



COMUNE DI PALAIA
(Provincia di Pisa)

REGIONE
TOSCANA



**LAVORI DI SISTEMAZIONE E STABILIZZAZIONE PER LA
MESSA IN SICUREZZA DI VERSANTE FRANOSO CON
OPERE DI INGEGNERIA NATURALISTICA IN LOCALITA'
LA CAPANNACCIA STRADA COMUNALE PALAIA - MARTI**

CUP: C31H13001270002

Progetto definitivo - esecutivo

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA e CSE:

Geom. Franco Doveri
Ufficio Tecnico Comunale
Piazza della Repubblica, 56
56036 Palaia
Tel. 0587 621424 - fax 0587 622539

INDAGINI E RELAZIONE GEOLOGICA:

Dott. Geol. Emilio Pistilli
GEOPROGETTI Studio Associato
Viale Europa 25/a
56025 Pontedera
Tel/fax 0587 54001

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Geom. Franco Doveri
Ufficio Tecnico Comunale
Piazza della Repubblica, 56
56036 Palaia
Tel. 0587 621424 - fax 0587 622539

**PROGETTAZIONE STRUTTURALE,
DIREZIONE LAVORI E CSP:**

Ing. Alessandro Ragghianti
Viale Puccini, 1780
55100 Lucca
Tel. 0583 511317 - fax 0583 511676

Tav.

A8

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

maggio 2014

RELAZIONE DI CALCOLO

La presente relazione si riferisce alla realizzazione di un muro di contenimento di altezza pari a cm 120 oltre la fondazione dello spessore di cm 130, e della realizzazione di una soletta in c.a a protezione della pavimentazione stradale in zona oggetto di recente frana. Nella zona oggetto di frana è prevista come detto sopra la realizzazione di una soletta in c.a dello spessore di cm 30, che verso valle termina in testa ad un cordolo dello spessore di cm 90x70 , che funge da collegamento di micropali posti ad interasse di cm 100, e come testa per l'ancoraggio di tiranti passivi posti all'interasse di 3 metri; pali e tiranti risultano necessari alla stabilizzazione del pendio come riportato nella relazione geologico- geotecnica, verso monte la soletta termina alla base del muro di contenimento alto 120 cm, fungendo da fondazione dello stesso.

La schematizzazione di questa seconda parte della struttura sarà quindi un muro di contenimento con fondazione prolungata verso valle, I pali ed i tiranti come già detto risultano necessari alla stabilizzazione del versante e non per il sostegno delle opere a monte, verranno quindi verificati sulla base dei risultati dell'analisi geotecnica considerando anche il carico del cordolo e dello sbalzo, le opere a monte soletta di ripartizione e muro di contenimento a seguito di sbancamento insistendo su versante già stabilizzato non necessitano di ulteriori opere

MATERIALI IMPIEGATI :

Calcestruzzo C20/25

A titolo cautelativo nelle tavole si riporta una classe superiore

CLASSE DI ESPOSIZIONE XC2

Minimo contenuto 300 kg/mc

Classe strutturale S4 (consistenza fluida slump 180-210mm)

Copriferro minimo 3.5 cm

Diametro massimo degli aggregati 2 cm

Acciaio da cemento armato B450 C

Acciaio tubolari micropali S355

I dati relativi ai tiranti Dywidag sono riportati all'interno della relazione

Si rimanda al corrispondente fascicolo di calcolo per ulteriori approfondimenti

CARICHI :

asfalto 200 daN /mq

carico accidentale traffico

su ogni corsia sarà applicato un carico di 7.20 KN/m pari a 720 kg/m

(nel modello sarà rapportato alla lunghezza studiata, ovvero la striscia di struttura, come avviene

tipicamente per le opere di contenimento)

asfalto $200 \times 5.95/2 = 595$ daN/m

Q concentrato da inserire nel modello : $720 + 595 = 1315$ daN /m (per corsia)

Per il micropalo come spiegato nella relazione si è considerato in via cautelativa anche l'asse isolato da 24 KN

Normative di riferimento:

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

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

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

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

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di K_a :

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

γ_t Peso unità di volume del terreno;

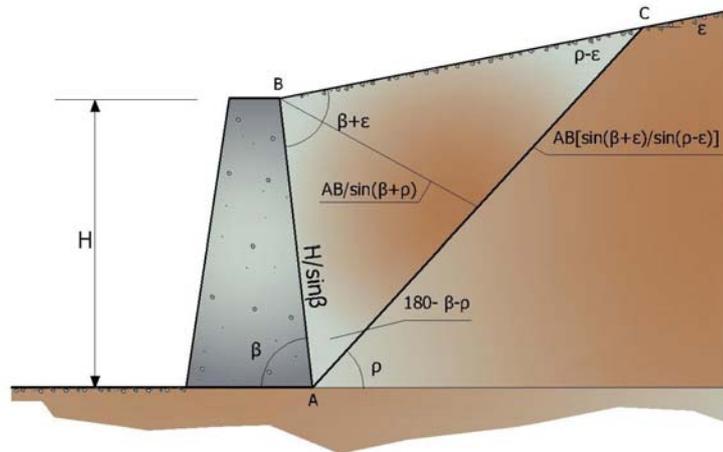
β Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

φ Angolo di resistenza al taglio del terreno;

δ Angolo di attrito terra-muro;

ε 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 ε , di inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, e l'angolo β , di inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede, vengono aumentati di una quantità ϑ tale che:

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

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

Calcolo coefficienti sismici

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

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

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

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

g Accelerazione di gravità.

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

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

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

a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

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

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

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

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

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

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

γ_I Fattore di importanza;

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

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

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

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

Effetto dovuto alla coesione

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

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

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

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

Dove:

Q = Carico agente sul terrapieno.

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

$$S_c = P_c \cdot H$$

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

Carico uniforme sul terrapieno

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

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

Per integrazione, una spinta pari a S_q :

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

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

Spinta attiva in condizioni sismiche

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

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

Dove:

H	Altezza muro;
k_v	Coefficiente sismico verticale;
γ	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 φ della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

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

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 γ_t con γ'_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 δ pari a:

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

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

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

Carico limite di fondazioni superficiali su terreni

VESIC - Analisi a breve termine

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

$$V_d \leq R_d$$

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

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

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

Dove:

$A' = B' \cdot L'$ 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;

$d_c = 0.4 \cdot K$ con $K = \frac{D}{B}$ se $\frac{D}{B} \leq 1$ 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:

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

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

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

Fattori di forma

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

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

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

per forma rettangolare, quadrata o circolare

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

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

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

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

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

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$

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

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

$$d_\gamma = 1$$

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' 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;

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

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.

