

Regione Siciliana Comune di Nicosia (Enna)



allegato o disegno

D03



D. GEOLOGIA, GEOTECNICA E CALCOLI

RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO E SUI MATERIALI

**Riqualficazione
ambientale e
messa in
sicurezza
del piazzale
all'ingresso
nord-est della
città di Nicosia
in c.da Crociate**

visti

dicembre 2019

responsabile unico del procedimento
ing. Antonino Testa Camillo

progettisti
arch. Domenico Castiglia

arch. Francesco Colfletti

Relazione generale di calcolo e sui materiali

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)
- Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018

[Digitare qui]

Richiami teorici

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

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

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

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

Calcolo della spinta sul muro

Valori caratteristici e valori di calcolo

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

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

Metodo di Culmann

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

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

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

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

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

Spinta in presenza di falda

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

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

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

Spinta in presenza di sisma

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

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

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

[Digitare qui]

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

dove $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h .
 In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

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

Terreno a permeabilità elevata

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

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

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

dove il coefficiente A vale

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

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

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

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

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

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

dove W è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi. Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

Verifica alla stabilità globale

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

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

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

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

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

dove il termine m è espresso da

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

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

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

Analisi dei pali

[Digitare qui]

Per l'analisi della capacità portante dei pali occorre determinare alcune caratteristiche del terreno in cui si va ad operare. In particolare bisogna conoscere l'angolo d'attrito ϕ e la coesione c . Per pali soggetti a carichi trasversali è necessario conoscere il modulo di reazione laterale o il modulo elastico laterale.

La capacità portante di un palo solitamente viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_t = Q_p + Q_L - W_p$$

dove:

Q_T portanza totale del palo
 Q_P portanza di base del palo
 Q_L portanza per attrito laterale del palo
 W_P peso proprio del palo

e le due componenti Q_P e Q_L sono calcolate in modo indipendente fra loro.

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo Q_A applicando il coefficiente di sicurezza della portanza alla punta η_p ed il coefficiente di sicurezza della portanza per attrito laterale η_l .

Palo compresso:

$$Q_{c,t} = \frac{Q_p}{\eta_p} + \frac{Q_L}{\eta_l} - W_p$$

Palo teso:

$$Q_{t,t} = \frac{Q_L}{\eta_l} - W_p$$

Capacità portante di punta

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_p = A_p \left(cN'_c + qN'_q + \frac{1}{2} B\gamma N'_\gamma \right)$$

dove:

A_p è l'area portante efficace della punta del palo
 c è la coesione
 q è la pressione geostatica alla quota della punta del palo
 γ è il peso specifico del terreno
 D è il diametro del palo
 N'_c, N'_q, N'_γ sono i coefficienti di capacità portante corretti per tener conto degli effetti di forma e di profondità.

Capacità portante per resistenza laterale

La resistenza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_L = \int_S \tau_a dS$$

dove τ_a è dato dalla nota relazione di Coulomb

$$\tau_a = c_a + \sigma_h \tan \delta$$

dove:

c_a è l'adesione palo-terreno
 δ è l'angolo di attrito palo-terreno
 γ è il peso specifico del terreno
 z è la generica quota a partire dalla testa del palo
 L è la lunghezza del palo
 P è il perimetro del palo
 K_s è il coefficiente di spinta che dipende dalle caratteristiche meccaniche e fisiche del terreno dal suo stato di addensamento e dalle modalità di realizzazione del palo.

Portanza trasversale dei pali - Analisi ad elementi finiti

[Digitare qui]

Nel modello di terreno alla Winkler il terreno viene schematizzato come una serie di molle elastiche indipendenti fra di loro. Le molle che schematizzano il terreno vengono caratterizzate tramite una costante elastica K espressa in $\text{Kg/cm}^2/\text{cm}$ che rappresenta la pressione (in Kg/cm^2) che bisogna applicare per ottenere l'abbassamento di 1 cm.

Nel metodo degli elementi finiti occorre discretizzare il particolare problema. Nel caso specifico il palo viene suddiviso in un certo numero di elementi di eguale lunghezza. Ogni elemento è caratterizzato da una sezione avente area ed inerzia coincidente con quella del palo.

Il terreno viene schematizzato come una serie di molle orizzontali che reagiscono agli spostamenti nei due versi. La rigidezza assiale della singola molla è proporzionale alla costante di Winkler orizzontale del terreno, al diametro del palo ed alla lunghezza dell'elemento. La molla, però, non viene vista come un elemento infinitamente elastico ma come un elemento con comportamento del tipo elastoplastico perfetto (diagramma sforzi-deformazioni di tipo bilatero). Essa presenta una resistenza crescente al crescere degli spostamenti fino a che l'entità degli spostamenti si mantiene al di sotto di un certo spostamento limite, X_{max} oppure fino a quando non si raggiunge il valore della pressione limite. Superato tale limite non si ha un incremento di resistenza. E' evidente che assumendo un comportamento di questo tipo ci si addentra in un tipico problema non lineare che può essere risolto solo mediante una analisi al passo. Questa modellazione presenta il notevole vantaggio di poter schematizzare tutti quei comportamenti individuati da Broms e che sarebbe impossibile trattare in un modello numerico. In particolare risulta automatico analizzare casi in cui si ha insufficiente portanza non per rottura del palo ma per rottura del terreno (vedi il caso di un palo molto rigido in un terreno molle).

Determinazione degli scarichi sul palo.

Gli scarichi sui pali vengono determinati mediante il metodo delle rigidezze.

La piastra di fondazione viene considerata infinitamente rigida (3 gradi di libertà) ed i pali vengono considerati incastrati o incernierati (la scelta del vincolo viene fatta dall'Utente nella tabella CARATTERISTICHE del sottomenu PALI) a tale piastra.

Viene effettuata una prima analisi di ogni palo di ciascuna fila (i pali di ogni fila hanno le stesse caratteristiche) per costruire una curva carichi-spostamenti del palo. Questa curva viene costruita considerando il palo elastico. Si tratta, in definitiva, della matrice di rigidezza del palo K_e , costruita imponendo traslazioni e rotazioni unitarie per determinare le corrispondenti sollecitazioni in testa al palo.

Nota la matrice di rigidezza di ogni palo si assembla la matrice globale (di dimensioni 3×3) della palificata, K .

A questo punto, note le forze agenti in fondazione (N, T, M) si possono ricavare gli spostamenti della piastra (abbassamento, traslazione e rotazione) e le forze che si scaricano su ciascun palo. Infatti indicando con p il vettore dei carichi e con u il vettore degli spostamenti della piastra abbiamo:

$$u = K^{-1}p$$

Noti gli spostamenti della piastra, e quindi della testa dei pali, abbiamo gli scarichi su ciascun palo. Allora per ciascun palo viene effettuata un'analisi elastoplastica incrementale (tramite il metodo degli elementi finiti) che, tenendo conto della plasticizzazione del terreno, calcola le sollecitazioni in tutte le sezioni del palo.

Se, le caratteristiche del terreno (rappresentate da $K(h)$) sono tali che se non è possibile raggiungere l'equilibrio si ha collasso per 'rottura' del terreno.

Muto tipo 1 - H = 2,20

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<u>Calcestruzzo armato</u>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kg/mc]
Rck	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kg/cm ²]
E	Modulo elastico, espresso in [kg/cm ²]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ	Rck	E	ν	n	ntc
				[kg/mc]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]			
1	Cls Armato	Rck 250	B450C	2500,00	250,00	306659	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk}	f _{uk}
	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]
B450C	4588,65	5506,38

Tipologie pali

Simbologia adottata

n°	Indice tipologia palo
Descr	Descrizione tipologia palo
P	Contributo portanza palo (laterale e/o punta)
T	Tecnologia costruttiva (trivellato, infisso o elica continua)
V	Vincolo palo-fondazione: Cerniera o Incastro (libero o impedito di ruotare in testa)
Imat	Indice materiale che lo costituisce
BD	usa metodo di Bustamante-Doix
PN	Portanza nota
Pp, PI	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kg]

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	Tipologia palo	Laterale + Punta	Trivellato	Incastro	1	NO	NO	--	--

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

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

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

n°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	0,00	0,00	0.000
2	20,00	0,00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 10.000 [°]

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Paramento

Materiale	Cls Armato	
Altezza paramento	2,20	[m]
Altezza paramento libero	2,00	[m]
[Digitare qui]		

Spessore in sommità	0,25	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,25	[m]
Inclinazione paramento esterno	0,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

Fondazione

Materiale	Cls Armato	
Lunghezza mensola di valle	0,85	[m]
Lunghezza mensola di monte	1,00	[m]
Lunghezza totale	2,10	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,60	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

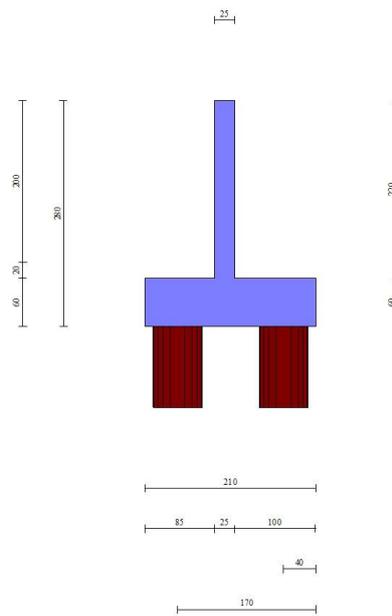


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Descrizione pali di fondazione

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della fila
- X ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
- I interasse tra i pali, espressa in [m]
- f franco laterale (distanza minima dal bordo laterale), espressa in [m]
- Np Numero di pali della fila
- D diametro dei pali della fila espresso in [cm]
- L lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
- α inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
- ALL allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

n°	Tipologia	X [m]	I [m]	f [m]	Np	D [cm]	L [m]	α [°]	ALL
1	Tipologia palo	0,40	3,20	0,20	4	60,00	10,00	0,00	Sfalsati
2	Tipologia palo	1,70	3,20	0,30	5	60,00	10,00	0,00	Centrati

[Digitare qui]

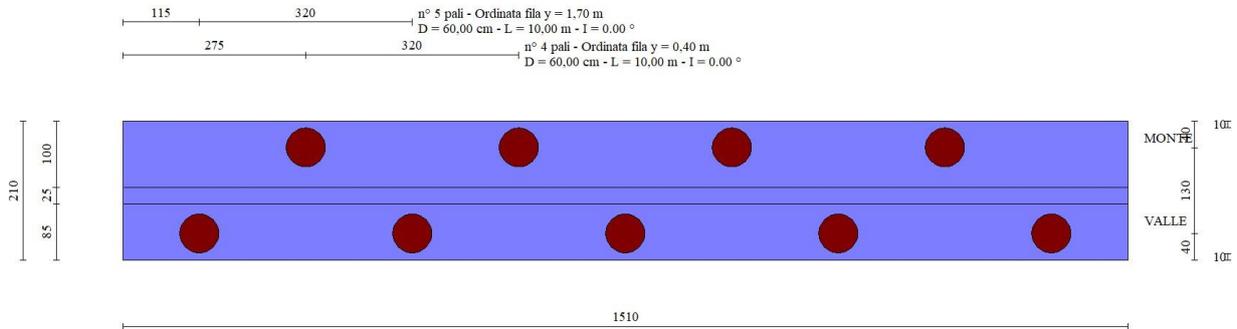


Fig. 2 - Pianta pali

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kg/cm ²]
ca	Adesione terra-muro espressa in [kg/cm ²]
<u>Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix</u>	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
τ_l	Tensione tangenziale limite, espressa in [kg/cm ²]

n°	Descr	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kg/cm ²]	ca [kg/cm ²]	Cesp	τ_l [kg/cm ²]	
1	Riporto	1930,00	2000,00	18.000	12.000	0,00	0,00	1.800	0,00	(CAR)
				18.000	12.000	0,00	0,00			(MIN)
				18.000	12.000	0,00	0,00			(MED)
2	Argille	1920,00	2000,00	20.000	13.330	0,28	0,14	1.900	1,01	(CAR)
				23.000	15.333	0,28	0,14			(MIN)
				23.000	15.333	0,28	0,14			(MED)

Stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
α	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Kwn, Kwt	Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm ² /cm
<u>Per calcolo pali (solo se presenti)</u>	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')
Kst_{sta}, Kst_{sis} Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm ²]	Kwt [Kg/cm ²]	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	Kst _{sta}	Kst _{sis}
1	6,00	0.000	Riporto	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	---	---
2	10,00	0.000	Argille	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	---	---

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

[Digitare qui]



Fig. 3 - Stratigrafia

Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.
 Carichi orizzontali positivi verso sinistra.
 Momento positivo senso antiorario.

- X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
- F_x Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]
- F_y Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]
- M Momento espresso in [kgm]
- X_i Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
- X_f Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
- Q_i Intensità del carico per x=X_i espressa in [kg]
- Q_f Intensità del carico per x=X_f espressa in [kg]

Condizione n° 1 (Condizione 1) - VARIABILE TF

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

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	F _x	F _y	M	X _i	X _f	Q _i	Q _f
		[m]	[kg]	[kg]	[kgm]	[m]	[m]	[kg]	[kg]
1	Distribuito					0,00	20,00	1000,00	1000,00

Condizione n° 2 (Condizione 2) - VARIABILE

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

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	F _x	F _y	M	X _i	X _f	Q _i	Q _f
		[m]	[kg]	[kg]	[kgm]	[m]	[m]	[kg]	[kg]
1	Distribuito					0,00	20,00	500,00	500,00

Condizione n° 3 (Condizione 3) - PERMANENTE

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	F _x	F _y	M	X _i	X _f	Q _i	Q _f
		[m]	[kg]	[kg]	[kgm]	[m]	[m]	[kg]	[kg]
1	Distribuito					0,00	3,00	500,00	500,00

Normativa

[Digitare qui]

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

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

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

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

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

Carichi verticali. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	γ_b	--	--	1.15	--	--	1.35	--	--	1.30
Laterale compressione	γ_s	--	--	1.15	--	--	1.15	--	--	1.15
Totale compressione	γ_t	--	--	1.15	--	--	1.30	--	--	1.25
Laterale trazione	γ_{st}	--	--	1.25	--	--	1.25	--	--	1.25

Carichi trasversali. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

		R1	R2	R3
Trasversale	γ_t	--	--	1.30

Coefficienti di riduzione ζ per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate 1

$\zeta_3=1.70$ $\zeta_4=1.70$

Descrizione combinazioni di carico

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[Digitare qui]

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

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

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione
 Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 3	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 3	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.50	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.15	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.15	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole

[Digitare qui]

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - SLEQ

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEQ

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole

[Digitare qui]

Combinazione n° 15 - SLEQ H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 16 - SLEQ H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Nicosia
Provincia	Enna
Regione	Sicilia
Latitudine	37.748562
Longitudine	14.398250
Indice punti di interpolazione	46967 - 46968 - 46746 - 46745
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	50 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	1.265	0.526
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.129	0.054
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.485	2.439
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.346	0.278
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	1.000	23.202	11.601
Ultimo - Ribaltamento	1.000	23.202	11.601
Esercizio	1.000	9.643	4.821

Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

[Digitare qui]

Opzioni di calcolo

Spinta

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

Stabilità globale

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

Altro

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

Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	5,00 [cm]

Opzioni calcolo pali

Portanza verticale

Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Bustamante-Doix
Metodo di calcolo della portanza alla punta	15.00 % della portanza laterale

Portanza trasversale

Costante di Winkler: costante pari a 1.00 [Kg/cm ² /cm] Criterio rottura palo-terreno	
- Spostamento limite	Non attivo
- Pressione limite	Pressione passiva con moltiplicatore M=3,00
- Palo infinitamente elastico	Attivo

Cedimenti

Metodo di calcolo	Metodo agli elementi finiti
Spostamento limite alla punta	1,00 [cm]
Spostamento limite laterale	0,50 [cm]

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (SLU)

	SLU	Eccezionale
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50	1.00
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15	1.00
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00	1.00

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite di Esercizio (SLE)

Paramento e fondazione muro

Verifiche strutturali nelle combinazioni SLD NO

Condizioni ambientali	Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata	SI

Verifica a fessurazione

Sensibilità armatura	Poco sensibile
Metodo di calcolo aperture delle fessure	NTC 2018 - CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Valori limite aperture delle fessure:

$$w_1=0.20$$

$$w_2=0.30$$

$$w_3=0.40$$

Verifica delle tensioni

Valori limite delle tensioni nei materiali:

Combinazione	Calcestruzzo	Acciaio
Rara	0.60 f_{ck}	0.80 f_{yk}
Frequente	1.00 f_{ck}	1.00 f_{yk}
Quasi permanente	0.45 f_{ck}	1.00 f_{yk}

Pali

Verifiche strutturali nelle combinazioni SLD NO

[Digitare qui]

Condizioni ambientali Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata SI

Verifica a fessurazione

Sensibilità armatura Poco sensibile
Metodo di calcolo aperture delle fessure NTC 2018 - CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Valori limite aperture delle fessure:

$$w_1=0.20$$

$$w_2=0.30$$

$$w_3=0.40$$

Verifica delle tensioni

Valori limite delle tensioni nei materiali:

Combinazione	Calcestruzzo	Acciaio
Rara	0.60 f_{ck}	0.80 f_{yk}
Frequente	1.00 f_{ck}	1.00 f_{yk}
Quasi permanente	0.45 f_{ck}	1.00 f_{yk}

[Digitare qui]

Risultati

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kg]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kg]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kg]	I [°]	Cx [kg]	Cy [kg]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	8182	12,00	8003	1701	1,00	-1,65
	Peso/Inerzia muro			0	4525/0	-0,07	-2,07
	Peso/Inerzia terrapieno			0	6996/0	0,50	-1,10
	Resistenza pali			-40509			
3	Spinta statica	6142	12,00	6008	1277	1,00	-1,65
	Incremento di spinta sismica		3683	3602	766	1,00	-1,40
	Peso/Inerzia muro			1050	4525/525	-0,07	-2,07
	Peso/Inerzia terrapieno			1449	6246/725	0,50	-1,10
	Resistenza pali			-41508			

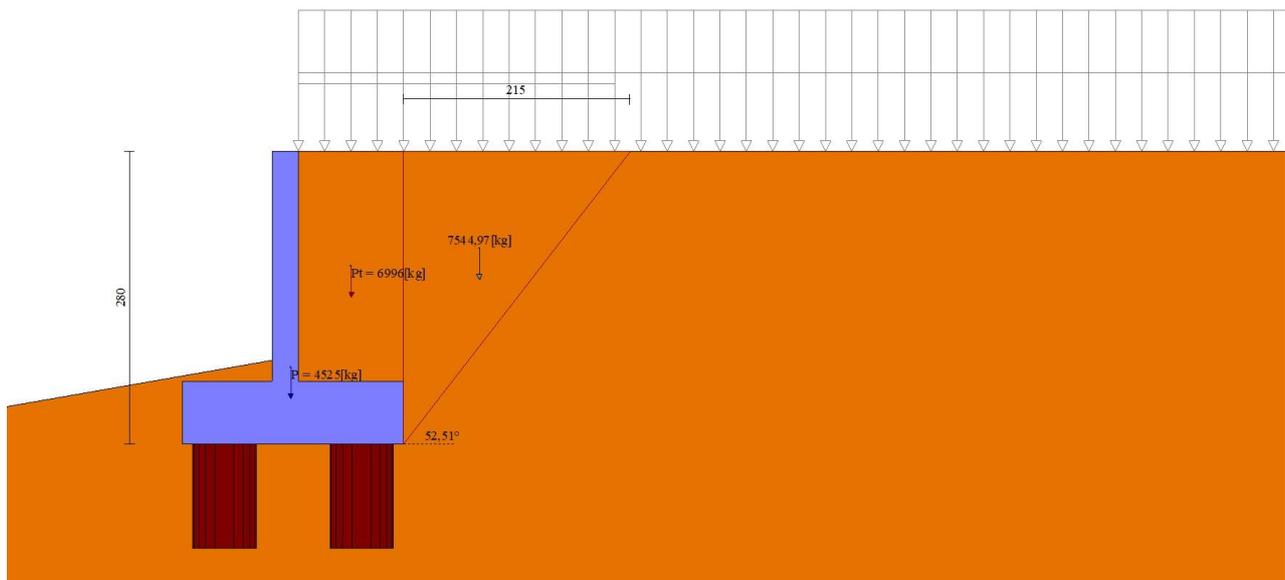


Fig. 4 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

[Digitare qui]

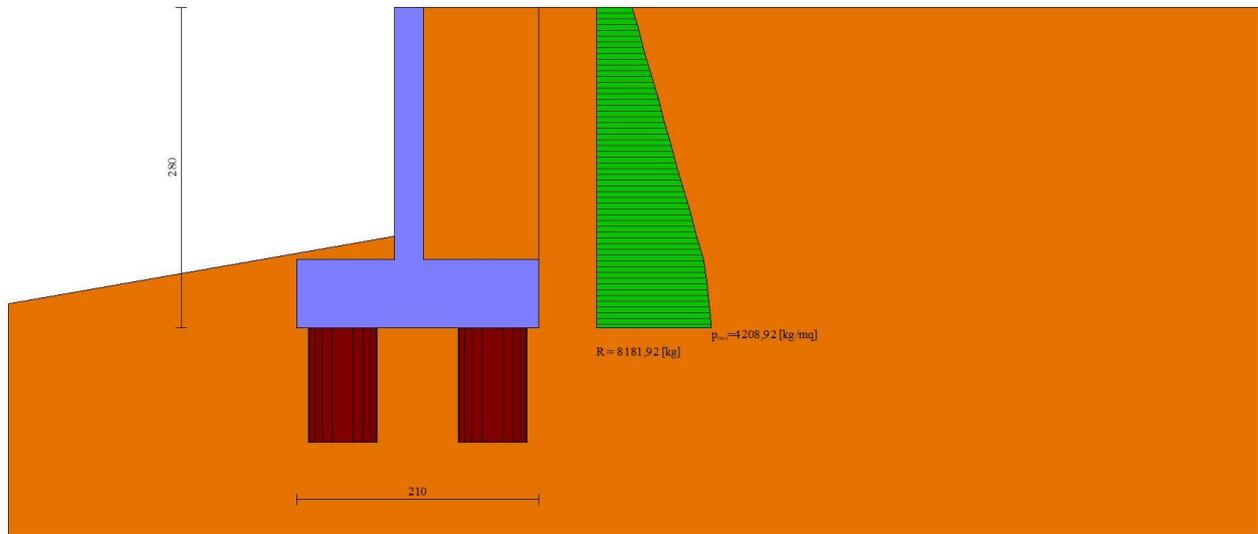


Fig. 5 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

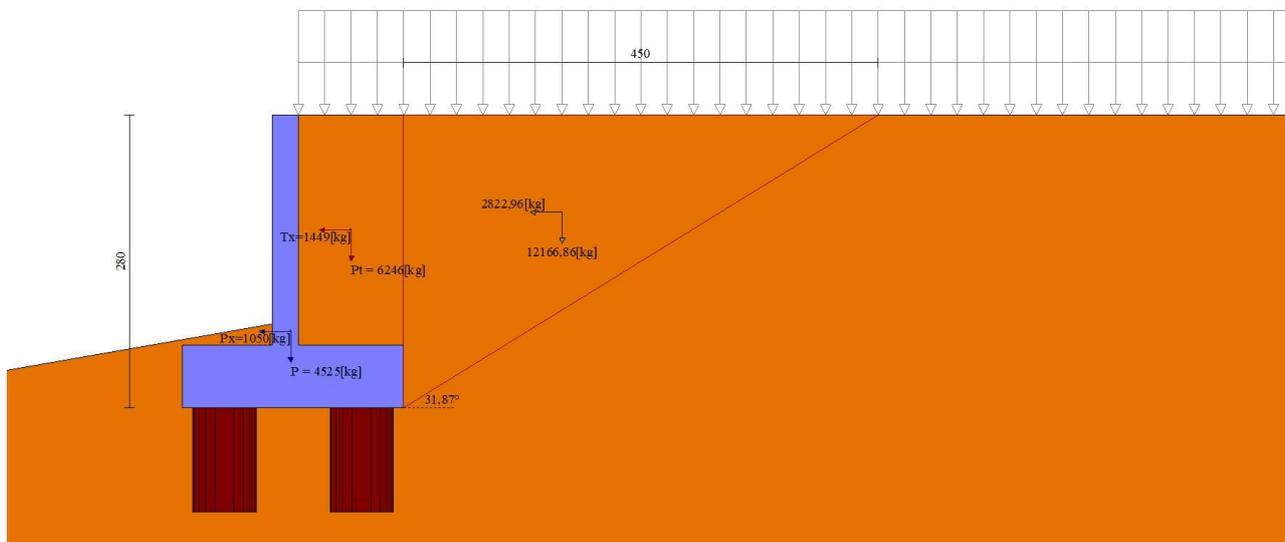


Fig. 6 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 3)

[Digitare qui]

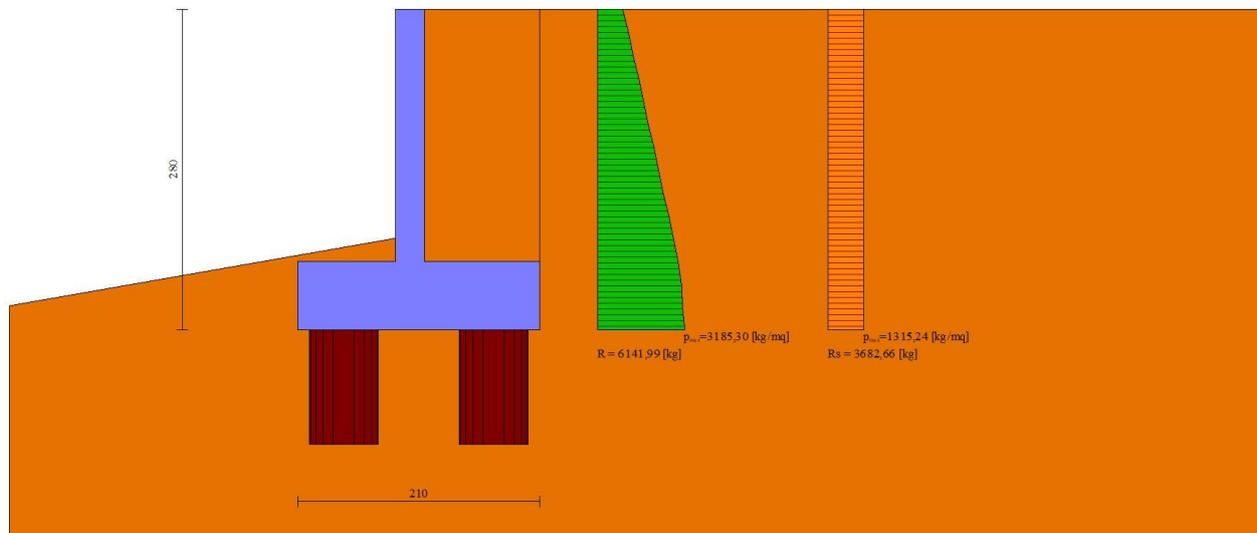


Fig. 7 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 3)

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		5.062					
2 - STR (A1-M1-R3)		5.062					
3 - STR (A1-M1-R3)	H + V	3.428					
4 - STR (A1-M1-R3)	H - V	3.677					
5 - GEO (A2-M2-R2)					2.512		
6 - GEO (A2-M2-R2)					2.512		
7 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.769		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.891		

Verifiche portanza trasversale (scorrimento)

Simbologia adottata

Ic	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
T	Carico orizzontale agente alla testa del palo, espresso in [kg]
Td	Portanza trasversale di progetto, espresso in [kg]
FSo	Fattore di sicurezza (Td/T)

Ic	Ip	T [kg]	Td [kg]	FSo
1 - STR (A1-M1-R3)	1	-13427	67964	5.062
	2	-13427	67964	5.062
3 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	-20316	69641	3.428
	2	-20316	69641	3.428

Verifiche portanza verticale

Simbologia adottata

[Digitare qui]

Ic Indice/Tipo combinazione
Ip Indice palo
N Carico verticale agente alla testa del palo, espresso in [kg]
Pd Portanza di progetto, espresso in [kg]
FSv Fattore di sicurezza (Pd/N)

Ic	Ip	N [kg]	Pd [kg]	FSv
1 - STR (A1-M1-R3)	1	-19421	122338	6.299
	2	55469	134234	2.420
3 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	-57247	122338	2.137
	2	88268	134234	1.521
3 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	-57247	122338	2.137
	2	88268	134234	1.521

Dettagli calcolo portanza verticale

Simbologia adottata

n° Indice palo
Nc, Nq Coeff. di capacità portante
N'c, N'q Coeff. di capacità portante corretti
Zc Massima profondità andamento pressione geostatica, espressa in [m]
Pp, Pl Portanza di punta e laterale caratteristica, espresse in [kg]
A Attrito negativo, espresso in [kg]
Wp Peso palo, espresso in [kg]

n°	Nc	N'c	Nq	N'q	Zc [m]	Pp [kg]	Pl [kg]	A [kg]	Wp [kg]
1	0.000	0.000	0.000	0.000	--	0	244948	0	7069
						0	244948		
2	0.000	0.000	0.000	0.000	--	36742	244948	0	7069
						36742	244948		

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione
C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
R Raggio, espresso in [m]
FS Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS
5 - GEO (A2-M2-R2)	-4,50; 4,50	9,15	2.512
7 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-4,50; 4,50	9,15	1.769

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)
W peso della striscia espresso in [kg]
Qy carico sulla striscia espresso in [kg]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
 ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm²]
b larghezza della striscia espressa in [m]
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm²]
Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kg/cm²]

