° 1

---

Spessore strato	1800,0 cm
Peso unità di volume	6,19 KN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	68646,59 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	137293,1 KN/m <sup>3</sup>

### Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

---

Lunghezza d'onda	85,4 cm
Cedimento del palo	0,01 cm
Spostamento in x	0,13 cm
Rotazione in testa	0,08 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 39.09 kPa

### Carico limite verticale

---

Carico limite di punta (Qp)	25,62 kN
Carico limite laterale (Qs)	201,82 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	151,62 kN
Peso palo (W)	1744,32 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	1,75

### SISMA [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0.0021
Coefficiente sismico verticale Kv	0.0011

### Verifica palo max sollecitato

---

Forza orizzontale	16,27 kN
Forza verticale	69,15 kN

## Dati palo

---

Lunghezza	1800,0 cm
Diametro	22,0 cm
Copriferro	1,0 cm
Palo infisso	
Numero verticali indagate	5
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1.5
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1.34

## Stratigrafia palo

### Strato N° 1

---

Spessore strato	1800,0 cm
Peso unità di volume	6,19 KN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	68646,59 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	137293,1 KN/m <sup>3</sup>

## Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

---

Lunghezza d'onda	85,4 cm
Cedimento del palo	0,01 cm
Spostamento in x	0,13 cm
Rotazione in testa	0,08 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 39.09 kPa

## Carico limite verticale

---

Carico limite di punta (Qp)	25,62 kN
Carico limite laterale (Qs)	201,82 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1.7
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1.45
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	102,84 kN
Peso palo (W)	1744,32 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	1,19

## A2+M2+R2 [GEO]

## Verifica palo max sollecitato

---

Forza orizzontale	19,68 kN
Forza verticale	71,83 kN

## Dati palo

---

Lunghezza	1800,0 cm
Diametro	22,0 cm
Copriferro	1,0 cm

Palo infisso	
Numero verticali indagate	5
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1.5
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1.34

## Stratigrafia palo

### Strato N° 1

---

Spessore strato	1800,0 cm
Peso unità di volume	6,19 KN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	68646,59 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	137293,1 KN/m <sup>3</sup>

### Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

---

Lunghezza d'onda	85,4 cm
Cedimento del palo	0,01 cm
Spostamento in x	0,15 cm
Rotazione in testa	0,1 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 39.09 kPa

### Carico limite verticale

---

Carico limite di punta (Qp)	25,62 kN
Carico limite laterale (Qs)	201,82 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1.7
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1.45
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	102,84 kN
Peso palo (W)	1744,32 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	1,16

### 3 VERIFICA GEOTECNICA

#### RIFERIMENTI NORMATIVI

Le fasi di analisi e verifica delle strutture sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziate nel prosieguo della presente relazione:

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

**D. M. Infrastrutture Trasporti 14 gennaio 2008** (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - Suppl. Ord.) "Norme tecniche per le Costruzioni"

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

**Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti** (G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.) "Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008".

**Eurocodice 7 – "Progettazione geotecnica"** - ENV 1997-1 per quanto non in contrasto con le disposizioni del D.M. 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

#### AZIONE SISMICA PER I MURI DI SOSTEGNO

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima ( $a_{max}$ ) attesa in superficie il cui valore può essere ricavato dalla relazione:

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

dove  $a_g$  è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido.

L'analisi della sicurezza dei muri di sostegno in condizioni sismiche è eseguita mediante i metodi pseudostatici. L'analisi pseudostatica è condotta mediante i metodi dell'equilibrio limite. L'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità ed opportuni coefficienti sismici. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

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

dove:

$a_{max}$  accelerazione massima al sito

$g$  accelerazione di gravità

$\beta_m$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Tab. 7.11-II delle NTC)

#### VERIFICHE DI SICUREZZA (SLU)

La condizione di verifica è espressa attraverso la seguente disequazione:

$$E_d \leq R_d$$

Dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e  $R_d$  è il valore di resistenza del sistema geotecnico.

#### SLU di tipo geotecnico (GEO)

Nel caso dei muri di sostegno le verifiche previste dalle NTC 2018 sono:

- Stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno
- Collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno
- Collasso per scorrimento sul piano di posa
- Ribaltamento

#### SLU di tipo strutturale (STR)

-Raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.

#### CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA CON COULOMB

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

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di  $K_a$ :

$\delta < (\beta - \varphi - \varepsilon)$  secondo Muller-Breslau

$\gamma_t$  Peso unità di volume del terreno;

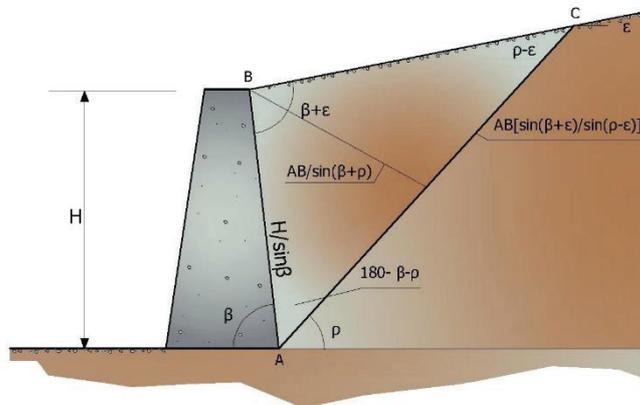
$\beta$  inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

$\varphi$  angolo di resistenza al taglio del terreno;

$\delta$  angolo di attrito terra-muro;

$\varepsilon$  inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, positiva se antioraria;

$H$  altezza della parete.



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

#### CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA CON RANKINE

Se  $\varepsilon = \delta = 0$  e  $\beta = 90^\circ$  (muro con parete verticale liscia e terrapieno con superficie orizzontale) la spinta  $S_t$  si semplifica nella forma:

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

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

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

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

#### CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA CON MONONOBE & OKABE

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

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

con  $k_h$  coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  verticale.

#### EFFETTO DOVUTO ALLA COESIONE

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

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

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

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

Dove:

$Q$  = Carico agente sul terrapieno.

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

$$S_c = P_c \cdot H$$

con punto di applicazione pari a  $H/2$ .

#### CARICO UNIFORME SUL TERRAPIENO

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

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

Per integrazione, una spinta pari a  $S_q$ :

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

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

#### SPINTA ATTIVA IN CONDIZIONI SISMICHE

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

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

Dove:

H= altezza muro;

$k_v$ = coefficiente sismico verticale;

$\gamma$  = peso per unità di volume del terreno;

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

$E_{ws}$  = spinta idrostatica dell'acqua;

$E_{wd}$  = spinta idrodinamica.

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

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

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

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

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

#### SPINTA IDROSTATICA

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

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

Con risultante pari a:

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

La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo  $\gamma_t$  con  $\gamma'_t$  ( $\gamma'_t = \gamma_{\text{saturo}} - \gamma_w$ ), peso efficace del materiale immerso in acqua.

#### RESISTENZA PASSIVA

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

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

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

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

Avendo indicato con:

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

(Muller-Breslau) con valori limiti di  $\delta$  pari a:

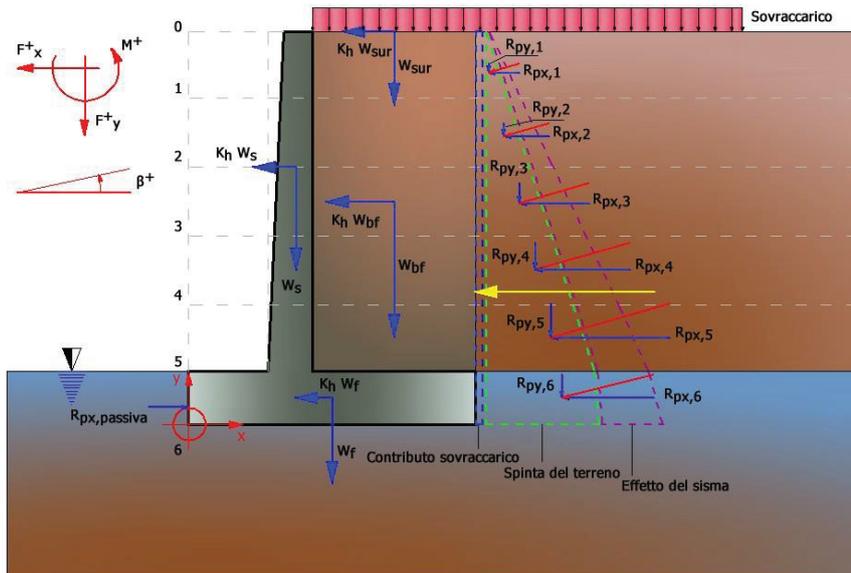
$$\delta < \beta - \varphi - \varepsilon$$

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

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

## SOLLECITAZIONI SUL MURO

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



*Schema delle forze agenti su un muro e convenzioni sui segni*

## CALCOLO DELLE SPINTE PER LE VERIFICHE

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

## CONVENZIONI SUI SEGNI

- Forze verticali** positive se dirette dall'alto verso il basso;
- Forze orizzontali** positive se dirette da monte verso valle;
- Coppie** positive se antiorarie;
- Angoli** positivi se antiorari.

## CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI

### VESIC – ANALISI A BREVE TERMINE

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

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

Dove:

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

$c_u$  = coesione non drenata;

$q$  = pressione litostatica totale sul piano di posa;

$s_c$  = fattore di forma;

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

$d_c$  = fattore di profondità;

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

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

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

$A_f$  = area efficace della fondazione;

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

#### VESIC – ANALISI A LUNGO TERMINE

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

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

Dove:

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

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

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

*Fattori di forma*

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

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

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

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

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

$$d_c = 1 + 0.4K$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'}\right)^{m+1} \quad d_q = 1 + 2 \tan \varphi \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot K$$

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

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

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

HANSEN – ANALISI A BREVE TERMINE

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

Dove:

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

$c_u$  = coesione non drenata;

$q$  = pressione litostatica totale sul piano di posa;

$s_c$  = fattore di forma,  $s_c = 0$  per fondazioni nastroformi;

$d_c$  = fattore di profondità;

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

$i_c$  = fattore correttivo di inclinazione del carico;

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

$A_f$  = Area efficace della fondazione;

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

HANSEN- ANALISI A LUNGO TERMINE

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

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

Dove:

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

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

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

Fattori di forma

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

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

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

$$s_c = s_q = s_\gamma = 1 \quad \text{per fondazione nastroforme}$$

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

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot\phi'}\right)^3$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot\phi'}\right)^3$$

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

*Fattori di profondità*

$$d_c = 1 + 0.4K$$

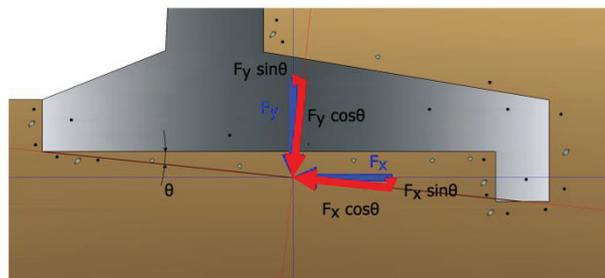
$$d_q = 1 + 2 \tan\phi (1 - \sin\phi) \cdot K$$

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

$$d_\gamma = 1$$

## VERIFICA ALLA TRASLAZIONE ORIZZONTALE

Nel caso in cui il piano di scorrimento della fondazione sia inclinato di un certo angolo  $\theta$ , le risultanti delle azioni  $F_x$  ed  $F_y$  dovranno essere riferiti a tale piano.



Verifica alla traslazione orizzontale, azioni di progetto

L'azione di progetto è data da:

$$E_d = F_x \cdot \cos\theta - F_y \cdot \sin\theta$$

La forza normale al piano di scorrimento è:

$$P = F_x \cdot \sin\theta + F_y \cdot \cos\theta$$

La resistenza di progetto si determina dalla relazione:

$$R_d = \frac{c_a \cdot B + P \cdot \tan \delta - S_p}{\gamma_r}$$

Dove:

$c_a$  = desione;

B= larghezza della fondazione;

$\tan \delta$  = coefficiente d'attrito;

$\gamma_r$ = coefficiente parziale sulle resistenze;

$S_p$ = contributo della spinta passiva.

Se  $\theta = 0$  si ha che  $P = F_y$  e  $E_d = F_x$

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

L'azione di progetto  $E_d$  è definita dal momento che tende a far ribaltare il muro, ovvero da tutte le forze responsabili di tale meccanismo, la resistenza  $R_d$  coincide con il momento stabilizzante, ovvero dalle forze che tendono a stabilizzare il muro.

Le azioni totali che intervengono nel calcolo sono riportate in tabella, dove  $\Sigma M = E_d - R_d$

Azioni	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	Braccio		M
Spinta terreno*	S <sub>Tx</sub>	S <sub>Ty</sub>	d <sub>1x</sub>	d <sub>1y</sub>	ΔM
Peso muro	W <sub>s</sub>	W <sub>s</sub>	d <sub>2x</sub>	d <sub>2y</sub>	ΔM
Peso fondazione	W <sub>f</sub>	W <sub>f</sub>	d <sub>3x</sub>	d <sub>3y</sub>	ΔM
Sovraccarico	W <sub>bf</sub>	W <sub>bf</sub>	d <sub>4x</sub>	d <sub>4y</sub>	ΔM
Terreno fondazione	S <sub>pX</sub>	S <sub>pY</sub>	d <sub>5x</sub>	d <sub>5y</sub>	ΔM
Spinte fondazione***	S <sub>pX</sub>	S <sub>pY</sub>	d <sub>6x</sub>	d <sub>6y</sub>	ΔM
<b>Totale</b>	<b>Σ F<sub>x</sub></b>	<b>Σ F<sub>y</sub></b>			<b>Σ M</b>

\* si tiene conto del contributo del sisma, del sovraccarico, dell'eventuale presenza della falda...

\*\* oltre alla spinta passiva si considera il contributo della sottospinta per l'eventuale presenza di falda.

La condizione di verifica viene espressa dalla relazione:

$$\frac{E_d}{R_d} = \frac{\text{Momento ribaltante}}{\text{Momento stabilizzante}} \leq 1$$

### VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE DELLE OPERE DI SOSTEGNO

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione ( $c$ ) e angolo di resistenza al taglio ( $\phi$ ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

#### METODO EQUILIBRIO LIMITE (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio ( $\tau$ ) e confrontate con la resistenza disponibile ( $\tau_f$ ), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

#### METODO DEI CONCI

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a  $n$ , il problema presenta le seguenti incognite:

- $n$  valori delle forze normali  $N_i$  agenti sulla base di ciascun concio;
- $n$  valori delle forze di taglio alla base del concio  $T_i$ ;
- $(n-1)$  forze normali  $E_i$  agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$  forze tangenziali  $X_i$  agenti sull'interfaccia dei conci;
- $n$  valori della coordinata  $a$  che individua il punto di applicazione delle  $E_i$ ;
- $(n-1)$  valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle  $X_i$ ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza  $F$ .

Complessivamente le incognite sono  $(6n-2)$ .

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti  $n$ ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale  $n$ ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale  $n$ ;
- equazioni relative al criterio di rottura  $n$ .

Totale numero di equazioni  $4n$ .

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

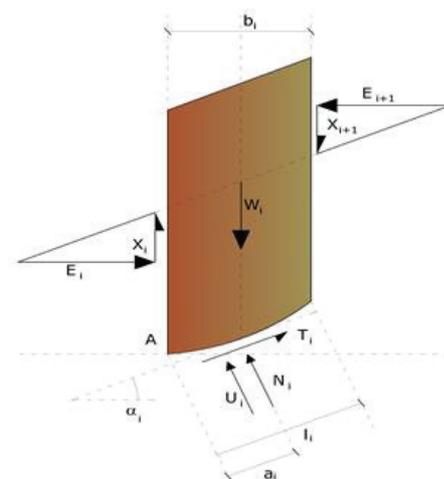
Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a  $(n-2)$  in quanto si fa l'assunzione che  $N_i$  sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite. I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le  $(n-2)$  indeterminazioni.