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

Dove:

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

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

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

Fattori di forma

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

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

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

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

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

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

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

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

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$

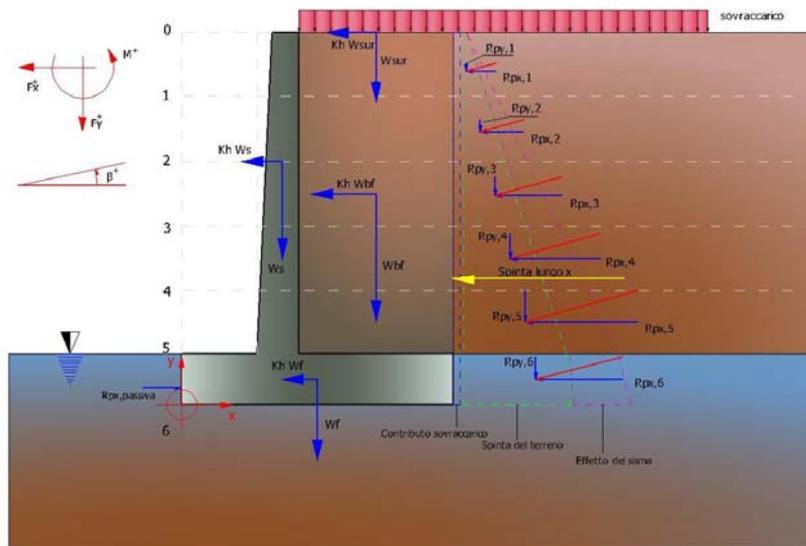
$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi) \cdot K$$

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

$$d_\gamma = 1$$

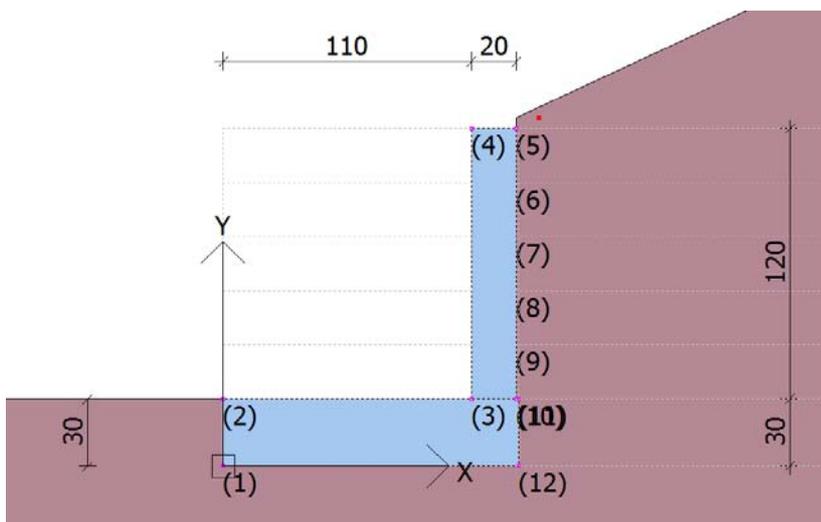
Sollecitazioni muro

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



Schema delle forze agenti su un muro e convenzioni sui segni

A MURO CON FONDAZIONE DI CM 130



Calcolo delle spinte per le verifiche globali

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

Convenzione segni

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

Dati generali

Codice progetto	001R
Comune di	PALAIA
Tecnico	Ing. Alessandro RAGGHIANTI
Data	07/05/2014
Condizioni ambientali	Ordinarie
Lat./Long. [WGS84]	43.605502/10.775581
Normativa GEO	NTC 2008
Normativa STR	NTC 2008
Spinta	Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	120.0 cm
Spessore testa muro	20.0 cm
Risega muro lato valle	0.0 cm
Risega muro lato monte	0.0 cm
Sporgenza mensola a valle	110.0 cm
Sporgenza mensola a monte	1.0 cm
Svaso mensola a valle	0.0 cm
Altezza estremità mensola a valle	30.0 cm
Altezza estremità mensola a monte	30.0 cm
Peso unità di volume rilevato	0.0 KN/m ³
Altezza rilevato	5.0 cm

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.44	2.52	0.24
S.L.D.	50.0	0.56	2.52	0.25
S.L.V.	475.0	1.36	2.48	0.28
S.L.C.	975.0	1.71	2.52	0.28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.6336	0.18	0.0116	0.0058
S.L.D.	0.8064	0.18	0.0148	0.0074
S.L.V.	1.9584	0.24	0.0479	0.024
S.L.C.	2.4624	0.24	0.0603	0.0301

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	30550.21	20	11.55	1.05	2.25
2	C25/30	30	32089.96	25	14.44	1.21	2.61
3	C28/35	35	32936.31	28	16.17	1.31	2.81
4	C40/50	51	35913.83	40	20.22	1.52	3.26

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	203940	458.87	399.01	550.64	399.01	.075	.0675	1	0.5
2	B450C*	203940	458.87	399.01	550.64	458.87	.075	.0675	1	0.5
3	B450C**	203940	458.87	399.01	467.33	406.35	.012	.01	1	0.5
4	S235H	214137	244.73	212.81	367.09	212.81	0.012	0.01	1	0.5
5	S275H	214137	285.52	248.3	438.47	248.3	0.012	0.01	1	0.5
	S355H	214137	367.09	319.17	520.05	367.09	0.012	0.01	1	0.5

Materiali impiegati realizzazione muro

C20/25 B450C

Copriferro, Elevazione 3.0 cm
 Copriferro, Fondazione 3.0 cm
 Copriferro, Dente di fondazione 3.0 cm

Stratigrafia

DH Spessore strato
 Eps Inclinazione dello strato.
 Gamma Peso unità di volume
 Fi Angolo di resistenza a taglio
 c Coesione
 Delta Angolo di attrito terra muro
 P.F. Presenza di falda (Si/No)

s	DH (cm)	Eps (°)	Gamma (KN/m ³)	Fi (°)	c (kPa)	Delta (°)	P.F.	Litologia	Descrizione
	550	0	19.00	37	0.25	24	No		Limo o limo con sabbia
	150	0	19.00	34	0.20	23	No		Ghiaia con sabbia o ghiaia sabbiosa
	550	0	19.00	32	0.25	21	No		Limo o limo con sabbia

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.30
2	Spinta terreno	1.00
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

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

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

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

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

EQU+M2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0.90
2	Spinta terreno	1.10
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	0.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

A1+M1+R1 [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.0116
 Coefficiente sismico verticale Kv 0.0058

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
 Qf Quota finale strato
 Gamma 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
150.0	126.0	19.0	25.0	37.0	24.0	0.25	0.0	
126.0	102.0	19.0	25.0	37.0	24.0	0.25	0.0	
102.0	78.0	19.0	25.0	37.0	24.0	0.25	0.0	
78.0	54.0	19.0	25.0	37.0	24.0	0.25	0.0	
54.0	30.0	19.0	25.0	37.0	24.0	0.25	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
24.0	0.32	0.34	0.01	0.3	0.13	0.01	0.01
24.0	0.32	0.34	0.01	0.3	0.13	0.01	0.01
24.0	0.32	0.34	0.01	0.3	0.13	0.01	0.01
24.0	0.32	0.34	0.01	0.3	0.13	0.01	0.01
24.0	0.32	0.34	0.01	0.3	0.13	0.01	0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
Qf Quota inizio strato.
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	150.0	126.0	0.11	0.05	132.56	132.56
2	126.0	102.0	0.45	0.2	112.48	112.48
3	102.0	78.0	0.78	0.35	89.14	89.14
4	78.0	54.0	1.12	0.5	65.4	65.4
5	54.0	30.0	1.46	0.65	41.54	41.54

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

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

Quota	Px	Py	Xp	Yp
126.0	0.02	1.53	120.0	138.0
102.0	0.04	3.06	120.0	126.0
78.0	0.05	4.59	120.0	114.0
54.0	0.07	6.12	120.0	102.0
30.0	0.09	7.65	120.0	90.0

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
126.0	0.13	1.58	0.0	20.0
102.0	0.59	3.31	0.06	20.0
78.0	1.4	5.19	0.26	20.0
54.0	2.53	7.22	0.68	20.0
30.0	4.01	9.4	1.39	20.0

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);
Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se ≥ 1).

