



REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI ALESSANDRIA



COMUNE DI ACQUI TERME

**RIPRISTINO STRADA PER LUSSITO (INTERVENTO 1)
FINANZIATO DALLA REGIONE PIEMONTE - FSUE**

**AL_A18_622_19_491
B17H20009530002**

Oggetto elaborato	RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	LIVELLO DI PROGETTAZIONE DEFINITIVO - ESECUTIVO IN FASE UNICA
Redazione	 Sandiano ing. Stefano Via Aspromonte 16 15121 - Alessandria P. IVA n. 01878150067 Tel. 347-4059163 Sede operativa: Via Aspromonte 16 - Alessandria - Tel/Fax: 0131 288369	redazione: APRILE 2021 revisione: n. _ del __/__/__
Committente	COMUNE DI ACQUI TERME PIAZZA A. LEVI 12 - 15011 (AL) Il Sindaco Il Segretario Comunale Il Responsabile del Procedimento	A02

Indice

Normative di riferimento	5
Richiami teorici	6
Calcolo della spinta sul muro	6
Valori caratteristici e valori di calcolo	6
Metodo di Culmann	6
Spinta in presenza di falda	6
Spinta in presenza di sisma	6
Verifica alla stabilità globale	7
Analisi dei pali	7
Tiranti di ancoraggio	9
Dati	11
Materiali	11
Calcestruzzo armato	11
Acciai	11
Tipologie pali	11
Tipologie tiranti	11
Geometria profilo terreno a monte del muro	11
Geometria muro	12
Geometria paramento e fondazione	12
Descrizione pali di fondazione	12
Tiranti di ancoraggio	13
Descrizione terreni	14
Stratigrafia	14
Condizioni di carico	15
Normativa	16
Descrizione combinazioni di carico	16
Dati sismici	18
Opzioni di calcolo	20
Risultati per inviluppo	22
Spinta e forze	22
Risultanti globali	24
Scarichi in testa ai pali	24
Verifiche geotecniche	24
Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	25
Verifiche portanza trasversale (scorrimento)	25
Verifiche portanza verticale	25
Dettagli calcolo portanza verticale	25
Verifica stabilità globale muro + terreno	26

Dettagli strisce verifiche stabilità _____	26
Tiranti _____	27
Dettagli di calcolo _____	27
Verifica di resistenza allo sfilamento _____	28
Verifica delle tensioni massime nell'armatura del tirante _____	28
Verifiche di gerarchia _____	28
Sollecitazioni _____	28
Paramento _____	29
Piastra fondazione _____	29
Sollecitazioni pali _____	30
Verifiche strutturali _____	34
Verifiche a flessione _____	34
Paramento _____	34
Fondazione _____	34
Micropali _____	35
Verifiche a taglio _____	38
Paramento _____	38
Fondazione _____	38
Micropali _____	39
Verifica a punzonamento _____	42
Verifica delle tensioni _____	42
Combinazioni SLER _____	42
Paramento _____	42
Piastra fondazione _____	43
Combinazioni SLEF _____	44
Paramento _____	44
Piastra fondazione _____	44
Combinazioni SLEQ _____	45
Paramento _____	45
Piastra fondazione _____	45
Verifica a fessurazione _____	46
Combinazioni SLEF _____	46
Paramento _____	46
Piastra fondazione _____	46
Combinazioni SLEQ _____	47
Paramento _____	47
Piastra fondazione _____	47

Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2) _____ *Errore. Il segnalibro non è definito.*

Progetto: SISTEMAIZIONE FRANA DI MONTE
Ditta:
Comune: ACQUI TERME
Progettista: ING. SANDIANO STEFANO
Direttore dei Lavori: ING. SANDIANO STEFANO
Impresa:

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

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

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

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

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

Terreno a permeabilità elevata

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

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

$$F_H = k_h W \quad F_V = \pm k_v W$$

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. In presenza di pali, per ogni centro vengono analizzate 3 famiglie di superfici di scorrimento: la prima famiglia di superfici passa per tacco della fondazione, la seconda per il punto centrale della lunghezza dei pali, la terza per il piede dei pali. 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 25.

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:

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

dove il termine m è espresso da

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

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

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:

$$Q_d = \frac{Q_p}{\eta_p} + \frac{Q_l}{\eta_l} - W_p$$

Palo teso:

$$Q_d = \frac{Q_l}{\eta_l} - W_p$$

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

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 rigidità 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. È 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 rigidità.

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 rigidità del palo K_e , costruita imponendo traslazioni e rotazioni unitarie per determinare le corrispondenti sollecitazioni in testa al palo.

Nota la matrice di rigidità 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.

Tiranti di ancoraggio

Le paratie possono essere tirantate, con tiranti attivi o con tiranti passivi, realizzati entrambi tramite perforazione e iniezione del foro con malta in pressione previa sistemazione delle armature opportune.

I tiranti attivi, contrariamente ai tiranti passivi, sono sottoposti ad uno sforzo di pretensione prendendo il contrasto sulla struttura stessa. Il tiro finale sul tirante attivo dipende sia dalla deformazione della struttura oltre che dalle cadute di tensione. Nel caso di tiranti passivi il tiro dipende unicamente dalla deformabilità della struttura. L'armatura dei tiranti attivi è costituita da trefoli ad alta resistenza (trefoli per c.a.p.), viceversa i tiranti passivi possono essere armati con trefoli o con tondini o, in alcuni casi, con profilati tubolari.

La capacità di resistenza dei tiranti è legata all'attrito e all'aderenza fra superficie del tirante e terreno.

Calcolo della lunghezza di ancoraggio

La lunghezza di ancoraggio (fondazione) del tirante si calcola determinando la lunghezza massima atta a soddisfare le tre seguenti condizioni:

1. Lunghezza necessaria per garantire l'equilibrio fra tensione tangenziale che si sviluppa fra la superficie laterale del tirante ed il terreno e lo sforzo applicato al tirante;
2. Lunghezza necessaria a garantire l'aderenza malta-armatura;
3. Lunghezza necessaria a garantire la resistenza della malta.

Siano N lo sforzo nel tirante, δ l'angolo d'attrito tirante-terreno, c_a l'adesione tirante-terreno, γ il peso di volume del terreno, D ed L_f il diametro e la lunghezza di ancoraggio (o lunghezza efficace) del tirante ed H la profondità media al di sotto del piano campagna abbiamo la relazione

$$N = \pi D L_f (\gamma H K_s \tan \delta + c_a)$$

da cui si ricava la lunghezza di ancoraggio L_f

$$L_f = \frac{N}{\pi D (\gamma H K_s \tan \delta + c_a)}$$

K_s rappresenta il coefficiente di spinta che si assume pari al coefficiente di spinta a riposo

$$K_s = K_0 = 1 - \sin \varphi$$

Per quanto riguarda la seconda condizione, la lunghezza necessaria atta a garantire l'aderenza malta-armatura è data dalla relazione

$$L_f = \frac{N}{\pi d \tau_{co} \omega}$$

dove d è la somma dei diametri dei trefoli disposti nel tirante, τ_{co} è la resistenza tangenziale limite della malta ed ω è un coefficiente correttivo dipendente dal numero di trefoli (**$\omega = 1 - 0.075 [n \text{ trefoli} - 1]$**).

Per quanto riguarda la verifica della terza condizione si impone che la tensione tangenziale limite tirante-terreno non possa superare la tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo f_{bd} .

Alla lunghezza efficace determinata prendendo il massimo valore di L_f si deve aggiungere la lunghezza di franco L che rappresenta la lunghezza del tratto compreso fra la paratia e la superficie di ancoraggio.

Nel caso di tiranti attivi, cioè tiranti soggetti ad uno stato di pretensione, bisogna considerare le cadute di tensione. A tale scopo è stato introdotto il coefficiente di caduta di tensione β , che rappresenta il rapporto fra lo sforzo N_0 al momento del tiro e lo sforzo N in esercizio

$$\beta = \frac{N_0}{N}$$

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]
R _{ck}	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	R _{ck}	E	ν	n	ntc
				[kg/mc]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]			
1	C32/40	C32/40	B450C	2500,00	407,88	343054	0.30	15.00	0.50
2	C25/30 - pali	C25/30	Fe 510	2500,00	305,91	320666	0.30	15.00	0.50
4	C25/30 e trefoli - tiranti	C25/30	Precomp	2500,00	305,91	320666	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk}	f _{uk}
	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]
B450C	4588,65	5506,38
Fe 510	3600,00	5100,00
Precomp	16000,00	19000,00

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, Pl	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kg]

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	Pl
1	Tipologia palo	Laterale + Punta	Trivellato	Incastro	2	NO	NO	--	--

Tipologie tiranti

Simbologia adottata

Descr	Descrizione tipologia
Imat	Indice materiale
D	Diametro di perforazione, espresso in [mm]
Cesp	Coeff. di espansione laterale
Tipo armatura	Attivo, Passivo tondini o Passivo tubolare
Caratteristiche:	
- per tiranti attivi: numero trefoli e area trefolo espresso in [cm ²]	
- per tiranti passivi con tondini: numero tondini e diametro tondino espresso in [mm]	
- per tiranti passivi con tubolare: diametro e spessore tubolare, espressi in [mm]	

Descr	Imat	D	Cesp	Tipo armatura	Caratteristiche
		[cm]			
Tirante	4	16,00	1.200	Attivo	3 / 1,40 [cm ²]

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 [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	1,00	0,70	34.992
3	7,00	0,70	0.000
4	15,00	1,50	5.711

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 24.000 [°]

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro	50,00	[m]
<u>Paramento</u>		
Materiale	C32/40	
Altezza paramento	0,60	[m]
Altezza paramento libero	1,20	[m]
Spessore in sommità	0,40	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,40	[m]
Inclinazione paramento esterno	0,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]
<u>Fondazione</u>		
Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	0,24	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,26	[m]
Lunghezza totale	0,90	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,70	[m]
Spessore magrone	0,10	[m]

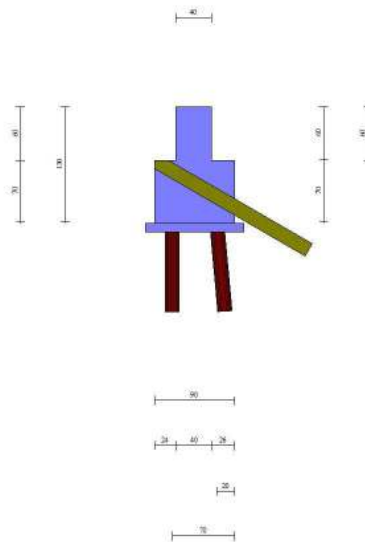


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

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	0,20	2,50	0,00	20	16,00	8,00	5,00	Sfalsati
2	Tipologia palo	0,70	2,50	0,00	19	16,00	8,00	0,00	Centrati

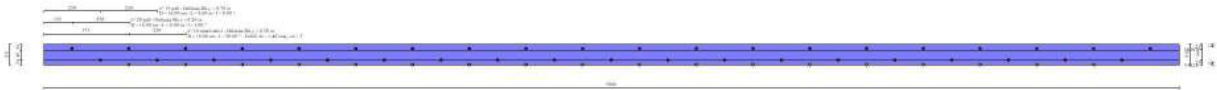


Fig. 2 - Pianta pali

Tiranti di ancoraggio

Simbologia adottata

n° numero d'ordine della fila
 Dest Destinazione del tirante (Fondazione, Paramento)
 S ordinata della fila misurata dalla testa del muro (se il tirante è posizionato sul paramento), ascissa della fila misurata dal tacco della fondazione (se il tirante è posizionato sulla fondazione) espressa in [m]
 I Interasse tra i tiranti della fila espressa in [m]
 F Franco della fila espressa in [m]
 ALL allineamento dei tiranti della fila (CENTRATI o SFALSATI)
 Nt numero di tiranti della fila
 α inclinazione dei tiranti della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
 T tiro iniziale espresso in [kg]. Solo per i tiranti attivi
 Lt, Lf Lunghezza totale e di fondazione espressa in [m]. Definiti solo nel caso di Verifica.

n°	Tipologia	Dest	S [m]	I [m]	F [m]	ALL	Nt	α [°]	T [kg]	Lt [m]	Lf [m]
1	Tirante	Fondazione	0,30	2,50	1,25	Sfalsati	18	30,00	15000	12,00	10,50

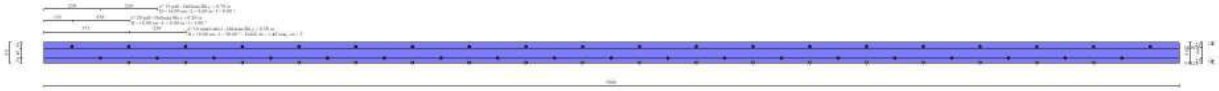


Fig. 3 - Pianta della fondazione con i tiranti

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/cm²]
 - c_a Adesione terra-muro espressa in [kg/cm²]
- Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix
- Cesp Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
 - d Tensione tangenziale limite, espressa in [kg/cm²]
 - α_d Tensione di progetto espressa in [kg/cm²]

n°	Descr	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c	c _a	Cesp	τ_l	
		[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[°]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]		[kg/cm ²]	
1	Terreno A	1700,00	2000,00	36.000	24.000	0,00	0,00	1.150	0,17	(CAR)
				25.900	17.267	0,00	0,00		0,17	(MIN)
				36.100	24.067	0,00	0,00		0,17	(MED)
2	Terreno B	2100,00	21000,00	32.000	21.330	0,03	0,01	1.150	0,25	(CAR)
				31.900	21.267	0,03	0,01		0,25	(MIN)
				32.100	21.400	0,03	0,01		0,25	(MED)
3	Terreno C	2200,00	2200,00	27.000	18.000	0,30	0,15	1.150	0,25	(CAR)
				26.900	17.933	0,30	0,15		0,25	(MIN)
				27.100	18.067	0,30	0,15		0,25	(MED)
4	Terreno R	1600,00	1800,00	20.000	13.330	0,00	0,00	1.150	0,05	(CAR)
				19.900	13.267	0,00	0,00		0,05	(MIN)
				20.100	13.400	0,00	0,00		0,05	(MED)

Stratigrafia

Simbologia adottata

- n° Indice dello strato
 - H Spessore dello strato espresso in [m]
 - α Inclinazione espressa in [°]
 - Terreno Terreno dello strato
 - K_{wn}, K_{wt} Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm²/cm
- Per calcolo pali (solo se presenti)
- K_w Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm
 - K_s 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')

K_{st_{sta}}, K_{st_{sis}} Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H	α	Terreno	K _{wn}	K _{wt}	K _w	K _s	Cesp	K _{st_{sta}}	K _{st_{sis}}
	[m]	[°]		[Kg/cm ²]	[Kg/cm ²]	[Kg/cm ²]				
1	3,80	10.000	Terreno A	0.000	0.000	5,000	0,500	1,200	---	---
2	2,00	0.700	Terreno B	0.000	0.000	10,000	1,000	1,200	---	---

n°	H	α	Terreno	Kwn	Kwt	Kw	Ks	Cesp	Kst _{sta}	Kst _{sis}
	[m]	[°]		[Kg/cm ²]	[Kg/cm ²]	[Kg/cm ²]				
3	15,00	10.000	Terreno C	0.000	0.000	30,000	1,000	1,200	---	---

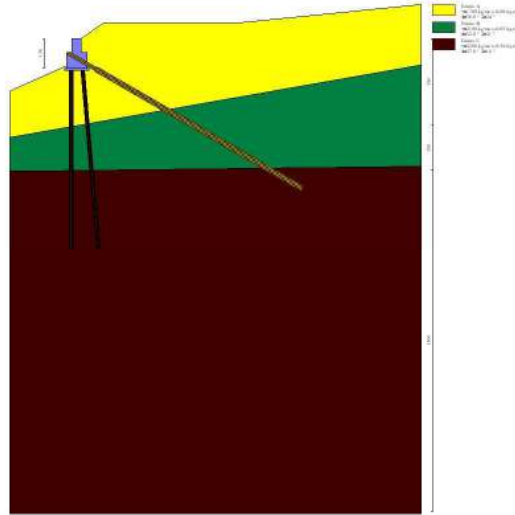


Fig. 4 - Stratigrafia

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 $\Psi_0=0.75 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.00$