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kg]	Qy [kg]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kg/cm ²]	u [kg/cm ²]	Tx; Ty [kg]
1	366	901	3,48 - 0,50	57.094	14.571	0,00	0,000	
2	1039	1140	0,50	52.326	14.571	0,00	0,000	
3	1605	1140	0,50	47.490	14.571	0,00	0,000	
4	2085	1140	0,50	43.069	14.571	0,00	0,000	
5	2498	1140	0,50	38.950	14.571	0,00	0,000	
6	3025	1140	0,50	35.058	14.571	0,00	0,000	
7	3336	1140	0,50	31.346	14.571	0,00	0,000	
8	2998	22	0,50	27.775	14.571	0,00	0,000	
9	1842	0	0,50	24.318	14.571	0,00	0,000	
10	1828	0	0,50	20.954	14.571	0,00	0,000	
11	1870	0	0,50	17.664	14.571	0,00	0,000	
12	1923	0	0,50	14.433	14.571	0,00	0,000	

[Digitare qui]

n°	W [kg]	Qy [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]	u [kg/cmq]	Tx; Ty [kg]
13	1947	0	0,50	11.249	14.571	0,00	0,000	
14	1945	0	0,50	8.099	14.571	0,00	0,000	
15	1915	0	0,50	4.975	14.571	0,00	0,000	
16	1860	0	0,50	1.865	14.571	0,00	0,000	
17	1779	0	0,50	-1.240	14.571	0,00	0,000	
18	1672	0	0,50	-4.348	14.571	0,00	0,000	
19	1540	0	0,50	-7.469	14.571	0,00	0,000	
20	1381	0	0,50	-10.613	14.571	0,00	0,000	
21	1195	0	0,50	-13.789	14.571	0,00	0,000	
22	980	0	0,50	-17.010	14.571	0,00	0,000	
23	737	0	0,50	-20.287	14.571	0,00	0,000	
24	462	0	0,50	-23.635	14.571	0,00	0,000	
25	153	0	-8,91 - 0,50	-26.161	14.571	0,00	0,000	

Resistenza al taglio pali 28408 [kg]

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2) H + V

n°	W [kg]	Qy [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]	u [kg/cmq]	Tx; Ty [kg]
1	366	752	3,48 - 0,50	57.094	18.000	0,00	0,000	
2	1039	991	0,50	52.326	18.000	0,00	0,000	
3	1605	991	0,50	47.490	18.000	0,00	0,000	
4	2085	991	0,50	43.069	18.000	0,00	0,000	
5	2498	991	0,50	38.950	18.000	0,00	0,000	
6	3025	991	0,50	35.058	18.000	0,00	0,000	
7	3336	991	0,50	31.346	18.000	0,00	0,000	
8	2998	19	0,50	27.775	18.000	0,00	0,000	
9	1842	0	0,50	24.318	18.000	0,00	0,000	
10	1828	0	0,50	20.954	18.000	0,00	0,000	
11	1870	0	0,50	17.664	18.000	0,00	0,000	
12	1923	0	0,50	14.433	18.000	0,00	0,000	
13	1947	0	0,50	11.249	18.000	0,00	0,000	
14	1945	0	0,50	8.099	18.000	0,00	0,000	
15	1915	0	0,50	4.975	18.000	0,00	0,000	
16	1860	0	0,50	1.865	18.000	0,00	0,000	
17	1779	0	0,50	-1.240	18.000	0,00	0,000	
18	1672	0	0,50	-4.348	18.000	0,00	0,000	
19	1540	0	0,50	-7.469	18.000	0,00	0,000	
20	1381	0	0,50	-10.613	18.000	0,00	0,000	
21	1195	0	0,50	-13.789	18.000	0,00	0,000	
22	980	0	0,50	-17.010	18.000	0,00	0,000	
23	737	0	0,50	-20.287	18.000	0,00	0,000	
24	462	0	0,50	-23.635	18.000	0,00	0,000	
25	153	0	-8,91 - 0,50	-26.161	18.000	0,00	0,000	

Resistenza al taglio pali 28408 [kg]

[Digitare qui]

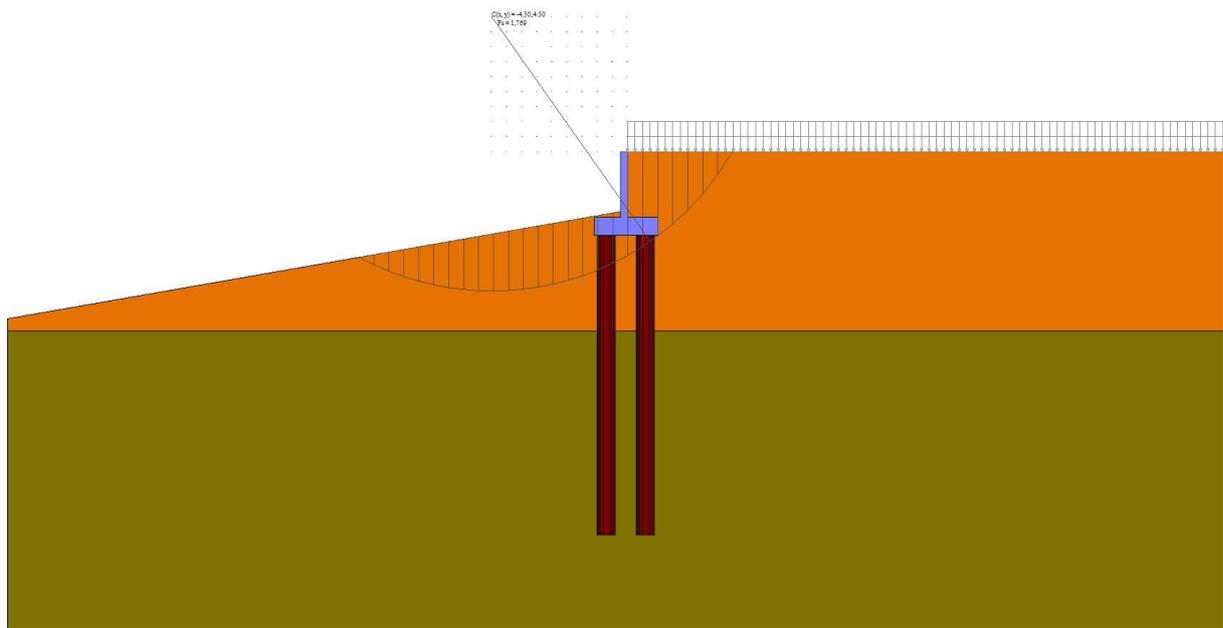


Fig. 8 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)

Verifiche strutturali

Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori espressa in [cmq]
Afs	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kgm]
N	sforzo normale agente espressa in [kg]
Mu	momento ultimi espresso in [kgm]
Nu	sforzo normale ultimo espressa in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Afi, Afs	area ferri inferiori e superiori, espresso in [cmq]
Mp, Mn	momento positivo e negativo agente espressa in [kgm]
Mu	momento ultimi espresso in [kgm]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Oggetto	Is	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS
Paramento	23	100	25	6,16	10,05	7180	1375	8253	1580	1.149
Piastra fondazione	8-3-S	94	60	8,04	8,04			-17614		1.923
Palo c.a. 1	1	60		101,79		32827	-57247	32893	-57247	1.002
Palo c.a. 2	1	60		144,76		32827	88268	33758	88268	1.028

[Digitare qui]

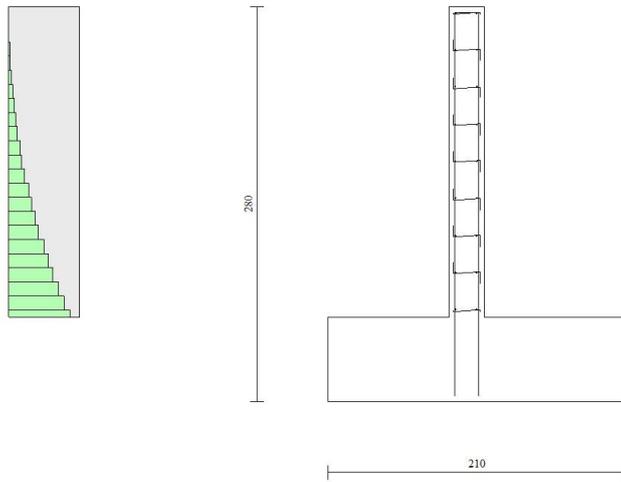


Fig. 9 - Paramento (Inviluppo)

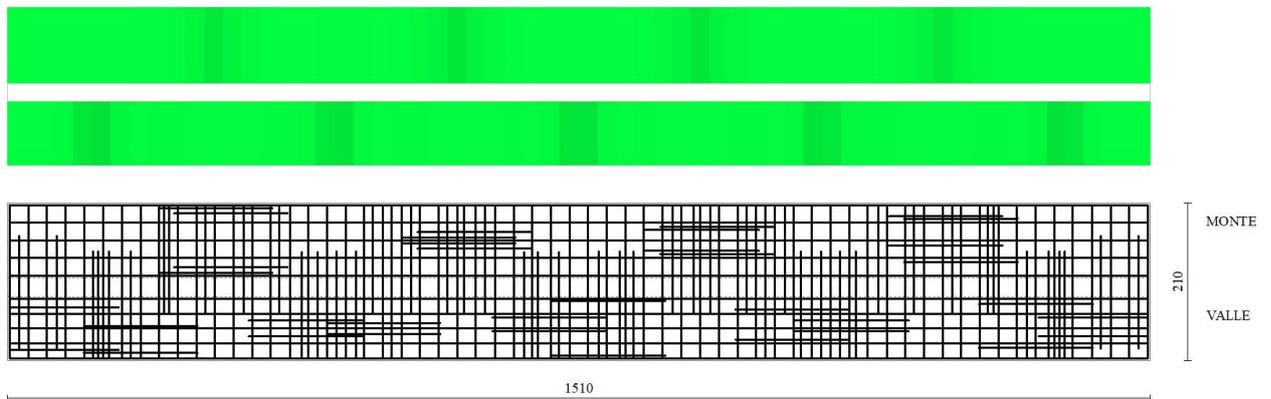


Fig. 10 - Piastra fondazione dir. X (Inviluppo)

[Digitare qui]

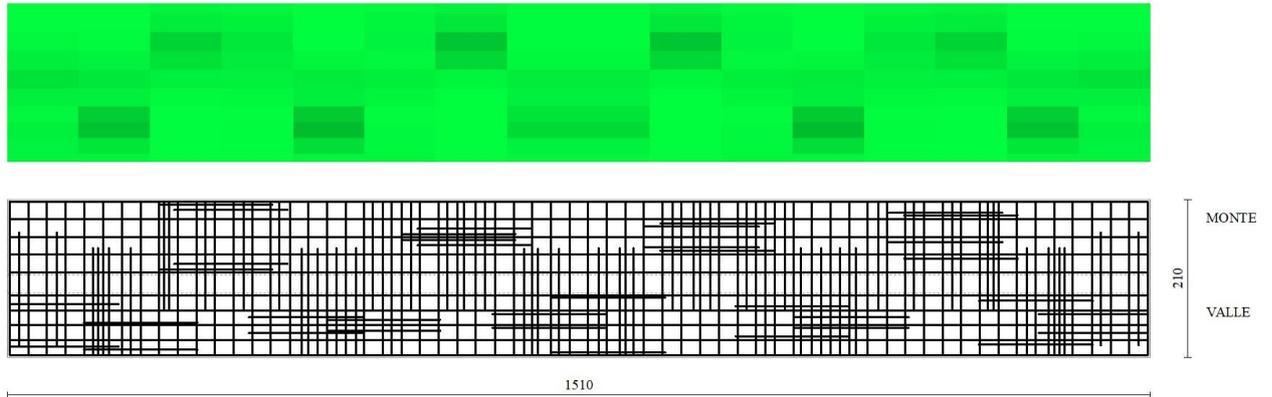


Fig. 11 - Piastra fondazione dir. Y (Inviluppo)

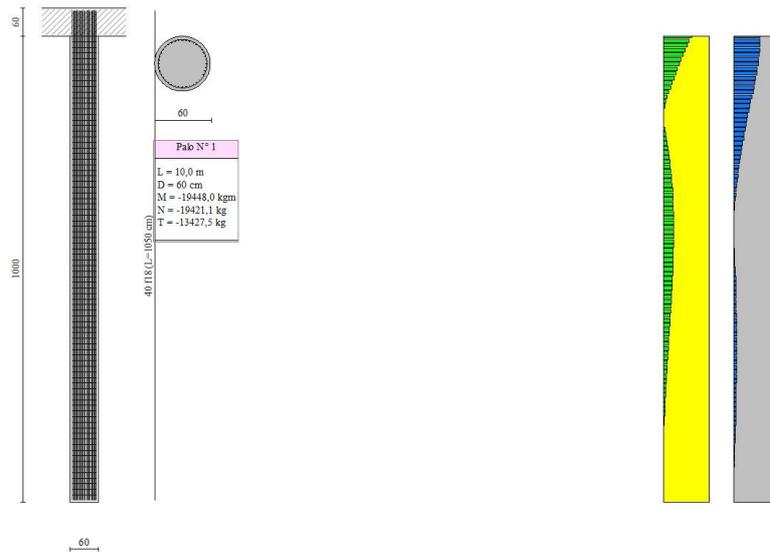


Fig. 12 - Pali (Palo n° 1) (Inviluppo)

[Digitare qui]

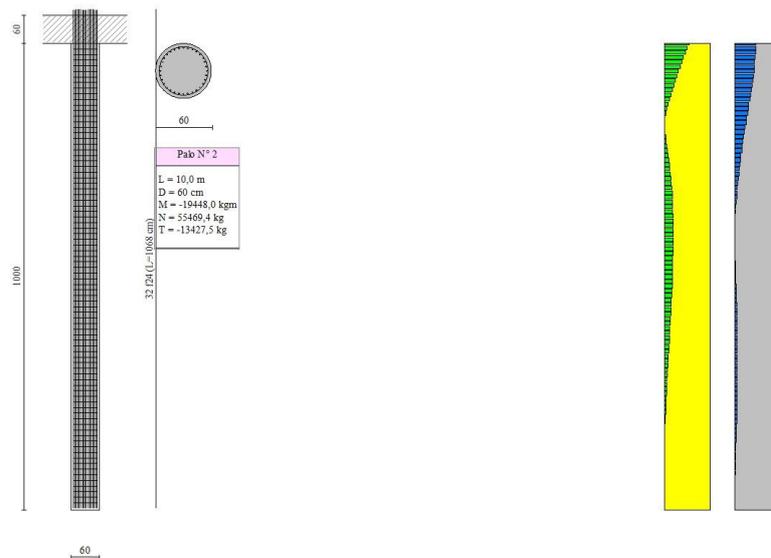


Fig. 13 - Pali (Palo n° 2) (Involuppo)

Verifiche a taglio

Simbologia adottata

Is	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
A _{sw}	area ferri a taglio espresso in [cmq]
cotgθ	inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
V _{Rcd}	resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kg]
V _{Rsd}	resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kg]
V _{Rd}	resistenza di progetto a taglio espresso in [kg]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A _{sw} >0.0) V _{Rd} =min(V _{Rcd} , V _{Rsd}).
T	taglio agente espressa in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

La verifica a taglio sui pali circolari in c.a. viene eseguita considerando una sezione quadrata inscritta nella circonferenza. Se D è il diametro del palo, il lato della sezione quadrata sulla quale si esegue la verifica è $L = 2^{0.5}/2 D$.