Vsdu		Taglio di calcolo (kN);					
Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	1.61	35.79	S	73.81	0.0	565.16
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	3.3	35.91	S	73.81	0.0	124.34
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	5.24	36.05	S	73.81	0.0	52.91
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	7.31	36.2	S	73.81	0.0	29.12
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	9.37	36.35	S	73.81	0.0	18.39

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(xr1, yr1) = (131.0/0.0)$
Piano di rottura passante per $(xr2, yr2) = (131.0/150.5)$
Centro di rotazione $(xro, yro) = (0.0/0.0)$

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
150.5	150.0	19.0	25.0	37.0	37.0	0.25	0.0	
150.0	126.0	19.0	25.0	37.0	37.0	0.25	0.0	
126.0	102.0	19.0	25.0	37.0	37.0	0.25	0.0	
102.0	78.0	19.0	25.0	37.0	37.0	0.25	0.0	
78.0	54.0	19.0	25.0	37.0	37.0	0.25	0.0	
54.0	30.0	19.0	25.0	37.0	37.0	0.25	0.0	
30.0	0.0	19.0	25.0	37.0	24.0	0.25	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
37.0	0.34	0.36	0.02	0.27	0.21	0.01	0.01
37.0	0.34	0.36	0.02	0.27	0.21	0.01	0.01
37.0	0.34	0.36	0.02	0.27	0.21	0.01	0.01
37.0	0.34	0.36	0.02	0.27	0.21	0.01	0.01
37.0	0.34	0.36	0.02	0.27	0.21	0.01	0.01
37.0	0.34	0.36	0.02	0.27	0.21	0.01	0.01
24.0	0.32	0.34	0.01	0.3	0.13	0.01	0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
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	150.5	150.0	0.0	0.0	150.17	150.17
2	150.0	126.0	0.11	0.08	132.77	132.77
3	126.0	102.0	0.42	0.32	112.51	112.51
4	102.0	78.0	0.74	0.56	89.15	89.15
5	78.0	54.0	1.05	0.79	65.4	65.4
6	54.0	30.0	1.37	1.03	41.54	41.54
7	30.0	0.0	2.16	1.57	14.39	14.63

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
30.0	0.0	19.0	205.0	37.0	24.0	0.25	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
204.0	4.0	-3.65	-1.63

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	30.0	0.0	-3.4	-1.27	10.4	9.56

Sollecitazioni total i

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	5.85	4.35	-2.85
Peso muro	0.09	7.65	-9.1
Peso fondazione	0.15	12.53	-8.18
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	0.3	-0.38
Spinte fondazione	-3.4	-1.27	-0.35
	2.69	23.55	-20.87

Momento stabilizzante -23.47 kNm
Momento ribaltante 2.6 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	6.09 kN	
Sommatoria forze verticali	24.82 kN	
Coefficiente di attrito	0.75	
Adesione	0.18	kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °	
Forze normali al piano di scorrimento	24.82 kN	
Forze parall. al piano di scorrimento	6.09 kN	
Resistenza terreno	22.33 kN	
Coeff. sicurezza traslazione Csd	3.67	
Traslazione verificata Csd>1		

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-23.47 kNm
Momento ribaltante	2.6 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	9.03
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	2.69 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	23.55 kN
Somma momenti	-20.87 kNm
Larghezza fondazione	131.0 cm
Lunghezza	1000.0 cm
Eccentricità su B	23.12 cm
Peso unità di volume	19.0 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	37.0 °
Coesione	0.25 kPa
Terreno sulla fondazione	30.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	19.0 KN/m ³
Nq	42.92
Nc	55.63

Ng	66.19
Fattori di forma	
sq	1.0
sc	1.0
sg	1.0
Inclinazione carichi	
iq	0.79
ic	0.78
ig	0.7
Fattori di profondità	
dq	1.08
dc	1.14
dg	1.0
Carico limite verticale (Qlim)	502.69 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	21.34

Carico limite verificato $Csq > 1$

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	88.62 cm
Larghezza della fondazione	131.0 cm
x = 3.86 cm	0.0 kPa
x = 131.0 cm	37.05 kPa

MENSOLA A VALLE

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
3.86	-3.4	-0.89	0.11	30.0
110.0	-3.4	-7.17	-1.27	30.0

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

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se ≥ 1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

VT	Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic.
	5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	3.33	68.93	S	105.19	0.0	118.42
	5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	3.46	58.23	S	105.19	0.0	14.67

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
130.0	2.16	4.3	-0.06	30.0

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

Afi Area dei ferri inferiori.
 Afs Area dei ferri superiori.
 Nu Sforzo normale ultimo (kN);
 Mu Momento flettente ultimo (kNm);
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	2.09	68.78	S	105.19	0.0	24.44

A2+M2+R2 [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.0116
 Coefficiente sismico verticale Kv 0.0058

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
 Qf Quota finale strato
 Gamma 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
150.0	126.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	0.0	
126.0	102.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	0.0	
102.0	78.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	0.0	
78.0	54.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	0.0	
54.0	30.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	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
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
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	150.0	126.0	0.19	0.08	133.03	133.03
2	126.0	102.0	0.66	0.3	112.55	112.55
3	102.0	78.0	1.15	0.51	89.16	89.16
4	78.0	54.0	1.63	0.72	65.41	65.41
5	54.0	30.0	2.11	0.94	41.54	41.54

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

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

Quota	Px	Py	Xp	Yp
126.0	0.01	1.18	120.0	138.0
102.0	0.03	2.35	120.0	126.0
78.0	0.04	3.53	120.0	114.0
54.0	0.05	4.71	120.0	102.0
30.0	0.07	5.88	120.0	90.0

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);

QuotaFx	Fy	M	H	
126.0	0.2	1.26	0.01	20.0
102.0	0.88	2.73	0.1	20.0
78.0	2.04	4.42	0.39	20.0
54.0	3.68	6.32	0.99	20.0
30.0	5.8	8.44	2.02	20.0

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);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	1.35	35.77	S	73.81	0.0	370.49
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	2.65	35.86	S	73.81	0.0	84.18
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	4.46	35.99	S	73.81	0.0	36.24
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	6.28	36.12	S	73.81	0.0	20.07
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	8.34	36.27	S	73.81	0.0	12.72

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (131.0/0.0)
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (131.0/150.5)
Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
150.5	150.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
150.0	126.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
126.0	102.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
102.0	78.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
78.0	54.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
54.0	30.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
30.0	0.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	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}
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Q_i	Quota inizio strato.
Q_f	Quota inizio strato.
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	150.5	150.0	0.0	0.0	150.17	150.17
2	150.0	126.0	0.19	0.11	133.21	133.21
3	126.0	102.0	0.65	0.39	112.57	112.57
4	102.0	78.0	1.12	0.68	89.17	89.17
5	78.0	54.0	1.59	0.96	65.41	65.41
6	54.0	30.0	2.05	1.24	41.55	41.55
7	30.0	0.0	3.23	1.9	14.42	14.56

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Q_i	Quota iniziale strato (cm);
Q_f	Quota finale strato
Γ	Peso unità di volume (KN/m ³);
ϵ	Inclinazione dello strato. (°);
ϕ	Angolo di resistenza a taglio (°);
Δ	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Q_i	Q_f	Γ	ϵ	ϕ	Δ	c	β	Note
30.0	0.0	19.0	205.0	31.08	24.0	0.2	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}
204.0	3.11	-2.84	-1.27

Spinte risultanti e punto di applicazione

Q_i Quota inizio strato.
 Q_f Quota inizio strato.
 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	30.0	0.0	-2.63	-1.0	10.37	9.6

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	8.84	5.28	-2.57
Peso muro	0.07	5.88	-7.0
Peso fondazione	0.11	9.64	-6.29
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	0.23	-0.3
Spinte fondazione	-2.63	-1.0	-0.27
	6.39	20.03	-16.43