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
		[m]	[kg]	[kg]	[kgm]	[m]	[m]	[kg]	[kg]
1	Distribuito					1,50	6,50	2000,00	2000,00

Condizione n° 2 (Condizione 2) - VARIABILE

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

Condizione n° 3 (Condizione 3) - VARIABILE

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

Condizione n° 4 (Condizione 4) - VARIABILE

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

Condizione n° 5 (Condizione 5) - VARIABILE

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

Condizione n° 6 (Condizione 6) - VARIABILE

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

Condizione n° 7 (Condizione 7) - VARIABILE

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

Condizione n° 8 (Condizione 8) - VARIABILE

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

Normativa

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	$\gamma_{c'}$	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_f	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_b 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_b 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_b 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

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

Coeff. parziali γ_b per la resistenza di ancoraggi

		R3
Laterale	γ_{Ra}	1.20

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

Numero di verticali indagate 1

$\zeta_3=1.80 \quad \zeta_4=1.80$

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:

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

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 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - 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

Combinazione n° 3 - 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

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

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

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

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

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
------------	----------	--------	---------

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

Combinazione n° 9 - 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

Combinazione n° 10 - SLER

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

Combinazione n° 11 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLEQ

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

Combinazione n° 13 - SLEQ H + V

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

Combinazione n° 14 - SLEQ H - V

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

Dati sismici

Comune	Acqui Terme
Provincia	Alessandria
Regione	Piemonte
Latitudine	44.675527
Longitudine	8.470669
Indice punti di interpolazione	15580 - 15579 - 15801 - 15802
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]	0.553	0.234

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]		0.056	0.024
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.566	2.546
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.288	0.195
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	1.000	8.110	4.055
Ultimo - Ribaltamento	1.000	8.110	4.055
Esercizio	1.000	3.432	1.716

Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta a riposo
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	0.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	SI
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 punta	Berezantzev
Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Integrazione delle tensioni tangenziali ($k_s \sigma_v \tan(\delta) + c_a$)
Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infisso/trivellato)	Attiva
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta σ_v con la profondità	Pressione geostatica
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale	Pressione geostatica

Portanza trasversale

Costante di Winkler: da strato	Criterio rottura palo-terreno
- Spostamento limite	Non attivo
- Pressione limite	Pressione passiva con moltiplicatore $M=3,00$
- Palo infinitamente elastico	Non attivo

Cedimenti

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

Opzioni calcolo tiranti

Superficie di ancoraggio	Angolo di attrito
Tensione limite resistenza malta	Media valori $tc0$ e $tc1$
Usa coeff. correttivo dipendente dal numero di trefoli $\omega=1.0-0.075(n_{\text{trefoli}}-1)$	

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	$0.45 f_{ck}$	$1.00 f_{yk}$

Risultati per inviluppo

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]
C _x , C _y	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kg]
P _x , P _y	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kg]	I [°]	C _x [kg]	C _y [kg]	P _x [m]	P _y [m]
1	Spinta statica	1531	24,00	1399	623	0,26	-0,70
	Peso/Inerzia muro			0	2175/0	-0,19	-0,77
	Peso/Inerzia terrapieno			0	305/0	0,14	-0,25
	Resistenza tiranti			-1965	1135	-0,40	-0,30
	Resistenza pali			-1455			
2	Spinta statica	1026	24,00	937	417	0,26	-0,65
	Incremento di spinta sismica		228	208	93	0,26	-0,56
	Peso/Inerzia muro			176	2175/88	-0,19	-0,77
	Peso/Inerzia terrapieno			25	305/12	0,14	-0,25
	Resistenza tiranti			-1965	1135	-0,40	-0,30
	Resistenza pali			-1830			

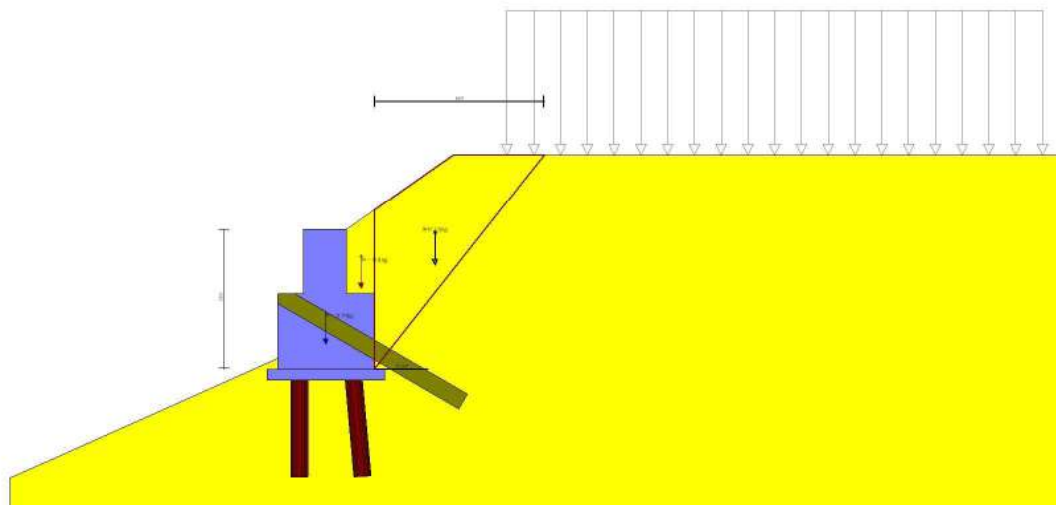


Fig. 5 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)



Fig. 6 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

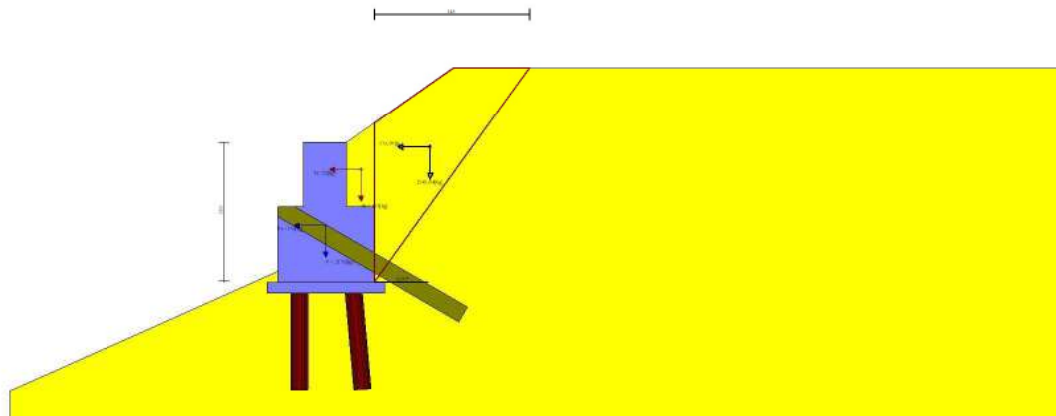


Fig. 7 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

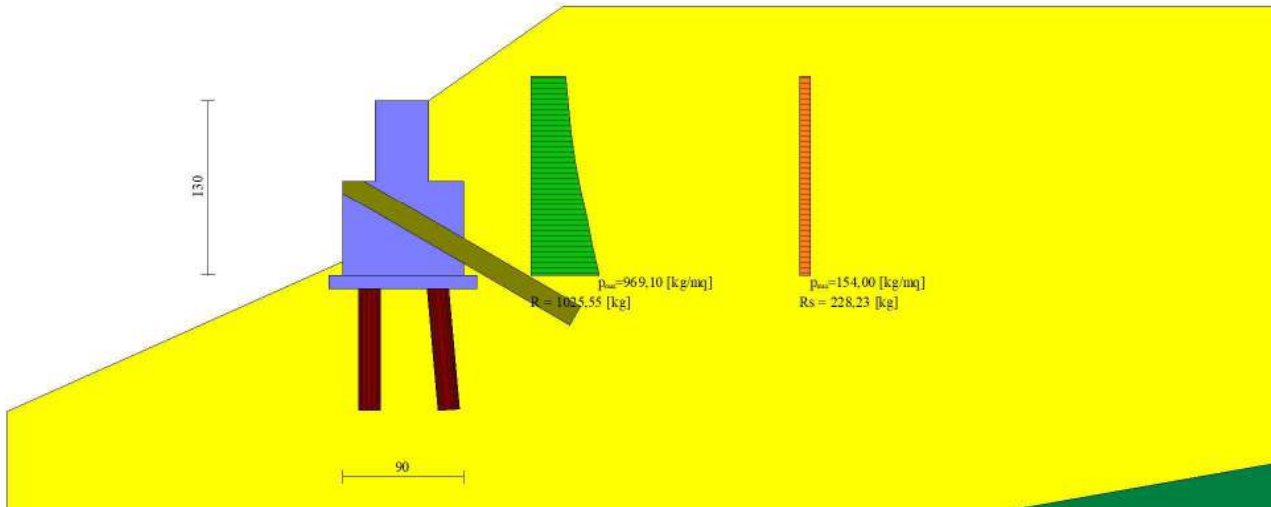


Fig. 8 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

Risultanti globali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kg]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kg]
M _r	Momento ribaltante, espresso in [kgm]
M _s	Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kg]	T [kg]	M _r [kgm]	M _s [kgm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	4238	-567	833	3696	-0,226
2 - STR (A1-M1-R3)	4226	-619	886	3662	-0,207
3 - STR (A1-M1-R3)	3991	-694	879	3507	-0,208
4 - STR (A1-M1-R3)	4982	-567	833	4042	-0,194
5 - STR (A1-M1-R3)	4329	-567	833	3749	-0,224
6 - STR (A1-M1-R3)	4890	-567	833	3990	-0,196
7 - GEO (A2-M2-R2)	5450	-2788	829	7001	-0,683
8 - GEO (A2-M2-R2)	5542	-2898	886	7042	-0,661
9 - GEO (A2-M2-R2)	5307	-2973	879	6963	-0,696
10 - SLEP	4317	-1290	639	3237	-0,152
11 - SLEF	4297	-1337	628	3181	-0,144
12 - SLEQ	4259	-1421	612	3082	-0,130
13 - SLEQ	4341	-1247	728	3329	-0,149
14 - SLEQ	4242	-1279	725	3262	-0,148

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kg]
M	Momento, espresso in [kgm]
T	Taglio, espresso in [kg]

Cmb	Ip	N [kg]	M [kgm]	T [kg]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	6197	-119	59
	2	4243	-65	142
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	6066	-33	154
	2	4382	19	233

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)		2.446					
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	2.819					
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	3.005					
4 - STR (A1-M1-R3)		2.269					
5 - STR (A1-M1-R3)		2.344					
6 - STR (A1-M1-R3)		2.334					
7 - GEO (A2-M2-R2)					2.626		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				2.830		
9 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				2.855		

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]
FS _o	Fattore di sicurezza (Td/T)

Ic	Ip	T	Td	FS _o
		[kg]	[kg]	
4 - STR (A1-M1-R3)	1	-11	96	8.987
	2	92	756	8.240
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	154	1112	7.221
	2	233	1328	5.701

Verifiche portanza verticale**Simbologia adottata**

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]
FS _v	Fattore di sicurezza (Pd/N)

Ic	Ip	N	Pd	FS _v
		[kg]	[kg]	
1 - STR (A1-M1-R3)	1	6197	10865	1.753
	2	4243	10448	2.462
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	6066	10865	1.791
	2	4382	10448	2.384
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	6066	10865	1.791
	2	4382	10448	2.384
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	5771	10865	1.883
	2	3975	10448	2.629
4 - STR (A1-M1-R3)	1	7103	10865	1.530
	2	5222	10448	2.001

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	36.555	36.555	17.352	17.352	--	7824 7778	15812 15542	0	474
2	36.555	36.555	17.352	17.352	--	7784 7739	15132 14759	0	474

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]	
7 - GEO (A2-M2-R2)	-3,00; 4,50	10,36	2.626
8 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-4,50; 4,50	14,74	2.830

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/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
Tx; Ty	Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kg/cmq]

n°	W	Qy	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kg]	[kg]	[m]	[°]	[°]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg]
1	616	1012	6,65 - 0,59	64.320	30.167	0,00	0,000	
2	1704	1358	0,59	57.900	30.167	0,00	0,000	
3	2557	1358	0,59	52.166	30.167	0,00	0,000	
4	3258	1358	0,59	47.106	30.167	0,00	0,000	
5	3865	1358	0,59	42.494	26.560	0,02	0,000	435; 1380
6	4455	1358	0,59	38.203	26.560	0,02	0,000	
7	4967	1358	0,59	34.153	26.560	0,02	0,000	
8	5404	1358	0,59	30.290	26.560	0,02	0,000	
9	5776	985	0,59	26.574	26.560	0,02	0,000	
10	6052	0	0,59	22.976	26.560	0,02	0,000	
11	6023	0	0,59	19.472	26.560	0,02	0,000	
12	6361	0	0,59	16.043	26.560	0,02	0,000	
13	5087	0	0,59	12.671	26.560	0,02	0,000	
14	4631	0	0,59	9.344	26.560	0,02	0,000	
15	4441	0	0,59	6.049	26.560	0,02	0,000	
16	4210	0	0,59	2.773	22.177	0,24	0,000	
17	3937	0	0,59	-0.493	22.177	0,24	0,000	
18	3620	0	0,59	-3.761	26.560	0,02	0,000	
19	3263	0	0,59	-7.042	26.560	0,02	0,000	
20	2863	0	0,59	-10.346	26.560	0,02	0,000	
21	2418	0	0,59	-13.685	26.560	0,02	0,000	
22	1929	0	0,59	-17.072	26.560	0,02	0,000	
23	1391	0	0,59	-20.523	26.560	0,02	0,000	
24	831	0	0,59	-24.053	30.167	0,00	0,000	
25	279	0	-8,11 - 0,59	-27.032	30.167	0,00	0,000	

Resistenza al taglio pali 24612 [kg]

n°	W	Qy	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kg]	[kg]	[m]	[°]	[°]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg]
1	2053	0	9,82 - 0,94	70.510	36.000	0,00	0,000	
2	5533	0	0,94	61.397	32.000	0,03	0,000	
3	8289	0	0,94	54.426	32.000	0,03	0,000	71; 725
4	10504	0	0,94	48.517	32.000	0,03	0,000	
5	12415	0	0,94	43.241	27.000	0,30	0,000	
6	14041	0	0,94	38.394	27.000	0,30	0,000	
7	15403	0	0,94	33.855	27.000	0,30	0,000	
8	16546	0	0,94	29.548	27.000	0,30	0,000	
9	17498	0	0,94	25.418	27.000	0,30	0,000	
10	18074	0	0,94	21.426	27.000	0,30	0,000	

n°	W [kg]	Qy [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]	u [kg/cmq]	Tx; Ty [kg]
11	18389	0	0,94	17.541	27.000	0,30	0,000	
12	16260	0	0,94	13.738	27.000	0,30	0,000	
13	15768	0	0,94	9.997	27.000	0,30	0,000	
14	15313	0	0,94	6.297	27.000	0,30	0,000	
15	14731	0	0,94	2.625	27.000	0,30	0,000	
16	14024	0	0,94	-1.037	27.000	0,30	0,000	
17	13192	0	0,94	-4.704	27.000	0,30	0,000	
18	12234	0	0,94	-8.389	27.000	0,30	0,000	
19	11147	0	0,94	-12.111	27.000	0,30	0,000	
20	9926	0	0,94	-15.885	27.000	0,30	0,000	
21	8565	0	0,94	-19.731	27.000	0,30	0,000	
22	7052	0	0,94	-23.674	27.000	0,30	0,000	
23	5310	0	0,94	-27.739	27.000	0,30	0,000	
24	3325	0	0,94	-31.964	27.000	0,30	0,000	
25	1130	0	-13,71 - 0,94	-35.968	27.000	0,30	0,000	