## METODO DI BISHOP (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criterio di rottura}$$

$$F = \frac{\sum \{c_i \cdot b_i + (W_i - u_i \cdot b_i + \Delta X_i) \cdot \tan \varphi_i\} \cdot \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \cdot \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \cdot \sin \alpha_i}$$



I valori di  $F$  e di  $\Delta X$  per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre  $\Delta X = 0$  ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

### Dati generali

Zona	iseo
Lat./Long. [WGS84]	45.662735/10.049864
Normativa GEO	NTC 2018
Normativa STR	NTC 2018
Spinta	Mononobe & Okabe [M.O. 1929]

### Dati generali muro

Altezza muro	120,0 cm
Spessore testa muro	25,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	40,0 cm
Sporgenza mensola a monte	60,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	40,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	40,0 cm
Pali	
Sezione dei pali	22,0 cm
Lunghezza dei pali	1800,0 cm
Distanza asse da estremità mensola	20,0 cm
Interasse longitudinale	200,0 cm
Disposizione in pianta	Sfalsati
Armatura con tubolare	
Descrizione: UNI 7811	
Diametro esterno	219 mm
Diametro interno	203 mm
Verticali indagate	
Numero verticali indagate	5,0
Fattore correlazione verticali indagate (xi3)	1,5

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

=

**Dati generali**

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,078	2,4	0,256
S.L.D.	201,0	0,097	2,41	0,264
S.L.V.	1898,0	0,214	2,505	0,297
S.L.C.	2475,0	0,233	2,512	0,302

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera:	Opere di sostegno
--------	-------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,117	0,18	0,0021	0,0011
S.L.D.	0,1455	0,18	0,0027	0,0013
S.L.V.	0,321	0,18	0,0059	0,0029
S.L.C.	0,3495	0,18	0,0064	0,0032

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI****Conglomerati**

Nr.	Classe Calcestruz zo	fck,cubi [Mpa]	Ec [Mpa]	fck [Mpa]	fcd [Mpa]	fctd [Mpa]	fctm [Mpa]
1	C20/25	25	29960	20	11.33	1.03	2.21
2	C25/30	30	31470	25	14.16	1.19	2.56
3	C28/35	35	32300	28	15.86	1.28	2.76
4	C32/40	40	34923	40	18.13	1.41	3.02

**Acciai:**

Nr.	Classe acciaio	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ftk [Mpa]	ftd [Mpa]	ep_tk	epd_ult	β1*β2 iniziale	β1*β2 finale
1	B450C	200000	450	391.3	540	391.3	0.075	0.0675	1	0.5
2	B450C *	200000	450	391.3	540	450	0.075	0.0675	1	0.5
3	B450C **	200000	450	391.3	458.3	398.5	0.012	0.01	1	0.5
4	S235H	200000	240	210	360	210	0.012	0.01	1	0.5
5	S275H	200000	280	243	460	244	0.012	0.01	1	0.5

6	S355H	200000	360	312	510	360	0.012	0.01	1	0.5
---	-------	--------	-----	-----	-----	-----	-------	------	---	-----

Materiali impiegati realizzazione muro C32/40 B450C

Materiali impiegati realizzazione pali C32/40 S355H

Copriferro, Elevazione	5,0 cm
Copriferro, Fondazione	4,0 cm
Copriferro, Dente di fondazione	4,0 cm

### Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
1	15160	0	16.00	25	0.00	17	Si		Ghiaia con sabbia o ghiaia sabbiosa

### Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
g2	10.0	211.0	5.1	5.1	0.0
q	10.0	181.0	10.0	10.0	0.0

### FATTORI DI COMBINAZIONE

#### A1+M1+R3

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.30
3	Peso terreno mensola	1.30
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	g2	1.50
8	q	1.50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1

2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

#### A Unitari+M1+RSLV

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	$g_2$	1.00
8	q	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

#### A Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	$g_2$	1.00
8	q	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1

5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

#### SISMA

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	$g^2$	1.00
8	q	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1.7
2	Laterale compressione	1.45
3	Coefficiente totale	1.6
4	Laterale (trazione)	1.6
5	Orizzontale	1.6
	Riduzione resistenza	Parziale

#### A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	$g^2$	1.30
8	q	1.30

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	14
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1.7
2	Laterale compressione	1.45
3	Coefficiente totale	1.6
4	Laterale (trazione)	1.6
5	Orizzontale	1.6
	Riduzione resistenza	Parziale

## A\_Unitari+M1+RSLV [GEO+STR]

### CALCOLO SPINTE

#### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda

#### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0

#### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	160,0	136,0	1,59	0,4	147,14	147,81
2	136,0	112,0	2,28	0,44	123,4	123,83

3	112,0	88,0	2,97	0,48	99,54	99,84
4	88,0	64,0	3,66	0,51	75,62	75,85
5	64,0	40,0	4,34	0,55	51,68	51,86

### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

Py      Peso del muro (kN);  
Px      Forza inerziale (kN);  
Xp, Yp   Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
136,0	0,0	1,5	52,5	148,0
112,0	0,0	3,0	52,5	136,0
88,0	0,0	4,5	52,5	124,0
64,0	0,0	6,0	52,5	112,0
40,0	0,0	7,5	52,5	100,0

### Sollecitazioni sul muro

Quota    Origine ordinata minima del muro (cm).  
Fx      Forza in direzione x (kN);  
Fy      Forza in direzione y (kN);  
M      Momento (kNm);  
H      Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
136,0	1,59	1,9	0,13	25,0
112,0	3,87	3,84	0,71	25,0
88,0	6,84	5,81	1,93	25,0
64,0	10,5	7,83	3,93	25,0
40,0	14,84	9,88	6,89	25,0

### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
40,0	0,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda

## Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$	Angolo di direzione della spinta.
$K_a$	Coefficiente di spinta attiva.
$K_d$	Coefficiente di spinta dinamica.
$D_k$	Coefficiente di incremento dinamico.
$K_{ax}, K_{ay}$	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
$D_{kx}, D_{ky}$	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	$K_a$	$K_d$	$D_k$	$K_{ax}$	$K_{ay}$	$D_{kx}$	$D_{ky}$
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0

## Spinte risultanti e punto di applicazione

$Q_i$	Quota iniziale strato (cm)
$Q_f$	Quota finale strato (cm)
$R_{px}, R_{py}$	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
$Z(R_{px})$	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
$Z(R_{py})$	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	$Q_i$	$Q_f$	$R_{px}$	$R_{py}$	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	160,0	136,0	1,51	0,57	147,1	147,81
2	136,0	112,0	2,19	0,62	123,38	123,83
3	112,0	88,0	2,87	0,68	99,53	99,84
4	88,0	64,0	3,54	0,73	75,62	75,85
5	64,0	40,0	4,22	0,78	51,68	51,86
6	40,0	0,0	8,7	1,13	19,27	19,69

## SPINTE IN FONDAZIONE

### Discretizzazione terreno

$Q_i$	Quota iniziale strato (cm);
$Q_f$	Quota finale strato (cm);
$G$	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
$E_{ps}$	Inclinazione dello strato. (°);
$F_i$	Angolo di resistenza a taglio (°);
$\Delta$	Angolo attrito terra muro;
$c$	Coesione (kPa);
$\beta$	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

$Q_i$	$Q_f$	$G$	$E_{ps}$	$F_i$	$\Delta$	$c$	$\beta$	Note
40,0	0,0	16,0	180,0	25,0	17,0	0,0	180,0	Falda

## Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
 $K_p$  Coefficiente di resistenza passiva.  
 $K_{px}, K_{py}$  Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

$\mu$	$K_p$	$K_{px}$	$K_{py}$
197,0	2,46	-2,36	-0,72

### Spinte risultanti e punto di applicazione

$Q_i$  Quota iniziale strato (cm)  
 $Q_f$  Quota finale strato (cm)  
 $R_{px}, R_{py}$  Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 $Z(R_{px})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 $Z(R_{py})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	$Q_i$	$Q_f$	$R_{px}$	$R_{py}$	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	40,0	0,0	-1,95	-0,36	13,33	13,33

### Sollecitazioni totali

$F_x$  Forza in direzione x (kN);  
 $F_y$  Forza in direzione y (kN);  
 $M$  Momento (kNm);

