



MINISTERO DELL'INTERNO
DIPARTIMENTO AFFARI INTERNI



COMUNE DI LAURO
PROVINCIA DI AVELLINO

**CONSOLIDAMENTO DELLE SCARPATE DEL SERBATOIO DI
CARICO DELL'ACQUEDOTTO SITUATO IN LOCALITA'
SANT'ANGELO**

ESECUTIVO

TABULATI DI CALCOLO	TAVOLA	DATA:	SCALA:
	STR2	FEBBRAIO 2022	

IL PROGETTISTA *Arch. Diego Maria Troncione*

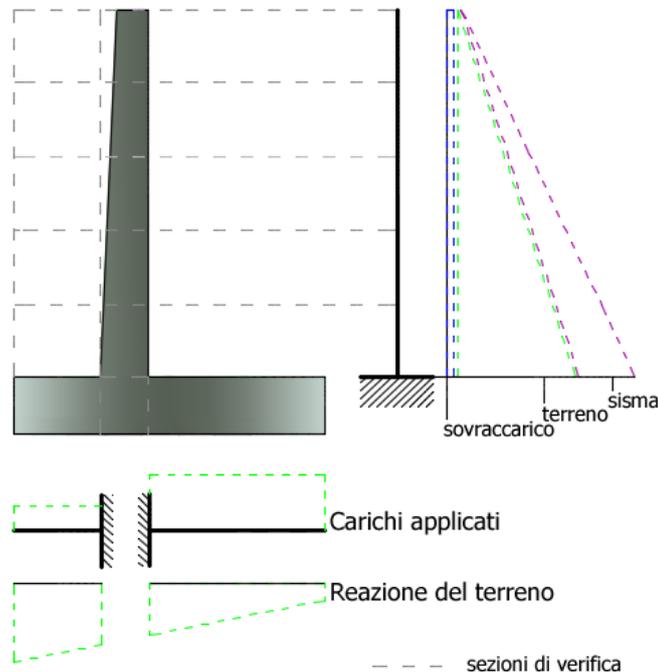
2					
1					
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

IL COMMITTENTE COMUNE DI LAURO (AV)	VISTO:
--	---------------

MURO 1

SCHEMA STATICO E CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

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



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

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

VERIFICHE STRUTTURALI

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

$$E_d \leq R_d$$

in cui:

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

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

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

R_d è il valore di calcolo della corrispondente sollecitazione resistente sviluppata dai materiali costituenti la sezione, le cui resistenze di calcolo sono ottenute a partire da quelle caratteristiche mediante

l'applicazione di coefficienti riduttivi (detti parziali per le resistenze) allo scopo di assicurare il prefissato grado di sicurezza: $R_{di} = R_{ki} / \gamma_{Mi}$

RESISTENZA DI CALCOLO DEI MATERIALI

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

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

dove:

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

f_{ck} resistenza cilindrica caratteristica del conglomerato;

γ_c coefficiente di sicurezza parziale del calcestruzzo.

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

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

dove:

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

γ_s coefficiente di sicurezza parziale dell'acciaio.

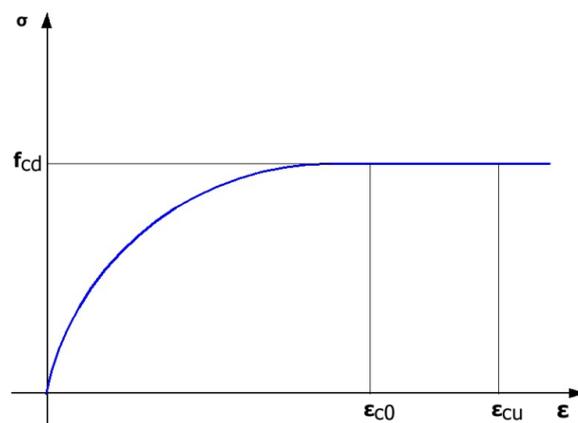
DIAGRAMMA DI CALCOLO TENSIONE-DEFORMAZIONE DEL CALCESTRUZZO

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

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

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

$$\sigma = 2 \cdot f_{cd} \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{c0}} - f_{cd} \frac{\epsilon_c^2}{\epsilon_{c0}^2}$$