Resistenza al taglio pali 0 [kg]

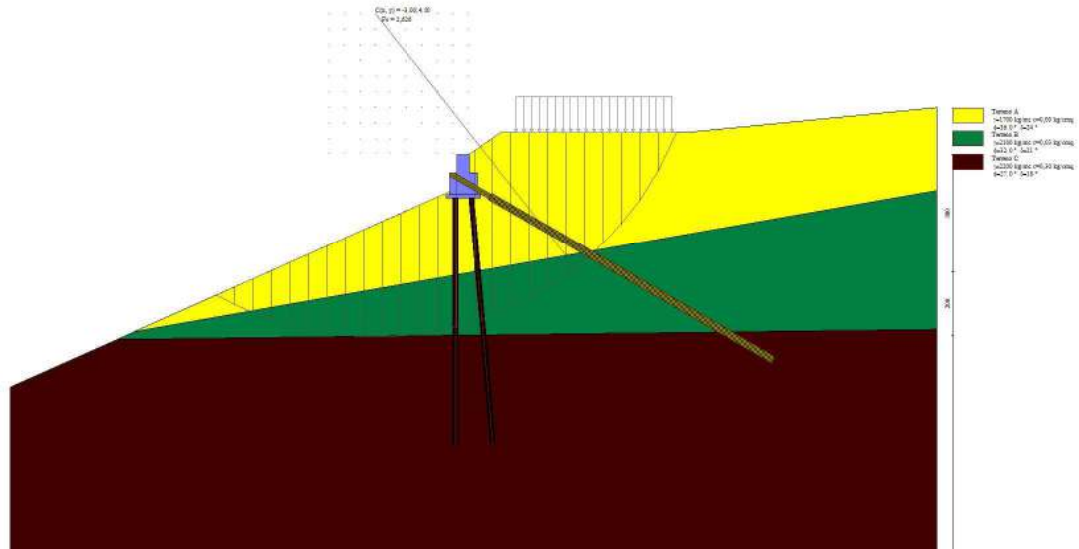


Fig. 9 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)

Tiranti

Simbologia adottata

- It Indice tirante (tra parentesi viene indicata la posizione P: paramento, F: fondazione)
- S Ordinata sul paramento o ascissa sulla fondazione, espressa in [m]
- Ic Indice combinazione

Dettagli di calcolo

Simbologia adottata

- Lf Lunghezza bulbo fondazione necessaria ad assorbire il tiro in esercizio, espressa in [m]. In grassetto la lunghezza usata nel calcolo della resistenza
- Lt Lunghezza totale (lunghezza del bulbo di fondazione + tratto inefficace), espressa in [m]. In grassetto la lunghezza massima
- N Tiro in esercizio sul tirante, espresso in [kg]. In grassetto il tiro massimo in esercizio
- Nx/ml, Ny/ml Componente in direzione X ed Y del tiro a metro lineare, espresso in [kg]
- R Resistenza di progetto, espresso in [kg]
- Rx/ml, Ry/ml Resistenza in direzione X ed Y a metro lineare, espressa in [kg]

It	S [m]	Ic	Lf [m]	Lt [m]	N [kg]	Nx/ml [kg]	Ny/ml [kg]	R [kg]	Rx/ml [kg]	Ry/ml [kg]
1 [F]	0,30	1	9,30	10,80	5426	1692	977	6237	1692	977
		2	9,40	10,90	5478	1708	986	6237	1708	986
		3	9,10	10,60	5263	1641	947	6237	1641	947
		4	9,20	10,70	5378	1677	968	6237	1677	968
		5	9,20	10,70	5375	1676	967	6237	1676	967
		6	9,30	10,80	5431	1693	978	6237	1693	978
		10	6,80	8,30	4504	1404	811	7485	1404	811
		11	6,60	8,10	4400	1372	792	7485	1372	792
		12	6,40	7,90	4216	1314	759	7485	1314	759

It	S	Ic	Lf	Lt	N	Nx/ml	Ny/ml	R	Rx/ml	Ry/ml
	[m]		[m]	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]
		13	7,10	8,60	4754	1482	856	7485	1482	856
		14	7,00	8,50	4661	1453	839	7485	1453	839
			10,50	12,00	15000					

Verifica di resistenza allo sfilamento

Simbologia adottata

R1	Resistenza allo sfilamento del tirante dal terreno, espressa in [kg]
R2	Resistenza di aderenza malta-armatura, espressa in [kg]
R3	Resistenza malta, espressa in [kg]
R	Resistenza (minimo tra R1, R2 e R3), espressa in [kg]
N	Tiro in esercizio sul tirante, espresso in [kg]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/N)

It	S	Ic	R1	R2	R3	R	N	FS
	[m]		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
1 [F]	0,30	1	6237	69363	776905	6237	5426	1.149
		2	6237	69363	776905	6237	5478	1.139
		3	6237	69363	776905	6237	5263	1.185
		4	6237	69363	776905	6237	5378	1.160
		5	6237	69363	776905	6237	5375	1.160
		6	6237	69363	776905	6237	5431	1.149
		10	7485	69363	776905	7485	4504	1.662
		11	7485	69363	776905	7485	4400	1.701
		12	7485	69363	776905	7485	4216	1.775
		13	7485	69363	776905	7485	4754	1.574
		14	7485	69363	776905	7485	4661	1.606

Verifica delle tensioni massime nell'armatura del tirante

Simbologia adottata

N _{MAX}	Tiro massimo in esercizio sul tirante, espresso in [kg]
A	Area del tirante, espresso in [cmq]
σ _f	Tensione nel tirante (N _{MAX} /A), espresso in [kg/cm ²]
σ _{lim}	Tensione limite dell'acciaio del tirante, espresso in [kg/cm ²]

It	S	N _{MAX}	A	σ _f	σ _{lim}
	[m]	[kg]	[cmq]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]
1 [F]	0,30	15000	4,20	3571,43	13913,04

Verifiche di gerarchia

Simbologia adottata

R _s	Resistenza di progetto allo snervamento, espresso in [kg]
R1	Resistenza allo sfilamento del tirante dal terreno, espressa in [kg]
FS	Fattore di sicurezza verifica di gerarchia (rapporto R _s /R1)

It	S	Ic	R _s	R1	FS
	[m]		[kg]	[kg]	
1 [F]	0,30	1	6237	58435	9.369
		2	6237	58435	9.369
		3	6237	58435	9.369
		4	6237	58435	9.369
		5	6237	58435	9.369
		6	6237	58435	9.369

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N	Sforzo normale, espresso in [kg]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kg]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kgm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

M _x , M _y	Momenti flettenti, espresso in [kgm]
M _{xy}	Momento torcente, espresso in [kgm]. Positivo se diretto da monte verso valle
T _x , T _y	Tagli, espresso in [kg]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Paramento

n°	X [m]	N _{min} [kg]	N _{max} [kg]	T _{min} [kg]	T _{max} [kg]	M _{min} [kgm]	M _{max} [kgm]
1	0,00	0	0	0	0	0	0
2	-0,10	109	142	21	39	-1	-1
3	-0,20	222	288	49	85	0	2
4	-0,30	337	438	82	136	4	9
5	-0,40	454	590	121	193	10	21
6	-0,50	573	745	165	254	21	39
7	-0,60	694	903	212	320	35	62

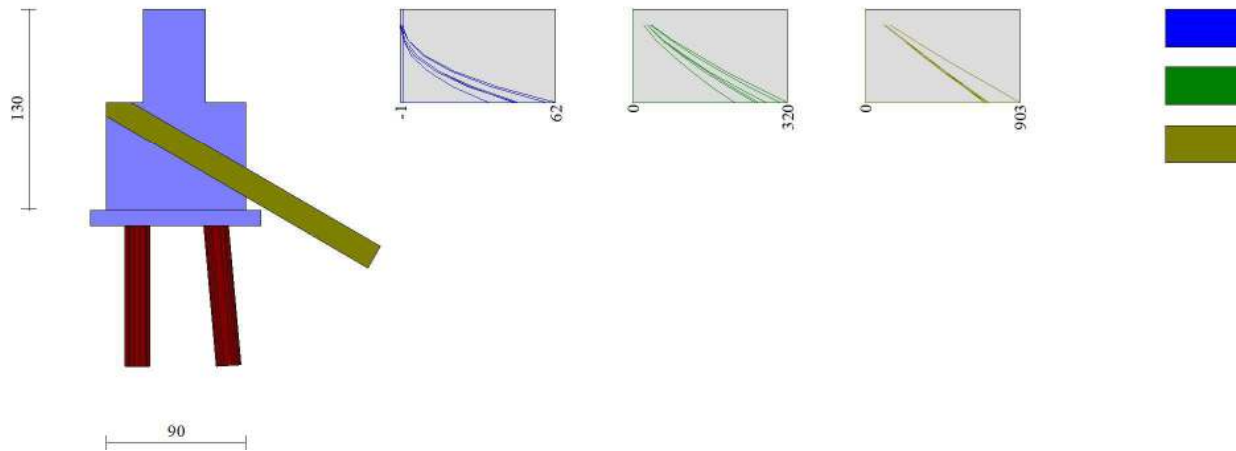


Fig. 10 - Paramento

Piastra fondazione

In	M _x [kgm]	M _y [kgm]	M _{xy} [kgm]	T _x [kg]	T _y [kg]	
52	500 (2)	1667 (2)	0 (2)	0 (2)	-7933 (2)	MAX
119	-1222 (2)	-582 (2)	0 (2)	-3 (2)	-7934 (2)	MIN
52	500 (2)	1667 (2)	0 (2)	0 (2)	-7933 (2)	MAX
119	-1222 (2)	-582 (2)	0 (2)	-3 (2)	-7934 (2)	MIN
24	299 (4)	497 (4)	401 (4)	-1092 (4)	6487 (4)	MAX
661	299 (4)	497 (4)	-401 (4)	1092 (4)	6487 (4)	MIN
625	491 (2)	262 (2)	195 (2)	3052 (2)	-106 (2)	MAX
90	494 (2)	262 (2)	-194 (2)	-3058 (2)	-105 (2)	MIN
53	349 (4)	1162 (4)	0 (4)	0 (4)	18893 (4)	MAX
36	28 (4)	93 (4)	1 (4)	0 (4)	-14967 (4)	MIN

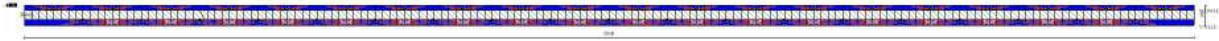


Fig. 11 - Piastra fondazione - Momento My (Combinazione n° 2)

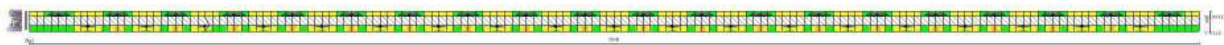


Fig. 12 - Piastra fondazione - Taglio Ty (Combinazione n° 4)

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kg]. Positivo se di compressione.
 T Taglio, espresso in [kg]. Positivo se diretto da monte verso valle
 M Momento, espresso in [kgm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	6197	23560	59	660	-119	-1339
5	0,32	6213	23546	-12	580	-131	-1544
12	0,88	6224	23464	-83	140	-102	-1781
14	1,04	6224	23427	-86	-55	-88	-1795
40	3,12	5927	21892	1	-413	7	-90
101	8,00	2208	7985	0	0	0	0

Palo n° 2

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
----	---	----	----	----	----	----	----

	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	4243	22855	142	1268	-65	-579
8	0,56	4269	22814	-5	1048	-113	-1254
17	1,28	4280	22656	-74	202	-78	-1775
44	3,44	4093	21097	0	-428	6	-81
101	8,00	1602	7945	0	0	0	0

Palo n° 1

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	6066	23563	154	1445	-33	-313
9	0,64	6091	23510	-2	1163	-91	-1185
13	0,96	6094	23449	-44	835	-84	-1521
19	1,44	6086	23313	-60	109	-59	-1787
44	3,44	5691	21408	1	-475	4	-124
101	8,00	2165	7986	0	0	0	0

Palo n° 2

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	4382	22855	233	1727	19	139
12	0,88	4415	22759	-9	1210	-90	-1243
16	1,20	4418	22680	-46	786	-82	-1582
21	1,60	4415	22548	-59	81	-61	-1790
101	8,00	1650	7944	0	0	0	0

Palo n° 1

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	5771	23560	181	1514	-25	-205
10	0,72	5798	23495	-8	1163	-97	-1220
13	0,96	5800	23446	-42	905	-92	-1480
20	1,52	5792	23283	-65	30	-61	-1794
44	3,44	5422	21406	0	-502	5	-139
101	8,00	2067	7985	0	0	0	0

Palo n° 2

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	3975	22855	253	1743	24	167
12	0,88	4010	22759	-7	1226	-97	-1230
18	1,36	4014	22632	-59	544	-81	-1693
21	1,60	4013	22548	-64	98	-66	-1789
101	8,00	1511	7943	0	0	0	0

Palo n° 1

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	7103	23561	-11	-124	-154	-1797
11	0,80	7127	23481	-100	-554	-102	-1594
38	2,96	6832	22116	2	-164	8	37
45	3,52	6599	21277	7	21	6	75
101	8,00	2508	7985	0	0	0	0

Palo n° 2

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	5222	22856	92	983	-90	-967
6	0,40	5242	22835	0	864	-115	-1347
14	1,04	5253	22723	-74	267	-87	-1759
16	1,20	5253	22681	-76	39	-75	-1793
43	3,36	5024	21220	0	-394	6	-56
101	8,00	1935	7946	0	0	0	0

Palo n° 1

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	6328	23561	31	353	-141	-1618

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
4	0,24	6341	23552	-18	304	-146	-1700
12	0,88	6355	23464	-95	-167	-104	-1788
13	0,96	6355	23447	-96	-261	-96	-1775
39	3,04	6077	22006	1	-335	8	-44
101	8,00	2252	7985	0	0	0	0

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	4319	22856	117	1104	-85	-809
7	0,48	4342	22825	-5	938	-121	-1317
16	1,20	4356	22681	-79	161	-84	-1781
44	3,44	4163	21098	1	-371	7	-47
101	8,00	1628	7946	0	0	0	0

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	6972	23562	18	233	-132	-1701
3	0,16	6980	23557	-8	208	-134	-1737
11	0,80	6996	23481	-87	-201	-99	-1782
12	0,88	6996	23465	-88	-288	-92	-1766
38	2,96	6709	22117	0	-337	7	-43
101	8,00	2465	7986	0	0	0	0

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	5146	22856	117	1179	-70	-705
8	0,56	5171	22815	-15	959	-106	-1330
14	1,04	5177	22723	-66	464	-86	-1702
17	1,28	5176	22658	-70	111	-70	-1787
44	3,44	4928	21099	1	-397	6	-62
101	8,00	1909	7946	0	0	0	0

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	5922	23560	131	1127	-90	-775
8	0,56	5946	23519	-19	907	-131	-1370
13	0,96	5951	23446	-77	516	-112	-1677
17	1,28	5948	23362	-87	62	-86	-1791
42	3,28	5617	21655	1	-485	7	-133
101	8,00	2117	7984	0	0	0	0

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	3714	22856	204	1466	-40	-284
10	0,72	3745	22791	-13	1112	-124	-1264
19	1,44	3756	22607	-81	124	-83	-1786
45	3,52	3585	20974	0	-430	7	-87
101	8,00	1422	7946	0	0	0	0

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	5869	23562	152	1246	-74	-608
8	0,56	5892	23521	-4	1027	-127	-1271
13	0,96	5897	23448	-70	636	-113	-1625
18	1,36	5893	23338	-84	50	-82	-1792
43	3,36	5539	21534	1	-467	6	-121
101	8,00	2100	7986	0	0	0	0

Palo n° 2

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
----	---	----	----	----	----	----	----

	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	3668	22855	225	1539	-25	-168
10	0,72	3700	22790	-1	1186	-122	-1201
19	1,44	3710	22606	-80	199	-86	-1777
20	1,52	3710	22578	-80	50	-79	-1793
46	3,60	3525	20845	1	-391	7	-67
101	8,00	1407	7945	0	0	0	0