Momento stabilizzante -20.58 kNm
Momento ribaltante 4.15 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	9.02 kN	
Sommatoria forze verticali	21.03 kN	
Coefficiente di attrito	0.6	
Adesione	0.14	kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °	
Forze normali al piano di scorrimento	21.03 kN	
Forze parall. al piano di scorrimento	9.02 kN	
Resistenza terreno	15.48 kN	
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1.72	
Traslazione verificata Csd>1		

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-20.58 kNm
Momento ribaltante	4.15 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento C_{sv}	4.96
Muro verificato a ribaltamento $C_{sv} > 1$	

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (F_x)	6.39 kN
Somma forze in direzione y (F_y)	20.03 kN
Somma momenti	-16.43 kNm
Larghezza fondazione	131.0 cm
Lunghezza	1000.0 cm
Eccentricità su B	16.55 cm
Peso unità di volume	19.0 kN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	31.08 °
Coesione	0.2 kPa
Terreno sulla fondazione	30.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	19.0 kN/m ³
N_q	20.83
N_c	32.89
N_g	26.32
Fattori di forma	
s_q	1.0
s_c	1.0
s_g	1.0
Inclinazione carichi	
i_q	0.47
i_c	0.44
i_g	0.32
Fattori di profondità	
d_q	1.09
d_c	1.12
d_g	1.0
Carico limite verticale (Q_{lim})	139.94 kN
Fattore sicurezza ($C_{sq} = Q_{lim}/F_y$)	6.99

Carico limite verificato $C_{sq} > 1$

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	82.05 cm
Larghezza della fondazione	131.0 cm
$x = 0.0$ cm	3.7 kPa
$x = 131.0$ cm	26.88 kPa

MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);			
F_x	Forza in direzione x (kN);			
F_y	Forza in direzione y (kN);			
M	Momento (kNm);			
H	Altezza sezione (cm);			
Xprogr.	F_x	F_y	M	H
110.0	-2.63	-7.68	-2.69	30.0

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

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

VT	Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic.
	5Ø12 (5.65)	6Ø12 (6.79)	2.54	58.12	S	105.19	0.0	13.7

EQU+M2 [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0.0116
Coefficiente sismico verticale Kv	0.0058

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
150.0	126.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	0.0	
126.0	102.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	0.0	
102.0	78.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	0.0	
78.0	54.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	0.0	
54.0	30.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	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.

μK_a	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky	
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Q_i Quota inizio strato.
 Q_f Quota inizio strato.
 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	150.0	126.0	0.2	0.08	133.03	132.96
2	126.0	102.0	0.73	0.28	112.55	112.54
3	102.0	78.0	1.25	0.48	89.16	89.16
4	78.0	54.0	1.78	0.69	65.41	65.41
5	54.0	30.0	2.31	0.89	41.54	41.54

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

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
126.0	0.01	1.06	120.0	138.0
102.0	0.02	2.12	120.0	126.0
78.0	0.04	3.18	120.0	114.0
54.0	0.05	4.24	120.0	102.0
30.0	0.06	5.3	120.0	90.0

Sollecitazioni sul muro

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

Quota	F_x	F_y	M	H
126.0	0.22	1.14	0.01	20.0
102.0	0.95	2.47	0.11	20.0
78.0	2.22	4.02	0.43	20.0
54.0	4.02	5.76	1.1	20.0
30.0	6.34	7.71	2.24	20.0

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);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio $(Vcd+Vwd)/Vsdu$ (Verificato se ≥ 1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	1.09	35.75	S	73.81	0.0	342.97
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	2.39	35.84	S	73.81	0.0	77.36
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	3.95	35.96	S	73.81	0.0	33.23
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	5.76	36.09	S	73.81	0.0	18.38
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	7.7	36.23	S	73.81	0.0	11.64

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(xr1,yr1) = (131.0/0.0)$

Piano di rottura passante per $(xr2,yr2) = (131.0/150.5)$

Centro di rotazione $(xro,yro) = (0.0/0.0)$

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
150.5	150.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
150.0	126.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
126.0	102.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
102.0	78.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
78.0	54.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
54.0	30.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
30.0	0.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	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
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
 Qf Quota inizio strato.
 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	150.5	150.0	0.0	0.0	150.17	150.0
2	150.0	126.0	0.21	0.11	133.21	133.14
3	126.0	102.0	0.72	0.37	112.57	112.56
4	102.0	78.0	1.23	0.64	89.17	89.16
5	78.0	54.0	1.74	0.9	65.41	65.41
6	54.0	30.0	2.25	1.17	41.55	41.54
7	30.0	0.0	3.54	1.8	14.42	14.56

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
 Qf Quota finale strato
 Gamma 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
30.0	0.0	19.0	205.0	31.08	24.0	0.2	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
204.0	3.11	-2.84
		-1.27

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	30.0	0.0	-2.63	-1.0	10.37	9.6

Sollecitazioni total i

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	9.67	4.99	-1.78
Peso muro	0.06	5.3	-6.3
Peso fondazione	0.1	8.67	-5.66
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	0.23	-0.3
Spinte fondazione	-2.63	-1.0	-0.27
	7.21	18.19	-14.31

Momento stabilizzante	-18.87 kNm
Momento ribaltante	4.55 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	9.84 kN
Sommatoria forze verticali	19.18 kN
Coefficiente di attrito	0.6
Adesione	0.14 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	19.18 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	9.84 kN
Resistenza terreno	14.37 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1.46
Traslazione verificata Csd>1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-18.87 kNm
Momento ribaltante	4.55 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	4.14
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	7.21 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	18.19 kN
Somma momenti	-14.31 kNm
Larghezza fondazione	131.0 cm
Lunghezza	1000.0 cm
Eccentricità su B	13.21 cm
Peso unità di volume	19.0 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	31.08 °
Coesione	0.2 kPa
Terreno sulla fondazione	30.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	19.0 KN/m ³
Nq	20.83
Nc	32.89
Ng	26.32
Fattori di forma	
sq	1.0
sc	1.0
sg	1.0
Inclinazione carichi	
iq	0.37
ic	0.34
ig	0.23
Fattori di profondità	
dq	1.08
dc	1.11
dg	1.0
Carico limite verticale (Qlim)	115.09 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	6.33

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	78.71 cm
Larghezza della fondazione	131.0 cm
x = 0.0 cm	5.49 kPa
x = 131.0 cm	22.28 kPa