Oggetto	Is	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotθ	V _{Rcd} [kg]	V _{Rsd} [kg]	V _{Rd} [kg]	T [kg]	FS
Paramento	23	100	25	0,00		0	0	13243	7248	1.827
Piastra fondazione	15-3-S	94	60	8,04	2,500	98158	75449	75449	74686	1.010
Palo 1	1	42		157,08	2.500	29766	42336	29766	20316	1.127
Palo 2	1	42		157,08	2.500	37207	42336	37207	20316	1.409

[Digitare qui]

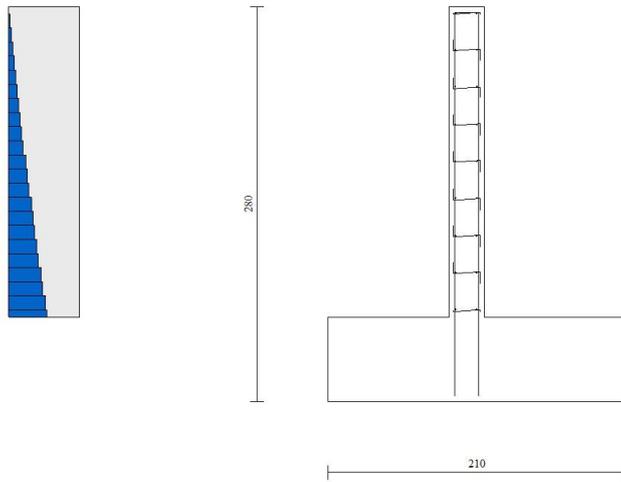


Fig. 14 - Paramento (Inviluppo)

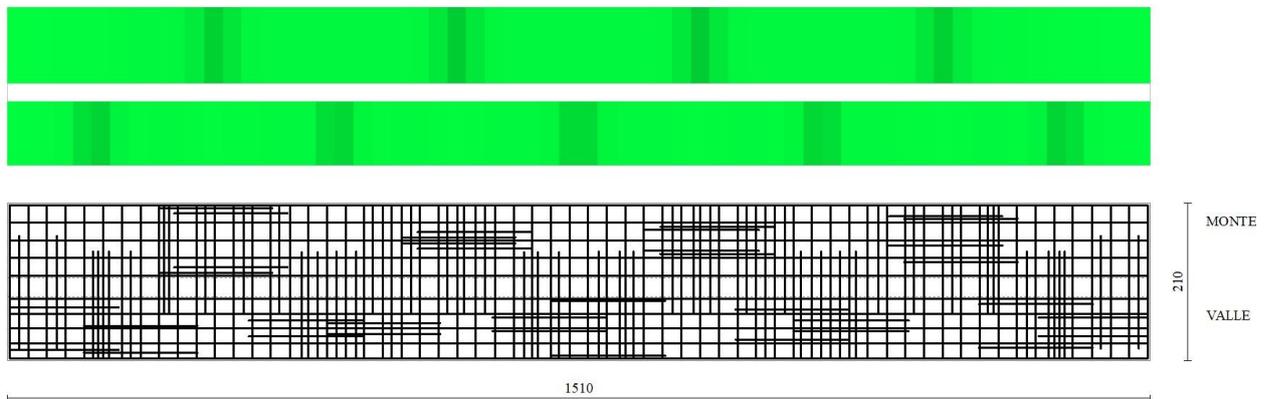


Fig. 15 - Piastra fondazione dir. X (Inviluppo)

[Digitare qui]

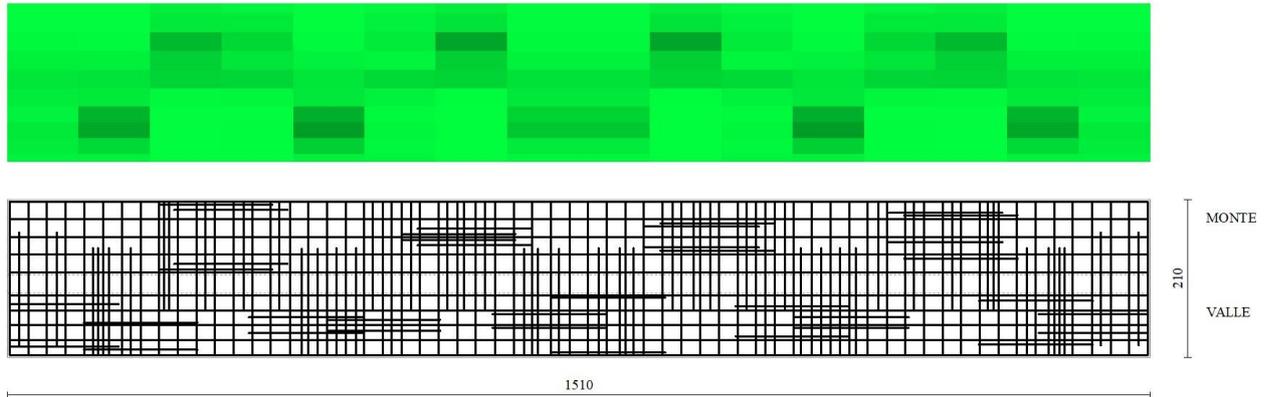


Fig. 16 - Piastra fondazione dir. Y (Inviluppo)

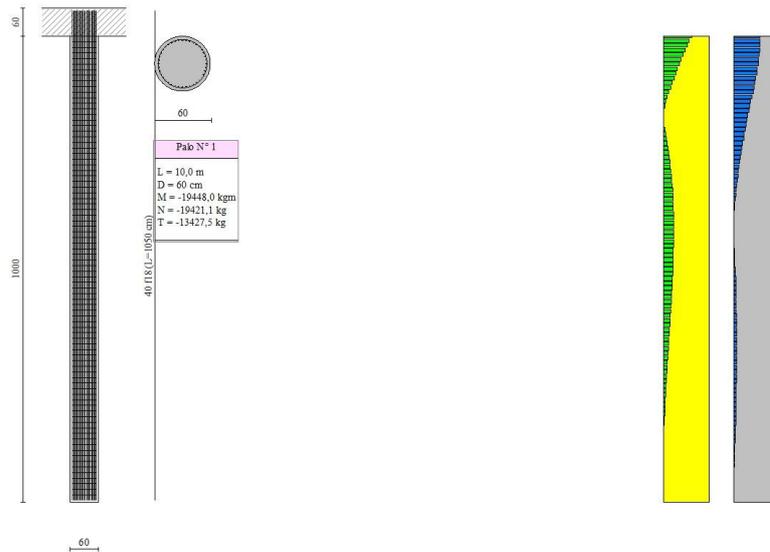


Fig. 17 - Pali (Palo n° 1) (Inviluppo)

[Digitare qui]

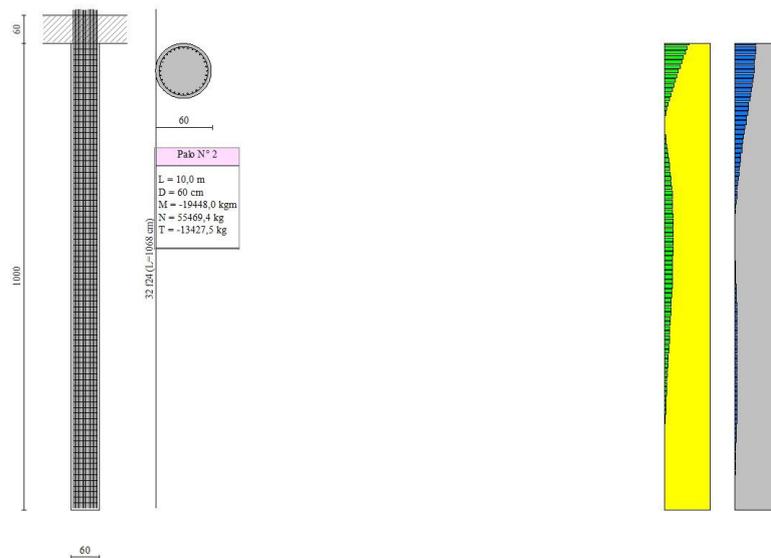


Fig. 18 - Pali (Palo n° 2) (Involuppo)

Verifica delle tensioni

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione, espressa in [m]
B	larghezza sezione, espresso in [cm]
H	altezza sezione, espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori, espresso in [cmq]
Afs	area ferri superiori, espressa in [cmq]
M	momento agente, espressa in [kgm]
N	sforzo normale agente, espressa in [kg]
σ_c	tensione di compressione nel cls, espressa in [kg/cmq]
σ_i	tensione nei ferri inferiori, espressa in [kg/cmq]
σ_s	tensione nei ferri superiori, espressa in [kg/cmq]

Combinazioni SLER

Oggetto	Is	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	σ_c [kg/cm ²]	$\sigma_{c,lim}$ [kg/cm ²]	σ_i [kg/cm ²]	σ_s [kg/cm ²]	$\sigma_{i,lim}$ [kg/cm ²]
Paramento	23	100	25	6,16	10,05	53,00	124,50	1862,65	432,53	3670,92
Piastra fondazione	8-3-S	94	60	8,04	8,04	22,60	124,50	238,17	1575,89	3670,92
Piastra fondazione	7-8-S	94	60	8,04	8,04	8,04	124,50	560,87	84,77	3670,92
Palo c.a. 1	1	60		101,79		50,32	124,50	1096,78		3670,92
Palo c.a. 2	1	60		144,76		47,75	124,50	582,93		3670,92

Combinazioni SLEF

Oggetto	Is	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	σ_c [kg/cm ²]	$\sigma_{c,lim}$ [kg/cm ²]	σ_i [kg/cm ²]	σ_s [kg/cm ²]	$\sigma_{i,lim}$ [kg/cm ²]
Paramento	23	100	25	6,16	10,05	53,00	207,50	1862,65	432,53	4588,65
Piastra fondazione	8-3-S	94	60	8,04	8,04	22,60	207,50	238,17	1575,89	4588,65
Piastra fondazione	7-8-S	94	60	8,04	8,04	8,04	207,50	560,87	84,77	4588,65
Palo c.a. 1	1	60		101,79		50,32	207,50	1096,78		4588,65
Palo c.a. 2	1	60		144,76		47,75	207,50	582,93		4588,65

Combinazioni SLEQ

Oggetto	Is	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	σ_c [kg/cm ²]	$\sigma_{c,lim}$ [kg/cm ²]	σ_i [kg/cm ²]	σ_s [kg/cm ²]	$\sigma_{i,lim}$ [kg/cm ²]
Paramento	23	100	25	6,16	10,05	53,00	93,38	1862,65	432,53	4588,65
Piastra fondazione	8-3-S	94	60	8,04	8,04	22,60	93,38	238,17	1575,89	4588,65
Piastra fondazione	7-8-S	94	60	8,04	8,04	8,04	93,38	560,87	84,77	4588,65
Palo c.a. 1	1	60		101,79		50,32	93,38	1096,78		4588,65
Palo c.a. 2	1	60		144,76		47,75	93,38	582,93		4588,65

[Digitare qui]

Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Af	area ferri zona tesa espresso in [cmq]
Aeff	area efficace espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kgm]
Mpf	momento di prima fessurazione espressa in [kgm]
ε	deformazione espresso in %
Sm	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w	apertura delle fessure espressa in [mm]

Combinazioni SLEF

Oggetto	Is	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w	Wiim
		[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]	[mm]
Paramento	23	100	25	10,05	750,00	3829	2890	0.053316	291	0,264	0,400
Piastra fondazione	4-8-S	94	60	0,00	0,00	-771	0	0.000000	0	0,000	0,400
Palo 1	101	60		0,00	0,00	0	0	0.000000	0	-100,000	0,400
Palo 2	18	60		67,86	1686,00	-222	13210	0.000000	0	0,000	0,400

Combinazioni SLEQ

Oggetto	Is	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w	Wiim
		[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]	[mm]
Paramento	23	100	25	10,05	750,00	3829	2890	0.053316	291	0,264	0,300
Piastra fondazione	4-8-S	94	60	0,00	0,00	-771	0	0.000000	0	0,000	0,300
Palo 1	101	60		0,00	0,00	0	0	0.000000	0	-100,000	0,300
Palo 2	18	60		67,86	1686,00	-222	13210	0.000000	0	0,000	0,300

[Digitare qui]

Muto tipo 2 – H = 1,20 m

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
Calcestruzzo armato	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kg/mc]
Rck	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kg/cm ²]
E	Modulo elastico, espresso in [kg/cm ²]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ	Rck	E	ν	n	ntc
				[kg/mc]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]			
1	Cls Armato	Rck 250	B450C	2500,00	250,00	306659	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk}	f _{uk}
	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]
B450C	4588,65	5506,38

Tipologie pali

Simbologia adottata

n°	Indice tipologia palo
Descr	Descrizione tipologia palo
P	Contributo portanza palo (laterale e/o punta)
T	Tecnologia costruttiva (trivellato, infisso o elica continua)
V	Vincolo palo-fondazione: Cerniera o Incastro (libero o impedito di ruotare in testa)
Imat	Indice materiale che lo costituisce
BD	usa metodo di Bustamante-Doix
PN	Portanza nota
Pp, PI	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kg]

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	Tipologia palo	Laterale + Punta	Trivellato	Incastro	1	NO	NO	--	--

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

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

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

n°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	0,00	0,00	0.000
2	20,00	0,00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 10.000 [°]

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Paramento

Materiale	Cls Armato	
Altezza paramento	1,20	[m]
Altezza paramento libero	1,00	[m]
[Digitare qui]		

Spessore in sommità	0,25	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,25	[m]
Inclinazione paramento esterno	0,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

Fondazione

Materiale	Cls Armato	
Lunghezza mensola di valle	0,55	[m]
Lunghezza mensola di monte	1,00	[m]
Lunghezza totale	1,80	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,60	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

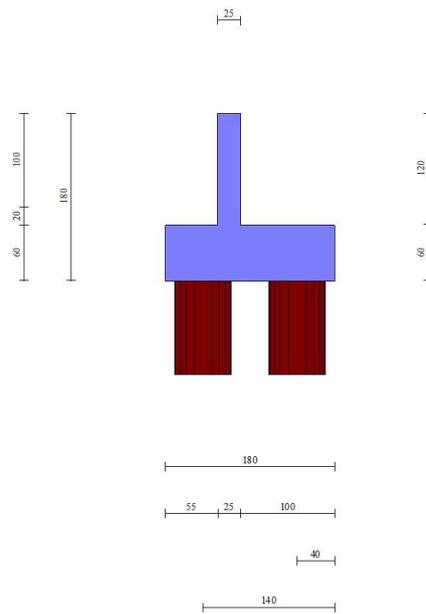


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Descrizione pali di fondazione