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

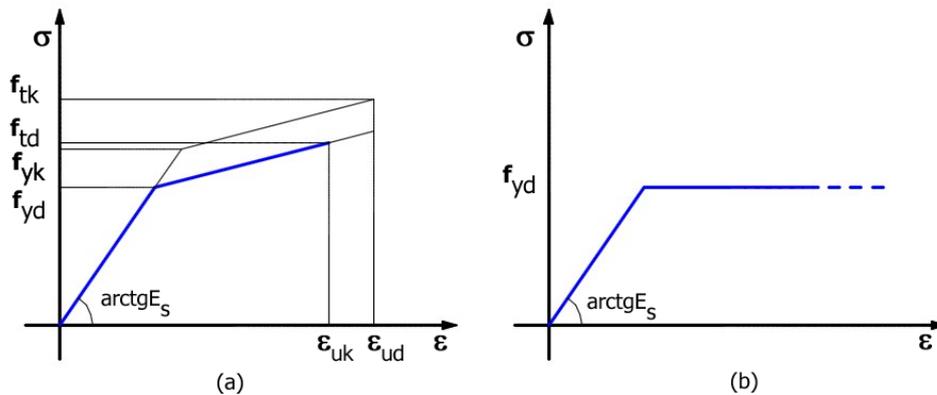
$$\epsilon_{c2} = 0.002 + 0.000085 \cdot (f_{ck} - 50)^{0.53}$$

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

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 $\epsilon_{ud} = 0,9 \epsilon_{uk}$, essendo ϵ_{uk} la deformazione uniforme ultima che deve essere $\geq 0,075$ per l'acciaio B450C e $k=f_{tk}/f_{yk}$ (rapporto di 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:

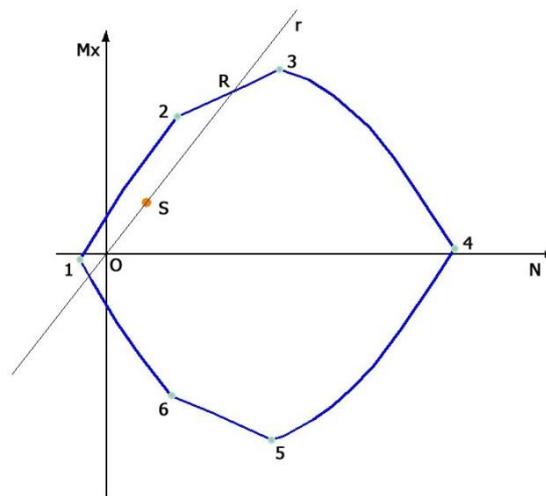
$$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 4500/1,15 = 3913 \text{ daN/cm}^2$$

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

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

VERIFICA DI PRESSOFLESSIONE

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



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

VERIFICA A TAGLIO

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

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

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

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (V_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.23)$$

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

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

MINIMI DI ARMATURA

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

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

Le verifiche delle combinazioni sismiche per le strutture di fondazione (pali compresi) verranno eseguite in modalità e sostanzialmente elastica cioè la resistenza a flessione (semplice o composta) verrà limitata al raggiungimento del momento di prima plasticizzazione, cioè al momento più piccolo tra quello che comporta il raggiungimento della tensione di snervamento nell'acciaio e quello che comporta il raggiungimento della deformazione unitaria di compressione pari a 0.002 nel calcestruzzo (il programma per il calcestruzzo utilizza comunque il legame costitutivo parabolico). Ciò comporterà una riduzione della resistenza a flessione (rispetto a quella calcolata allo stato limite ultimo) di 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	Lauro (AV)
Lat./Long. [WGS84]	40.8805917/14.6316269
Normativa GEO	NTC 2018
Normativa STR	NTC 2018
Spinta	Mononobe & Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	200,0 cm
Spessore testa muro	30,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	1,0 cm
Sporgenza mensola a monte	120,0 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	50,0 cm
Lunghezza dei pali	700,0 cm
Distanza asse da estremità mensola	100,0 cm
Interasse longitudinale	150,0 cm
Disposizione in pianta	Allineati

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

Conglomerati

Nr.	Classe Calcestruzzo	fck,cubi [Mpa]	Ec [Mpa]	fck [Mpa]	fcd [Mpa]	fctd [Mpa]	fctm [Mpa]
1	C20/25	25	29960	20	11.33	1.03	2.21
2	C25/30	30	31470	25	14.16	1.19	2.56
3	C28/35	35	32300	28	15.86	1.28	2.76
4	C40/50	50	35220	40	19.83	1.49	3.2

Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ftk [Mpa]	ftd [Mpa]	ep_tk	epd_ult	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
Materiali impiegati realizzazione pali

C25/30 B450C
C25/30 B450C

Copriferro, Elevazione
Copriferro, Fondazione

3,0 cm
3,0 cm

Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m ³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione	
1	240	0	14.53	27	4.90	18	No		Terreno vegetale	
2	620	0	18.80	33	0.00	22	No		Ghiaia con sabbia o ghiaia sabbiosa	
3	80	0	22.70	49	0.00	32	No		Substrato roccioso	