	$F_x$	$F_y$	$M$
Spinta terreno	23,03	4,52	8,65
Peso muro	0,0	7,5	-3,94
Peso fondazione	0,0	12,5	-7,81
Sovraccarico	0,0	9,06	-8,61
Terr. fondazione	0,0	11,52	-10,94
Spinte fondazione	-1,95	-0,36	-0,26
	<b>21,08</b>	<b>44,75</b>	<b>-22,91</b>

Momento stabilizzante -36,95 kNm

Momento ribaltante 14,04 kNm

### Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	16,12 kN
Forza verticale	69,31 kN

### Dati palo

Lunghezza	1800,0 cm
Diametro	22,0 cm
Copriferro	1,0 cm
Palo infisso	

Numero verticali indagate 5  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi3]1.5  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi4]1.34

## Stratigrafia palo

### Strato N° 1

Spessore strato	1800,0 cm
Peso unità di volume	6,19 KN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	68646,59 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	137293,1 KN/m <sup>3</sup>

### Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	85,4 cm
Cedimento del palo	0,01 cm
Spostamento in x	0,13 cm
Rotazione in testa	0,08 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 39.09 kPa

### Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	25,62 kN
Carico limite laterale (Qs)	201,82 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	151,62 kN
Peso palo (W)	1744,32 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	1,75

## MENSOLA A VALLE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
 Fx Forza in direzione x (kN);  
 Fy Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
20,0	-1,95	1,64	0,26	40,0
40,0	-10,01	6,72	3,02	40,0

## MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
65,0	0,64	-3,55	4,72	40,0
105,0	8,7	13,38	-1,85	40,0

#### A\_Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%) [GEO]

### CALCOLO SPINTE

#### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda

#### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0

#### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)  
 Qf Quota finale strato (cm)  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	160,0	136,0	1,59	0,4	147,14	147,81
2	136,0	112,0	2,28	0,44	123,4	123,83
3	112,0	88,0	2,97	0,48	99,54	99,84
4	88,0	64,0	3,66	0,51	75,62	75,85
5	64,0	40,0	4,34	0,55	51,68	51,86

### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

Py Peso del muro (kN);  
 Px Forza inerziale (kN);  
 Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
136,0	0,0	1,5	52,5	148,0
112,0	0,0	3,0	52,5	136,0
88,0	0,0	4,5	52,5	124,0
64,0	0,0	6,0	52,5	112,0
40,0	0,0	7,5	52,5	100,0

### Sollecitazioni sul muro

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).  
 Fx Forza in direzione x (kN);  
 Fy Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
136,0	1,59	1,9	0,13	25,0
112,0	3,87	3,84	0,71	25,0
88,0	6,84	5,81	1,93	25,0
64,0	10,5	7,83	3,93	25,0
40,0	14,84	9,88	6,89	25,0

### Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato (cm);  
 G Peso unità di volume (KN/m<sup>3</sup>);  
 Eps Inclinazione dello strato. (°);  
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);  
 Delta Angolo attrito terra muro;  
 c Coesione (kPa);  
 β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
40,0	0,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
 Ka Coefficiente di spinta attiva.  
 Kd Coefficiente di spinta dinamica.  
 Dk Coefficiente di incremento dinamico.  
 Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
 Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)  
 Qf Quota finale strato (cm)  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	160,0	136,0	1,51	0,57	147,1	147,81
2	136,0	112,0	2,19	0,62	123,38	123,83
3	112,0	88,0	2,87	0,68	99,53	99,84
4	88,0	64,0	3,54	0,73	75,62	75,85
5	64,0	40,0	4,22	0,78	51,68	51,86
6	40,0	0,0	8,7	1,13	19,27	19,69

### SPINTE IN FONDAZIONE

#### Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato (cm);  
 G Peso unità di volume (KN/m<sup>3</sup>);  
 Eps Inclinazione dello strato. (°);  
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);

Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
$\beta$	Angolo perpendicolare al paramento lato monte ( $^{\circ}$ );
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
40,0	0,0	16,0	180,0	25,0	17,0	0,0	180,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

$\mu$	Kp	Kpx	Kpy
197,0	2,46	-2,36	-0,72

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	40,0	0,0	-1,95	-0,36	13,33	13,33

### Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	23,03	4,52	8,65
Peso muro	0,0	7,5	-3,94
Peso fondazione	0,0	12,5	-7,81
Sovraccarico	0,0	9,06	-8,61
Terr. fondazione	0,0	11,52	-10,94
Spinte fondazione	-1,95	-0,36	-0,26
	<b>21,08</b>	<b>44,75</b>	<b>-22,91</b>

Momento stabilizzante -36,95 kNm  
Momento ribaltante 14,04 kNm

### Verifica palo max sollecitato

---

Forza orizzontale	16,12 kN
Forza verticale	69,31 kN

### Dati palo

---

Lunghezza	1800,0 cm
Diametro	22,0 cm
Copriferro	1,0 cm
Palo infisso	
Numero verticali indagate	5
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1.5
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1.34

### Stratigrafia palo

#### Strato N° 1

---

Spessore strato	1800,0 cm
Peso unità di volume	6,19 KN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	68646,59 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	137293,1 KN/m <sup>3</sup>

### Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

---

Lunghezza d'onda	85,4 cm
Cedimento del palo	0,01 cm
Spostamento in x	0,13 cm
Rotazione in testa	0,08 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 39.09 kPa

### Carico limite verticale

---

Carico limite di punta (Qp)	25,62 kN
Carico limite laterale (Qs)	201,82 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	151,62 kN
Peso palo (W)	1744,32 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	1,75

### MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
20,0	-1,95	1,64	0,26	40,0
40,0	-10,01	6,72	3,02	40,0

### MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
Fx Forza in direzione x (kN);  
Fy Forza in direzione y (kN);  
M Momento (kNm);  
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
65,0	0,64	-3,55	4,72	40,0
105,0	8,7	13,38	-1,85	40,0

### SISMA [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale  $K_h$  0.0021  
Coefficiente sismico verticale  $K_v$  0.0011

### CALCOLO SPINTE

#### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda

#### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.  
Ka Coefficiente di spinta attiva.  
Kd Coefficiente di spinta dinamica.  
Dk Coefficiente di incremento dinamico.  
Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.

Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
17,0	0,36	0,36	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,36	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,36	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,36	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,36	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)  
 Qf Quota finale strato (cm)  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	160,0	136,0	1,61	0,41	147,15	147,82
2	136,0	112,0	2,3	0,44	123,4	123,83
3	112,0	88,0	2,99	0,48	99,54	99,85
4	88,0	64,0	3,67	0,52	75,63	75,86
5	64,0	40,0	4,36	0,56	51,69	51,87

### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

Py Peso del muro (kN);  
 Px Forza inerziale (kN);  
 Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
136,0	0,0	1,5	52,5	148,0
112,0	0,01	3,0	52,5	136,0
88,0	0,01	4,5	52,5	124,0
64,0	0,01	6,0	52,5	112,0
40,0	0,02	7,5	52,5	100,0

### Sollecitazioni sul muro

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).  
 Fx Forza in direzione x (kN);  
 Fy Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
136,0	1,62	1,91	0,13	25,0
112,0	3,92	3,85	0,72	25,0
88,0	6,91	5,83	1,95	25,0
64,0	10,59	7,85	3,97	25,0

40,0      14,95      9,91      6,95      25,0

### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
40,0	0,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ      Angolo di direzione della spinta.  
 Ka      Coefficiente di spinta attiva.  
 Kd      Coefficiente di spinta dinamica.  
 Dk      Coefficiente di incremento dinamico.  
 Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
 Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
25,0	0,36	0,36	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,36	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,36	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,36	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,36	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
17,0	0,36	0,36	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi      Quota iniziale strato (cm)  
 Qf      Quota finale strato (cm)  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 Z(Rpx)      Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy)      Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	160,0	136,0	1,53	0,58	147,11	147,82
2	136,0	112,0	2,21	0,63	123,39	123,83
3	112,0	88,0	2,89	0,69	99,53	99,85

4	88,0	64,0	3,56	0,74	75,62	75,86
5	64,0	40,0	4,24	0,79	51,68	51,87
6	40,0	0,0	8,73	1,14	19,27	19,7