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della fila
- X ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
- I interasse tra i pali, espressa in [m]
- f franco laterale (distanza minima dal bordo laterale), espressa in [m]
- Np Numero di pali della fila
- D diametro dei pali della fila espresso in [cm]
- L lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
- α inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
- ALL allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

n°	Tipologia	X [m]	I [m]	f [m]	Np	D [cm]	L [m]	α [°]	ALL
1	Tipologia palo	0,40	4,80	0,20	2	60,00	10,00	0,00	Sfalsati
2	Tipologia palo	1,40	4,80	0,30	3	60,00	10,00	0,00	Centrati

[Digitare qui]

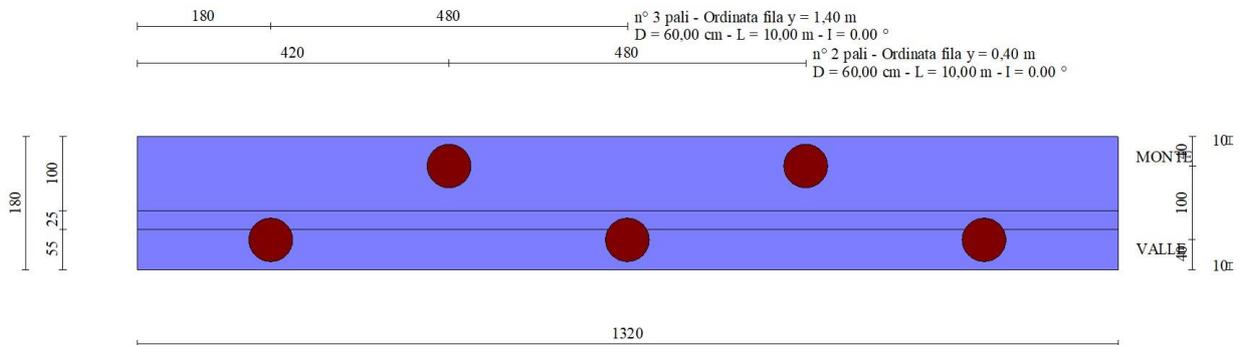


Fig. 2 - Pianta pali

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kg/cm ²]
ca	Adesione terra-muro espressa in [kg/cm ²]
<u>Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix</u>	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
τ_l	Tensione tangenziale limite, espressa in [kg/cm ²]

n°	Descr	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kg/cm ²]	ca [kg/cm ²]	Cesp	τ_l [kg/cm ²]	
1	Riporto	1930,00	2000,00	18.000	12.000	0,00	0,00	1.800	0,00	(CAR)
				18.000	12.000	0,00	0,00			(MIN)
				18.000	12.000	0,00	0,00			(MED)
2	Argille	1920,00	2000,00	20.000	13.330	0,28	0,14	1.900	1,01	(CAR)
				23.000	15.333	0,28	0,14			(MIN)
				23.000	15.333	0,28	0,14			(MED)

Stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
α	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Kwn, Kwt	Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm ² /cm
<u>Per calcolo pali (solo se presenti)</u>	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')
Kst_{sta}, Kst_{sis} Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm ²]	Kwt [Kg/cm ²]	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	Kst _{sta}	Kst _{sis}
1	7,00	0.000	Riporto	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	---	---
2	10,00	0.000	Argille	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	---	---

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

[Digitare qui]



Fig. 3 - Stratigrafia

Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.
Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F _x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]
F _y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]
M	Momento espresso in [kgm]
X _i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X _f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q _i	Intensità del carico per x=X _i espressa in [kg]
Q _f	Intensità del carico per x=X _f espressa in [kg]

Condizione n° 1 (Condizione 1) - VARIABILE TF

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

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	F _x	F _y	M	X _i	X _f	Q _i	Q _f
		[m]	[kg]	[kg]	[kgm]	[m]	[m]	[kg]	[kg]
1	Distribuito					0,00	20,00	1000,00	1000,00

Condizione n° 2 (Condizione 2) - VARIABILE

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

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	F _x	F _y	M	X _i	X _f	Q _i	Q _f
		[m]	[kg]	[kg]	[kgm]	[m]	[m]	[kg]	[kg]
1	Distribuito					0,00	20,00	500,00	500,00

Condizione n° 3 (Condizione 3) - PERMANENTE

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	F _x	F _y	M	X _i	X _f	Q _i	Q _f
		[m]	[kg]	[kg]	[kgm]	[m]	[m]	[kg]	[kg]
1	Distribuito					0,00	3,00	500,00	500,00

Normativa

[Digitare qui]

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

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

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

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

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

Carichi verticali. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	γ_b	--	--	1.15	--	--	1.35	--	--	1.30
Laterale compressione	γ_s	--	--	1.15	--	--	1.15	--	--	1.15
Totale compressione	γ_t	--	--	1.15	--	--	1.30	--	--	1.25
Laterale trazione	γ_{st}	--	--	1.25	--	--	1.25	--	--	1.25

Carichi trasversali. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

		R1	R2	R3
Trasversale	γ_t	--	--	1.30

Coefficienti di riduzione ζ per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate 1

$\zeta_3=1.70$ $\zeta_4=1.70$

Descrizione combinazioni di carico

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[Digitare qui]

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

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

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione
 Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 3	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 3	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.50	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.15	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.15	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole

[Digitare qui]

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - SLEQ

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEQ

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole

[Digitare qui]

Combinazione n° 15 - SLEQ H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 16 - SLEQ H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 2	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 3	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Nicosia
Provincia	Enna
Regione	Sicilia
Latitudine	37.748562
Longitudine	14.398250
Indice punti di interpolazione	46967 - 46968 - 46746 - 46745
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	50 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	1.265	0.526
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.129	0.054
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.485	2.439
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.346	0.278
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	1.000	23.202	11.601
Ultimo - Ribaltamento	1.000	23.202	11.601
Esercizio	1.000	9.643	4.821

Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

[Digitare qui]

Opzioni di calcolo

Spinta

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

Stabilità globale

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

Altro

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

Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	5,00 [cm]

Opzioni calcolo pali

Portanza verticale

Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Bustamante-Doix
Metodo di calcolo della portanza alla punta	15.00 % della portanza laterale

Portanza trasversale

Costante di Winkler: costante pari a 1.00 [Kg/cm ² /cm] Criterio rottura palo-terreno	
- Spostamento limite	Non attivo
- Pressione limite	Pressione passiva con moltiplicatore M=3,00
- Palo infinitamente elastico	Attivo

Cedimenti

Metodo di calcolo	Metodo agli elementi finiti
Spostamento limite alla punta	1,00 [cm]
Spostamento limite laterale	0,50 [cm]

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (SLU)

	SLU	Eccezionale
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50	1.00
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15	1.00
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00	1.00

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite di Esercizio (SLE)

Paramento e fondazione muro

Verifiche strutturali nelle combinazioni SLD NO

Condizioni ambientali	Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata	SI

Verifica a fessurazione

Sensibilità armatura	Poco sensibile
Metodo di calcolo aperture delle fessure	NTC 2018 - CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Valori limite aperture delle fessure:

$$w_1=0.20$$

$$w_2=0.30$$

$$w_3=0.40$$

Verifica delle tensioni

Valori limite delle tensioni nei materiali:

Combinazione	Calcestruzzo	Acciaio
Rara	0.60 f_{ck}	0.80 f_{yk}
Frequente	1.00 f_{ck}	1.00 f_{yk}
Quasi permanente	0.45 f_{ck}	1.00 f_{yk}

Pali

Verifiche strutturali nelle combinazioni SLD NO

[Digitare qui]

Condizioni ambientali Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata SI

Verifica a fessurazione

Sensibilità armatura Poco sensibile
Metodo di calcolo aperture delle fessure NTC 2018 - CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Valori limite aperture delle fessure:

$$w_1=0.20$$

$$w_2=0.30$$

$$w_3=0.40$$

Verifica delle tensioni

Valori limite delle tensioni nei materiali:

Combinazione	Calcestruzzo	Acciaio
Rara	0.60 f_{ck}	0.80 f_{yk}
Frequente	1.00 f_{ck}	1.00 f_{yk}
Quasi permanente	0.45 f_{ck}	1.00 f_{yk}

[Digitare qui]

Risultati

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kg]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kg]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kg]	I [°]	Cx [kg]	Cy [kg]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	4269	12,00	4176	888	1,00	-1,04
	Peso/Inerzia muro			0	3450/0	0,05	-1,30
	Peso/Inerzia terrapieno			0	5066/0	0,50	-0,60
	Resistenza pali			-20770			
3	Spinta statica	3186	12,00	3116	662	1,00	-1,04
	Incremento di spinta sismica		1934	1891	402	1,00	-0,90
	Peso/Inerzia muro			800	3450/400	0,05	-1,30
	Peso/Inerzia terrapieno			1001	4316/501	0,50	-0,60
	Resistenza pali			-20804			

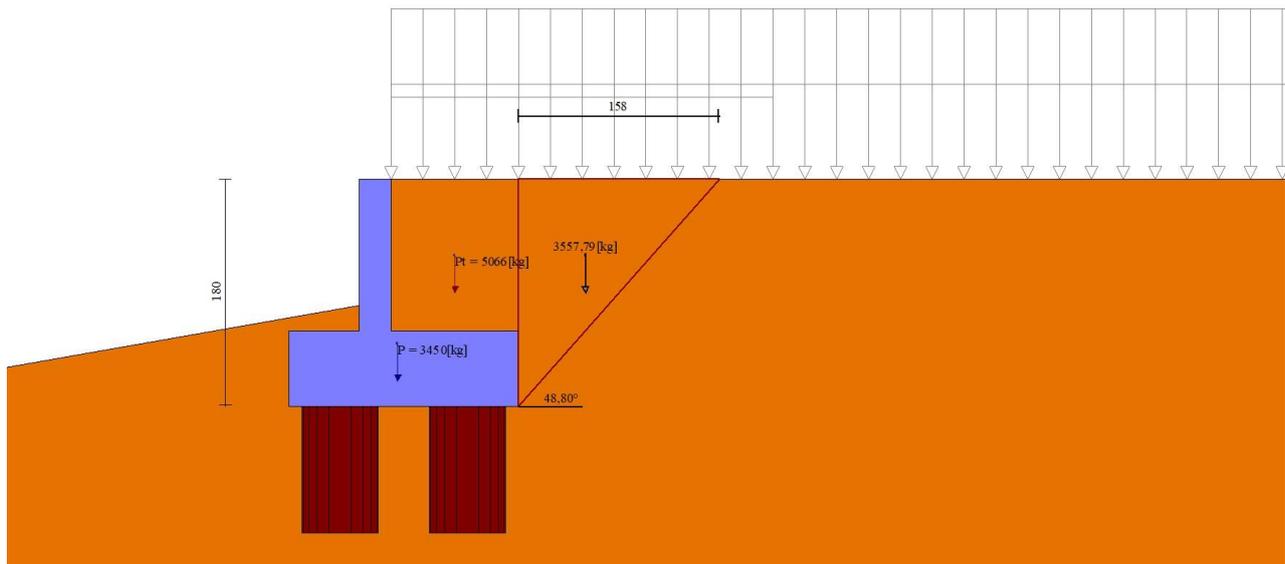


Fig. 4 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

[Digitare qui]

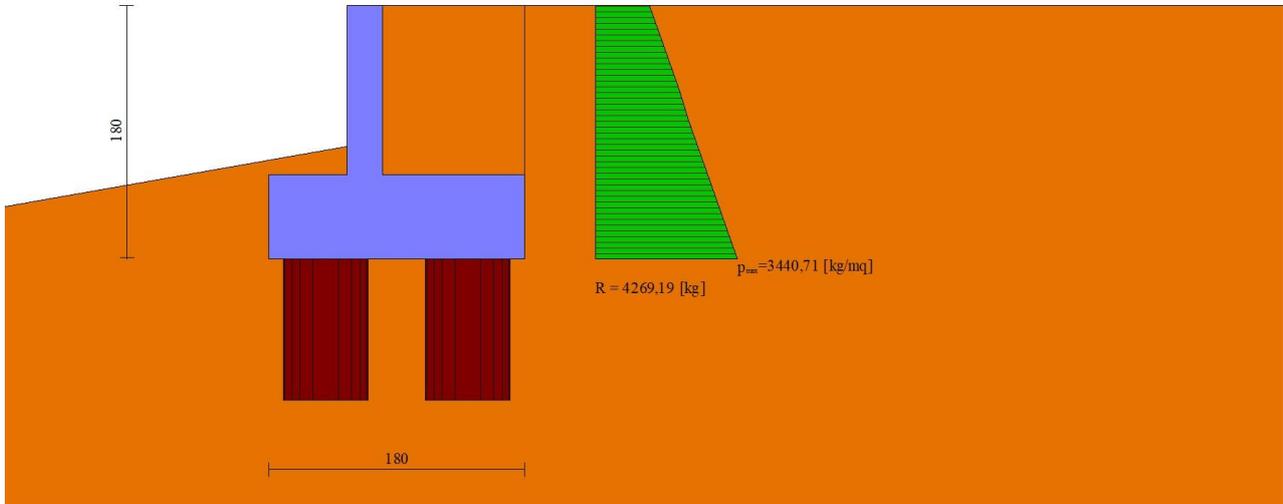


Fig. 5 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

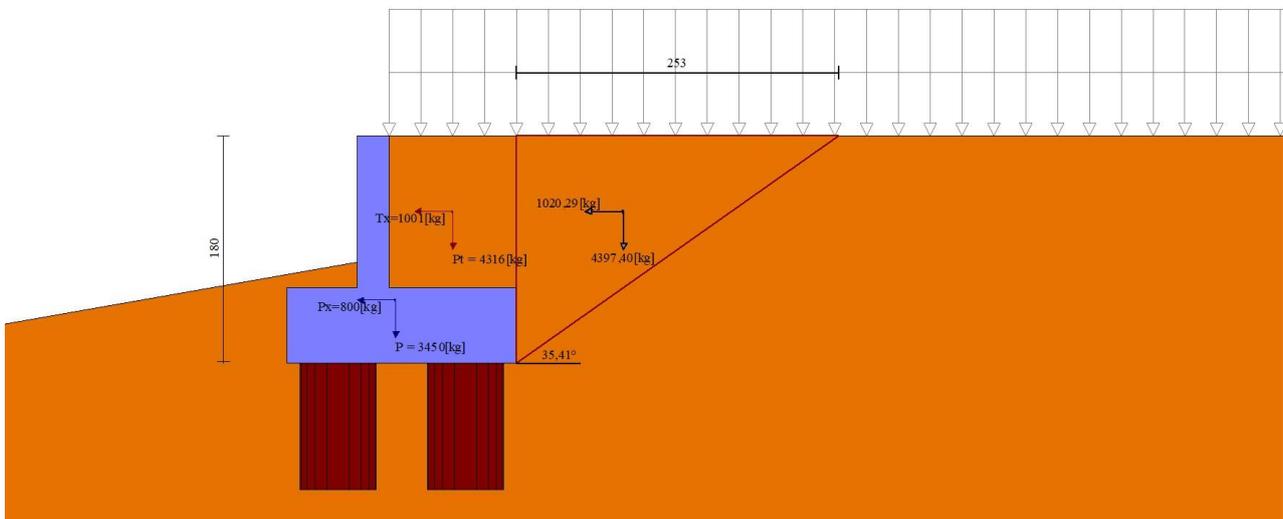


Fig. 6 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 3)