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	5769	23562	193	1436	-44	-327
10	0,72	5796	23497	-16	1084	-121	-1285
13	0,96	5798	23448	-56	826	-114	-1526
19	1,44	5792	23312	-81	100	-80	-1788
44	3,44	5420	21408	1	-472	6	-122
101	8,00	2066	7986	0	0	0	0

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	3590	22856	262	1660	4	26
11	0,80	3624	22776	-1	1229	-120	-1198
19	1,44	3633	22606	-77	320	-90	-1756
21	1,60	3633	22549	-79	14	-78	-1796
47	3,68	3435	20715	1	-368	7	-56
101	8,00	1380	7946	0	0	0	0

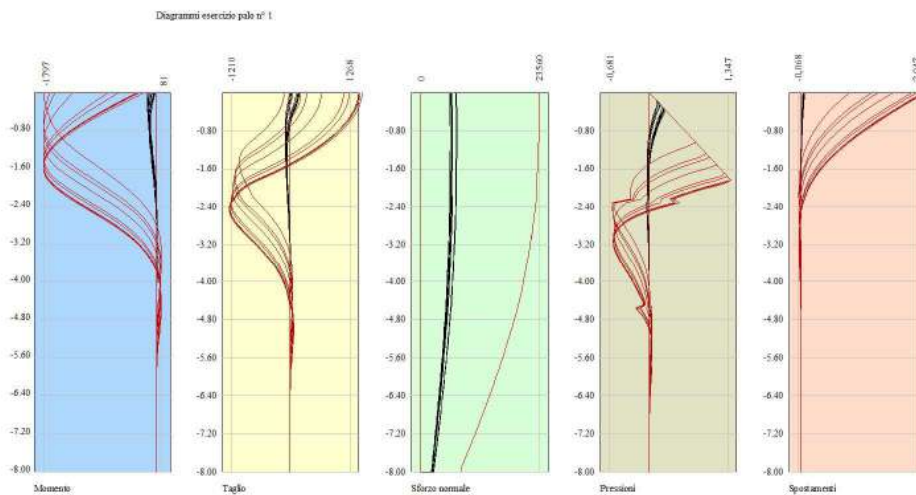


Fig. 13 - Sollecitazioni palo (Palo n° 1) (Inviluppo)

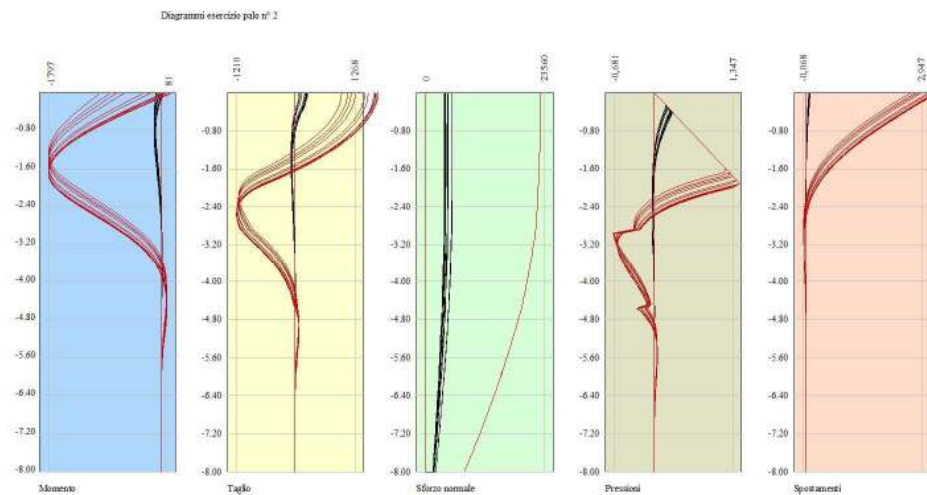


Fig. 14 - Sollecitazioni palo (Palo n° 2) (Inviluppo)

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)

Paramento

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS
1	100	40	8,04	8,04	0	0	0	0	100000.000
2	100	40	8,04	8,04	-1	142	-5451	678068	4766.806
3	100	40	8,04	8,04	2	230	5726	678068	2942.381
4	100	40	8,04	8,04	5	438	7267	678068	1549.029
5	100	40	8,04	8,04	13	590	15380	678068	1148.683
6	100	40	8,04	8,04	27	745	24018	664491	891.564
7	100	40	8,04	8,04	62	721	41657	481468	668.034

Fondazione

Is	Afi [cmq]	Afs [cmq]	Mp [kgm]	Mn [kgm]	Mu [kgm]	FS
1-36-P	4,02	4,02	17	-104	-9998	69.080 (2)
3-186-P	4,02	4,02	4	-100	-10016	91.025 (4)
4-1-S	12,06	10,05	0	0	30155	100.000 (1)

Is	Afi	Afs	Mp	Mn	Mu	FS
	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[kgm]	
5-3-S	12,06	12,06	608	-4	30145	53.129 (4)
6-1-S	12,06	12,06	11	-12	30145	100.000 (1)
7-3-S	10,05	10,05	158	-60	25227	81.272 (4)
8-2-S	10,05	10,05	519	-7	25227	44.792 (1)
9-1-S	12,06	12,06	5	-14	30145	100.000 (1)
10-3-S	10,05	10,05	331	-37	25227	58.231 (4)
11-3-S	10,05	10,05	331	-37	25227	58.231 (4)
12-1-S	12,06	12,06	16	-31	30145	100.000 (1)
13-2-S	10,05	10,05	524	-9	25227	42.495 (2)
14-3-S	10,05	10,05	158	-60	25227	81.272 (4)
15-1-S	12,06	12,06	15	-7	30145	100.000 (1)
16-3-S	10,05	10,05	608	-4	25227	44.461 (4)
17-1-S	10,05	10,05	43	-7	25227	100.000 (1)
18-1-S	10,05	10,05	43	-7	25227	100.000 (1)
19-3-S	10,05	10,05	608	-4	25227	44.461 (4)
20-1-S	12,06	12,06	15	-7	30145	100.000 (1)
21-3-S	10,05	10,05	158	-60	25227	81.272 (4)
22-2-S	10,05	10,05	519	-7	25227	44.792 (1)
23-1-S	12,06	12,06	5	-14	30145	100.000 (1)
24-3-S	10,05	10,05	331	-37	25227	58.231 (4)
25-3-S	10,05	10,05	331	-37	25227	58.231 (4)
26-1-S	12,06	12,06	5	-14	30145	100.000 (1)
27-2-S	10,05	10,05	519	-7	25227	44.792 (1)
28-3-S	10,05	10,05	158	-60	25227	81.272 (4)
29-1-S	12,06	12,06	15	-7	30145	100.000 (1)
30-3-S	10,05	10,05	608	-4	25227	44.461 (4)
31-1-S	10,05	10,05	43	-7	25227	100.000 (1)
32-1-S	10,05	10,05	43	-7	25227	100.000 (1)
33-3-S	10,05	10,05	608	-4	25227	44.461 (4)
34-1-S	12,06	12,06	15	-7	30145	100.000 (1)
35-3-S	10,05	10,05	158	-60	25227	81.272 (4)
36-2-S	10,05	10,05	519	-7	25227	44.792 (1)
37-1-S	12,06	12,06	5	-14	30145	100.000 (1)
38-3-S	10,05	10,05	331	-37	25227	58.231 (4)
39-3-S	10,05	10,05	331	-37	25227	58.231 (4)
40-1-S	12,06	12,06	5	-14	30145	100.000 (1)
41-2-S	10,05	10,05	519	-7	25227	44.792 (1)
42-3-S	10,05	10,05	158	-60	25227	81.272 (4)
43-1-S	12,06	12,06	15	-7	30145	100.000 (1)
44-3-S	10,05	10,05	608	-4	25227	44.461 (4)
45-1-S	10,05	10,05	43	-7	25227	100.000 (1)
46-1-S	10,05	10,05	43	-7	25227	100.000 (1)
47-3-S	10,05	10,05	608	-4	25227	44.461 (4)
48-1-S	12,06	12,06	15	-7	30145	100.000 (1)
49-3-S	10,05	10,05	158	-60	25227	81.272 (4)
50-2-S	10,05	10,05	519	-7	25227	44.792 (1)
51-1-S	12,06	12,06	5	-14	30145	100.000 (1)
52-3-S	10,05	10,05	331	-37	25227	58.231 (4)
53-3-S	10,05	10,05	331	-37	25227	58.231 (4)
54-1-S	12,06	12,06	5	-14	30145	100.000 (1)
55-2-S	10,05	10,05	519	-7	25227	44.792 (1)
56-3-S	10,05	10,05	158	-60	25227	81.272 (4)
57-1-S	12,06	12,06	11	-12	30145	100.000 (1)
58-3-S	12,06	12,06	608	-4	30145	53.129 (4)
59-1-S	12,06	10,05	0	0	30155	100.000 (1)

Micropali

Ip	Is	Ar	M	N	Mu	Nu	FS
		[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
1	1	20,11	154	7103	1172	54139	7.622
2	7	20,11	115	5244	1179	53794	10.258

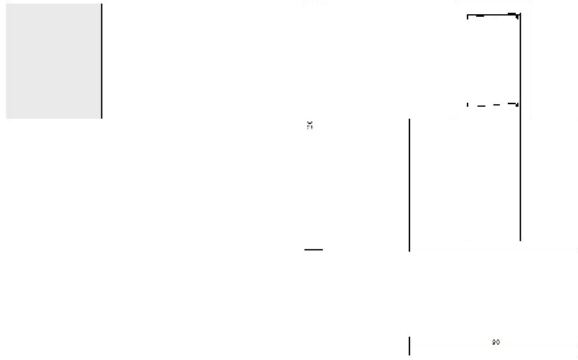


Fig. 15 - Paramento (Inviluppo)

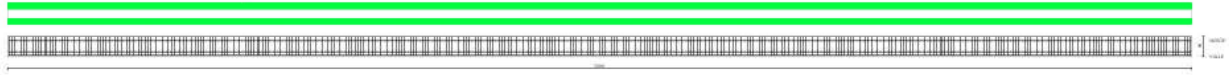


Fig. 16 - Piastra fondazione dir. X (Inviluppo)

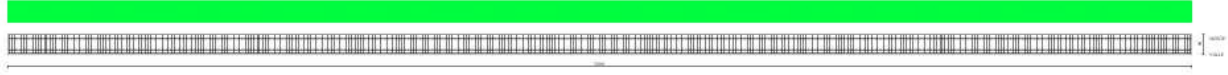


Fig. 17 - Piastra fondazione dir. Y (Inviluppo)

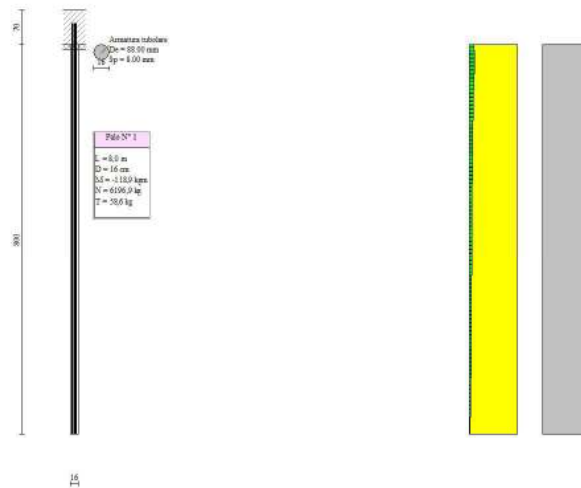


Fig. 18 - Pali (Palo n° 1) (Inviluppo)

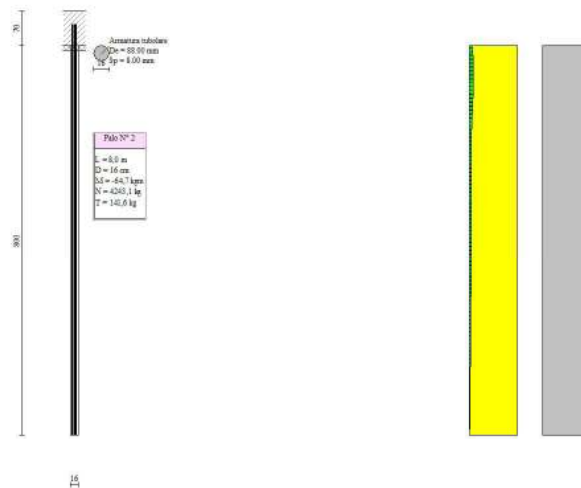


Fig. 19 - Pali (Palo n° 2) (Involuppo)

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)

Paramento

n°	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotgθ	V _{Rcd} [kg]	V _{Rsd} [kg]	V _{Rd} [kg]	T [kg]	FS
1	100	40	0,00	--	0	0	18787	0	100.000
2	100	40	0,00	--	0	0	18802	39	480.710
3	100	40	0,00	--	0	0	18817	85	222.398
4	100	40	0,00	--	0	0	18833	136	138.139
5	100	40	0,00	--	0	0	18849	193	97.527
6	100	40	0,00	--	0	0	18865	254	74.147
7	100	40	0,00	--	0	0	18881	320	59.039

Fondazione

Is	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotg (θ)	V _{Rcd} [kg]	V _{Rsd} [kg]	V _{Rd} [kg]	T [kg]	FS
1-17-P	24	70	0,00	2.000	0	0	6284	293	21.448 (1)
3-3-P	26	70	0,00	2.000	0	0	6808	202	33.740 (1)
4-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	3135	7.457 (1)
5-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	9104	2.568 (1)
6-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7442	3.141 (1)
7-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	4585	5.099 (1)
8-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	8925	2.619 (1)
9-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7092	3.297 (1)
10-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7365	3.174 (1)
11-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7365	3.174 (1)
12-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	4405	5.307 (1)
13-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	8925	2.619 (1)
14-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	4585	5.099 (1)
15-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7438	3.143 (1)
16-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	9104	2.568 (1)
17-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	3135	7.456 (1)
18-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	3135	7.456 (1)

Is	B	H	A _{sw}	cotg (θ)	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
19-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	9104	2.568 (1)
20-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7438	3.143 (1)
21-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	4585	5.099 (1)
22-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	8925	2.619 (1)
23-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7092	3.297 (1)
24-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7365	3.174 (1)
25-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7365	3.174 (1)
26-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7092	3.297 (1)
27-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	8925	2.619 (1)
28-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	4585	5.099 (1)
29-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7438	3.143 (1)
30-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	9104	2.568 (1)
31-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	3135	7.456 (1)
32-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	3135	7.456 (1)
33-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	9104	2.568 (1)
34-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7438	3.143 (1)
35-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	4585	5.099 (1)
36-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	8925	2.619 (1)
37-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7092	3.297 (1)
38-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7365	3.174 (1)
39-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7365	3.174 (1)
40-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7092	3.297 (1)
41-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	8925	2.619 (1)
42-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	4585	5.099 (1)
43-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7438	3.143 (1)
44-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	9104	2.568 (1)
45-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	3135	7.456 (1)
46-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	3135	7.456 (1)
47-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	9104	2.568 (1)
48-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7438	3.143 (1)
49-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	4585	5.099 (1)
50-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	8925	2.619 (1)
51-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7092	3.297 (1)
52-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7365	3.174 (1)
53-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7365	3.174 (1)
54-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7092	3.297 (1)
55-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	8925	2.619 (1)
56-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	4585	5.099 (1)
57-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	7442	3.141 (1)
58-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	9104	2.568 (1)
59-1-S	89	70	0,00	2.000	0	0	23378	3135	7.457 (1)

Micropali

La verifica a taglio sui micropali viene eseguita considerando il solo contributo resistente del tubolare. L'area della sezione effettiva di verifica (A_{eff}) viene determinata come area lorda (A) della sezione tubolare moltiplicata per $2 / \pi$.