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 ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
240,0	200,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
200,0	160,0	18,0	0,0	20,0	14,0	0,0	0,0	
160,0	120,0	18,0	0,0	20,0	14,0	0,0	0,0	
120,0	80,0	18,0	0,0	20,0	14,0	0,0	0,0	
80,0	40,0	18,0	0,0	20,0	14,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14,0	0,44	0,0	0,0	0,42	0,11	0,0	0,0
14,0	0,44	0,0	0,0	0,42	0,11	0,0	0,0
14,0	0,44	0,0	0,0	0,42	0,11	0,0	0,0
14,0	0,44	0,0	0,0	0,42	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	240,0	200,0	0,0	0,0	220,0	220,0
2	200,0	160,0	0,61	0,15	173,33	173,33
3	160,0	120,0	1,83	0,46	137,78	137,78
4	120,0	80,0	3,05	0,76	98,67	98,67
5	80,0	40,0	4,27	1,06	59,05	59,05

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
200,0	0,0	3,0	16,0	220,0
160,0	0,0	6,0	16,0	200,0
120,0	0,0	9,0	16,0	180,0
80,0	0,0	12,0	16,0	160,0
40,0	0,0	15,0	16,0	140,0

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
200,0	0,0	3,0	0,0	30,0
160,0	0,61	6,15	0,06	30,0
120,0	2,44	9,61	0,56	30,0
80,0	5,49	13,37	1,99	30,0
40,0	9,76	17,43	4,84	30,0

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

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

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16						
(10,05) 2,78	98,33	S	149,46	0,0759541654708534,0			
5Ø16 (10,05)	5Ø16						
(10,05) 6,34	98,74	S	128,49	0,0206619405655997,0			
5Ø16 (10,05)	5Ø16						
(10,05) 9,9	99,15	S	128,97	0,0518461225916478,0			
5Ø16 (10,05)	5Ø16						
(10,05) 13,45	99,55	S	129,48	0,0231352057651361,0			
5Ø16 (10,05)	5Ø16						
(10,05) 17,88	100,06	S	130,04	0,0130697884422982,0			

Discretizzazione terreno

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

β Angolo perpendicolare al paramento lato monte ($^{\circ}$);
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
221,2	200,0	14,53	10,0	27,29	18,19	4,9	0,0	
200,0	160,0	14,53	10,0	27,29	18,19	4,9	0,0	
160,0	120,0	14,53	10,0	27,29	18,19	4,9	0,0	
120,0	80,0	14,53	10,0	27,29	18,19	4,9	0,0	
80,0	40,0	14,53	10,0	27,29	18,19	4,9	0,0	
40,0	1,0	14,53	10,0	27,29	18,19	4,9	0,0	
1,0	0,0	18,8	0,0	32,61	21,74	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
18,19	0,38	0,0	0,0	0,36	0,12	0,0	0,0
18,19	0,38	0,0	0,0	0,36	0,12	0,0	0,0
18,19	0,38	0,0	0,0	0,36	0,12	0,0	0,0
18,19	0,38	0,0	0,0	0,36	0,12	0,0	0,0
18,19	0,38	0,0	0,0	0,36	0,12	0,0	0,0
18,19	0,38	0,0	0,0	0,36	0,12	0,0	0,0
21,74	0,27	0,0	0,0	0,25	0,1	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	221,2	200,0	0,0	0,0	210,6	210,6
2	200,0	160,0	0,0	0,0	180,0	180,0
3	160,0	120,0	0,0	0,0	140,0	140,0
4	120,0	80,0	0,27	0,09	90,67	90,67
5	80,0	40,0	1,1	0,36	57,44	57,44
6	40,0	1,0	1,88	0,62	19,12	19,12

Spinta terreno	3,36	1,11	-0,43
Peso muro	0,0	15,0	-2,4
Peso fondazione	0,0	15,1	-11,4
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	36,85	-33,97
Spinte fondazione	-4,66	-1,86	-0,62
	-1,3	66,19	-48,83

Momento stabilizzante -49,44 kNm
Momento ribaltante 0,61 kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	5,04 kN
Forza verticale	102,08 kN
Momento	0,92 kNm

Dati palo

Lunghezza	700,0 cm
Diametro	50,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	
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	620,0 cm
Peso unità di volume	18,8 KN/m ³
Angolo di attrito	32,61 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	11760,0 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	294199,5 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	80,0 cm
-----------------	---------

Peso unità di volume	22,7 KN/m ³
Angolo di attrito	48,59 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	44247,0 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda	127,3 cm
Cedimento del palo	0,04 cm
Spostamento in x	0,01 cm
Rotazione in testa	0,0 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 239.61 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	12610,49 kN
Carico limite laterale (Qs)	357,18 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	12967,67 kN
Peso palo (W)	3503,86 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	95,04