[Digitare qui]

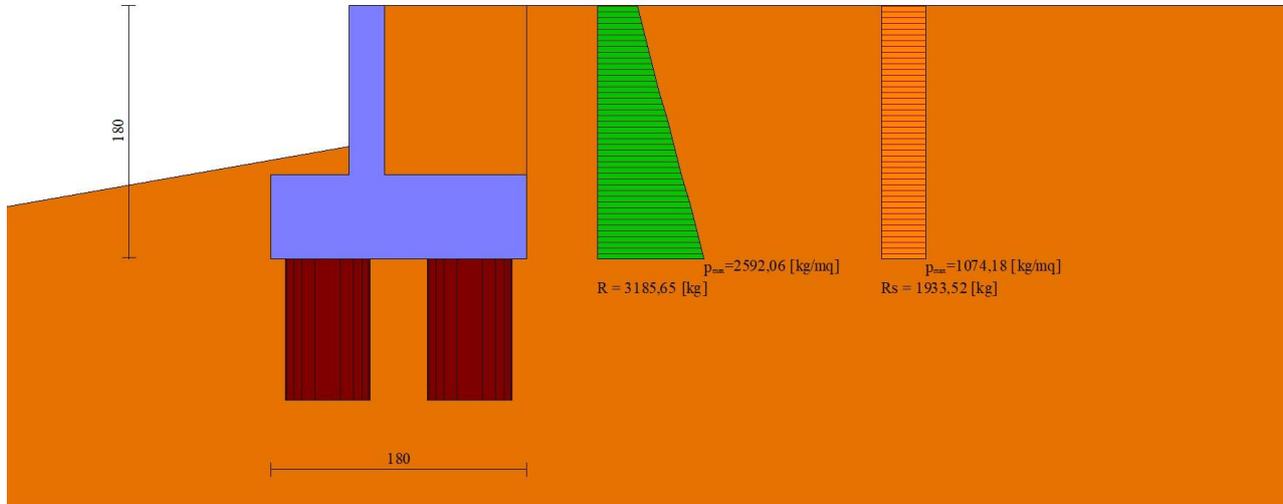


Fig. 7 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 3)

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		4.974					
2 - STR (A1-M1-R3)		4.974					
3 - STR (A1-M1-R3)	H + V	3.055					
4 - STR (A1-M1-R3)	H - V	3.290					
5 - GEO (A2-M2-R2)					2.517		
6 - GEO (A2-M2-R2)					2.517		
7 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.536		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.433		

Verifiche portanza trasversale (scorrimento)

Simbologia adottata

Ic	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
T	Carico orizzontale agente alla testa del palo, espresso in [kg]
Td	Portanza trasversale di progetto, espresso in [kg]
FSo	Fattore di sicurezza (Td/T)

Ic	Ip	T [kg]	Td [kg]	FSo
1 - STR (A1-M1-R3)	1	-11024	54834	4.974
	2	-11024	54834	4.974
3 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	-17976	54923	3.055
	2	-17976	54923	3.055

Verifiche portanza verticale

Simbologia adottata

[Digitare qui]

Ic Indice/Tipo combinazione
Ip Indice palo
N Carico verticale agente alla testa del palo, espresso in [kg]
Pd Portanza di progetto, espresso in [kg]
FSv Fattore di sicurezza (Pd/N)

Ic	Ip	N	Pd	FSv
		[kg]	[kg]	
1 - STR (A1-M1-R3)	1	-4800	85599	17.831
	2	44577	92674	2.079
3 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	-40685	88435	2.174
	2	69939	92674	1.325
3 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	-40685	88435	2.174
	2	69939	92674	1.325
4 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	-40941	88435	2.160
	2	61692	92674	1.502
4 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	-40941	88435	2.160
	2	61692	92674	1.502

Dettagli calcolo portanza verticale

Simbologia adottata

n° Indice palo
Nc, Nq Coeff. di capacità portante
N'c, N'q Coeff. di capacità portante corretti
Zc Massima profondità andamento pressione geostatica, espressa in [m]
Pp, Pl Portanza di punta e laterale caratteristica, espresse in [kg]
A Attrito negativo, espresso in [kg]
Wp Peso palo, espresso in [kg]

n°	Nc	N'c	Nq	N'q	Zc	Pp	Pl	A	Wp
					[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]
1	0.000	0.000	0.000	0.000	--	25936	172904	0	7069
						25936	172904		
2	0.000	0.000	0.000	0.000	--	25936	172904	0	7069
						25936	172904		

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione
C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
R Raggio, espresso in [m]
FS Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
5 - GEO (A2-M2-R2)	-1,50; 4,50	11,49	2.517
8 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-1,50; 4,50	11,49	1.433

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)
W peso della striscia espresso in [kg]
Qy carico sulla striscia espresso in [kg]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
 ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm²]
b larghezza della striscia espressa in [m]
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm²]
Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kg/cm²]

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W	Qy	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kg]	[kg]	[m]	[°]	[°]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]	[kg]
1	1123	1403	9,09 - 0,78	62.433	14.571	0,00	0,000	
2	3088	1403	0,78	55.169	14.571	0,00	0,000	
3	4601	1403	0,78	48.814	14.571	0,00	0,000	
4	5821	1403	0,78	43.197	14.571	0,00	0,000	
5	6831	1403	0,78	38.063	14.571	0,00	0,000	
6	7674	1403	0,78	33.270	14.571	0,00	0,000	

[Digitare qui]

n°	W [kg]	Qy [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]	u [kg/cmq]	Tx; Ty [kg]
7	8380	1403	0,78	28.730	14.571	0,00	0,000	
8	8967	1477	0,78	24.381	14.571	0,00	0,000	
9	9448	1793	0,78	20.177	14.571	0,00	0,000	
10	9833	1793	0,78	16.085	14.571	0,00	0,000	
11	10294	1793	0,78	12.075	14.571	0,00	0,000	
12	10305	1181	0,78	8.126	14.571	0,00	0,000	
13	9034	0	0,78	4.214	14.571	0,00	0,000	
14	8691	0	0,78	0.323	14.571	0,00	0,000	
15	8451	0	0,78	-3.567	14.571	0,00	0,000	
16	8131	0	0,78	-7.474	14.571	0,00	0,000	
17	7729	0	0,78	-11.416	14.571	0,00	0,000	
18	7242	0	0,78	-15.414	14.571	0,00	0,000	
19	6666	0	0,78	-19.490	14.571	0,00	0,000	
20	5995	0	0,78	-23.673	14.571	0,00	0,000	
21	5220	0	0,78	-27.996	14.571	0,00	0,000	
22	4328	0	0,78	-32.501	14.571	0,00	0,000	
23	3302	0	0,78	-37.246	14.571	0,00	0,000	
24	2116	0	0,78	-42.315	14.571	0,00	0,000	
25	728	0	-10,40 - 0,78	-47.336	14.571	0,00	0,000	

Resistenza al taglio pali 18054 [kg]

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

n°	W [kg]	Qy [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]	u [kg/cmq]	Tx; Ty [kg]
1	1123	1169	9,09 - 0,78	62.433	18.000	0,00	0,000	
2	3088	1169	0,78	55.169	18.000	0,00	0,000	
3	4601	1169	0,78	48.814	18.000	0,00	0,000	
4	5821	1169	0,78	43.197	18.000	0,00	0,000	
5	6831	1169	0,78	38.063	18.000	0,00	0,000	
6	7674	1169	0,78	33.270	18.000	0,00	0,000	
7	8380	1169	0,78	28.730	18.000	0,00	0,000	
8	8967	1243	0,78	24.381	18.000	0,00	0,000	
9	9448	1559	0,78	20.177	18.000	0,00	0,000	
10	9833	1559	0,78	16.085	18.000	0,00	0,000	
11	10294	1559	0,78	12.075	18.000	0,00	0,000	
12	10305	1027	0,78	8.126	18.000	0,00	0,000	
13	9034	0	0,78	4.214	18.000	0,00	0,000	
14	8691	0	0,78	0.323	18.000	0,00	0,000	
15	8451	0	0,78	-3.567	18.000	0,00	0,000	
16	8131	0	0,78	-7.474	18.000	0,00	0,000	
17	7729	0	0,78	-11.416	18.000	0,00	0,000	
18	7242	0	0,78	-15.414	18.000	0,00	0,000	
19	6666	0	0,78	-19.490	18.000	0,00	0,000	
20	5995	0	0,78	-23.673	18.000	0,00	0,000	
21	5220	0	0,78	-27.996	18.000	0,00	0,000	
22	4328	0	0,78	-32.501	18.000	0,00	0,000	
23	3302	0	0,78	-37.246	18.000	0,00	0,000	
24	2116	0	0,78	-42.315	18.000	0,00	0,000	
25	728	0	-10,40 - 0,78	-47.336	18.000	0,00	0,000	

Resistenza al taglio pali 18054 [kg]

[Digitare qui]

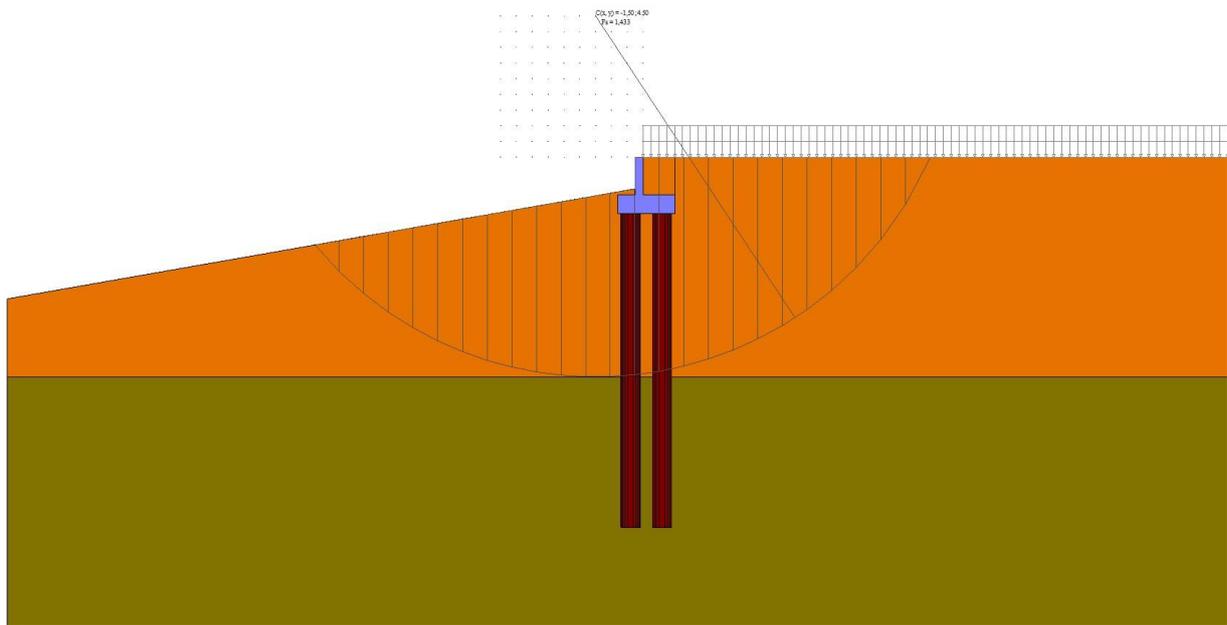


Fig. 8 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 8)

Verifiche strutturali

Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori espresso in [cmq]
Afs	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kgm]
N	sforzo normale agente espressa in [kg]
Mu	momento ultimi espresso in [kgm]
Nu	sforzo normale ultimo espressa in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Afi, Afs	area ferri inferiori e superiori, espresso in [cmq]
Mp, Mn	momento positivo e negativo agente espressa in [kgm]
Mu	momento ultimi espresso in [kgm]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Oggetto	Is	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS
Paramento	13	100	25	6,16	8,04	1745	750	6837	2939	3.918
Piastra fondazione	5-4-S	94	60	8,04	8,04			-17614		2.574
Palo c.a. 1	1	60		56,30		21266	-40685	22383	-40685	1.053
Palo c.a. 2	1	60		60,32		21266	69939	21862	69939	1.028

[Digitare qui]

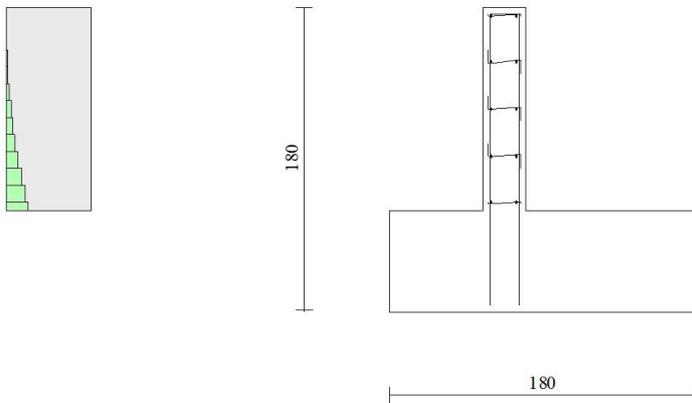


Fig. 9 - Paramento (Inviluppo)

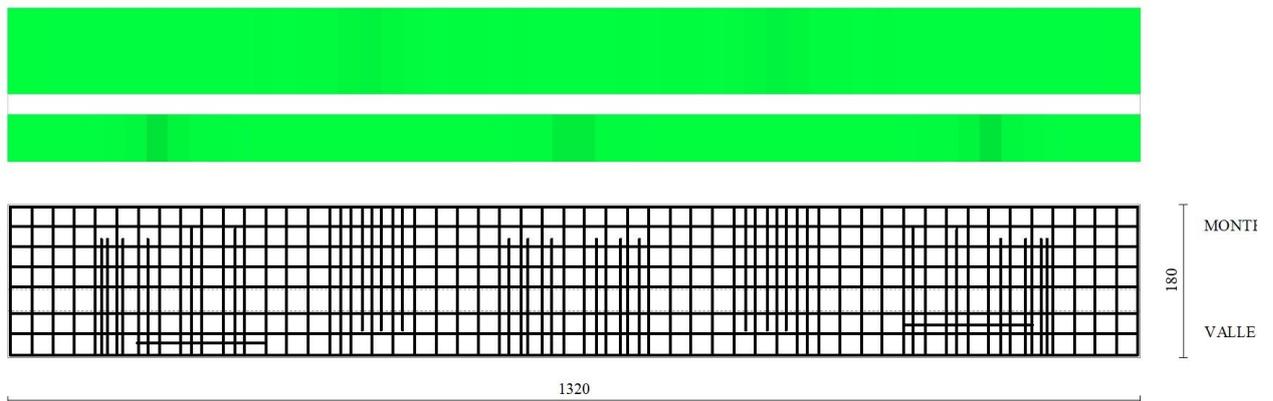


Fig. 10 - Piastra fondazione dir. X (Inviluppo)

[Digitare qui]