Ip	Is	A _{sw}	V _{Rd}	T	FS
		[cm]	[kg]	[kg]	
1	1	12,80	25337	181	140.029
2	1	12,80	25337	253	100.172

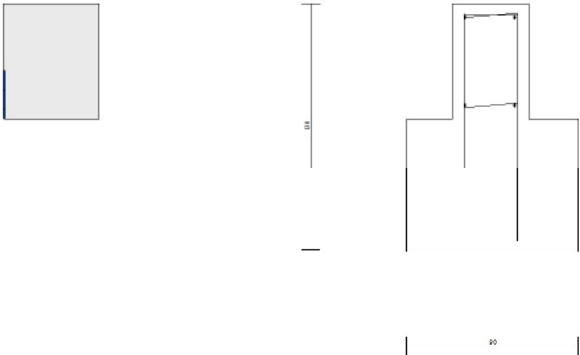


Fig. 20 - Paramento (Inviluppo)

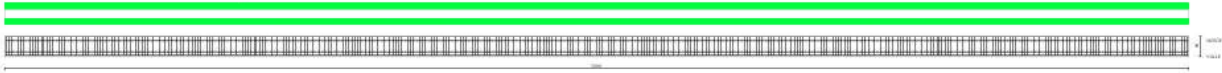


Fig. 21 - Piastra fondazione dir. X (Inviluppo)

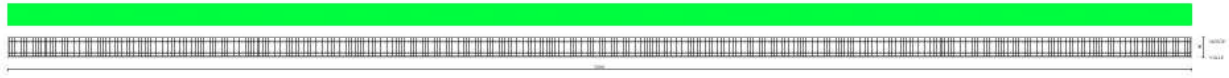


Fig. 22 - Piastra fondazione dir. Y (Inviluppo)

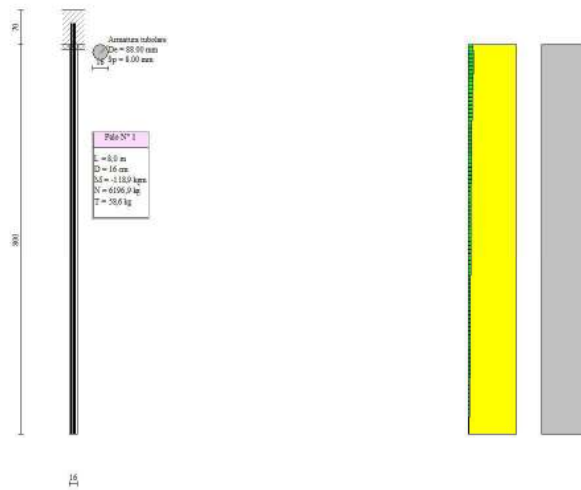


Fig. 23 - Pali (Palo n° 1) (Inviluppo)

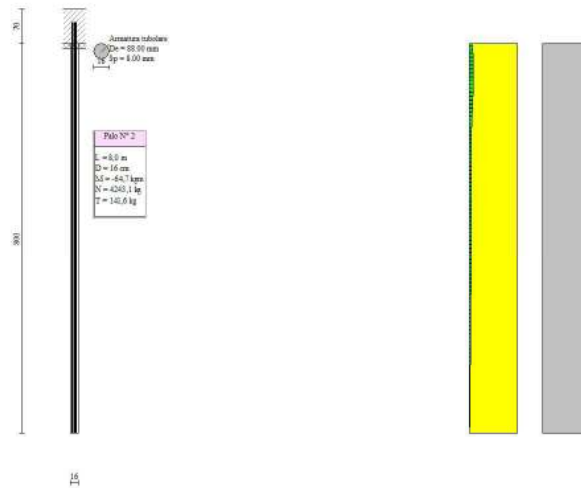


Fig. 24 - Pali (Palo n° 2) (Involuppo)

Verifica a punzonamento

Simbologia adottata

- OP Oggetto che viene punzonato
- P Oggetto che punzona
- C₁, C₂ Dimensioni pilastro nelle due direzioni, espressa in [mm]
- d Altezza utile della fondazione, espressa in [mm]
- u₀ Lunghezza perimetro di verifica a faccia pilastro, espresso in [mm]
- u₁ Lunghezza perimetro di verifica per effetto della diffusione, espresso in [mm]
- ρ₁, ρ₂ Percentuali di armatura piastra in zona tesa
- dpc, duc distanza della prima e dell'ultima cucitura dalla faccia del pilastro
- V_{Ed,i} Tensione di taglio sul perimetro del pilastro, espressa in [kg/cm²]
- V_{Rd,max} Valore di progetto del massimo taglio-punzonamento resistente, espressa in [kg/cm²]
- V_{Ed,f} Tensione di taglio sul perimetro di verifica u₁, espresso in [kg/cm²]
- V_{Rd,cf} Valore di progetto del taglio-punzonamento resistente senza armature sul perimetro di verifica u₁, espresso in [kg/cm²]
- V_{Rd,cs} Valore di progetto del taglio-punzonamento resistente con armature, espresso in [kg/cm²]
- nsc Numero di serie di cuciture
- nc Numero di cuciture
- FS Fattore di sicurezza (minore tra i rapporti V_{Rd,max}/V_{Ed,i}, V_{Rd,cf}/V_{Ed,f} e V_{Rd,cs}/V_{Ed,f})

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]
- A_{fi} area ferri inferiori, espresso in [cm²]
- A_{fs} area ferri superiori, espressa in [cm²]
- M momento agente, espressa in [kgm]
- N sforzo normale agente, espressa in [kg]
- σc tensione di compressione nel ds, espressa in [kg/cm²]
- σfi tensione nei ferri inferiori, espressa in [kg/cm²]
- σfs tensione nei ferri superiori, espressa in [kg/cm²]

Combinazioni SLER

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 203,12 [kg/cm²]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 3670,92 [kg/cm²]

n°	B	H	A _{fi}	A _{fs}	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cm ²]	[cm ²]	[kgm]	[kg]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]
1	100	40	8,04	8,04	0	0	0,00 (10)	0,00 (10)	0,00 (10)
2	100	40	8,04	8,04	-1	109	0,03 (10)	0,42 (10)	0,35 (10)
3	100	40	8,04	8,04	0	222	0,05 (10)	0,78 (10)	0,79 (10)
4	100	40	8,04	8,04	4	337	0,09 (10)	1,05 (10)	1,33 (10)
5	100	40	8,04	8,04	10	454	0,14 (10)	1,21 (10)	2,00 (10)

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
6	100	40	8,04	8,04	21	573	0,21 (10)	1,23 (10)	2,82 (10)
7	100	40	8,04	8,04	35	694	0,28 (10)	1,10 (10)	3,81 (10)

Piastra fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo

203,12

[kg/cmq]

Tensione massima di trazione dell'acciaio

3670,92

[kg/cmq]

Is	B	H	Afi	Afs	Mp	Mn	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1-36-P	24	70	4,02	4,02	14	-86	0,88 (10)	8,62 (10)	46,45 (10)
3-186-P	26	70	4,02	4,02	2	-86	0,68 (11)	6,55 (11)	37,29 (11)
4-3-S	89	70	12,06	10,05	33	-69	0,39 (12)	22,41 (12)	11,24 (12)
5-3-S	89	70	12,06	12,06	459	-5	0,90 (10)	52,68 (10)	8,42 (10)
6-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
7-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)
8-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-7	1,12 (10)	71,66 (10)	10,03 (10)
9-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
10-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
11-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
12-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
13-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-10	1,18 (10)	75,53 (10)	10,57 (10)
14-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)
15-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
16-2-S	89	70	10,05	10,05	482	-2	1,15 (10)	73,38 (10)	10,27 (10)
17-3-S	89	70	10,05	10,05	33	-68	0,42 (12)	26,77 (12)	11,21 (12)
18-3-S	89	70	10,05	10,05	33	-68	0,42 (12)	26,77 (12)	11,21 (12)
19-2-S	89	70	10,05	10,05	482	-2	1,15 (10)	73,38 (10)	10,27 (10)
20-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
21-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)
22-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-7	1,12 (10)	71,66 (10)	10,03 (10)
23-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
24-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
25-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
26-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
27-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-7	1,12 (10)	71,66 (10)	10,03 (10)
28-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)
29-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
30-2-S	89	70	10,05	10,05	482	-2	1,15 (10)	73,38 (10)	10,27 (10)
31-3-S	89	70	10,05	10,05	33	-68	0,42 (12)	26,77 (12)	11,21 (12)
32-3-S	89	70	10,05	10,05	33	-68	0,42 (12)	26,77 (12)	11,21 (12)
33-2-S	89	70	10,05	10,05	482	-2	1,15 (10)	73,38 (10)	10,27 (10)
34-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
35-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)
36-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-7	1,12 (10)	71,66 (10)	10,03 (10)
37-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
38-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
39-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
40-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
41-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-7	1,12 (10)	71,66 (10)	10,03 (10)
42-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)
43-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
44-2-S	89	70	10,05	10,05	482	-2	1,15 (10)	73,38 (10)	10,27 (10)
45-3-S	89	70	10,05	10,05	33	-68	0,42 (12)	26,77 (12)	11,21 (12)
46-3-S	89	70	10,05	10,05	33	-68	0,42 (12)	26,77 (12)	11,21 (12)
47-2-S	89	70	10,05	10,05	482	-2	1,15 (10)	73,38 (10)	10,27 (10)
48-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
49-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)
50-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-7	1,12 (10)	71,66 (10)	10,03 (10)
51-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
52-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
53-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
54-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
55-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-7	1,12 (10)	71,66 (10)	10,03 (10)
56-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)
57-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
58-3-S	89	70	12,06	12,06	459	-5	0,90 (10)	52,68 (10)	8,42 (10)
59-3-S	89	70	12,06	10,05	33	-69	0,39 (12)	22,41 (12)	11,24 (12)

Combinazioni SLEFParamento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 338,54 [kg/cmq]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 4588,65 [kg/cmq]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kg/cmq]	σfi [kg/cmq]	σfs [kg/cmq]
1	100	40	8,04	8,04	0	0	0,00 (11)	0,00 (11)	0,00 (11)
2	100	40	8,04	8,04	-1	109	0,03 (11)	0,42 (11)	0,35 (11)
3	100	40	8,04	8,04	0	222	0,05 (11)	0,78 (11)	0,79 (11)
4	100	40	8,04	8,04	4	337	0,09 (11)	1,05 (11)	1,33 (11)
5	100	40	8,04	8,04	10	454	0,14 (11)	1,21 (11)	2,00 (11)
6	100	40	8,04	8,04	21	573	0,21 (11)	1,23 (11)	2,82 (11)
7	100	40	8,04	8,04	35	694	0,28 (11)	1,10 (11)	3,81 (11)

Piastra fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 203,12 [kg/cmq]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 3670,92 [kg/cmq]

Is	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	Mp [kgm]	Mn [kgm]	σc [kg/cmq]	σfi [kg/cmq]	σfs [kg/cmq]
1-36-P	24	70	4,02	4,02	14	-86	0,88 (10)	8,62 (10)	46,45 (10)
3-186-P	26	70	4,02	4,02	2	-86	0,68 (11)	6,55 (11)	37,29 (11)
4-3-S	89	70	12,06	10,05	33	-69	0,39 (12)	22,41 (12)	11,24 (12)
5-3-S	89	70	12,06	12,06	459	-5	0,90 (10)	52,68 (10)	8,42 (10)
6-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
7-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)
8-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-7	1,12 (10)	71,66 (10)	10,03 (10)
9-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
10-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
11-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
12-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
13-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-10	1,18 (10)	75,53 (10)	10,57 (10)
14-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)
15-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
16-2-S	89	70	10,05	10,05	482	-2	1,15 (10)	73,38 (10)	10,27 (10)
17-3-S	89	70	10,05	10,05	33	-68	0,42 (12)	26,77 (12)	11,21 (12)
18-3-S	89	70	10,05	10,05	33	-68	0,42 (12)	26,77 (12)	11,21 (12)
19-2-S	89	70	10,05	10,05	482	-2	1,15 (10)	73,38 (10)	10,27 (10)
20-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
21-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)
22-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-7	1,12 (10)	71,66 (10)	10,03 (10)
23-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
24-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
25-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
26-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
27-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-7	1,12 (10)	71,66 (10)	10,03 (10)
28-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)
29-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
30-2-S	89	70	10,05	10,05	482	-2	1,15 (10)	73,38 (10)	10,27 (10)
31-3-S	89	70	10,05	10,05	33	-68	0,42 (12)	26,77 (12)	11,21 (12)
32-3-S	89	70	10,05	10,05	33	-68	0,42 (12)	26,77 (12)	11,21 (12)
33-2-S	89	70	10,05	10,05	482	-2	1,15 (10)	73,38 (10)	10,27 (10)
34-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
35-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)
36-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-7	1,12 (10)	71,66 (10)	10,03 (10)
37-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
38-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
39-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
40-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
41-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-7	1,12 (10)	71,66 (10)	10,03 (10)
42-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)
43-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
44-2-S	89	70	10,05	10,05	482	-2	1,15 (10)	73,38 (10)	10,27 (10)
45-3-S	89	70	10,05	10,05	33	-68	0,42 (12)	26,77 (12)	11,21 (12)
46-3-S	89	70	10,05	10,05	33	-68	0,42 (12)	26,77 (12)	11,21 (12)
47-2-S	89	70	10,05	10,05	482	-2	1,15 (10)	73,38 (10)	10,27 (10)
48-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
49-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)

Is	B	H	Afi	Afs	Mp	Mn	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
50-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-7	1,12 (10)	71,66 (10)	10,03 (10)
51-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
52-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
53-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
54-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
55-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-7	1,12 (10)	71,66 (10)	10,03 (10)
56-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)
57-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
58-3-S	89	70	12,06	12,06	459	-5	0,90 (10)	52,68 (10)	8,42 (10)
59-3-S	89	70	12,06	10,05	33	-69	0,39 (12)	22,41 (12)	11,24 (12)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 152,34 [kg/cmq]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 4588,65 [kg/cmq]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1	100	40	8,04	8,04	0	0	0,00 (12)	0,00 (12)	0,00 (12)
2	100	40	8,04	8,04	-1	109	0,03 (12)	0,42 (12)	0,35 (12)
3	100	40	8,04	8,04	0	222	0,05 (12)	0,78 (12)	0,79 (12)
4	100	40	8,04	8,04	4	337	0,09 (12)	1,05 (12)	1,33 (12)
5	100	40	8,04	8,04	10	454	0,14 (12)	1,21 (12)	2,00 (12)
6	100	40	8,04	8,04	21	573	0,21 (12)	1,23 (12)	2,82 (12)
7	100	40	8,04	8,04	35	694	0,28 (12)	1,10 (12)	3,81 (12)

Piastra fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 203,12 [kg/cmq]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 3670,92 [kg/cmq]

Is	B	H	Afi	Afs	Mp	Mn	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1-36-P	24	70	4,02	4,02	14	-86	0,88 (10)	8,62 (10)	46,45 (10)
3-186-P	26	70	4,02	4,02	2	-86	0,68 (11)	6,55 (11)	37,29 (11)
4-3-S	89	70	12,06	10,05	33	-69	0,39 (12)	22,41 (12)	11,24 (12)
5-3-S	89	70	12,06	12,06	459	-5	0,90 (10)	52,68 (10)	8,42 (10)
6-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
7-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)
8-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-7	1,12 (10)	71,66 (10)	10,03 (10)
9-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
10-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
11-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
12-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
13-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-10	1,18 (10)	75,53 (10)	10,57 (10)
14-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)
15-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
16-2-S	89	70	10,05	10,05	482	-2	1,15 (10)	73,38 (10)	10,27 (10)
17-3-S	89	70	10,05	10,05	33	-68	0,42 (12)	26,77 (12)	11,21 (12)
18-3-S	89	70	10,05	10,05	33	-68	0,42 (12)	26,77 (12)	11,21 (12)
19-2-S	89	70	10,05	10,05	482	-2	1,15 (10)	73,38 (10)	10,27 (10)
20-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
21-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)
22-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-7	1,12 (10)	71,66 (10)	10,03 (10)
23-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
24-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
25-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
26-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
27-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-7	1,12 (10)	71,66 (10)	10,03 (10)
28-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)
29-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
30-2-S	89	70	10,05	10,05	482	-2	1,15 (10)	73,38 (10)	10,27 (10)
31-3-S	89	70	10,05	10,05	33	-68	0,42 (12)	26,77 (12)	11,21 (12)
32-3-S	89	70	10,05	10,05	33	-68	0,42 (12)	26,77 (12)	11,21 (12)
33-2-S	89	70	10,05	10,05	482	-2	1,15 (10)	73,38 (10)	10,27 (10)
34-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
35-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)