Verifica palo in testa

Momento	0,74 kNm
Sforzo normale	102,08 kN
Taglio	5,04 kN
Diametro ferri	16 mm
Numero ferri	10
Diametro staffe	8 mm
Passo staffe	12 cm
Area ferri	20,11 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	102,08 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	118,75 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	397,0 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	282,23 kN
Stato verifica a taglio	Verificata

Verifica palo alla profondità di cm 159.00

Momento	2,72 kNm
---------	----------

Sforzo normale	109,73 kN
Taglio	-0,51 kN
Diametro ferri	16 mm
Numero ferri	10
Diametro staffe	8 mm
Passo staffe	12 cm
Area ferri	20,11 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	109,73 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	119,8 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	397,52 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	281,89 kN
Stato verifica a taglio	Verificata

Verifiche palo alla profondità di cm 254.60

Momento	0,9 kNm
Sforzo normale	114,35 kN
Taglio	0,0 kN
Diametro ferri	16 mm
Numero ferri	10
Diametro staffe	8 mm
Passo staffe	12 cm
Area ferri	20,11 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	114,35 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	120,43 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	397,52 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	281,89 kN
Stato verifica a taglio	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
1,0	-4,66	-1,76	0,29	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
—								
5Ø16 (10,05)		5Ø16						
(10,05)	4,82	137,43	S	149,52	0,0833428018681462,0			

MENSOLA A MONTE

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
—				
31,0	-3,25	-25,2	20,26	40,0
100,0	0,12	19,3	-5,25	40,0

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

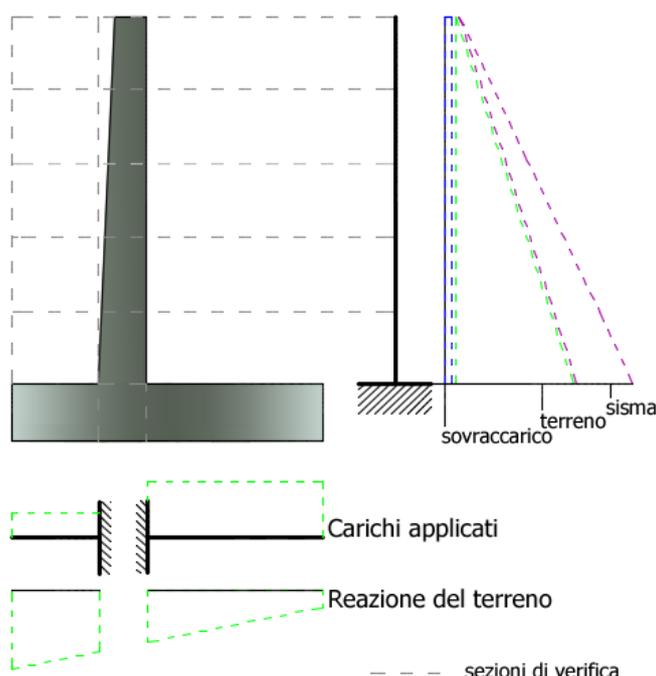
Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	$\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi		Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
—								
5Ø16 (10,05)		5Ø16						
(10,05)	3,21	137,18	S	149,5	0,0581709468017536,0			
5Ø16 (10,05)		5Ø16						
(10,05)	0,0	136,67	S	149,46	0,0759541654708776,0			

MURO 2

SCHEMA STATICO E CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

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



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

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

VERIFICHE STRUTTURALI

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

$$E_d \leq R_d$$

in cui:

E_d rappresenta una sollecitazione di progetto (*ad esempio uno sforzo flettente, torcente, oppure una sollecitazione composta etc.*), prodotta dalle azioni agenti F_{dj} sul muro, valutate in base ai propri valori

caratteristici e maggiorate in base a opportuni coefficienti di combinazione: $F_{dj} = F_{kj} \gamma F_j$

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

Si supponga, ad esempio, che in una data sezione agiscano contemporaneamente le sollecitazioni di progetto N_{Ed} ed M_{Ed} (sforzo normale e momento flettente); ad esse corrispondono infinite coppie di valori resistenti N_R, M_R che nel loro insieme costituiscono la linea di frontiera di un dominio resistente.

La misura della sicurezza, in questo caso, consiste nel controllare che il punto rappresentativo delle sollecitazioni di progetto allo stato limite ultimo ricada internamente o al più sulla linea di frontiera di tale dominio, detto di sicurezza

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

RESISTENZA DI CALCOLO DEI MATERIALI

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

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

dove:

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

f_{ck} resistenza cilindrica caratteristica del conglomerato;

γ_c coefficiente di sicurezza parziale del calcestruzzo.