MENSOLA A VALLE

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

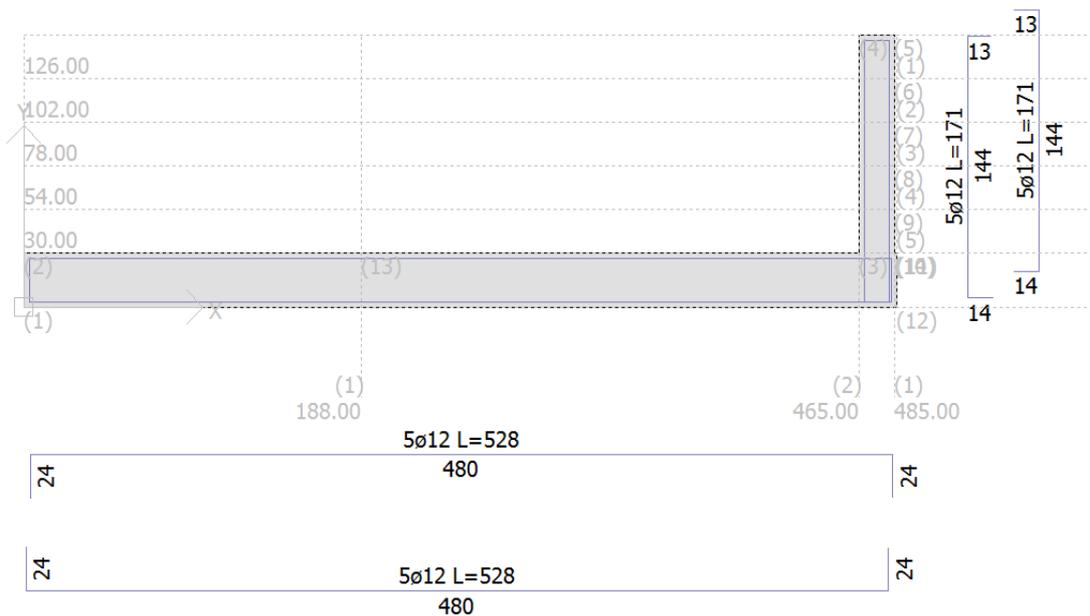
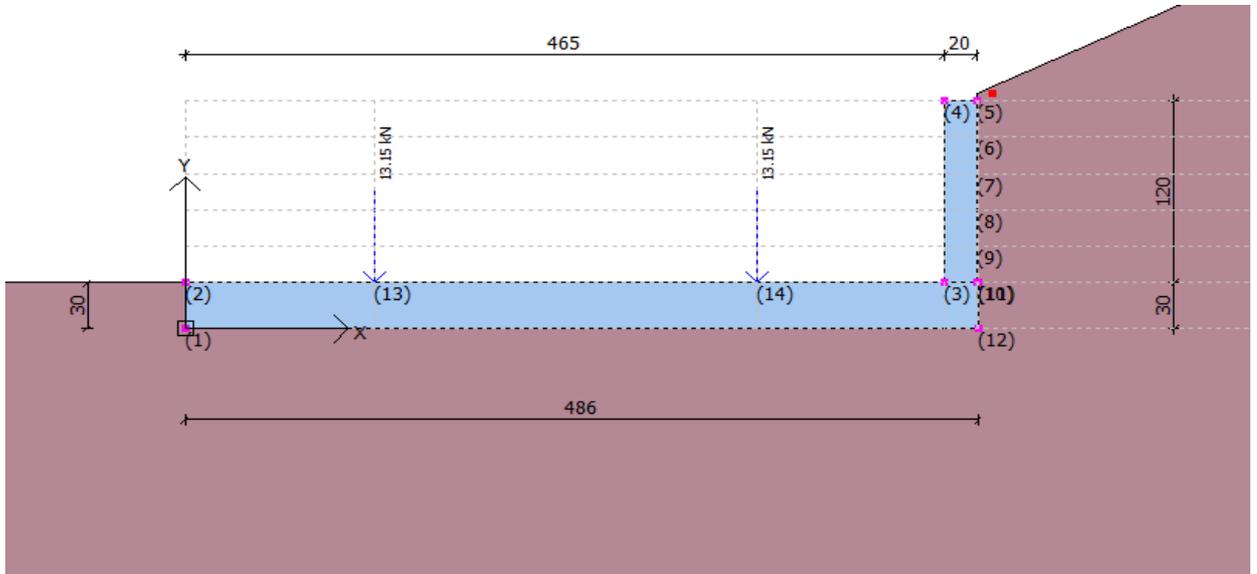
Xprogr.	Fx	Fy	M	H
110.0	-2.63	-7.5	-3.14	30.0

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

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	2.54	58.12	S	105.19	0.0	14.02

**B MURO CON FONDAZIONE PROLUNGATA VERSO VALLE
(SOLETTA DI RIPARTIZIONE STRADA)**



Calcolo delle spinte per le verifiche globali

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

Convenzione segni

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

Dati generali

Codice progetto 001R
Comune di PALAIA
Tecnico Ing. Alessandro RAGGHIANTI
Data 07/05/2014
Condizioni ambientali Ordinarie
Lat./Long. [WGS84] 43.605502/10.775581

Normativa GEO NTC 2008
Normativa STR NTC 2008
Spinta Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro 120.0 cm
Spessore testa muro 20.0 cm
Risega muro lato valle 0.0 cm
Risega muro lato monte 0.0 cm
Sporgenza mensola a valle 465.0 cm
Sporgenza mensola a monte 1.0 cm
Svaso mensola a valle 0.0 cm
Altezza estremità mensola a valle 30.0 cm
Altezza estremità mensola a monte 30.0 cm
Peso unità di volume rilevato 0.0 KN/m³
Altezza rilevato 5.0 cm

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
Classe d'uso: Classe II
Vita nominale: 50.0 [anni]
Vita di riferimento: 50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.44	2.52	0.24
S.L.D.	50.0	0.56	2.52	0.25
S.L.V.	475.0	1.36	2.48	0.28
S.L.C.	975.0	1.71	2.52	0.28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.6336	0.18	0.0116	0.0058
S.L.D.	0.8064	0.18	0.0148	0.0074
S.L.V.	1.9584	0.24	0.0479	0.024
S.L.C.	2.4624	0.24	0.0603	0.0301

Materiali impiegati realizzazione muro

C20/25 B450C

Copriferro, Elevazione	3.0 cm
Copriferro, Fondazione	3.0 cm
Copriferro, Dente di fondazione	3.0 cm

Stratigrafia

DH Spessore strato	
Eps Inclinazione dello strato.	
Gamma	Peso unità di volume
Fi Angolo di resistenza a taglio	
c Coesione	
Delta	Angolo di attrito terra muro
P.F. Presenza di falda (Si/No)	

s	DH (cm)	Eps (°)	Gamma (KN/m ³)	Fi (°)	c(kPa)	Delta (°)	P.F.	Litologia	Descrizione
	550	0	19.00	37	0.25	24	No		Limo o limo con sabbia
	150	0	19.00	34	0.20	23	No		Ghiaia con sabbia o ghiaia sabbiosa
	550	0	19.00	32	0.25	21	No		Limo o limo con sabbia
	800	0	19.00	15	0.27	24	No		Argilla o argilla limosa molle

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
	188.0	30.0	0.0	13.15	0.0
	485.0	30.0	0.0	13.15	0.0

FATTORI DI COMBINAZIONE**A1+M1+R1**

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.30
2	Spinta terreno	1.00
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		1.50
8		1.50

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

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

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		1.30
8		1.30

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

EQU+M2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0.90
2	Spinta terreno	1.10
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7		1.00
8		1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

A1+M1+R1 [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.0116
Coefficiente sismico verticale Kv 0.0058

CALCOLO SPINTE**Discretizzazione terreno**

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
Gamma 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
150.0	126.0	19.0	25.0	37.0	24.0	0.25	0.0	
126.0	102.0	19.0	25.0	37.0	24.0	0.25	0.0	
102.0	78.0	19.0	25.0	37.0	24.0	0.25	0.0	
78.0	54.0	19.0	25.0	37.0	24.0	0.25	0.0	
54.0	30.0	19.0	25.0	37.0	24.0	0.25	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
24.0	0.32	0.34	0.01	0.3	0.13	0.01	0.01
24.0	0.32	0.34	0.01	0.3	0.13	0.01	0.01
24.0	0.32	0.34	0.01	0.3	0.13	0.01	0.01
24.0	0.32	0.34	0.01	0.3	0.13	0.01	0.01
24.0	0.32	0.34	0.01	0.3	0.13	0.01	0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
Qf Quota inizio strato.
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	150.0	126.0	0.11	0.05	132.56	132.56
2	126.0	102.0	0.45	0.2	112.48	112.48
3	102.0	78.0	0.78	0.35	89.14	89.14
4	78.0	54.0	1.12	0.5	65.4	65.4
5	54.0	30.0	1.46	0.65	41.54	41.54