Is	B	H	Afi	Afs	Mp	Mn	σ	ofi	ofs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
36-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-7	1,12 (10)	71,66 (10)	10,03 (10)
37-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
38-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
39-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
40-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
41-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-7	1,12 (10)	71,66 (10)	10,03 (10)
42-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)
43-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
44-2-S	89	70	10,05	10,05	482	-2	1,15 (10)	73,38 (10)	10,27 (10)
45-3-S	89	70	10,05	10,05	33	-68	0,42 (12)	26,77 (12)	11,21 (12)
46-3-S	89	70	10,05	10,05	33	-68	0,42 (12)	26,77 (12)	11,21 (12)
47-2-S	89	70	10,05	10,05	482	-2	1,15 (10)	73,38 (10)	10,27 (10)
48-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
49-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)
50-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-7	1,12 (10)	71,66 (10)	10,03 (10)
51-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
52-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
53-3-S	89	70	10,05	10,05	251	-29	0,76 (10)	48,39 (10)	7,36 (10)
54-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-88	0,21 (12)	1,93 (12)	12,09 (12)
55-2-S	89	70	10,05	10,05	425	-7	1,12 (10)	71,66 (10)	10,03 (10)
56-3-S	89	70	10,05	10,05	116	-48	0,56 (11)	35,87 (11)	9,13 (11)
57-3-S	89	70	12,06	12,06	0	-82	0,19 (12)	1,79 (12)	11,18 (12)
58-3-S	89	70	12,06	12,06	459	-5	0,90 (10)	52,68 (10)	8,42 (10)
59-3-S	89	70	12,06	10,05	33	-69	0,39 (12)	22,41 (12)	11,24 (12)

Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa 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

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.40$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ϵ	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	40	0,00	0,00	0	0	---	---	0,00 (11)
2	100	40	0,00	0,00	-1	-1230	0,000000	0,00	0,00 (11)
3	100	40	0,00	0,00	0	67	0,000000	0,00	0,00 (11)
4	100	40	0,00	0,00	4	1715	0,000000	0,00	0,00 (11)
5	100	40	0,00	0,00	10	4562	0,000000	0,00	0,00 (11)
6	100	40	0,00	0,00	21	10226	0,000000	0,00	0,00 (11)
7	100	40	0,00	0,00	35	25840	0,000000	0,00	0,00 (11)

Piastra fondazione

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.40$

Is	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ϵ	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1-1-P	24	70	0,00	0,00	-1	0	0,000000	0,00	0,00
3-1-P	26	70	0,00	0,00	-3	0	0,000000	0,00	0,00
4-1-S	89	70	0,00	0,00	0	0	0,000000	0,00	0,00
5-1-S	89	70	0,00	0,00	3	0	0,000000	0,00	0,00
6-1-S	89	70	12,06	1116,07	-10	26229	0,000000	0,00	0,00
7-1-S	89	70	10,05	1116,07	54	25734	0,000000	0,00	0,00
8-1-S	89	70	10,05	1116,07	-101	25734	0,000000	0,00	0,00
9-1-S	89	70	0,00	0,00	-11	0	0,000000	0,00	0,00
10-1-S	89	70	10,05	1116,07	57	25734	0,000000	0,00	0,00
11-1-S	89	70	10,05	1116,07	59	25734	0,000000	0,00	0,00

Is	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
12-1-S	89	70	12,06	1116,07	-27	26229	0,000000	0,00	0,000
13-1-S	89	70	10,05	1116,07	-101	25734	0,000000	0,00	0,000
14-1-S	89	70	10,05	1116,07	54	25734	0,000000	0,00	0,000
15-1-S	89	70	12,06	1116,07	12	26229	0,000000	0,00	0,000
16-1-S	89	70	10,05	1116,07	-105	25734	0,000000	0,00	0,000
17-1-S	89	70	10,05	1116,07	35	25734	0,000000	0,00	0,000
18-1-S	89	70	10,05	1116,07	35	25734	0,000000	0,00	0,000
19-1-S	89	70	10,05	1116,07	-105	25734	0,000000	0,00	0,000
20-1-S	89	70	12,06	1116,07	12	26229	0,000000	0,00	0,000
21-1-S	89	70	10,05	1116,07	54	25734	0,000000	0,00	0,000
22-1-S	89	70	10,05	1116,07	-101	25734	0,000000	0,00	0,000
23-1-S	89	70	0,00	0,00	-11	0	0,000000	0,00	0,000
24-1-S	89	70	10,05	1116,07	57	25734	0,000000	0,00	0,000
25-1-S	89	70	10,05	1116,07	57	25734	0,000000	0,00	0,000
26-1-S	89	70	0,00	0,00	-11	0	0,000000	0,00	0,000
27-1-S	89	70	10,05	1116,07	-101	25734	0,000000	0,00	0,000
28-1-S	89	70	10,05	1116,07	54	25734	0,000000	0,00	0,000
29-1-S	89	70	12,06	1116,07	12	26229	0,000000	0,00	0,000
30-1-S	89	70	10,05	1116,07	-105	25734	0,000000	0,00	0,000
31-1-S	89	70	10,05	1116,07	35	25734	0,000000	0,00	0,000
32-1-S	89	70	10,05	1116,07	35	25734	0,000000	0,00	0,000
33-1-S	89	70	10,05	1116,07	-105	25734	0,000000	0,00	0,000
34-1-S	89	70	12,06	1116,07	12	26229	0,000000	0,00	0,000
35-1-S	89	70	10,05	1116,07	54	25734	0,000000	0,00	0,000
36-1-S	89	70	10,05	1116,07	-101	25734	0,000000	0,00	0,000
37-1-S	89	70	0,00	0,00	-11	0	0,000000	0,00	0,000
38-1-S	89	70	10,05	1116,07	57	25734	0,000000	0,00	0,000
39-1-S	89	70	10,05	1116,07	57	25734	0,000000	0,00	0,000
40-1-S	89	70	0,00	0,00	-11	0	0,000000	0,00	0,000
41-1-S	89	70	10,05	1116,07	-101	25734	0,000000	0,00	0,000
42-1-S	89	70	10,05	1116,07	54	25734	0,000000	0,00	0,000
43-1-S	89	70	12,06	1116,07	12	26229	0,000000	0,00	0,000
44-1-S	89	70	10,05	1116,07	-105	25734	0,000000	0,00	0,000
45-1-S	89	70	10,05	1116,07	35	25734	0,000000	0,00	0,000
46-1-S	89	70	10,05	1116,07	35	25734	0,000000	0,00	0,000
47-1-S	89	70	10,05	1116,07	-105	25734	0,000000	0,00	0,000
48-1-S	89	70	12,06	1116,07	12	26229	0,000000	0,00	0,000
49-1-S	89	70	10,05	1116,07	54	25734	0,000000	0,00	0,000
50-1-S	89	70	10,05	1116,07	-101	25734	0,000000	0,00	0,000
51-1-S	89	70	0,00	0,00	-11	0	0,000000	0,00	0,000
52-1-S	89	70	10,05	1116,07	57	25734	0,000000	0,00	0,000
53-1-S	89	70	10,05	1116,07	57	25734	0,000000	0,00	0,000
54-1-S	89	70	0,00	0,00	-11	0	0,000000	0,00	0,000
55-1-S	89	70	10,05	1116,07	-101	25734	0,000000	0,00	0,000
56-1-S	89	70	10,05	1116,07	54	25734	0,000000	0,00	0,000
57-1-S	89	70	12,06	1116,07	-10	26229	0,000000	0,00	0,000
58-1-S	89	70	0,00	0,00	3	0	0,000000	0,00	0,000
59-1-S	89	70	0,00	0,00	0	0	0,000000	0,00	0,000

Combinazioni SLEQ

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.30$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	40	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (12)
2	100	40	0,00	0,00	-1	-1230	0,000000	0,00	0,000 (12)
3	100	40	0,00	0,00	0	67	0,000000	0,00	0,000 (12)
4	100	40	0,00	0,00	4	1715	0,000000	0,00	0,000 (12)
5	100	40	0,00	0,00	10	4562	0,000000	0,00	0,000 (12)
6	100	40	0,00	0,00	21	10226	0,000000	0,00	0,000 (12)
7	100	40	0,00	0,00	35	25840	0,000000	0,00	0,000 (12)

Piastra fondazione

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.30$

Is	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]

Is	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1-1-P	24	70	0,00	0,00	-1	0	0,000000	0,00	0,000
3-1-P	26	70	0,00	0,00	-3	0	0,000000	0,00	0,000
4-1-S	89	70	0,00	0,00	0	0	0,000000	0,00	0,000
5-1-S	89	70	0,00	0,00	3	0	0,000000	0,00	0,000
6-1-S	89	70	0,00	0,00	-10	0	0,000000	0,00	0,000
7-1-S	89	70	10,05	1116,07	52	25734	0,000000	0,00	0,000
8-1-S	89	70	10,05	1116,07	-97	25734	0,000000	0,00	0,000
9-1-S	89	70	0,00	0,00	-11	0	0,000000	0,00	0,000
10-1-S	89	70	10,05	1116,07	55	25734	0,000000	0,00	0,000
11-1-S	89	70	10,05	1116,07	57	25734	0,000000	0,00	0,000
12-1-S	89	70	12,06	1116,07	-26	26229	0,000000	0,00	0,000
13-1-S	89	70	10,05	1116,07	-97	25734	0,000000	0,00	0,000
14-1-S	89	70	10,05	1116,07	52	25734	0,000000	0,00	0,000
15-1-S	89	70	12,06	1116,07	11	26229	0,000000	0,00	0,000
16-1-S	89	70	10,05	1116,07	-101	25734	0,000000	0,00	0,000
17-1-S	89	70	10,05	1116,07	34	25734	0,000000	0,00	0,000
18-1-S	89	70	10,05	1116,07	34	25734	0,000000	0,00	0,000
19-1-S	89	70	10,05	1116,07	-101	25734	0,000000	0,00	0,000
20-1-S	89	70	12,06	1116,07	11	26229	0,000000	0,00	0,000
21-1-S	89	70	10,05	1116,07	52	25734	0,000000	0,00	0,000
22-1-S	89	70	10,05	1116,07	-97	25734	0,000000	0,00	0,000
23-1-S	89	70	0,00	0,00	-11	0	0,000000	0,00	0,000
24-1-S	89	70	10,05	1116,07	55	25734	0,000000	0,00	0,000
25-1-S	89	70	10,05	1116,07	55	25734	0,000000	0,00	0,000
26-1-S	89	70	0,00	0,00	-11	0	0,000000	0,00	0,000
27-1-S	89	70	10,05	1116,07	-97	25734	0,000000	0,00	0,000
28-1-S	89	70	10,05	1116,07	52	25734	0,000000	0,00	0,000
29-1-S	89	70	12,06	1116,07	11	26229	0,000000	0,00	0,000
30-1-S	89	70	10,05	1116,07	-101	25734	0,000000	0,00	0,000
31-1-S	89	70	10,05	1116,07	34	25734	0,000000	0,00	0,000
32-1-S	89	70	10,05	1116,07	34	25734	0,000000	0,00	0,000
33-1-S	89	70	10,05	1116,07	-101	25734	0,000000	0,00	0,000
34-1-S	89	70	12,06	1116,07	11	26229	0,000000	0,00	0,000
35-1-S	89	70	10,05	1116,07	52	25734	0,000000	0,00	0,000
36-1-S	89	70	10,05	1116,07	-97	25734	0,000000	0,00	0,000
37-1-S	89	70	0,00	0,00	-11	0	0,000000	0,00	0,000
38-1-S	89	70	10,05	1116,07	55	25734	0,000000	0,00	0,000
39-1-S	89	70	10,05	1116,07	55	25734	0,000000	0,00	0,000
40-1-S	89	70	0,00	0,00	-11	0	0,000000	0,00	0,000
41-1-S	89	70	10,05	1116,07	-97	25734	0,000000	0,00	0,000
42-1-S	89	70	10,05	1116,07	52	25734	0,000000	0,00	0,000
43-1-S	89	70	12,06	1116,07	11	26229	0,000000	0,00	0,000
44-1-S	89	70	10,05	1116,07	-101	25734	0,000000	0,00	0,000
45-1-S	89	70	10,05	1116,07	34	25734	0,000000	0,00	0,000
46-1-S	89	70	10,05	1116,07	34	25734	0,000000	0,00	0,000
47-1-S	89	70	10,05	1116,07	-101	25734	0,000000	0,00	0,000
48-1-S	89	70	12,06	1116,07	11	26229	0,000000	0,00	0,000
49-1-S	89	70	10,05	1116,07	52	25734	0,000000	0,00	0,000
50-1-S	89	70	10,05	1116,07	-97	25734	0,000000	0,00	0,000
51-1-S	89	70	0,00	0,00	-11	0	0,000000	0,00	0,000
52-1-S	89	70	10,05	1116,07	55	25734	0,000000	0,00	0,000
53-1-S	89	70	10,05	1116,07	55	25734	0,000000	0,00	0,000
54-1-S	89	70	0,00	0,00	-11	0	0,000000	0,00	0,000
55-1-S	89	70	10,05	1116,07	-97	25734	0,000000	0,00	0,000
56-1-S	89	70	10,05	1116,07	52	25734	0,000000	0,00	0,000
57-1-S	89	70	0,00	0,00	-10	0	0,000000	0,00	0,000
58-1-S	89	70	0,00	0,00	3	0	0,000000	0,00	0,000
59-1-S	89	70	0,00	0,00	0	0	0,000000	0,00	0,000

Indice

Normative di riferimento	6
Richiami teorici	7
Calcolo della spinta sul muro	7
Valori caratteristici e valori di calcolo	7
Metodo di Culmann	7
Spinta in presenza di falda	7
Spinta in presenza di sisma	7
Verifica alla stabilità globale	8
Analisi dei pali	8
Dati	11
Materiali	11
Calcestruzzo armato	11
Acciai	11
Tipologie pali	11
Geometria profilo terreno a monte del muro	11
Geometria muro	11
Geometria paramento e fondazione	11
Descrizione pali di fondazione	12
Descrizione terreni	13
Stratigrafia	13
Condizioni di carico	14
Normativa	14
Descrizione combinazioni di carico	15
Dati sismici	17
Opzioni di calcolo	18
Risultati per inviluppo	19
Spinta e forze	19
Risultanti globali	21
Scarichi in testa ai pali	21
Verifiche geotecniche	21
Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	22
Verifiche portanza trasversale (scorrimento)	22
Verifiche portanza verticale	22
Dettagli calcolo portanza verticale	22
Verifica stabilità globale muro + terreno	23
Dettagli strisce verifiche stabilità	23
Sollecitazioni	24
Paramento	24
Piastra fondazione	25

Sollecitazioni pali	26
Verifiche strutturali	29
Verifiche a flessione	29
Paramento	30
Fondazione	30
Micropali	30
Verifiche a taglio	33
Paramento	33
Fondazione	33
Micropali	34
Verifica a punzonamento	36
Verifica delle tensioni	36
Combinazioni SLER	36
Paramento	36
Piastra fondazione	37
Combinazioni SLEF	37
Paramento	37
Piastra fondazione	37
Combinazioni SLEQ	38
Paramento	38
Piastra fondazione	38
Verifica a fessurazione	39
Combinazioni SLEF	39
Paramento	39
Piastra fondazione	39
Combinazioni SLEQ	39
Paramento	39
Piastra fondazione	40
Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)	41

Progetto: SISTEMAIZIONE FRANA DI MONTE
Ditta:
Comune: ACQUI TERME
Progettista: ING. SANDIANO STEFANO
Direttore dei Lavori: ING. SANDIANO STEFANO
Impresa:

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

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

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

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

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

Terreno a permeabilità elevata

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

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

$$F_H = k_h W \quad F_V = \pm k_v W$$

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. In presenza di pali, per ogni centro vengono analizzate 3 famiglie di superfici di scorrimento: la prima famiglia di superfici passa per tacco della fondazione, la seconda per il punto centrale della lunghezza dei pali, la terza per il piede dei pali. 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 25.