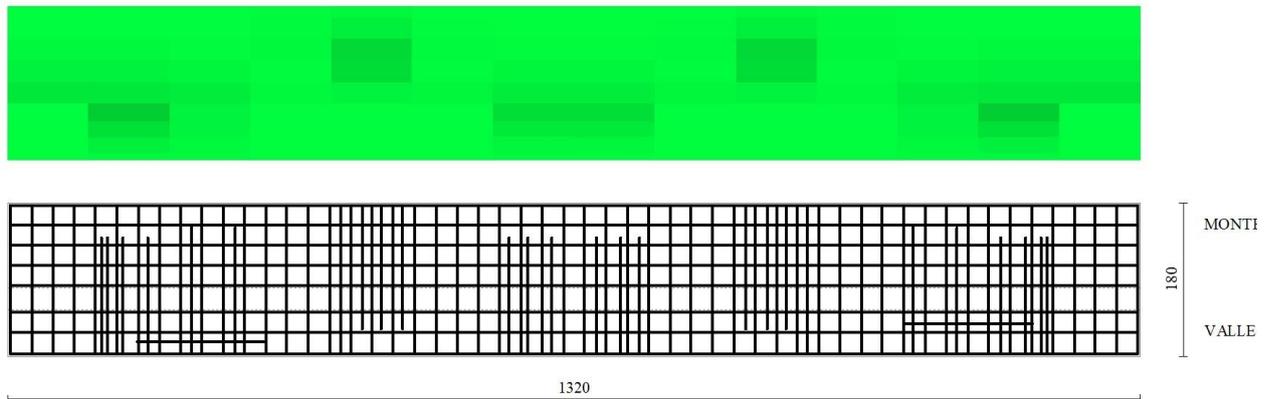


Fig. 11 - Piastra fondazione dir. Y (Inviluppo)

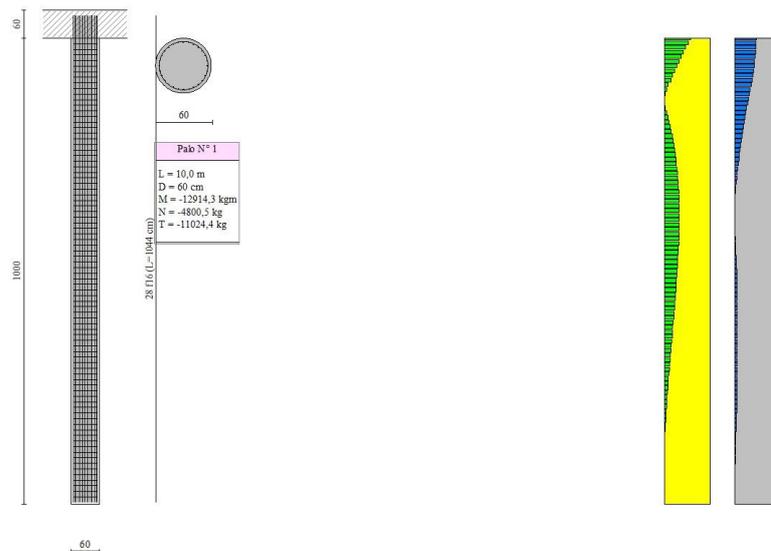


Fig. 12 - Pali (Palo n° 1) (Inviluppo)

[Digitare qui]

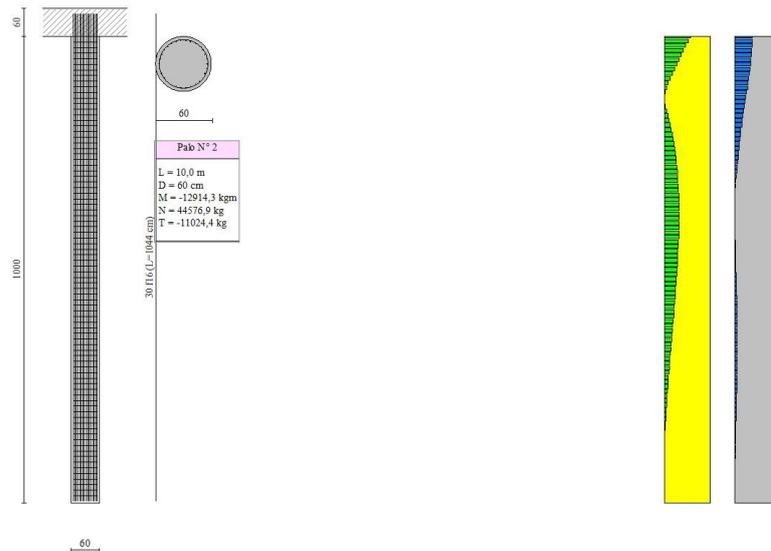


Fig. 13 - Pali (Palo n° 2) (Involuppo)

Verifiche a taglio

Simbologia adottata

Is	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
A _{sw}	area ferri a taglio espresso in [cmq]
cotgθ	inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
V _{Rcd}	resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kg]
V _{Rsd}	resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kg]
V _{Rd}	resistenza di progetto a taglio espresso in [kg]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A _{sw} >0.0) V _{Rd} =min(V _{Rcd} , V _{Rsd}).
T	taglio agente espressa in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

La verifica a taglio sui pali circolari in c.a. viene eseguita considerando una sezione quadrata inscritta nella circonferenza. Se D è il diametro del palo, il lato della sezione quadrata sulla quale si esegue la verifica è $L = 2^{0.5}/2 D$.

Oggetto	Is	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotθ	V _{Rcd} [kg]	V _{Rsd} [kg]	V _{Rd} [kg]	T [kg]	FS
Paramento	13	100	25	0,00		0	0	12596	3122	4.034
Piastra fondazione	1-7-P	55	60	0,00		0	0	10248	9891	1.036
Palo 1	1	42		157,08	2.500	29766	42336	29766	17976	1.274
Palo 2	1	42		157,08	2.500	37207	42336	37207	17976	1.592

[Digitare qui]

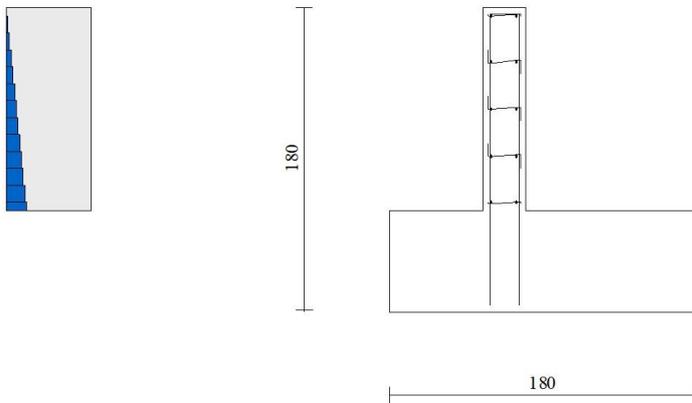


Fig. 14 - Paramento (Inviluppo)

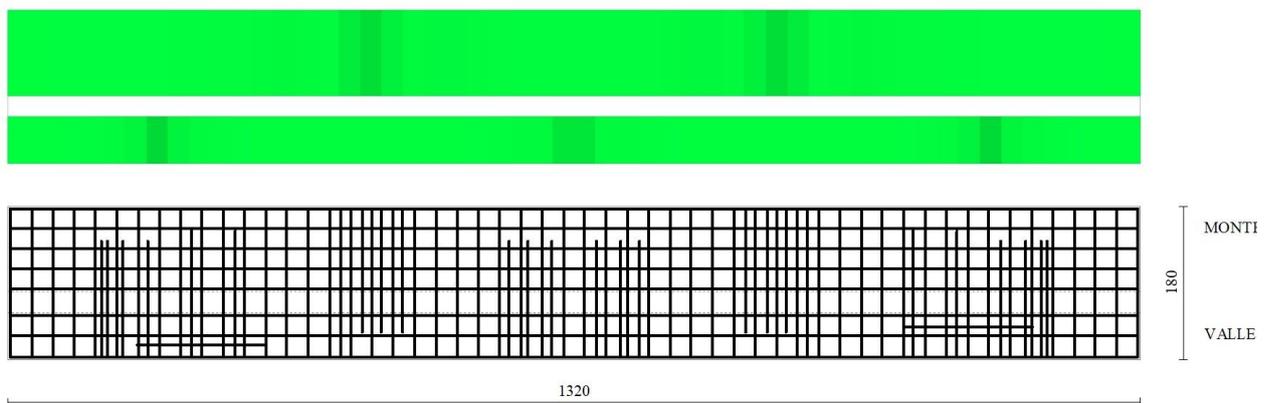


Fig. 15 - Piastra fondazione dir. X (Inviluppo)

[Digitare qui]

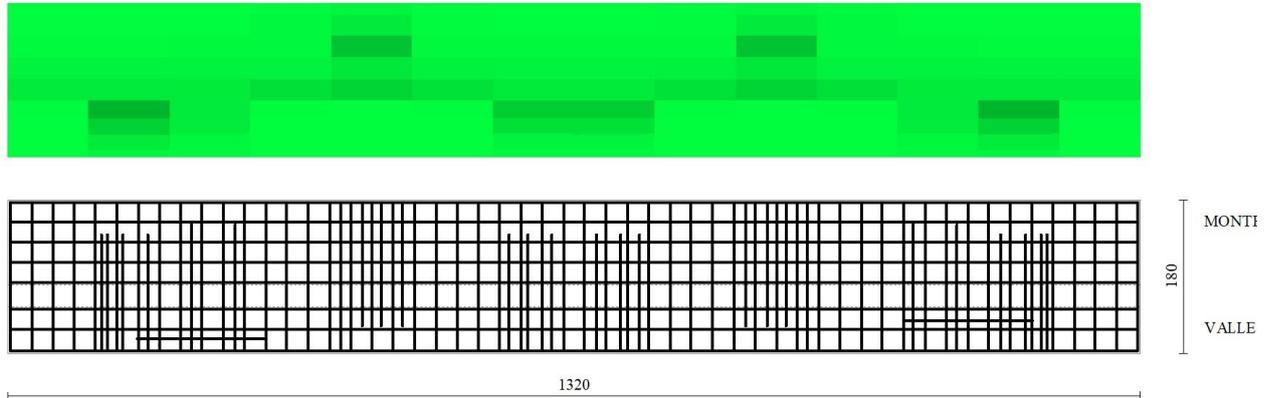


Fig. 16 - Piastra fondazione dir. Y (Inviluppo)

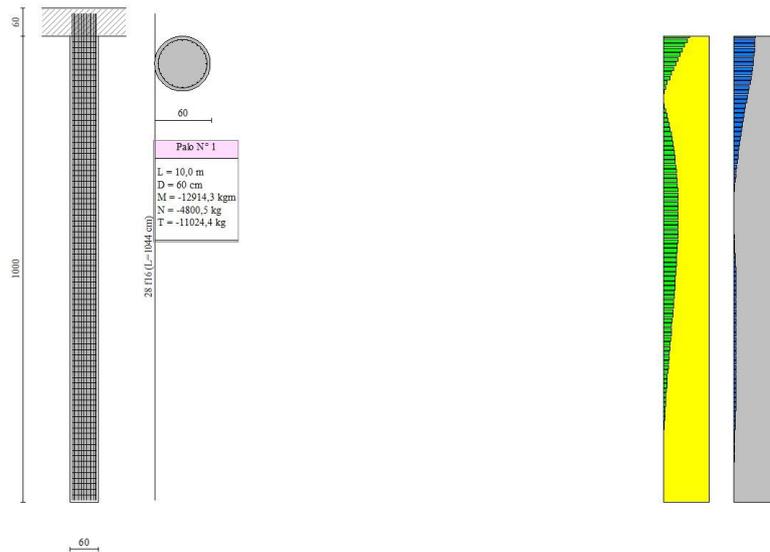


Fig. 17 - Pali (Palo n° 1) (Inviluppo)

[Digitare qui]

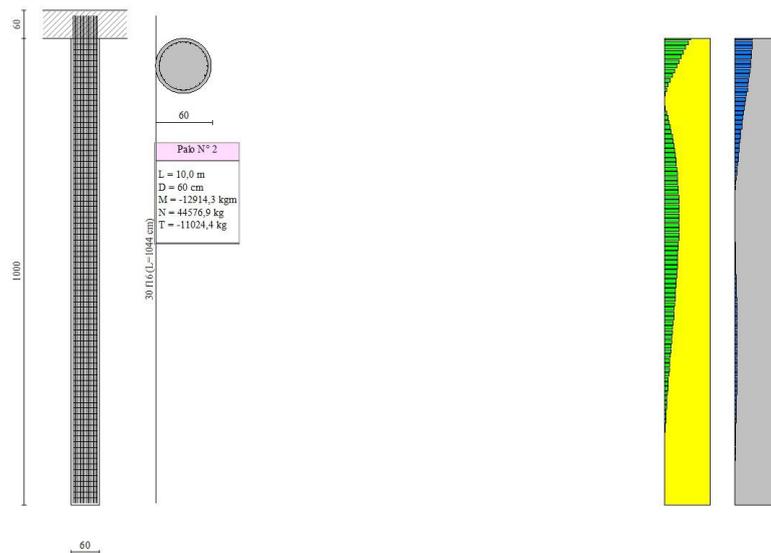


Fig. 18 - Pali (Palo n° 2) (Involuppo)

Verifica delle tensioni

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione, espressa in [m]
B	larghezza sezione, espresso in [cm]
H	altezza sezione, espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori, espresso in [cmq]
Afs	area ferri superiori, espressa in [cmq]
M	momento agente, espressa in [kgm]
N	sforzo normale agente, espressa in [kg]
σ_c	tensione di compressione nel cls, espressa in [kg/cmq]
σ_i	tensione nei ferri inferiori, espressa in [kg/cmq]
σ_s	tensione nei ferri superiori, espressa in [kg/cmq]

Combinazioni SLER

Oggetto	Is	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	σ_c [kg/cmq]	$\sigma_{c,lim}$ [kg/cmq]	σ_i [kg/cmq]	σ_s [kg/cmq]	$\sigma_{i,lim}$ [kg/cmq]
Paramento	13	100	25	6,16	8,04	14,01	124,50	532,24	108,86	3670,92
Piastra fondazione	5-4-S	94	60	8,04	8,04	16,34	124,50	172,30	1139,32	3670,92
Piastra fondazione	8-6-S	94	60	8,04	8,04	13,43	124,50	936,41	141,61	3670,92
Palo c.a. 1	1	60		56,30		49,46	124,50	1116,77		3670,92
Palo c.a. 2	1	60		60,32		49,77	124,50	608,67		3670,92

Combinazioni SLEF

Oggetto	Is	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	σ_c [kg/cmq]	$\sigma_{c,lim}$ [kg/cmq]	σ_i [kg/cmq]	σ_s [kg/cmq]	$\sigma_{i,lim}$ [kg/cmq]
Paramento	13	100	25	6,16	8,04	14,01	207,50	532,24	108,86	4588,65
Piastra fondazione	5-4-S	94	60	8,04	8,04	16,34	207,50	172,30	1139,32	4588,65
Piastra fondazione	8-6-S	94	60	8,04	8,04	13,43	207,50	936,41	141,61	4588,65
Palo c.a. 1	1	60		56,30		49,46	207,50	1116,77		4588,65
Palo c.a. 2	1	60		60,32		49,77	207,50	608,67		4588,65