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

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

Quota	Px	Py	Xp	Yp
126.0	0.02	1.53	475.0	138.0
102.0	0.04	3.06	475.0	126.0
78.0	0.05	4.59	475.0	114.0
54.0	0.07	6.12	475.0	102.0
30.0	0.09	7.65	475.0	90.0

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
126.0	0.13	1.58	0.0	20.0
102.0	0.59	3.31	0.06	20.0
78.0	1.4	5.19	0.26	20.0
54.0	2.53	7.22	0.68	20.0
30.0	4.01	9.4	1.39	20.0

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);
Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	1.61	35.79	S	73.81	0.0	565.15
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	3.3	35.91	S	73.81	0.0	124.34
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	5.24	36.05	S	73.81	0.0	52.91
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	7.31	36.2	S	73.81	0.0	29.12
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	9.37	36.35	S	73.81	0.0	18.39

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (486.0/0.0)$
 Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (486.0/150.5)$
 Centro di rotazione $(x_{ro}, y_{ro}) = (0.0/0.0)$

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
150.5	150.0	19.0	25.0	37.0	37.0	0.25	0.0	
150.0	126.0	19.0	25.0	37.0	37.0	0.25	0.0	
126.0	102.0	19.0	25.0	37.0	37.0	0.25	0.0	
102.0	78.0	19.0	25.0	37.0	37.0	0.25	0.0	
78.0	54.0	19.0	25.0	37.0	37.0	0.25	0.0	
54.0	30.0	19.0	25.0	37.0	37.0	0.25	0.0	
30.0	0.0	19.0	25.0	37.0	24.0	0.25	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
37.0	0.34	0.36	0.02	0.27	0.21	0.01	0.01
37.0	0.34	0.36	0.02	0.27	0.21	0.01	0.01
37.0	0.34	0.36	0.02	0.27	0.21	0.01	0.01
37.0	0.34	0.36	0.02	0.27	0.21	0.01	0.01
37.0	0.34	0.36	0.02	0.27	0.21	0.01	0.01
37.0	0.34	0.36	0.02	0.27	0.21	0.01	0.01
24.0	0.32	0.34	0.01	0.3	0.13	0.01	0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
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	150.5	150.0	0.0	0.0	150.17	150.17
2	150.0	126.0	0.11	0.08	132.77	132.77
3	126.0	102.0	0.42	0.32	112.51	112.51
4	102.0	78.0	0.74	0.56	89.15	89.15
5	78.0	54.0	1.05	0.79	65.4	65.4
6	54.0	30.0	1.37	1.03	41.54	41.54
7	30.0	0.0	2.16	1.57	14.39	14.63

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
30.0	0.0	19.0	205.0	37.0	24.0	0.25	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
204.0	4.0	-3.65	-1.63

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	30.0	0.0	-3.4	-1.27	10.4	9.56

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	5.85	4.35	-18.31
Carichi esterni	0.0	39.45	-132.75
Peso muro	0.09	7.65	-36.25
Peso fondazione	0.54	46.47	-112.84
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	0.3	-1.44
Spinte fondazione	-3.4	-1.27	-0.35
	3.09	96.95	-301.94

Momento stabilizzante -304.6 kNm
Momento ribaltante 2.66 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	6.48 kN
Sommatoria forze verticali	98.22 kN
Coefficiente di attrito	0.75
Adesione	0.18 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	98.22 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	6.48 kN
Resistenza terreno	78.26 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	12.07
Traslazione verificata Csd>1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-304.6 kNm
Momento ribaltante	2.66 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	114.57
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	3.09 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	96.95 kN
Somma momenti	-301.94 kNm
Larghezza fondazione	486.0 cm
Lunghezza	1000.0 cm
Eccentricità su B	68.45 cm
Peso unità di volume	19.0 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	37.0 °
Coesione	0.25 kPa
Terreno sulla fondazione	30.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	19.0 KN/m ³
Nq	42.92
Nc	55.63
Ng	66.19
Fattori di forma	
sq	1.0
sc	1.0
sg	1.0
Inclinazione carichi	

iq	0.94
ic	0.94
ig	0.91
Fattori di profondità	
dq	1.02
dc	1.03
dg	1.0
Carico limite verticale (Qlim)	7827.22 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	80.74

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	311.45 cm
Larghezza della fondazione	486.0 cm
x = 0.0 cm	3.09 kPa
x = 486.0 cm	36.81 kPa (0.32 kg/cmq)

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
188.0	-3.4	-1.36	1.53	30.0
465.0	-3.4	-26.45	2.6	30.0

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

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

VT	Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic.
	5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	3.39	58.21	S	105.19	0.0	77.4
	5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	3.39	58.21	S	105.19	0.0	3.98

A2+M2+R2 [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0.0116
Coefficiente sismico verticale Kv	0.0058

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
150.0	126.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	0.0	
126.0	102.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	0.0	
102.0	78.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	0.0	
78.0	54.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	0.0	
54.0	30.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	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
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
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	150.0	126.0	0.19	0.08	133.03	133.03
2	126.0	102.0	0.66	0.3	112.55	112.55
3	102.0	78.0	1.15	0.51	89.16	89.16
4	78.0	54.0	1.63	0.72	65.41	65.41
5	54.0	30.0	2.11	0.94	41.54	41.54

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

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

Quota	Px	Py	Xp	Yp
126.0	0.01	1.18	475.0	138.0
102.0	0.03	2.35	475.0	126.0
78.0	0.04	3.53	475.0	114.0
54.0	0.05	4.71	475.0	102.0
30.0	0.07	5.88	475.0	90.0

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
126.0	0.2	1.26	0.01	20.0
102.0	0.88	2.73	0.1	20.0
78.0	2.04	4.42	0.39	20.0
54.0	3.68	6.32	0.99	20.0
30.0	5.8	8.44	2.02	20.0

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);
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

VT	Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic.
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	1.35	35.77	S	73.81	0.0	370.49	
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	2.65	35.86	S	73.81	0.0	84.18	
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	4.46	35.99	S	73.81	0.0	36.24	
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	6.28	36.12	S	73.81	0.0	20.07	
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	8.34	36.27	S	73.81	0.0	12.72	

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (486.0/0.0)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (486.0/150.5)$

Centro di rotazione $(x_{ro}, y_{ro}) = (0.0/0.0)$

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
150.5	150.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
150.0	126.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
126.0	102.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
102.0	78.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
78.0	54.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
54.0	30.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
30.0	0.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	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
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
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	150.5	150.0	0.0	0.0	150.17	150.17
2	150.0	126.0	0.19	0.11	133.21	133.21
3	126.0	102.0	0.65	0.39	112.57	112.57
4	102.0	78.0	1.12	0.68	89.17	89.17
5	78.0	54.0	1.59	0.96	65.41	65.41
6	54.0	30.0	2.05	1.24	41.55	41.55
7	30.0	0.0	3.23	1.9	14.42	14.56

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
30.0	0.0	19.0	205.0	31.08	24.0	0.2	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
204.0	3.11	-2.84	-1.27

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	30.0	0.0	-2.63	-1.0	10.37	9.6

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	8.84	5.28	-21.31
Carichi esterni	0.0	34.19	-115.05
Peso muro	0.07	5.88	-27.89
Peso fondazione	0.41	35.75	-86.8
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	0.23	-1.1
Spinte fondazione	-2.63	-1.0	-0.27
	6.7	80.33	-252.42