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

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. Ciò 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:

$$Q_d = \frac{Q_p}{\eta_p} + \frac{Q_l}{\eta_l} - W_p$$

Palo teso:

$$Q_d = \frac{Q_l}{\eta_l} - W_p$$

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

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 rigidità 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. È 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 rigidità.

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 rigidità del palo K_e , costruita imponendo traslazioni e rotazioni unitarie per determinare le corrispondenti sollecitazioni in testa al palo.

Nota la matrice di rigidità 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.

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]
R _{ck}	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	R _{ck}	E	ν	n	ntc
				[kg/mc]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]			
1	C32/40	C32/40	B450C	2500,00	407,88	343054	0.30	15.00	0.50
2	C25/30 - pali	C25/30	Fe 510	2500,00	305,91	320666	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk}	f _{uk}
	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]
B450C	4588,65	5506,38
Fe 510	3600,00	5100,00

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, Pl	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kg]

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	Pl
1	Tipologia palo	Laterale + Punta	Trivellato	Incastro	2	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	5,00	0,00	0.000
3	10,00	2,00	21.801

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 30.000 [°]

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro

15,00

[m]

Paramento

Materiale	C32/40	
Altezza paramento	0,20	[m]
Altezza paramento libero	0,20	[m]
Spessore in sommità	0,20	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,20	[m]
Inclinazione paramento esterno	0,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

Fondazione

Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	0,25	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,25	[m]
Lunghezza totale	0,70	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,60	[m]
Spessore magrone	0,10	[m]

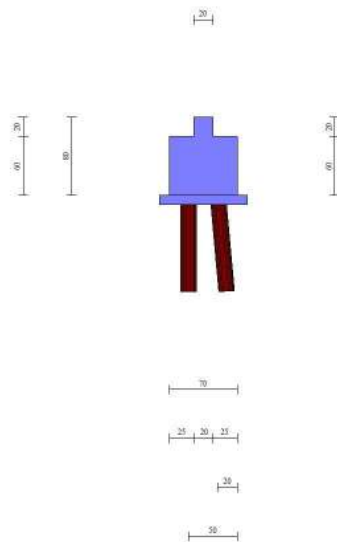


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

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	0,20	2,00	0,00	7	16,00	7,00	5,00	Centrati
2	Tipologia palo	0,50	2,00	0,00	8	16,00	7,00	0,00	Sfalsati

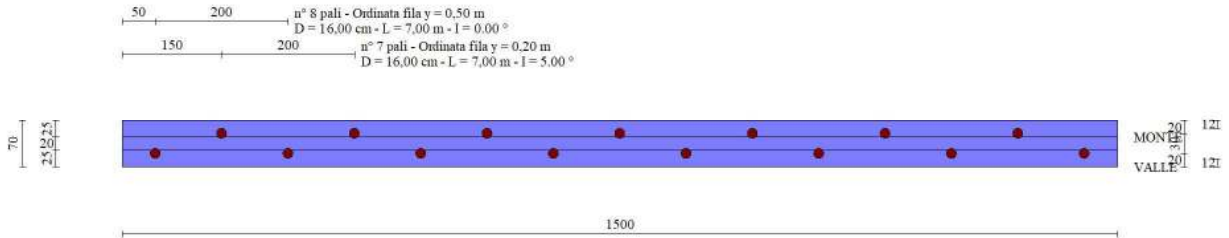


Fig. 2 - Pianta pali

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_{sat} 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/cm²]
 - c_a Adesione terra-muro espressa in [kg/cm²]
- Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix
- Cesp Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
 - τ_l Tensione tangenziale limite, espressa in [kg/cm²]
 - α_d Tensione di progetto espressa in [kg/cm²]

n°	Descr	γ [kg/mc]	γ _{sat} [kg/mc]	φ [°]	δ [°]	c [kg/cm ²]	c _a [kg/cm ²]	Cesp	τ _l [kg/cm ²]	
1	Terreno A	1700,00	2000,00	36.000	24.000	0,00	0,00	1.150	0,17	(CAR)
				25.900	17.267	0,00	0,00			(MIN)
				36.100	24.067	0,00	0,00			(MED)
2	Terreno B	2100,00	21000,00	32.000	21.330	0,03	0,01	1.150	0,25	(CAR)
				31.900	21.267	0,03	0,01			(MIN)
				32.100	21.400	0,03	0,01			(MED)
3	Terreno C	2200,00	2200,00	27.000	18.000	0,30	0,15	1.150	0,25	(CAR)
				26.900	17.933	0,30	0,15			(MIN)
				27.100	18.067	0,30	0,15			(MED)
4	Terreno R	1600,00	1800,00	20.000	13.330	0,00	0,00	1.150	0,05	(CAR)
				19.900	13.267	0,00	0,00			(MIN)
				20.100	13.400	0,00	0,00			(MED)

Stratigrafia

Simbologia adottata

- n° Indice dello strato
 - H Spessore dello strato espresso in [m]
 - α Inclinazione espressa in [°]
 - Terreno Terreno dello strato
 - K_{wn}, K_{wt} Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm²/cm
- Per calcolo pali (solo se presenti)
- K_w Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm
 - K_s 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')

K_{st_{sta}}, K_{st_{sis}} Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	K _{wn} [Kg/cm ²]	K _{wt} [Kg/cm ²]	K _w [Kg/cm ²]	K _s	Cesp	K _{st_{sta}}	K _{st_{sis}}
1	3,50	10.000	Terreno A	0,000	0,000	5,000	0,250	1,200	---	---
2	10,00	5.000	Terreno B	0,000	0,000	10,000	0,700	1,200	---	---

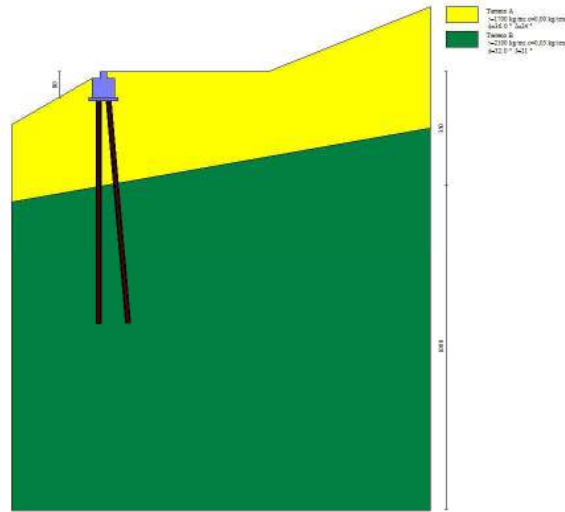


Fig. 3 - Stratigrafia

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 $\Psi_0=0.75 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.00$

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	5,00	2000,00	2000,00

Condizione n° 2 (Condizione 2) - VARIABILE

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

Condizione n° 3 (Condizione 3) - VARIABILE

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

Condizione n° 4 (Condizione 4) - VARIABILE

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

Condizione n° 5 (Condizione 5) - VARIABILE

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

Condizione n° 6 (Condizione 6) - VARIABILE

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

Condizione n° 7 (Condizione 7) - VARIABILE

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

Condizione n° 8 (Condizione 8) - VARIABILE

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

Normativa

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	$\gamma_{c'}$	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_r	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:

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

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 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - 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

Combinazione n° 3 - 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

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

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

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

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

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)

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

Combinazione n° 9 - 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

Combinazione n° 10 - SLER

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

Combinazione n° 11 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLEQ

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

Combinazione n° 13 - SLEQ H + V

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

Combinazione n° 14 - SLEQ H - V

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

Dati sismici

Comune	Acqui Terme
Provincia	Alessandria
Regione	Piemonte
Latitudine	44.675527
Longitudine	8.470669
Indice punti di interpolazione	15580 - 15579 - 15801 - 15802
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]		0.553	0.234
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]		0.056	0.024
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.566	2.546
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.288	0.195
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	1.000	8.110	4.055
Ultimo - Ribaltamento	1.000	8.110	4.055
Esercizio	1.000	3.432	1.716

Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta a riposo
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	0.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	SI
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 punta	Berezantzev
Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Integrazione delle tensioni tangenziali ($k_s \sigma_v \tan(\delta) + c_a$)
Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infisso/trivellato)	Attiva
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta σ_v con la profondità	Pressione geostatica
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale	Pressione geostatica

Portanza trasversale

Costante di Winkler: da strato Criterio rottura palo-terreno

- Spostamento limite	Non attivo
- Pressione limite	Pressione passiva con moltiplicatore $M=3,00$
- Palo infinitamente elastico	Non 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}

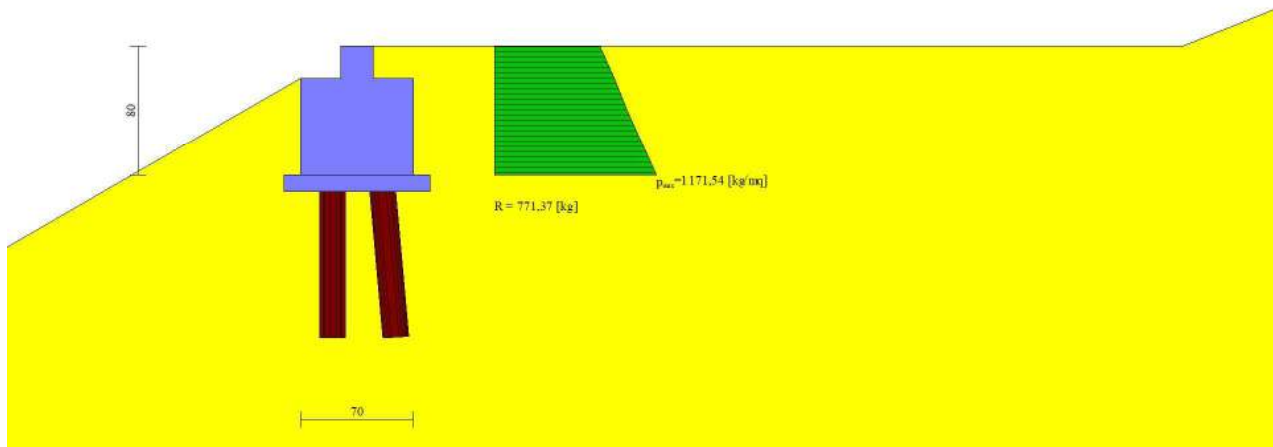


Fig. 5 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

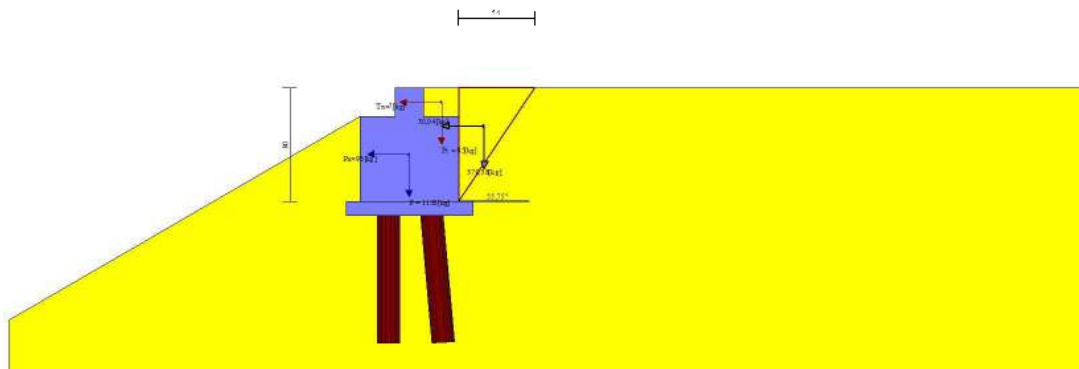


Fig. 6 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

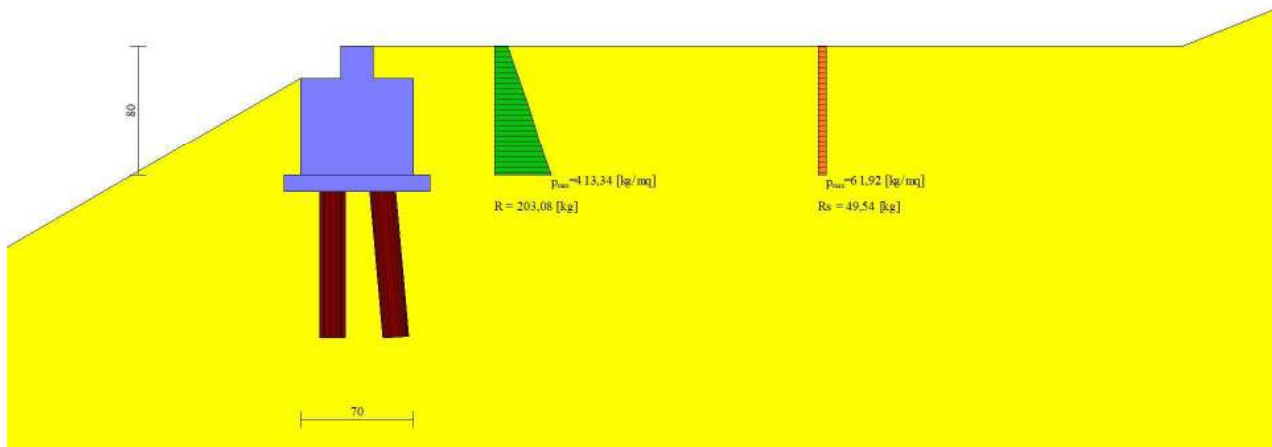


Fig. 7 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

Risultanti globali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kg]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kg]
M _r	Momento ribaltante, espresso in [kgm]
M _s	Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kg]	T [kg]	M _r [kgm]	M _s [kgm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	2224	705	262	1059	-0,009
2 - STR (A1-M1-R3)	1388	331	113	542	0,041
3 - STR (A1-M1-R3)	1281	316	125	519	0,043
4 - STR (A1-M1-R3)	2594	705	262	1195	-0,010
5 - STR (A1-M1-R3)	2249	705	262	1074	-0,011
6 - STR (A1-M1-R3)	2569	705	262	1180	-0,007
7 - GEO (A2-M2-R2)	2074	740	276	967	0,017
8 - GEO (A2-M2-R2)	1388	331	113	542	0,041
9 - GEO (A2-M2-R2)	1281	316	125	519	0,043
10 - SLER	1970	529	196	904	-0,009
11 - SLEF	1807	443	162	805	-0,006
12 - SLEQ	1318	186	59	509	0,008
13 - SLEQ	1347	246	81	523	0,022
14 - SLEQ	1302	240	86	513	0,022

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kg]
M	Momento, espresso in [kgm]
T	Taglio, espresso in [kg]

Cmb	Ip	N [kg]	M [kgm]	T [kg]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	915	-222	-749
	2	3315	-211	-738
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	783	-44	-372
	2	1892	-32	-356

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)		3.201					
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	6.292					
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	6.570					
4 - STR (A1-M1-R3)		3.214					
5 - STR (A1-M1-R3)		3.208					
6 - STR (A1-M1-R3)		3.207					
7 - GEO (A2-M2-R2)					2.123		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				2.316		
9 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				2.288		

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]
FS _o	Fattore di sicurezza (Td/T)

Ic	Ip	T	Td	FS _o
		[kg]	[kg]	
1 - STR (A1-M1-R3)	1	-749	1525	2.035
	2	-738	1517	2.055
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	-372	1358	3.656
	2	-356	1337	3.752

Verifiche portanza verticale**Simbologia adottata**

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]
FS _v	Fattore di sicurezza (Pd/N)