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

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

dove:

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

γ_s coefficiente di sicurezza parziale dell'acciaio.

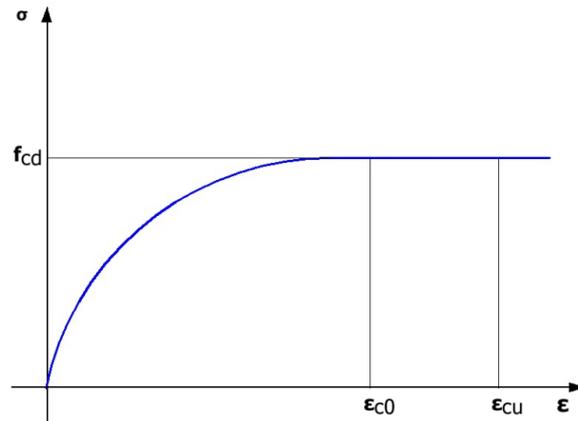
DIAGRAMMA DI CALCOLO TENSIONE-DEFORMAZIONE DEL CALCESTRUZZO

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

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

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

$$\sigma = 2 \cdot f_{cd} \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{c0}} - f_{cd} \frac{\epsilon_c^2}{\epsilon_{c0}^2}$$



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

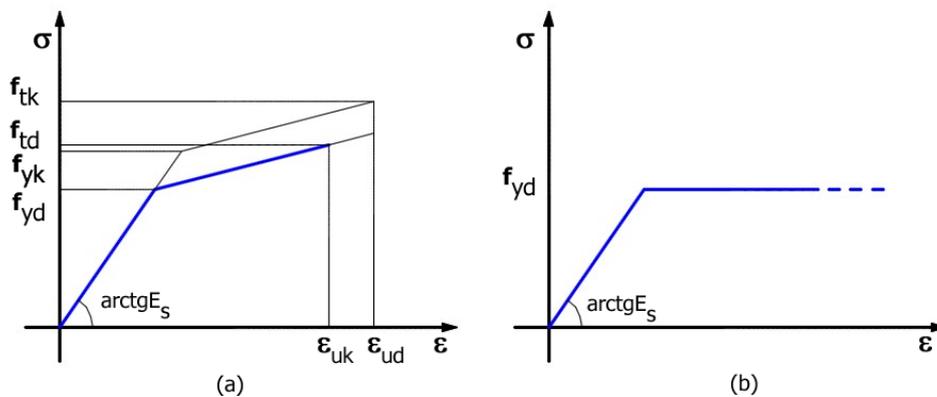
$$\epsilon_{c2} = 0.002 + 0.000085 \cdot (f_{ck} - 50)^{0.53}$$

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

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 $\epsilon_{ud} = 0,9 \epsilon_{uk}$, essendo ϵ_{uk} la deformazione uniforme ultima che deve essere $\geq 0,075$ per l'acciaio B450C e $k = f_{tk} / f_{yk}$ (rapporto di 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:

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

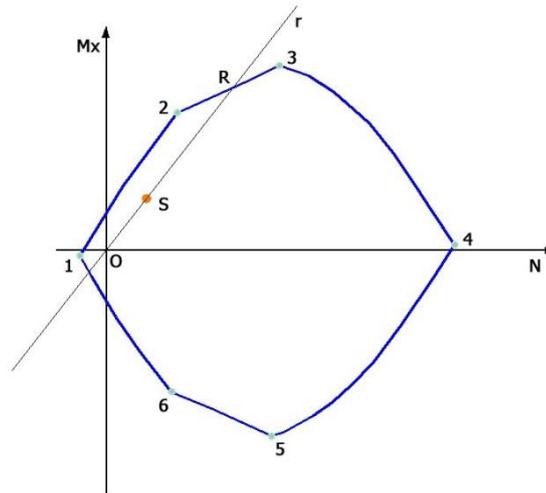
$$\epsilon_{ud} = 0,9 \times 0,075 = 0,0675$$

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

VERIFICA DI PRESSOFLESSIONE

Assegnata una generica coppia di sollecitazioni di progetto $N_S - M_{xS}$ rappresentata in figura dal punto **S**, la sezione si considera verificata se **S** risulta interno al dominio di resistenza o, al massimo, appartenente alla curva di frontiera del dominio medesimo. Per esprimere, invece, il controllo per via

numerica si sceglie una retta passante per il punto **S** e si determina l'intersezione **R** con la frontiera del dominio. La sezione si considera verificata se il rapporto tra le lunghezze dei segmenti è ≥ 1 , essendo **O** un punto qualsiasi della retta purché interno al dominio.