## SPINTE IN FONDAZIONE

### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
40,0	0,0	16,0	180,0	25,0	17,0	0,0	180,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
197,0	2,46	-2,36	-0,72

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	40,0	0,0	-1,95	-0,36	13,33	13,33

### Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	23,15	4,58	8,69
Peso muro	0,02	7,5	-3,92
Peso fondazione	0,03	12,5	-7,81

Sovraccarico	0,02	9,06	-8,58
Terr. fondazione	0,02	11,52	-10,92
Spinte fondazione	-1,95	-0,36	-0,26
	<b>21,29</b>	<b>44,8</b>	<b>-22,79</b>

Momento stabilizzante -37,02 kNm  
Momento ribaltante 14,23 kNm

### Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	16,27 kN
Forza verticale	69,15 kN

### Dati palo

Lunghezza	1800,0 cm
Diametro	22,0 cm
Copriferro	1,0 cm
Palo infisso	
Numero verticali indagate	5
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1.5
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1.34

### Stratigrafia palo

#### Strato N° 1

Spessore strato	1800,0 cm
Peso unità di volume	6,19 KN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	68646,59 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	137293,1 KN/m <sup>3</sup>

### Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	85,4 cm
Cedimento del palo	0,01 cm
Spostamento in x	0,13 cm
Rotazione in testa	0,08 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 39.09 kPa

### Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	25,62 kN
Carico limite laterale (Qs)	201,82 kN

Coefficiente di sicurezza punta (FsP) 1.7  
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL) 1.45

$R=(Q_p/X_{i3})/F_sP+(Q_s/X_{i3})/F_sL$	102,84 kN
Peso palo (W)	1744,32 Kg
Fattore di sicurezza $F_s=R/(P+W)$	1,19

## MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
20,0	-1,95	1,64	0,26	40,0
40,0	-10,09	6,61	3,01	40,0

## MENSOLA A MONTE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
65,0	0,59	-3,42	4,67	40,0
105,0	8,73	13,44	-1,86	40,0

## A2+M2+R2 [GEO]

## CALCOLO SPINTE

### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	20,46	17,0	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	20,46	17,0	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	20,46	17,0	0,0	0,0	Falda

88,0	64,0	16,0	0,0	20,46	17,0	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	20,46	17,0	0,0	0,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
 $K_a$  Coefficiente di spinta attiva.  
 $K_d$  Coefficiente di spinta dinamica.  
 $D_k$  Coefficiente di incremento dinamico.  
 $K_{ax}, K_{ay}$  Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
 $D_{kx}, D_{ky}$  Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	$K_a$	$K_d$	$D_k$	$K_{ax}$	$K_{ay}$	$D_{kx}$	$D_{ky}$
17,0	0,42	0,0	0,0	0,41	0,12	0,0	0,0
17,0	0,42	0,0	0,0	0,41	0,12	0,0	0,0
17,0	0,42	0,0	0,0	0,41	0,12	0,0	0,0
17,0	0,42	0,0	0,0	0,41	0,12	0,0	0,0
17,0	0,42	0,0	0,0	0,41	0,12	0,0	0,0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

$Q_i$  Quota iniziale strato (cm)  
 $Q_f$  Quota finale strato (cm)  
 $R_{px}, R_{py}$  Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 $Z(R_{px})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 $Z(R_{py})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	$Q_i$	$Q_f$	$R_{px}$	$R_{py}$	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	160,0	136,0	2,26	0,61	147,37	147,85
2	136,0	112,0	2,97	0,65	123,52	123,86
3	112,0	88,0	3,68	0,69	99,61	99,87
4	88,0	64,0	4,39	0,74	75,68	75,88
5	64,0	40,0	5,1	0,78	51,72	51,89

### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

$P_y$  Peso del muro (kN);  
 $P_x$  Forza inerziale (kN);  
 $X_p, Y_p$  Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	$P_x$	$P_y$	$X_p$	$Y_p$
136,0	0,0	1,5	52,5	148,0
112,0	0,0	3,0	52,5	136,0
88,0	0,0	4,5	52,5	124,0
64,0	0,0	6,0	52,5	112,0
40,0	0,0	7,5	52,5	100,0

### Sollecitazioni sul muro

$Q_{ota}$  Origine ordinata minima del muro (cm).  
 $F_x$  Forza in direzione x (kN);

Fy Forza in direzione y (kN);  
M Momento (kNm);  
H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
136,0	2,26	2,11	0,18	25,0
112,0	5,24	4,26	0,99	25,0
88,0	8,92	6,45	2,59	25,0
64,0	13,32	8,69	5,15	25,0
40,0	18,42	10,97	8,84	25,0

### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	20,46	20,46	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	20,46	20,46	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	20,46	20,46	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	20,46	20,46	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	20,46	20,46	0,0	0,0	Falda
40,0	0,0	16,0	0,0	20,46	17,0	0,0	0,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.  
Ka Coefficiente di spinta attiva.  
Kd Coefficiente di spinta dinamica.  
Dk Coefficiente di incremento dinamico.  
Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
20,46	0,42	0,0	0,0	0,39	0,15	0,0	0,0
20,46	0,42	0,0	0,0	0,39	0,15	0,0	0,0
20,46	0,42	0,0	0,0	0,39	0,15	0,0	0,0
20,46	0,42	0,0	0,0	0,39	0,15	0,0	0,0
20,46	0,42	0,0	0,0	0,39	0,15	0,0	0,0
17,0	0,42	0,0	0,0	0,41	0,12	0,0	0,0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)

Qf Quota finale strato (cm)  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	160,0	136,0	2,2	0,72	147,36	147,85
2	136,0	112,0	2,91	0,77	123,52	123,86
3	112,0	88,0	3,61	0,82	99,61	99,87
4	88,0	64,0	4,32	0,87	75,67	75,88
5	64,0	40,0	5,03	0,93	51,72	51,89
6	40,0	0,0	10,04	1,47	19,35	19,72

## SPINTE IN FONDAZIONE

### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
40,0	0,0	16,0	180,0	20,46	17,0	0,0	180,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.  
 Kp Coefficiente di resistenza passiva.  
 Kpx, Kpy Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
197,0	2,07	-1,98	-0,61

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)  
 Qf Quota finale strato (cm)  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	40,0	0,0	-1,77	-0,3	13,33	13,33

### Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	28,12	5,58	11,28
Peso muro	0,0	7,5	-3,94
Peso fondazione	0,0	12,5	-7,81
Sovraccarico	0,0	11,78	-11,19
Terr. fondazione	0,0	11,52	-10,94
Spinte fondazione	-1,77	-0,3	-0,24
	<b>26,35</b>	<b>48,58</b>	<b>-22,84</b>

Momento stabilizzante -40,86 kNm  
 Momento ribaltante 18,02 kNm

### Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	19,68 kN
Forza verticale	71,83 kN

### Dati palo

Lunghezza	1800,0 cm
Diametro	22,0 cm
Copriferro	1,0 cm
Palo infisso	
Numero verticali indagate	5
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1.5
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1.34

### Stratigrafia palo

#### Strato N° 1

Spessore strato	1800,0 cm
Peso unità di volume	6,19 KN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	68646,59 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	137293,1 KN/m <sup>3</sup>

### Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	85,4 cm
Cedimento del palo	0,01 cm
Spostamento in x	0,15 cm
Rotazione in testa	0,1 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 39.09 kPa

### Carico limite verticale

---

Carico limite di punta (Qp)	25,62 kN
Carico limite laterale (Qs)	201,82 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1.7
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1.45
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	102,84 kN
Peso palo (W)	1744,32 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	1,16

### MENSOLA A VALLE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
Fx Forza in direzione x (kN);  
Fy Forza in direzione y (kN);  
M Momento (kNm);  
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
20,0	-1,77	1,7	0,26	40,0
40,0	-11,61	5,4	3,11	40,0