Momento stabilizzante -256.62 kNm
Momento ribaltante 4.2 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	9.32 kN
Sommatoria forze verticali	81.33 kN
Coefficiente di attrito	0.6
Adesione	0.14 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	81.33 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	9.32 kN
Resistenza terreno	52.33 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	5.61
Traslazione verificata Csd>1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-256.62 kNm
Momento ribaltante	4.2 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	61.13
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	6.7 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	80.33 kN
Somma momenti	-252.42 kNm
Larghezza fondazione	486.0 cm
Lunghezza	1000.0 cm
Eccentricità su B	71.24 cm
Peso unità di volume	19.0 kN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	31.08 °
Coesione	0.2 kPa
Terreno sulla fondazione	30.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	19.0 kN/m ³
Nq	20.83
Nc	32.89
Ng	26.32
Fattori di forma	
sq	1.0
sc	1.0
sg	1.0
Inclinazione carichi	

iq	0.84
ic	0.83
ig	0.77
Fattori di profondità	
dq	1.02
dc	1.03
dg	1.0
Carico limite verticale (Qlim)	2652.75 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	33.02

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	314.24 cm
Larghezza della fondazione	486.0 cm
x = 0.0 cm	1.99 kPa
x = 486.0 cm	31.07 kPa

MENSOLA A VALLE

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
188.0	-2.63	-1.49	1.09	30.0
465.0	-2.63	-23.64	0.57	30.0

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

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	2.57	58.11	S	105.19	0.0	70.66
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	2.57	58.11	S	105.19	0.0	4.45

EQU+M2 [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0.0116
Coefficiente sismico verticale Kv	0.0058

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
150.0	126.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	0.0	
126.0	102.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	0.0	
102.0	78.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	0.0	
78.0	54.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	0.0	
54.0	30.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	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
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
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	150.0	126.0	0.2	0.08	133.03	132.96
2	126.0	102.0	0.73	0.28	112.55	112.54
3	102.0	78.0	1.25	0.48	89.16	89.16
4	78.0	54.0	1.78	0.69	65.41	65.41
5	54.0	30.0	2.31	0.89	41.54	41.54

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

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

Quota	Px	Py	Xp	Yp
126.0	0.01	1.06	475.0	138.0
102.0	0.02	2.12	475.0	126.0
78.0	0.04	3.18	475.0	114.0
54.0	0.05	4.24	475.0	102.0
30.0	0.06	5.3	475.0	90.0

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
126.0	0.22	1.14	0.01	20.0
102.0	0.95	2.47	0.11	20.0
78.0	2.22	4.02	0.43	20.0
54.0	4.02	5.76	1.1	20.0
30.0	6.34	7.71	2.24	20.0

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);
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

VT	Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic.
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	1.09	35.75	S	73.81	0.0	342.97	
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	2.39	35.84	S	73.81	0.0	77.36	
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	3.95	35.95	S	73.81	0.0	33.23	
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	5.76	36.09	S	73.81	0.0	18.38	
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	7.7	36.23	S	73.81	0.0	11.64	

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (486.0/0.0)
 Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (486.0/150.5)
 Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
150.5	150.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
150.0	126.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
126.0	102.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
102.0	78.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
78.0	54.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
54.0	30.0	19.0	25.0	31.08	31.08	0.2	0.0	
30.0	0.0	19.0	25.0	31.08	24.0	0.2	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
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
31.08	0.47	0.5	0.03	0.4	0.24	0.02	0.01
24.0	0.46	0.48	0.02	0.42	0.19	0.02	0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
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	150.5	150.0	0.0	0.0	150.17	150.0
2	150.0	126.0	0.21	0.11	133.21	133.14
3	126.0	102.0	0.72	0.37	112.57	112.56
4	102.0	78.0	1.23	0.64	89.17	89.16
5	78.0	54.0	1.74	0.9	65.41	65.41
6	54.0	30.0	2.25	1.17	41.55	41.54
7	30.0	0.0	3.54	1.8	14.42	14.56

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
30.0	0.0	19.0	205.0	31.08	24.0	0.2	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
204.0	3.11	-2.84	-1.27

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	30.0	0.0	-2.63	-1.0	10.37	9.6

Sollecitazioni total i

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	9.67	4.99	-19.49
Carichi esterni	0.0	26.3	-88.5
Peso muro	0.06	5.3	-25.1
Peso fondazione	0.37	32.17	-78.12
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	0.23	-1.1
Spinte fondazione	-2.63	-1.0	-0.27
	7.48	67.99	-212.59

Momento stabilizzante -217.18 kNm
Momento ribaltante 4.6 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	10.11 kN	
Sommatoria forze verticali	68.98 kN	
Coefficiente di attrito	0.6	
Adesione	0.14	kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °	
Forze normali al piano di scorrimento	68.98 kN	
Forze parall. al piano di scorrimento	10.11 kN	
Resistenza terreno	44.89 kN	
Coeff. sicurezza traslazione Csd	4.44	
Traslazione verificata Csd>1		

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-217.18 kNm
Momento ribaltante	4.6 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	47.26
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	7.48 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	67.99 kN
Somma momenti	-212.59 kNm
Larghezza fondazione	486.0 cm
Lunghezza	1000.0 cm
Eccentricità su B	69.7 cm
Peso unità di volume	19.0 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	31.08 °
Coesione	0.2 kPa
Terreno sulla fondazione	30.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	19.0 KN/m ³
Nq	20.83
Nc	32.89
Ng	26.32
Fattori di forma	
sq	1.0
sc	1.0
sg	1.0
Inclinazione carichi	
iq	0.8
ic	0.78
ig	0.71
Fattori di profondità	
dq	1.02
dc	1.03
dg	1.0
Carico limite verticale (Qlim)	2484.07 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	36.54

Carico limite verificato $C_{sq} > 1$

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	312.7 cm
Larghezza della fondazione	486.0 cm
$x = 0.0$ cm	1.95 kPa
$x = 486.0$ cm	26.03 kPa

MENSOLA A VALLE

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
188.0	-2.63	-0.98	1.01	30.0
465.0	-2.63	-19.7	-0.63	30.0

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

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio $(V_{cd} + V_{wd}) / V_{sdu}$ (Verificato se ≥ 1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	2.57	58.11	S	105.19	0.0	107.49
5Ø12 (5.65)	5Ø12 (5.65)	2.57	58.11	S	105.19	0.0	5.34

MICROPALI RADICE

I seguenti micropali radice sono calcolati in base all'azione stimata dal geologo nella verifica di stabilità del versante a cui viene applicato anche il peso del cordolo di collegamento con elemento a sbalzo

Per cui : carico derivante dalla relazione geotecnica =

Carico derivante dal cordolo di testa e sbalzo :

$$0.70 \times 0.90 \times 2500 + 0.50 \times 0.30 \times 2500 + 0.20 \times 0.40 \times 2500 = 2150 \text{ daN/m}$$

Essendo l'interasse dei pali ad 1 metro il carico sopra coincide con il carico su 1 palo

Mettendoci nella situazione cautelativa supponiamo che in testa al palo si distribuisca anche l'azione di un asse isolato da 240 KN che considerata la dimensione del cordolo di collegamento 70x90 possiamo pensare distribuita almeno su 4 pali

in definitiva su ogni palo andrà nella condizione peggiore

$24000/4 + 2150 = 8150$ daN inferiori alla portata cautelativa del palo come riportato nella relazione Geologica geotecnica allegata al progetto.