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

VERIFICA A TAGLIO

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

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

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

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (V_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.23)$$

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

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

MINIMI DI ARMATURA

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

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

Le verifiche delle combinazioni sismiche per le strutture di fondazione (pali compresi) verranno eseguite in modalità e sostanzialmente elastica cioè la resistenza a flessione (semplice o composta) verrà limitata

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

Dati generali muro

Altezza muro	200,0 cm
Spessore testa muro	30,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	1,0 cm
Sporgenza mensola a monte	120,0 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	50,0 cm
Lunghezza dei pali	320,0 cm
Distanza asse da estremità mensola	100,0 cm
Interasse longitudinale	150,0 cm
Disposizione in pianta	Allineati
Verticali indagate	
Numero verticali indagate	3,0
Fattore correlazione verticali indagate (xi3)	1,6
Fattore correlazione verticali indagate (xi4)	1,48

A1+M1+R3 [GEO+STR]

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
240,0	200,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
200,0	160,0	18,0	0,0	20,0	14,0	0,0	0,0	
160,0	120,0	18,0	0,0	20,0	14,0	0,0	0,0	
120,0	80,0	18,0	0,0	20,0	14,0	0,0	0,0	
80,0	40,0	18,0	0,0	20,0	14,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14,0	0,44	0,0	0,0	0,42	0,11	0,0	0,0
14,0	0,44	0,0	0,0	0,42	0,11	0,0	0,0
14,0	0,44	0,0	0,0	0,42	0,11	0,0	0,0
14,0	0,44	0,0	0,0	0,42	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	240,0	200,0	0,0	0,0	220,0	220,0
2	200,0	160,0	0,79	0,2	173,33	173,33
3	160,0	120,0	2,38	0,59	137,78	137,78
4	120,0	80,0	3,96	0,99	98,67	98,67
5	80,0	40,0	5,55	1,38	59,05	59,05

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
-------	----	----	----	----

200,0	0,0	3,0	16,0	220,0
160,0	0,0	6,0	16,0	200,0
120,0	0,0	9,0	16,0	180,0
80,0	0,0	12,0	16,0	160,0
40,0	0,0	15,0	16,0	140,0

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
200,0	0,0	3,0	0,0	30,0
160,0	0,79	6,2	0,08	30,0
120,0	3,17	9,79	0,73	30,0
80,0	7,14	13,78	2,59	30,0
40,0	12,68	18,16	6,29	30,0

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

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

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16						
(10,05) 2,78	98,33	S	149,45	0,0799243215546677,0			
5Ø16 (10,05)	5Ø16						
(10,05) 6,34	98,74	S	128,5	0,0158945773396427,0			
5Ø16 (10,05)	5Ø16						
(10,05) 9,9	99,15	S	128,99	0,0398894006614554,0			
5Ø16 (10,05)	5Ø16						
(10,05) 14,34	99,66	S	129,54	0,0178040808177981,0			
5Ø16 (10,05)	5Ø16						
(10,05) 18,77	100,16	S	130,14	0,0100614510409024,0			

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
210,5	200,0	14,53	5,0	27,29	18,19	4,9	0,0	
200,0	160,0	14,53	5,0	27,29	18,19	4,9	0,0	
160,0	120,0	14,53	5,0	27,29	18,19	4,9	0,0	
120,0	80,0	14,53	5,0	27,29	18,19	4,9	0,0	
80,0	40,0	14,53	5,0	27,29	18,19	4,9	0,0	
40,0	1,0	14,53	5,0	27,29	18,19	4,9	0,0	
1,0	0,0	18,8	0,0	32,61	21,74	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
18,19	0,35	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
18,19	0,35	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
18,19	0,35	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
18,19	0,35	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
18,19	0,35	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
18,19	0,35	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
21,74	0,27	0,0	0,0	0,25	0,1	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

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

1	210,5	200,0	0,0	0,0	205,25	205,25
2	200,0	160,0	0,0	0,0	180,0	180,0
3	160,0	120,0	0,0	0,0	140,0	140,0
4	120,0	80,0	0,09	0,02	85,66	85,66
5	80,0	40,0	0,94	0,24	56,39	56,39
6	40,0	1,0	1,89	0,48	18,84	18,84
7	1,0	0,0	0,13	0,04	0,5	0,5

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
40,0	0,0	18,8	180,0	32,61	21,74	0,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Kp	Kpx	Kpy
201,74	3,34	-3,1	-1,24

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	-4,66	-1,86	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	3,05	0,78	-0,22
Peso muro	0,0	15,0	-2,4
Peso fondazione	0,0	15,1	-11,4
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	46,4	-42,5
Spinte fondazione	-4,66	-1,86	-0,62
	-1,61	75,42	-57,14