### MENSOLA A MONTE

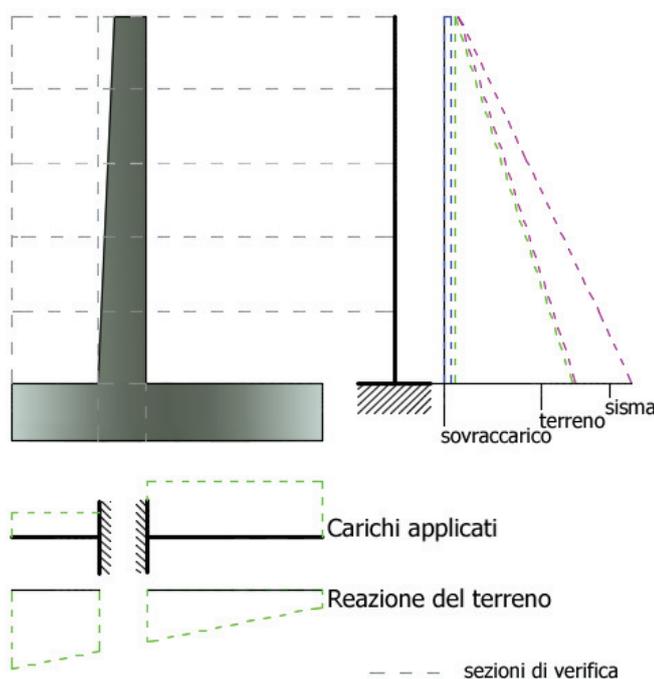
Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
Fx Forza in direzione x (kN);  
Fy Forza in direzione y (kN);  
M Momento (kNm);  
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
65,0	0,2	-1,04	4,13	40,0
105,0	10,04	15,35	-2,16	40,0

## 4 VERIFICA STRUTTURALE

### SCHEMA STATICO E CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

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



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

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

### VERIFICHE STRUTTURALI

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

$$E_d \leq R_d$$

in cui:

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

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

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

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

#### RESISTENZA DI CALCOLO DEI MATERIALI

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

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

dove:

$\alpha_{cc}$  coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata;

$f_{ck}$  resistenza cilindrica caratteristica del conglomerato;

$\gamma_c$  coefficiente di sicurezza parziale del calcestruzzo.

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

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

dove:

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

$\gamma_s$  coefficiente di sicurezza parziale dell'acciaio.

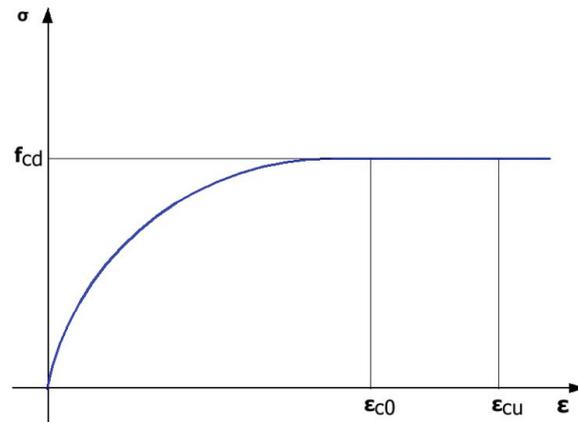
#### DIAGRAMMA DI CALCOLO TENSIONE-DEFORMAZIONE DEL CALCESTRUZZO

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

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

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

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



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

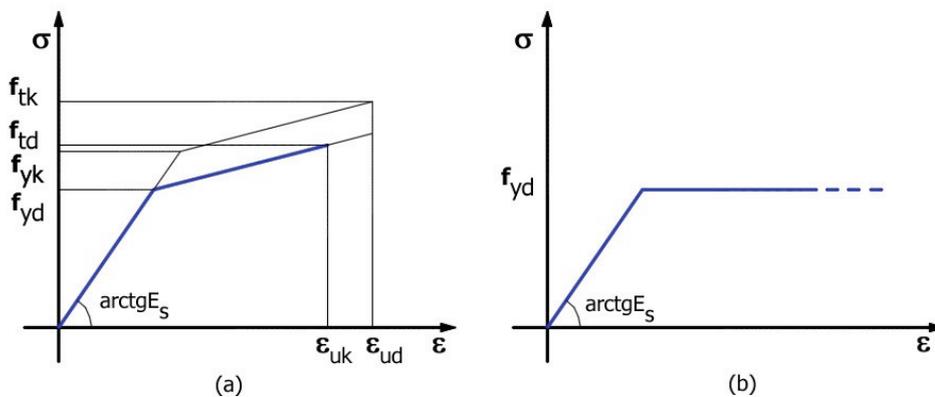
$$\varepsilon_{c2} = 0.002 + 0.000085 \cdot (f_{ck} - 50)^{0.53}$$

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

#### DIAGRAMMA DI CALCOLO TENSIONE-DEFORMAZIONE DEL CALCESTRUZZO

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

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



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

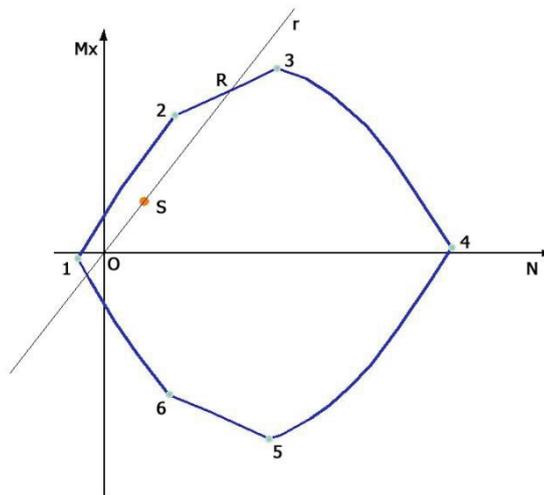
$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 4500 / 1,15 = 3913 \text{ daN/cm}^2$$

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

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

## VERIFICA DI PRESSOFLESSIONE

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



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

## VERIFICA A TAGLIO

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

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

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

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

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

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

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

#### MINIMI DI ARMATURA

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

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

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

#### Dati generali

---

Zona	iseo
Lat./Long. [WGS84]	45.662735/10.049864
Normativa GEO	NTC 2018
Normativa STR	NTC 2018
Spinta	Mononobe & Okabe [M.O. 1929]

#### Dati generali muro

---

Altezza muro	120,0 cm
Spessore testa muro	25,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	40,0 cm
Sporgenza mensola a monte	60,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	40,0 cm

Altezza estremità mensola a monte 40,0 cm

**Pali**

Sezione dei pali 22,0 cm  
Lunghezza dei pali 1800,0 cm  
Distanza asse da estremità mensola 20,0 cm  
Interasse longitudinale 200,0 cm  
Disposizione in pianta Sfalsati

**Armatura con tubolare**

Descrizione: UNI 7811

Diametro esterno 219 mm  
Diametro interno 203 mm

**Verticali indagate**

Numero verticali indagate 5,0  
Fattore correlazione verticali indagate (xi3) 1,5  
Fattore correlazione verticali indagate (xi4) 1,34

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

---

---

=

**Dati generali**

Tipo opera: 3 - Grandi opere  
Classe d'uso: Classe IV  
Vita nominale: 100,0 [anni]  
Vita di riferimento: 200,0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo: C  
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,078	2,4	0,256
S.L.D.	201,0	0,097	2,41	0,264
S.L.V.	1898,0	0,214	2,505	0,297
S.L.C.	2475,0	0,233	2,512	0,302

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,117	0,18	0,0021	0,0011
S.L.D.	0,1455	0,18	0,0027	0,0013
S.L.V.	0,321	0,18	0,0059	0,0029
S.L.C.	0,3495	0,18	0,0064	0,0032

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

**Conglomerati**

Nr.	Classe	fck,cubi	Ec	fck	fcd	fctd	fctm
-----	--------	----------	----	-----	-----	------	------

	Calcestruzzo	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1	C20/25	25	29960	20	11.33	1.03	2.21
2	C25/30	30	31470	25	14.16	1.19	2.56
3	C28/35	35	32300	28	15.86	1.28	2.76
4	C32/40	40	34923	40	18.13	1.41	3.02

Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ftk [Mpa]	ftd [Mpa]	ep_tk	epd_ult	$\beta_1*\beta_2$ iniziale	$\beta_1*\beta_2$ finale
1	B450C	200000	450	391.3	540	391.3	0.075	0.0675	1	0.5
2	B450C*	200000	450	391.3	540	450	0.075	0.0675	1	0.5
3	B450C**	200000	450	391.3	458.3	398.5	0.012	0.01	1	0.5
4	S235H	200000	240	210	360	210	0.012	0.01	1	0.5
5	S275H	200000	280	243	460	244	0.012	0.01	1	0.5
6	S355H	200000	360	312	510	360	0.012	0.01	1	0.5