Pali previsti 40 in base alle ntc 2008 punto 6.4.3.7.2 da sottoporre a prova n° 2
Carico di prova 1.5 volte il carico di verifica = $8150 \text{ daN} \times 1.5 = 12225 \text{ daN}$ pari a 12.2 T

TIRANTI

Per la stabilizzazione del versante sono previsti dalla relazione geologica geotecnica, tiranti passivi con barre DYWIDAG da 32 mm di diametro nominale, le cui caratteristiche sono riportate nella tabella seguente

SCHEDA TECNICA BARRA DYWIDAG

tipo di barra	Ancoraggio definitivo e provvisorio			
	di diametro nominale mm	qualità del acciaio N/mm ²	carico di snervamento kN	carico ultimo kN
THREADBAR® barra a filettatura continua destrorsa	26.5	950/1050WR	525	580
	32	950/1050WR	760	850
	36	950/1050WR	960	1,070
	40	950/1050WR	1,190	1,320
	47	950/1050WR	1,648	1,822
barra GEWI® Plus filettata destrorsa	30	670/800	474	565
	35	670/800	645	770
	43	670/800	973	1,162
	57.5	670/800	1,740	2,077
	63.5	670/800	2,122	2,534

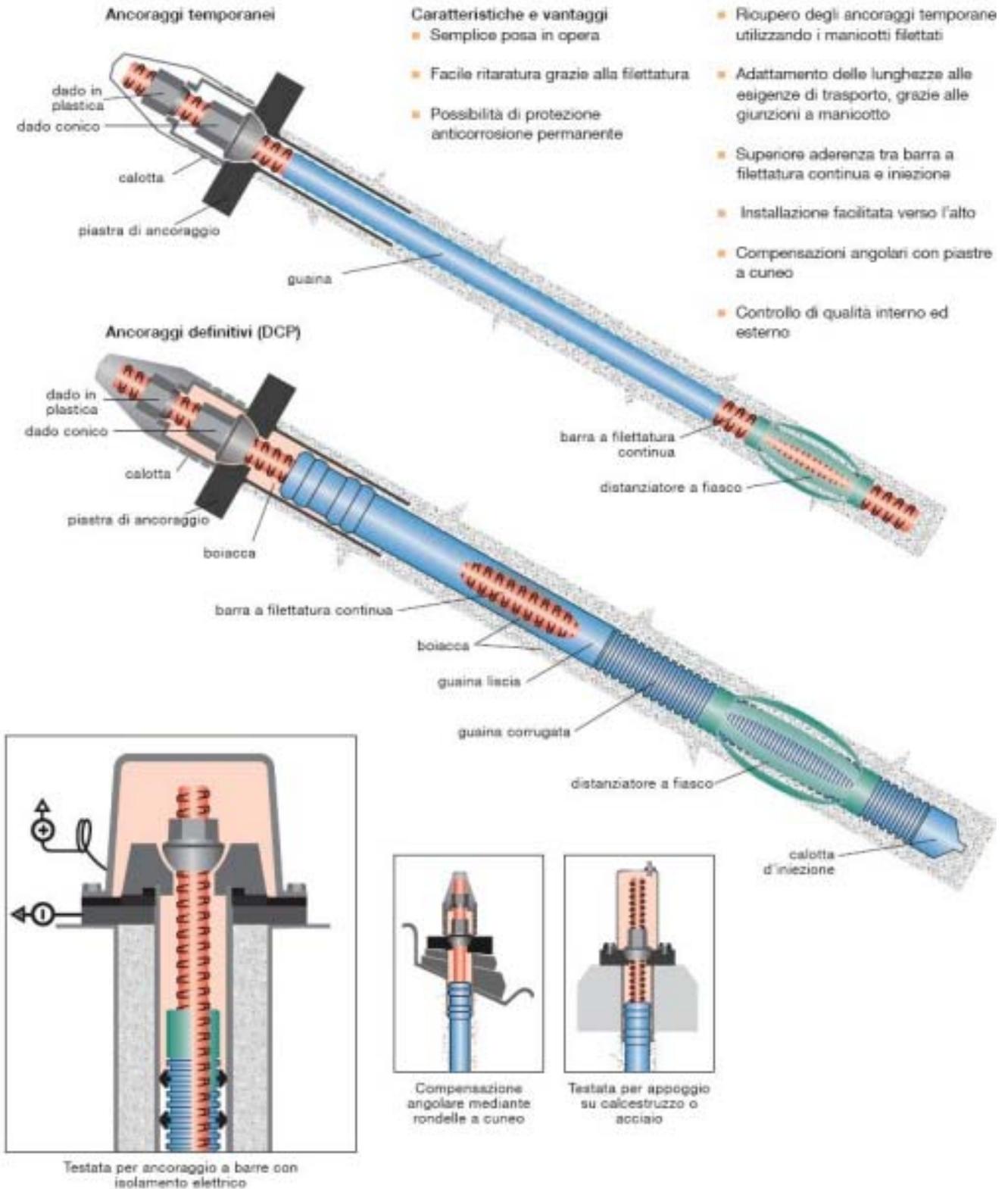
Tiranti da sottoporre a Prova :

Punto 6.6.4 delle NTC 2008

1 se il numero degli ancoraggi è inferiore a 30

Carico da considerare 1.2 volte quello previsto in esercizio nostro caso $1.2 \times 10 = 12 \text{ T}$

DYWIDAG Ancoraggi a barre



Verifica del tirante :

Calcolo della resistenza allo sfilamento con i metodi di Schneebeli e Bustamante Doix.
verifica di aderenza acciaio malta di iniezione
Verifica malta guaina corrugata
Verifica aderenza malta foro
Dimensionamento di massima della piastre di ancoraggio.

Metodo di calcolo: Schneebeli
 Bustamante Doix

Dati per il calcolo della resistenza allo sfilamento

Tipo di terreno: Granulare Coesivo

Accelerazione sismica di progetto (a/g)

Peso di volume del terreno soprastante il tratto ancorato (KN/mc)

Angolo di attrito interno del terreno (°)

Coesione non drenata del terreno (c > 10) (KPa)

Densità relativa del terreno (Dr > 50) (%)

Diametro di perforazione (m)

Lunghezza della zona ancorata (m)

Profondità del punto medio del tratto ancorato (m)

Tensione di aderenza tau (Mpa)

Dati per le verifiche dell'aderenza del tirante e per il dimensionamento della piastra di ancoraggio

Sforzo di progetto tirante (N)	100000
Somma dei diametri dei trefoli o delle barre (cm)	3,2
Diametro interno della guaina grecata (cm)	10
Diametro della perforazione (cm)	16
Diametro del foro retrostante la piastra (cm)	16
Resistenza caratteristica della malta di iniezione (MPa)	25
Resistenza alla compressione ammissibile del materiale su cui poggia la piastra (MPa)	20

Risultati

Resistenza allo sfilamento (temporanei) (KN)	123,05
Resistenza allo sfilamento (permanenti) (KN)	102,542
Verifica dell'aderenza acciaio-malta d'iniezione	Soddisfatta
Verifica dell'aderenza malta-guaina corrugata	Soddisfatta
Verifica dell'aderenza della malta al foro	Soddisfatta
Dimensionamento di massima della piastra di ancoraggio	
Lato o diametro della piastra (mm)	142,8
Spessore della piastra (mm)	10,09

TIRANTE in acciaio : CARICO DI SNERVAMENTO $760 \text{ KN} = 77497 \text{ daN}$
 $F_{yk}/1.05 = 73806 \text{ daN} \gg 10000 \text{ daN}$

Ing. Alessandro RAGGHIANI