Momento stabilizzante -57,48 kNm
Momento ribaltante 0,34 kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 4,58 kN
Forza verticale 115,93 kN
Momento 0,51 kNm

Dati palo

Lunghezza 320,0 cm
Diametro 50,0 cm
Copriferro 3,0 cm
Palo trivellato
Numero verticali indagate 3
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]1.6
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]1.48

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato 240,0 cm
Peso unità di volume 18,8 KN/m³
Angolo di attrito 32,61 °

Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	11760,0 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	294199,5 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	80,0 cm
Peso unità di volume	22,7 KN/m ³
Angolo di attrito	48,59 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	44247,0 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda	127,3 cm
Cedimento del palo	0,07 cm
Spostamento in x	0,01 cm
Rotazione in testa	0,0 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 239.61 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	6116,26 kN
Carico limite laterale (Qs)	100,25 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	6216,51 kN
Peso palo (W)	1601,77 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	47,23

Verifica palo in testa

Momento	0,41 kNm
Sforzo normale	115,93 kN
Taglio	4,58 kN
Diametro ferri	16 mm
Numero ferri	10
Diametro staffe	8 mm
Passo staffe	12 cm
Area ferri	20,11 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	115,93 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	120,65 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	397,93 kN

Resistenza a taglio staffe (Vwd)	281,61 kN
Stato verifica a taglio	Verificata

Verifica palo alla profondità di cm 159.00

Momento	2,26 kNm
Sforzo normale	123,58 kN
Taglio	-0,28 kN
Diametro ferri	16 mm
Numero ferri	10
Diametro staffe	8 mm
Passo staffe	12 cm
Area ferri	20,11 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	123,59 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	121,7 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	398,45 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	281,27 kN
Stato verifica a taglio	Verificata

Verifiche palo alla profondità di cm 254.60

Momento	0,79 kNm
Sforzo normale	128,2 kN
Taglio	0,0 kN
Diametro ferri	16 mm
Numero ferri	10
Diametro staffe	8 mm
Passo staffe	12 cm
Area ferri	20,11 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	128,21 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	122,33 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	398,45 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	281,27 kN
Stato verifica a taglio	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);

5Ø16 (10,05)	5Ø16				
(10,05) 3,21	137,18	S	149,49	0,0410780222421228,0	
5Ø16 (10,05)	5Ø16				
(10,05) 0,0	136,67	S	149,46	0,0798805913528935,0	

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 ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
240,0	200,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
200,0	160,0	18,0	0,0	20,0	14,0	0,0	0,0	
160,0	120,0	18,0	0,0	20,0	14,0	0,0	0,0	
120,0	80,0	18,0	0,0	20,0	14,0	0,0	0,0	
80,0	40,0	18,0	0,0	20,0	14,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14,0	0,44	0,0	0,0	0,42	0,11	0,0	0,0
14,0	0,44	0,0	0,0	0,42	0,11	0,0	0,0
14,0	0,44	0,0	0,0	0,42	0,11	0,0	0,0
14,0	0,44	0,0	0,0	0,42	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	240,0	200,0	0,0	0,0	220,0	220,0
2	200,0	160,0	0,61	0,15	173,33	173,33
3	160,0	120,0	1,83	0,46	137,78	137,78
4	120,0	80,0	3,05	0,76	98,67	98,67
5	80,0	40,0	4,27	1,06	59,05	59,05

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
200,0	0,0	3,0	16,0	220,0
160,0	0,0	6,0	16,0	200,0
120,0	0,0	9,0	16,0	180,0
80,0	0,0	12,0	16,0	160,0
40,0	0,0	15,0	16,0	140,0

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
200,0	0,0	3,0	0,0	30,0
160,0	0,61	6,15	0,06	30,0
120,0	2,44	9,61	0,56	30,0
80,0	5,49	13,37	1,99	30,0
40,0	9,76	17,43	4,84	30,0

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

Afv Area dei ferri lato valle.
 Afm Area dei ferri lato monte.

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

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16						
(10,05) 2,78	98,33	S	130,14	0,0100614510409024,0			
5Ø16 (10,05)	5Ø16						
(10,05) 6,34	98,74	S	128,49	0,0206619405655997,0			
5Ø16 (10,05)	5Ø16						
(10,05) 9,9	99,15	S	128,97	0,0518461225916478,0			
5Ø16 (10,05)	5Ø16						
(10,05) 13,45	99,55	S	129,48	0,0231352057651361,0			
5Ø16 (10,05)	5Ø16						
(10,05) 17,88	100,06	S	130,04	0,0130697884422982,0			