Materiali impiegati realizzazione muro C32/40 B450C

Materiali impiegati realizzazione pali C32/40 S355H

Copriferro, Elevazione 5,0 cm  
Copriferro, Fondazione 4,0 cm  
Copriferro, Dente di fondazione 4,0 cm

## Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unitario di volume (KN/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
1	15160	0	16.00	25	0.00	17	Si		Ghiaia con sabbia o ghiaia sabbiosa

Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
g2	10.0	211.0	5.1	5.1	0.0
q	10.0	181.0	10.0	10.0	0.0

## FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R3

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
-----	--------	----------------------

1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.30
3	Peso terreno mensola	1.30
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	g2	1.50
8	q	1.50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

#### A Unitari+M1+RSLV

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	g2	1.00
8	q	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

#### A Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00

4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	g2	1.00
8	q	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

#### SISMA

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	g2	1.00
8	q	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1.7
2	Laterale compressione	1.45
3	Coefficiente totale	1.6
4	Laterale (trazione)	1.6
5	Orizzontale	1.6
	Riduzione resistenza	Parziale

#### A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00

7	g2	1.30
8	q	1.30

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1.25
2	Coazione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	14
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1.7
2	Laterale compressione	1.45
3	Coefficiente totale	1.6
4	Laterale (trazione)	1.6
5	Orizzontale	1.6
	Riduzione resistenza	Parziale

### A1+M1+R3 [STR]

## CALCOLO SPINTE

### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0

17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)  
 Qf Quota finale strato (cm)  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	160,0	136,0	2,24	0,6	147,35	147,84
2	136,0	112,0	2,96	0,65	123,51	123,85
3	112,0	88,0	3,69	0,69	99,61	99,86
4	88,0	64,0	4,41	0,74	75,67	75,87
5	64,0	40,0	5,13	0,79	51,72	51,88

### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

Py Peso del muro (kN);  
 Px Forza inerziale (kN);  
 Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
136,0	0,0	1,5	52,5	148,0
112,0	0,0	3,0	52,5	136,0
88,0	0,0	4,5	52,5	124,0
64,0	0,0	6,0	52,5	112,0
40,0	0,0	7,5	52,5	100,0

### Sollecitazioni sul muro

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).  
 Fx Forza in direzione x (kN);  
 Fy Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
136,0	2,24	2,1	0,18	25,0
112,0	5,2	4,24	0,98	25,0
88,0	8,88	6,44	2,56	25,0
64,0	13,29	8,68	5,12	25,0
40,0	18,43	10,97	8,81	25,0

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

Afv Area dei ferri lato valle.

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

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	1,96	55,85	S	126,47	0,0	55,47
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	4,29	56,07	S	126,5	0,0	23,87
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	6,61	56,29	S	126,53	0,0	13,97
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	8,94	56,51	S	126,55	0,0	9,34
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	11,26	56,73	S	126,58	0,0	6,74

### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
40,0	0,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0

## Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	160,0	136,0	2,11	0,85	147,32	147,84
2	136,0	112,0	2,82	0,92	123,49	123,85
3	112,0	88,0	3,53	0,99	99,6	99,86
4	88,0	64,0	4,25	1,06	75,66	75,87
5	64,0	40,0	4,96	1,13	51,71	51,88
6	40,0	0,0	10,08	1,6	19,33	19,72

## SPINTE IN FONDAZIONE

### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
40,0	0,0	16,0	180,0	25,0	17,0	0,0	180,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
197,0	2,46	-2,36	-0,72

## Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
----	----	-----	-----	--------	--------

---

1	40,0	0,0	-1,95	-0,36	13,33	13,33
---	------	-----	-------	-------	-------	-------

### Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	27,75	6,55	9,65
Peso muro	0,0	7,5	-3,94
Peso fondazione	0,0	12,5	-7,81
Sovraccarico	0,0	13,59	-12,91
Terr. fondazione	0,0	14,98	-14,23
Spinte fondazione	-1,95	-0,36	-0,26
	<b>25,8</b>	<b>54,76</b>	<b>-29,5</b>

---

Momento stabilizzante -47,08 kNm  
 Momento ribaltante 17,58 kNm

### Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	19,43 kN
Forza verticale	87,17 kN

### Dati palo

Lunghezza	1800,0 cm
Diametro	22,0 cm
Copriferro	1,0 cm
Palo infisso	
Numero verticali indagate	5
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1.5
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1.34

### Stratigrafia palo

#### Strato N° 1

Spessore strato	1800,0 cm
Peso unità di volume	6,19 KN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	68646,59 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	137293,1 KN/m <sup>3</sup>

### Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	85,4 cm
------------------	---------

Cedimento del palo	0,02 cm
Spostamento in x	0,15 cm
Rotazione in testa	0,1 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 39.09 kPa

### Carico limite verticale

---

Carico limite di punta (Qp)	25,62 kN
Carico limite laterale (Qs)	201,82 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	151,62 kN
Peso palo (W)	1744,32 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	1,45

### Verifica palo in testa

---

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	87,17 kN
Taglio	19,43 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	1818,1 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	126,33 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	668,25 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

### Verifica palo alla profondità di cm 107.00

---

Momento	5,47 kNm
Sforzo normale	88,17 kN
Taglio	0,0 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	1818,1 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	126,33 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	668,25 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

### Verifiche palo alla profondità di cm 170.80

---

Momento	2,16 kNm
Sforzo normale	88,76 kN
Taglio	0,0 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	1818,1 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	126,33 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	668,25 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

## MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
20,0	-1,95	1,64	0,26	40,0
40,0	-11,66	8,65	3,73	40,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	1,8	103,09	S	185,58	0,0	110,76
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	11,93	104,76	S	185,71	0,0	21,06

## MENSOLA A MONTE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
65,0	0,37	-5,92	6,05	40,0
105,0	10,08	16,92	-2,41	40,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	0,11	102,82	S	185,56	0,0	30,72
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	10,24	104,48	S	185,69	0,0	10,76

### A\_Unitari+M1+RSLV [GEO+STR]

## CALCOLO SPINTE

### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	160,0	136,0	1,59	0,4	147,14	147,81
2	136,0	112,0	2,28	0,44	123,4	123,83
3	112,0	88,0	2,97	0,48	99,54	99,84
4	88,0	64,0	3,66	0,51	75,62	75,85
5	64,0	40,0	4,34	0,55	51,68	51,86

### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

Py Peso del muro (kN);  
 Px Forza inerziale (kN);  
 Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
136,0	0,0	1,5	52,5	148,0
112,0	0,0	3,0	52,5	136,0
88,0	0,0	4,5	52,5	124,0
64,0	0,0	6,0	52,5	112,0
40,0	0,0	7,5	52,5	100,0

### Sollecitazioni sul muro

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).  
 Fx Forza in direzione x (kN);  
 Fy Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
136,0	1,59	1,9	0,13	25,0
112,0	3,87	3,84	0,71	25,0
88,0	6,84	5,81	1,93	25,0
64,0	10,5	7,83	3,93	25,0
40,0	14,84	9,88	6,89	25,0

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

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

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	1,96	55,85	S	126,47	0,0	77,86

5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	3,9	56,03	S	126,49	0,0	32,02
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	5,84	56,22	S	126,52	0,0	18,13
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	8,16	56,44	S	126,54	0,0	11,82
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	10,1	56,62	S	126,57	0,0	8,36

### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
40,0	0,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,0	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
17,0	0,36	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
----	----	-----	-----	--------	--------

1	160,0	136,0	1,51	0,57	147,1	147,81
2	136,0	112,0	2,19	0,62	123,38	123,83
3	112,0	88,0	2,87	0,68	99,53	99,84
4	88,0	64,0	3,54	0,73	75,62	75,85
5	64,0	40,0	4,22	0,78	51,68	51,86
6	40,0	0,0	8,7	1,13	19,27	19,69