Combinazioni SLEQ

Oggetto	Is	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	σ_c [kg/cmq]	$\sigma_{c,lim}$ [kg/cmq]	σ_i [kg/cmq]	σ_s [kg/cmq]	$\sigma_{i,lim}$ [kg/cmq]
Paramento	13	100	25	6,16	8,04	14,01	93,38	532,24	108,86	4588,65
Piastra fondazione	5-4-S	94	60	8,04	8,04	16,34	93,38	172,30	1139,32	4588,65
Piastra fondazione	8-6-S	94	60	8,04	8,04	13,43	93,38	936,41	141,61	4588,65
Palo c.a. 1	1	60		56,30		49,46	93,38	1116,77		4588,65
Palo c.a. 2	1	60		60,32		49,77	93,38	608,67		4588,65

[Digitare qui]

Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Af	area ferri zona tesa espresso in [cmq]
Aeff	area efficace espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kgm]
Mpf	momento di prima fessurazione espressa in [kgm]
ε	deformazione espresso in %
Sm	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w	apertura delle fessure espressa in [mm]

Combinazioni SLEF

Oggetto	Is	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w	Wiim
		[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]	[mm]
Paramento	13	100	25	8,04	750,00	925	2874	0.000000	0	0,000	0,400
Piastra fondazione	1-1-P	55	60	0,00	0,00	-7	0	0.000000	0	0,000	0,400
Palo 1	101	60		0,00	0,00	0	0	0.000000	0	-100,000	0,400
Palo 2	14	60		28,15	1636,23	-378	9764	0.000000	0	0,000	0,400

Combinazioni SLEQ

Oggetto	Is	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w	Wiim
		[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]	[mm]
Paramento	13	100	25	8,04	750,00	925	2874	0.000000	0	0,000	0,300
Piastra fondazione	1-1-P	55	60	0,00	0,00	-7	0	0.000000	0	0,000	0,300
Palo 1	101	60		0,00	0,00	0	0	0.000000	0	-100,000	0,300
Palo 2	14	60		28,15	1636,23	-378	9764	0.000000	0	0,000	0,300

[Digitare qui]

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

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

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

Tipo di analisi svolta

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

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

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

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

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

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	15.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	ING. MAGGIO MICHELE
Licenza	AIU5769N1

Affidabilità dei codici di calcolo

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

Modalità di presentazione dei risultati

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

Informazioni generali sull'elaborazione

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

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

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

Luogo e data

Il progettista
()

[Digitare qui]

Paratia

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).
- Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018

Richiami teorici

Metodo di analisi

Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.

Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.

Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).

Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).

Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

- K_{am}** diagramma della spinta attiva agente da monte
- K_{av}** diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
- K_{pm}** diagramma della spinta passiva agente da monte
- K_{pv}** diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$$D_m = K_{pm} K_{av} \quad e \quad D_v = K_{pv} K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione si può agire con tre modalità:

1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su $\tan(\phi)$ e sulla coesione

Calcolo delle spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

[Digitare qui]

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

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

Spinta in presenza di sisma

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

Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con W il peso del cuneo e con C il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W \cdot C$$

Indicando con S la spinta calcolata in condizioni statiche e con S_s la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/2 dell'altezza della parete stessa (diagramma rettangolare).

Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_r l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L , area A_r , inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s . La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.

I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo [F/L^3]. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale ($b=100$ cm) l'area equivalente della molla sarà $A_m = m \cdot b$.

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma **PAC**). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce

[Digitare qui]

con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max} ; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max} . Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidità, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p_0 , fino a raggiungere il carico totale p . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassembleta escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidità è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassetto e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).

Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).

Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tenendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidità della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s=s_0+K(u-u_0)$$

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.

È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.

In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \tan \phi_i \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre u ed l rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l = b / \cos \alpha_i$).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava η . Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato e è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

[Digitare qui]

Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	1,00	[m]
Profondità di infissione	11,00	[m]
Altezza totale della paratia	12,00	[m]
Lunghezza paratia	30,00	[m]
Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	1,20	[m]
Diametro dei pali	60,00	[cm]
Numero totale di pali	25	
Numero di pali per metro lineare	0.83	

Geometria cordoli

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine del cordolo
Y	posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo

B	Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H	Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio

A	Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W	Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm ³]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		[cm]	[cm]	[cmq]	[cm ³]
1	0,00	Calcestruzzo	80,00	60,00	--	--

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

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

Profilo di monte

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
2	20,00	0,00	0.00

Profilo di valle

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-45,00	-13,00	0.00
2	0,00	-1,00	0.00

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine
Descrizione	Descrizione del terreno
γ	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_{sat}	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
ϕ	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm ²]

N°	Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c
		[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[°]	[kg/cm ²]
1	Argille	1940,0	2000,0	20.00	13.33	0,280
2	Riporto	1930,0	2000,0	18.00	12.00	0,000

Descrizione stratigrafia

[Digitare qui]

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
 sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
 kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm
 α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V: strato di valle)
 Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V: strato di valle)

N°	sp [m]	αM [°]	αV [°]	KwM [kg/cmq/cm]	KwV [kg/cmq/cm]	Terreno M	Terreno V
1	7,00	6.00	8.00	0.62	0.62	Riporto	Riporto
2	10,00	10.00	10.00	3.19	3.19	Argille	Argille

Caratteristiche materiali utilizzati

Simbologia adottata

γ_{cls} Peso specifico cls, espresso in [kg/mc]
 Classe cls Classe di appartenenza del calcestruzzo
 Rck Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kg/cmq]
 E Modulo elastico, espresso in [kg/cmq]
 Acciaio Tipo di acciaio
 n Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γ _{cls} [kg/mc]	Classe cls	Rck [kg/cmq]	E [kg/cmq]	Acciaio	n
Paratia	2500	C20/25	255	307953	B450C	15.00
Cordolo/Muro	2500	C20/25	255	307953	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls tesoro/compresso 1.00

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
 Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
 Ig Indice di gruppo
 F_x Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle
 F_y Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso
 M Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante
 Q_i, Q_r Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]
 V_i, V_s Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle
 R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

Condizione n° 1 - Variabile da traffico - Sovraccarico (Ig=0) [Ψ₀=1.00 - Ψ₁=1.00 - Ψ₂=1.00]

Carico distribuito sul profilo	X _i = 0,00	X _r = 20,00	Q _i = 1000	Q _r = 1000
--------------------------------	-----------------------	------------------------	-----------------------	-----------------------

Condizione n° 2 - Variabile - Condizione 2 (Ig=0) [Ψ₀=1.00 - Ψ₁=1.00 - Ψ₂=1.00]

Carico distribuito sul profilo	X _i = 0,00	X _r = 20,00	Q _i = 500	Q _r = 500
--------------------------------	-----------------------	------------------------	----------------------	----------------------

Condizione n° 3 - Permanente - Condizione 3

Carico distribuito sul profilo	X _i = 0,00	X _r = 3,00	Q _i = 500	Q _r = 500
--------------------------------	-----------------------	-----------------------	----------------------	----------------------

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.30	
Condizione 3	SFAV	1.30	1.00
Sovraccarico	SFAV	1.35	1.00
Condizione 2	SFAV	1.50	1.00

Combinazione n° 2 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 3	SFAV	1.00	1.00
Sovraccarico	SFAV	1.15	1.00

[Digitare qui]

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Condizione 2	SFAV	1.30	1.00

Combinazione n° 3 - SLV - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Sovraccarico	SFAV	1.00	1.00
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00
Condizione 3	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 4 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 3	SFAV	1.00	1.00
Sovraccarico	SFAV	1.00	1.00
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 5 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 3	SFAV	1.00	1.00
Sovraccarico	SFAV	1.00	1.00
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 6 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 3	SFAV	1.00	1.00
Sovraccarico	SFAV	1.00	1.00
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 7 - SLD

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Sovraccarico	SFAV	1.00	1.00
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00
Condizione 3	SFAV	1.00	1.00

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (17/01/2018)**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		Statici		Sismici	
			A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{Gfav}	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00

[Digitare qui]

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

Verifica materiali : Stato Limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio

Sezione in c.a.

$$V_{Rsd} = 0.9 * d * A_{sw} / s * f_{yd} * (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) * \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 * d * b_w * \alpha_c * f_{cd} * (\text{ctg}(\theta) + \text{ctg}(\alpha)) / (1.0 + \text{ctg} \theta^2)$$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b_w	larghezza minima sezione [mm]
A_{sw}	area armatura trasversale [mm ²]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α_c	coefficiente maggiorativo, funzione di f_{cd} e σ_{cp}
σ_{cp}	tensione media di compressione [N/mm ²]
$f_{cd}' = 0.5 * f_{cd}$	

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali	Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata	
Sensibilità delle armature	Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure	$w_1 = 0.20$
	$w_2 = 0.30$
	$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure Poco sensibile

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico	Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$ Quasi permanente $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$
------------------------	---

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva Applicata diminuzione quota valle secondo NTC2018 - par 6.5.2.2

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva K_a e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Identificazione del sito

Latitudine	37.748562
Longitudine	14.398250
Comune	Nicosia

[Digitare qui]

Provincia Enna
 Regione Sicilia
 Punti di interpolazione del reticolo 46967 - 46968 - 46746 - 46745

Tipo di opera

Tipo di costruzione Opera ordinaria
 Vita nominale 50 anni
 Classe d'uso II - Normali affollamenti e industrie non pericolose
 Vita di riferimento 50 anni

Combinazioni/Fase

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo [m/s ²]	1.265	0.526
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F ₀	2.485	2.439
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*	0.346	0.278
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.200	1.200
Tipo di sottosuolo	C	
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.500	1.500
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (α)	0.913	0.913
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza Us [m]	0.060	0.060
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (β)	0.588	0.588
Prodotto α β	0.536 > 0.2	0.536 > 0.2
Coefficiente di intensità sismica (percento)	12.447	5.173
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv)	0.00	

Influenza sisma nella spinta attiva da monte
 Forma diagramma incremento sismico : Rettangolare

Risultati

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 20 elementi fuori terra e 220 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	1,00	[m]
Profondità di infissione	11,00	[m]
Altezza totale della paratia	12,00	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Pa	Spinta attiva, espressa in [kg]
Is	Incremento sismico della spinta, espressa in [kg]
Pw	Spinta della falda, espressa in [kg]
Pp	Resistenza passiva, espressa in [kg]
Pc	Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa [kg]	Y _{Pa} [m]	Is [kg]	Y _{Is} [m]	Pw [kg]	Y _{Pw} [m]	Pp [kg]	Y _{Pp} [m]	Pc [kg]	Y _{Pc} [m]
1	SLU - STR	3464	0,97	--	--	--	--	-5644	4,33	2181	9,69
2	SLU - GEO	5652	1,55	--	--	--	--	-14096	7,03	8444	10,69
3	SLV - GEO	2515	1,27	1141	0,50	--	--	-6106	4,56	2450	9,82
4	SLE - Rara	2541	0,96	--	--	--	--	-4100	4,26	1559	9,64
5	SLE - Frequente	2541	0,96	--	--	--	--	-4100	4,26	1559	9,64
6	SLE - Quasi permanente	2541	0,96	--	--	--	--	-4100	4,26	1559	9,64
7	SLD	2523	1,05	371	0,50	--	--	-4725	4,36	1831	9,71

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Rc	Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
Rt	Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
Rv	Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
Rp	Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc [kg]	Y _{Rc} [m]	Rt [kg]	Y _{Rt} [m]	Rv [kg]	Y _{Rv} [m]	Rp [kg]	Y _{Rp} [m]
1	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	SLV - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	SLE - Rara	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	SLE - Frequente	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	SLE - Quasi permanente	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	SLD	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
P _{NUL}	Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P _{INV}	Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C _{ROT}	Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP	Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R _{MAX}	Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pd	Portanza di progetto, espressa in [kg]

n°	Tipo	P _{NUL} [m]	P _{INV} [m]	C _{ROT} [m]	MP [%]	R/R _{MAX} [%]	Pd [m]
1	SLU - STR	2,32	3,70	7,54	23,53	2,60	19314
2	SLU - GEO	3,79	7,05	8,79	52,49	12,96	---
3	SLV - GEO	2,45	4,05	7,68	26,70	3,53	---
4	SLE - Rara	2,28	3,60	7,49	23,08	2,30	---
5	SLE - Frequente	2,28	3,60	7,49	23,08	2,30	---
6	SLE - Quasi permanente	2,28	3,60	7,49	23,08	2,30	---
7	SLD	2,39	3,75	7,56	23,98	2,69	---

[Digitare qui]

Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
Af	area di armatura del palo espressa in [cmq]
M	momento flettente agente sul palo espresso in [kgm]
N	sforzo normale agente sul palo espresso in [kg] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
Nu	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y	Af	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
3 - SLV - GEO	7,10	40,21	31347	5019	34119	5463	1.088

Verifica a taglio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
Asw	area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
VEd	taglio agente sul palo, espresso in [kg]
Vrd	taglio resistente, espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto tra Vrd/ VEd)

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 51,21 cm

n° - Tipo	Y	Asw	s	VEd	Vrd	FS
	[m]	[cmq]	[cm]	[kg]	[kg]	
3 - SLV - GEO	8,75	1,57	20,00	-10133	33996	3.355

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
Af	area di armatura espressa in [cmq]
σc	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σf	tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]

Af	σc	cmb	σf	cmb
[cmq]	[kg/cmq]		[kg/cmq]	
40,21	54,90	7	1211,61	4

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Oggetto	Muro/Paratia
Y	Ordinata sezione, espresso in [m]
M	Momento agente, espresso in [kgm]
Mf	Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]
s	Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
εsm	Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
Wlim	Apertura limite fessure, espressa in [mm]
Wk	Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y	M	Mf	s	εsm	Wlim	Wk
		[m]	[kgm]	[kgm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	7 - SLD	4,40	9297	5309	223,865	0.0406	0,300	0,155

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

Mh	momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
Th	taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
Mv	momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
Tv	taglio espresso in [kg] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=80,00 [cm]	H=60,00 [cm]		
Afv=16,08 [cmq]	Afh=12,06 [cmq]	Staffe φ10/13	Nbh=2 - Nbv=2
Mh=8139 [kgm]	Muh=47411 [kgm]	FS=5.83	
Th=16278 [kg]	Thh=33412 [kg]	FS=2.05	
Mv=864 [kgm]	Mvh=34827 [kgm]	FS=40.31	
Tv=1440 [kg]	Tr=24733 [kg]	FS=17.18	

[Digitare qui]

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

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

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

Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica non-lineare, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazioni).

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

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	PAC - Analisi e Calcolo Paratie
Versione	14.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	ING. MAGGIO MICHELE
Licenza	AIU5769N1

Affidabilità dei codici di calcolo

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

Modalità di presentazione dei risultati

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

Informazioni generali sull'elaborazione

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

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

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

Luogo e data

Nicosia, dicembre 2020

I progettisti

(Francesco Coltiletto)

(Domenico Castiglia)

[Digitare qui]