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
210,5	200,0	14,53	5,0	27,29	18,19	4,9	0,0	
200,0	160,0	14,53	5,0	27,29	18,19	4,9	0,0	
160,0	120,0	14,53	5,0	27,29	18,19	4,9	0,0	
120,0	80,0	14,53	5,0	27,29	18,19	4,9	0,0	
80,0	40,0	14,53	5,0	27,29	18,19	4,9	0,0	
40,0	1,0	14,53	5,0	27,29	18,19	4,9	0,0	
1,0	0,0	18,8	0,0	32,61	21,74	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
18,19	0,35	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
18,19	0,35	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
18,19	0,35	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
18,19	0,35	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
18,19	0,35	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
18,19	0,35	0,0	0,0	0,34	0,11	0,0	0,0
21,74	0,27	0,0	0,0	0,25	0,1	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	210,5	200,0	0,0	0,0	205,25	205,25
2	200,0	160,0	0,0	0,0	180,0	180,0
3	160,0	120,0	0,0	0,0	140,0	140,0
4	120,0	80,0	0,07	0,02	85,66	85,66
5	80,0	40,0	0,72	0,24	56,39	56,39
6	40,0	1,0	1,45	0,48	18,84	18,84
7	1,0	0,0	0,1	0,03	0,5	0,5

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
 Qf Quota finale strato (cm);
 G Peso unità di volume (KN/m³);
 Eps Inclinazione dello strato. (°);
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
 Delta Angolo attrito terra muro;
 c Coesione (kPa);
 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	18,8	180,0	32,61	21,74	0,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	K_p	K_{px}	K_{py}
201,74	3,34	-3,1	-1,24

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	-4,66	-1,86	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	2,35	0,77	-0,42
Peso muro	0,0	15,0	-2,4
Peso fondazione	0,0	15,1	-11,4
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	35,69	-32,7
Spinte fondazione	-4,66	-1,86	-0,62
	-2,31	64,71	-47,54

Momento stabilizzante -47,66 kNm
 Momento ribaltante 0,12 kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 3,52 kN

Forza verticale	99,85 kN
Momento	0,18 kNm

Dati palo

Lunghezza	320,0 cm
Diametro	50,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	
Numero verticali indagate	3
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1.6
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1.48

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	240,0 cm
Peso unità di volume	18,8 KN/m ³
Angolo di attrito	32,61 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	11760,0 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	294199,5 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	80,0 cm
Peso unità di volume	22,7 KN/m ³
Angolo di attrito	48,59 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	44247,0 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda	127,3 cm
Cedimento del palo	0,06 cm
Spostamento in x	0,0 cm
Rotazione in testa	0,0 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 239.61 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	6116,26 kN
Carico limite laterale (Qs)	100,25 kN

Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Q_p/X_{i3})/F_{sP}+(Q_s/X_{i3})/F_{sL}$	6216,51 kN
Peso palo (W)	1601,77 Kg
Fattore di sicurezza $F_s=R/(P+W)$	53,8

Verifica palo in testa

Momento	0,14 kNm
Sforzo normale	99,85 kN
Taglio	3,52 kN
Diametro ferri	16 mm
Numero ferri	10
Diametro staffe	8 mm
Passo staffe	12 cm
Area ferri	20,11 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	99,84 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	118,45 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	396,85 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	282,33 kN
Stato verifica a taglio	Verificata

Verifica palo alla profondità di cm 159.00

Momento	1,6 kNm
Sforzo normale	107,5 kN
Taglio	-0,1 kN
Diametro ferri	16 mm
Numero ferri	10
Diametro staffe	8 mm
Passo staffe	12 cm
Area ferri	20,11 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	107,5 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	119,5 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	397,36 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	281,99 kN
Stato verifica a taglio	Verificata

Verifiche palo alla profondità di cm 254.60

Momento	0,6 kNm
Sforzo normale	112,12 kN
Taglio	0,0 kN

Diametro ferri	16 mm
Numero ferri	10
Diametro staffe	8 mm
Passo staffe	12 cm
Area ferri	20,11 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	112,12 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	120,13 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	397,36 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	281,99 kN
Stato verifica a taglio	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
1,0	-4,66	-1,76	0,29	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
5Ø16 (10,05)	5Ø16						
(10,05) 4,82	137,43	S	149,52	0,0833428018681462,0			

MENSOLA A MONTE

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

Xprogr.	H	Altezza sezione (cm);			H
	Fx	Fy	M		
31,0	-2,24	-24,98	20,67	40,0	
100,0	0,1	18,34	-4,91	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 $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsd$
 Vsd Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16						
(10,05) 2,14	137,01	S	149,49	0,0586825049339556,0			
5Ø16 (10,05)	5Ø16						
(10,05) 0,0	136,67	S	149,45	0,0799243215546483,0			