## SPINTE IN FONDAZIONE

### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
40,0	0,0	16,0	180,0	25,0	17,0	0,0	180,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
197,0	2,46	-2,36	-0,72

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	40,0	0,0	-1,95	-0,36	13,33	13,33

### Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
--	----	----	---

Spinta terreno	23,03	4,52	8,65
Peso muro	0,0	7,5	-3,94
Peso fondazione	0,0	12,5	-7,81
Sovraccarico	0,0	9,06	-8,61
Terr. fondazione	0,0	11,52	-10,94
Spinte fondazione	-1,95	-0,36	-0,26
	<b>21,08</b>	<b>44,75</b>	<b>-22,91</b>

---

Momento stabilizzante -36,95 kNm

Momento ribaltante 14,04 kNm

### Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	16,12 kN
Forza verticale	69,31 kN

### Dati palo

Lunghezza	1800,0 cm
Diametro	22,0 cm
Copriferro	1,0 cm
Palo infisso	
Numero verticali indagate	5
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1.5
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1.34

### Stratigrafia palo

#### Strato N° 1

Spessore strato	1800,0 cm
Peso unità di volume	6,19 KN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	68646,59 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	137293,1 KN/m <sup>3</sup>

### Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	85,4 cm
Cedimento del palo	0,01 cm
Spostamento in x	0,13 cm
Rotazione in testa	0,08 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 39.09 kPa

### Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	25,62 kN
Carico limite laterale (Qs)	201,82 kN

Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	151,62 kN
Peso palo (W)	1744,32 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	1,75

### Verifica palo in testa

---

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	69,31 kN
Taglio	16,12 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	1818,1 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	126,56 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	668,25 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

### Verifica palo alla profondità di cm 107.00

---

Momento	4,54 kNm
Sforzo normale	70,3 kN
Taglio	0,0 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	1818,1 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	126,56 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	668,25 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

### Verifiche palo alla profondità di cm 170.80

---

Momento	1,79 kNm
Sforzo normale	70,9 kN
Taglio	0,0 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	1818,1 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	126,56 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	668,25 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

### MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
---------	----	----	---	---

---

20,0	-1,95	1,64	0,26	40,0
40,0	-10,01	6,72	3,02	40,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	1,8	103,09	S	185,58	0,0	110,76
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	10,24	104,48	S	185,69	0,0	27,08

### MENSOLA A MONTE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
65,0	0,64	-3,55	4,72	40,0
105,0	8,7	13,38	-1,85	40,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	0,68	102,91	S	185,56	0,0	51,25
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	9,12	104,3	S	185,67	0,0	13,61

### SISMA [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0.0021
Coefficiente sismico verticale Kv	0.0011

## CALCOLO SPINTE

### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
17,0	0,36	0,36	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,36	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,36	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,36	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
17,0	0,36	0,36	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	160,0	136,0	1,61	0,41	147,15	147,82
2	136,0	112,0	2,3	0,44	123,4	123,83
3	112,0	88,0	2,99	0,48	99,54	99,85
4	88,0	64,0	3,67	0,52	75,63	75,86
5	64,0	40,0	4,36	0,56	51,69	51,87

## CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

Py      Peso del muro (kN);  
 Px      Forza inerziale (kN);  
 Xp, Yp   Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
136,0	0,0	1,5	52,5	148,0
112,0	0,01	3,0	52,5	136,0
88,0	0,01	4,5	52,5	124,0
64,0	0,01	6,0	52,5	112,0
40,0	0,02	7,5	52,5	100,0

## Sollecitazioni sul muro

Quota    Origine ordinata minima del muro (cm).  
 Fx      Forza in direzione x (kN);  
 Fy      Forza in direzione y (kN);  
 M      Momento (kNm);  
 H      Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
136,0	1,62	1,91	0,13	25,0
112,0	3,92	3,85	0,72	25,0
88,0	6,91	5,83	1,95	25,0
64,0	10,59	7,85	3,97	25,0
40,0	14,95	9,91	6,95	25,0

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

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

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	1,96	55,85	S	126,47	0,0	76,72
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	3,9	56,03	S	126,49	0,0	31,65
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	5,84	56,22	S	126,52	0,0	17,96
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	8,16	56,44	S	126,54	0,0	11,72
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	10,1	56,62	S	126,57	0,0	8,3

## Discretizzazione terreno

Qi      Quota iniziale strato (cm);  
 Qf      Quota finale strato (cm);

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
160,0	136,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
136,0	112,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
112,0	88,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
88,0	64,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
64,0	40,0	16,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	Falda
40,0	0,0	16,0	0,0	25,0	17,0	0,0	0,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
25,0	0,36	0,36	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,36	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,36	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,36	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
25,0	0,36	0,36	0,0	0,32	0,15	0,0	0,0
17,0	0,36	0,36	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	160,0	136,0	1,53	0,58	147,11	147,82
2	136,0	112,0	2,21	0,63	123,39	123,83
3	112,0	88,0	2,89	0,69	99,53	99,85
4	88,0	64,0	3,56	0,74	75,62	75,86
5	64,0	40,0	4,24	0,79	51,68	51,87
6	40,0	0,0	8,73	1,14	19,27	19,7

### SPINTE IN FONDAZIONE

#### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
40,0	0,0	16,0	180,0	25,0	17,0	0,0	180,0	Falda

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
197,0	2,46	-2,36	-0,72

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	40,0	0,0	-1,95	-0,36	13,33	13,33

### Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	23,15	4,58	8,69
Peso muro	0,02	7,5	-3,92
Peso fondazione	0,03	12,5	-7,81
Sovraccarico	0,02	9,06	-8,58
Terr. fondazione	0,02	11,52	-10,92
Spinte fondazione	-1,95	-0,36	-0,26
	<b>21,29</b>	<b>44,8</b>	<b>-22,79</b>

Momento stabilizzante -37,02 kNm  
Momento ribaltante 14,23 kNm

### Verifica palo max sollecitato

---

Forza orizzontale 16,27 kN  
Forza verticale 69,15 kN

### Dati palo

---

Lunghezza 1800,0 cm  
Diametro 22,0 cm  
Copriferro 1,0 cm  
Palo infisso  
Numero verticali indagate 5  
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]1.5  
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]1.34

### Stratigrafia palo

#### Strato N° 1

---

Spessore strato 1800,0 cm  
Peso unità di volume 6,19 KN/m<sup>3</sup>  
Angolo di attrito 25,0 °  
Coesione 0,0 kPa  
Modulo di elasticità 68646,59 kPa  
Modulo di reaz. orizzontale 137293,1 KN/m<sup>3</sup>

### Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

---

Lunghezza d'onda 85,4 cm  
Cedimento del palo 0,01 cm  
Spostamento in x 0,13 cm  
Rotazione in testa 0,08 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 39.09 kPa

### Carico limite verticale

---

Carico limite di punta (Qp) 25,62 kN  
Carico limite laterale (Qs) 201,82 kN

Coefficiente di sicurezza punta (FsP) 1.7  
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL) 1.45

$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$  102,84 kN  
Peso palo (W) 1744,32 Kg  
Fattore di sicurezza  $Fs=R/(P+W)$  1,19

### Verifica palo in testa

---

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	69,15 kN
Taglio	16,27 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	1818,1 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	126,56 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	668,25 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

### Verifica palo alla profondità di cm 107.00

---

Momento	4,58 kNm
Sforzo normale	70,15 kN
Taglio	0,0 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	1818,1 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	126,56 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	668,25 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

### Verifiche palo alla profondità di cm 170.80

---

Momento	1,81 kNm
Sforzo normale	70,74 kN
Taglio	0,0 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	1818,1 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	126,56 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	668,25 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

### MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
20,0	-1,95	1,64	0,26	40,0
40,0	-10,09	6,61	3,01	40,0

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

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);

Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);  
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT  $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$   
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	1,8	103,09	S	185,58	0,0	110,76
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	10,24	104,48	S	185,69	0,0	27,56

### MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
 Fx Forza in direzione x (kN);  
 Fy Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
65,0	0,59	-3,42	4,67	40,0
105,0	8,73	13,44	-1,86	40,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	0,68	102,91	S	185,56	0,0	53,23
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	9,12	104,3	S	185,67	0,0	13,55