Ic	Ip	N	Pd	FS _v
		[kg]	[kg]	
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	783	6739	8.612
	2	1892	6690	3.537
2 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	783	6739	8.612
	2	1892	6690	3.537
4 - STR (A1-M1-R3)	1	1271	6739	5.302
	2	3698	6690	1.809
6 - STR (A1-M1-R3)	1	1233	6739	5.465
	2	3683	6690	1.816

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	50.244	50.244	28.966	28.966	--	8206	7325	0	414

n°	Nc	N'c	Nq	N'q	Zc	Pp	Pl	A	Wp
					[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]
						8012	7160		
2	50.244	50.244	28.966	28.966	--	8220 8026	7230 7053	0	414

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

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

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
7 - GEO (A2-M2-R2)	-4,50; 4,50	13,31	2.123
9 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-4,50; 4,50	13,31	2.288

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/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
Tx; Ty	Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kg/cmq]

n°	W	Qy	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kg]	[kg]	[m]	[°]	[°]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg]
1	1377	0	8,45 - 0,81	70.919	30.167	0,00	0,000	
2	3582	0	0,81	62.122	30.167	0,00	0,000	
3	5205	0	0,81	55.354	26.560	0,02	0,000	
4	6508	0	0,81	49.621	26.560	0,02	0,000	
5	7609	1331	0,81	44.507	26.560	0,02	0,000	
6	8786	1855	0,81	39.813	26.560	0,02	0,000	
7	9795	1855	0,81	35.423	26.560	0,02	0,000	
8	10649	1855	0,81	31.262	26.560	0,02	0,000	
9	11370	1855	0,81	27.279	26.560	0,02	0,000	
10	11973	1855	0,81	23.434	26.560	0,02	0,000	
11	12746	894	0,81	19.699	26.560	0,02	0,000	
12	48	0	0,81	16.049	26.560	0,02	0,000	
13	11958	0	0,81	12.466	26.560	0,02	0,000	
14	11532	0	0,81	8.931	26.560	0,02	0,000	
15	11020	0	0,81	5.431	26.560	0,02	0,000	
16	10424	0	0,81	1.950	26.560	0,02	0,000	
17	9744	0	0,81	-1.523	26.560	0,02	0,000	
18	8982	0	0,81	-5.001	26.560	0,02	0,000	
19	8136	0	0,81	-8.498	26.560	0,02	0,000	
20	7204	0	0,81	-12.028	26.560	0,02	0,000	
21	6184	0	0,81	-15.605	26.560	0,02	0,000	
22	5056	0	0,81	-19.245	26.560	0,02	0,000	
23	3752	0	0,81	-22.969	26.560	0,02	0,000	
24	2329	0	0,81	-26.798	26.560	0,02	0,000	
25	789	0	-11,71 - 0,81	-30.397	26.560	0,02	0,000	

Resistenza al taglio pali 0 [kg]

n°	W	Qy	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kg]	[kg]	[m]	[°]	[°]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg]
1	1377	0	8,45 - 0,81	70.919	36.000	0,00	0,000	
2	3582	0	0,81	62.122	36.000	0,00	0,000	
3	5205	0	0,81	55.354	32.000	0,03	0,000	
4	6508	0	0,81	49.621	32.000	0,03	0,000	
5	7609	0	0,81	44.507	32.000	0,03	0,000	
6	8786	0	0,81	39.813	32.000	0,03	0,000	
7	9795	0	0,81	35.423	32.000	0,03	0,000	
8	10649	0	0,81	31.262	32.000	0,03	0,000	
9	11370	0	0,81	27.279	32.000	0,03	0,000	
10	11973	0	0,81	23.434	32.000	0,03	0,000	
11	12746	0	0,81	19.699	32.000	0,03	0,000	

n°	W [kg]	Qy [kg]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kg/cmq]	u [kg/cmq]	Tx; Ty [kg]
12	48	0	0,81	16.049	32.000	0,03	0,000	
13	11958	0	0,81	12.466	32.000	0,03	0,000	
14	11532	0	0,81	8.931	32.000	0,03	0,000	
15	11020	0	0,81	5.431	32.000	0,03	0,000	
16	10424	0	0,81	1.950	32.000	0,03	0,000	
17	9744	0	0,81	-1.523	32.000	0,03	0,000	
18	8982	0	0,81	-5.001	32.000	0,03	0,000	
19	8136	0	0,81	-8.498	32.000	0,03	0,000	
20	7204	0	0,81	-12.028	32.000	0,03	0,000	
21	6184	0	0,81	-15.605	32.000	0,03	0,000	
22	5056	0	0,81	-19.245	32.000	0,03	0,000	
23	3752	0	0,81	-22.969	32.000	0,03	0,000	
24	2329	0	0,81	-26.798	32.000	0,03	0,000	
25	789	0	-11,71 - 0,81	-30.397	32.000	0,03	0,000	

Resistenza al taglio pali 0 [kg]

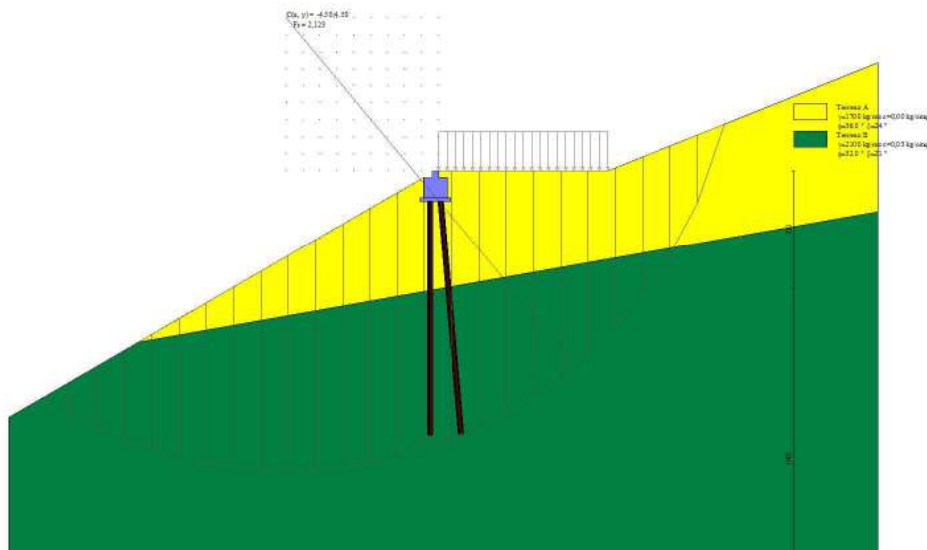


Fig. 8 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kg]. Positivo se di compressione.
- T Taglio, espresso in [kg]. Positivo se diretto da monte verso valle
- M Momento, espresso in [kgm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

- Mx, My Momenti flettenti, espresso in [kgm]
 - Mxy Momento torcente, espresso in [kgm]. Positivo se diretto da monte verso valle
 - Tx, Ty Tagli, espresso in [kg]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)
- I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Paramento

n°	X [m]	N _{min} [kg]	N _{max} [kg]	T _{min} [kg]	T _{max} [kg]	M _{min} [kgm]	M _{max} [kgm]
1	0,00	0	0	0	0	0	0
2	-0,07	34	62	2	42	0	0
3	-0,13	69	125	6	85	0	2
4	-0,20	105	188	12	131	0	7

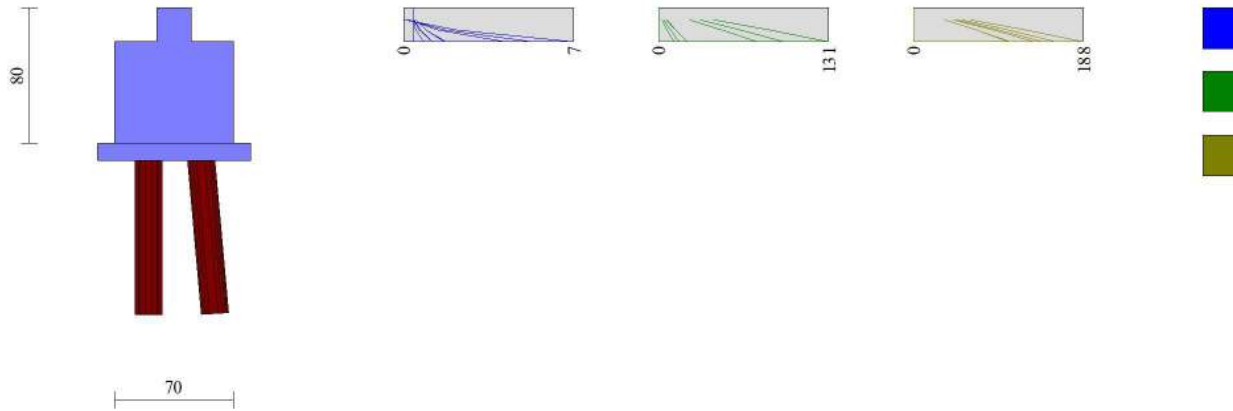


Fig. 9 - Paramento

Piastra fondazione

In	Mx [kgm]	My [kgm]	Mxy [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]	
52	398 (4)	1326 (4)	-73 (4)	0 (4)	5224 (4)	MAX
13	-711 (4)	-874 (4)	44 (4)	-1153 (4)	-4733 (4)	MIN
52	398 (4)	1326 (4)	-73 (4)	0 (4)	5224 (4)	MAX
14	-274 (4)	-914 (4)	-207 (4)	0 (4)	-17868 (4)	MIN
440	62 (4)	-144 (4)	198 (4)	1160 (4)	-5424 (4)	MAX
14	-274 (4)	-914 (4)	-207 (4)	0 (4)	-17868 (4)	MIN
6	48 (4)	-226 (4)	189 (4)	1631 (4)	-6642 (4)	MAX
21	139 (4)	160 (4)	112 (4)	-1694 (4)	701 (4)	MIN
52	398 (4)	1326 (4)	-73 (4)	0 (4)	5224 (4)	MAX
14	-274 (4)	-914 (4)	-207 (4)	0 (4)	-17868 (4)	MIN

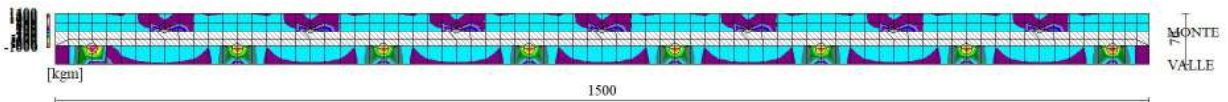


Fig. 10 - Piastra fondazione - Momento My (Combinazione n° 4)

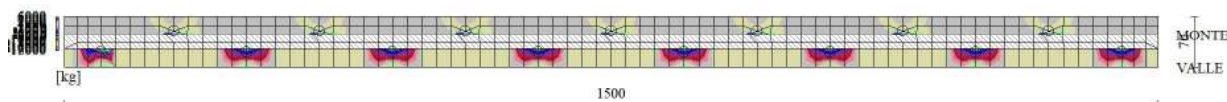


Fig. 11 - Piastra fondazione - Taglio Ty (Combinazione n° 4)

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kg]. Positivo se di compressione.
 T Taglio, espresso in [kg]. Positivo se diretto da monte verso valle
 M Momento, espresso in [kgm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	915	15029	-749	-1982	-222	-587
18	1,19	979	14943	31	-1067	338	1430
29	1,96	1012	14802	227	445	214	1769
39	2,66	1037	14577	164	1256	69	1095
101	7,00	700	7789	0	0	0	0

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	3315	15426	-738	-1972	-211	-563
18	1,19	3365	15340	38	-1054	335	1441
29	1,96	3377	15199	223	465	211	1767
31	2,10	3378	15166	218	789	180	1689
101	7,00	1976	8301	0	0	0	0

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	783	12850	-372	-1766	-44	-207
14	0,91	833	12799	2	-1222	160	1247
25	1,68	870	12682	106	28	106	1797
39	2,66	908	12398	60	1241	18	982
101	7,00	630	5610	0	0	0	0

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	1892	15426	-356	-1738	-32	-157
14	0,91	1939	15375	9	-1192	159	1272
25	1,68	1967	15258	104	62	103	1797
40	2,73	1989	14989	55	1220	14	878
101	7,00	1222	8301	0	0	0	0

Palo n° 1

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	712	11692	-353	-1758	-39	-195
14	0,91	762	11641	5	-1214	150	1253
25	1,68	800	11524	100	35	99	1797
39	2,66	839	11240	56	1240	16	978
101	7,00	593	4452	0	0	0	0

Palo n° 2

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	1754	15426	-339	-1732	-29	-147
14	0,91	1802	15375	11	-1186	149	1276
25	1,68	1831	15258	98	68	96	1797
40	2,73	1856	14989	51	1219	13	875
101	7,00	1149	8301	0	0	0	0

Palo n° 1

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	1271	15527	-766	-1997	-235	-613
18	1,19	1333	15441	24	-1082	343	1421
29	1,96	1363	15300	230	430	220	1771
39	2,66	1383	15075	169	1256	72	1103
101	7,00	887	8287	0	0	0	0

Palo n° 2

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	3698	15426	-751	-1982	-221	-582
18	1,19	3747	15340	32	-1064	339	1434
29	1,96	3755	15199	226	454	216	1768
101	7,00	2179	8301	0	0	0	0

Palo n° 1

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	953	15527	-751	-1989	-226	-599
18	1,19	1016	15441	29	-1074	335	1426
29	1,96	1050	15300	225	438	213	1770
39	2,66	1074	15075	164	1256	69	1099
101	7,00	720	8287	0	0	0	0

Palo n° 2

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	3329	15426	-739	-1978	-215	-575
18	1,19	3380	15340	36	-1060	333	1436
29	1,96	3392	15199	221	458	210	1767
31	2,10	3392	15166	216	784	179	1691
101	7,00	1984	8301	0	0	0	0

Palo n° 1

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	1233	15527	-764	-1990	-231	-601
18	1,19	1295	15441	26	-1075	345	1425
29	1,96	1326	15299	232	437	221	1770
39	2,66	1346	15075	169	1256	72	1099
101	7,00	867	8287	0	0	0	0

Palo n° 2

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	3683	15425	-749	-1976	-217	-571
18	1,19	3732	15339	34	-1058	342	1438
29	1,96	3741	15198	227	460	217	1767

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
101	7,00	2171	8300	0	0	0	0

Palo n° 1

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	1100	15527	-583	-1955	-161	-538
17	1,12	1160	15451	22	-1142	231	1367
28	1,89	1192	15315	154	304	146	1787
39	2,66	1217	15075	105	1256	40	1081
101	7,00	797	8287	0	0	0	0

Palo n° 2

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	2691	15426	-567	-1937	-146	-500
17	1,12	2743	15350	28	-1121	228	1383
27	1,82	2760	15229	151	170	153	1796
38	2,59	2767	15033	108	1247	48	1154
101	7,00	1646	8301	0	0	0	0

Palo n° 1

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	1114	15527	-499	-1932	-128	-497
16	1,05	1170	15460	5	-1215	185	1298
27	1,82	1203	15330	124	166	122	1796
39	2,66	1230	15075	81	1255	29	1069
101	7,00	804	8287	0	0	0	0

Palo n° 2

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	2380	15426	-481	-1909	-114	-451
16	1,05	2430	15359	13	-1189	183	1318
27	1,82	2453	15230	121	197	118	1794
40	2,73	2464	14990	75	1242	24	965
101	7,00	1481	8301	0	0	0	0

Palo n° 1

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	1048	15526	-242	-1852	-46	-354
15	0,98	1101	15468	6	-1223	74	1269
26	1,75	1135	15345	49	93	47	1796
39	2,66	1166	15075	29	1248	9	1026
101	7,00	770	8287	0	0	0	0

Palo n° 2

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	1538	15426	-217	-1795	-31	-252
14	0,91	1586	15375	4	-1249	72	1228
25	1,68	1617	15258	47	6	47	1797
40	2,73	1646	14989	25	1229	6	908
101	7,00	1035	8301	0	0	0	0

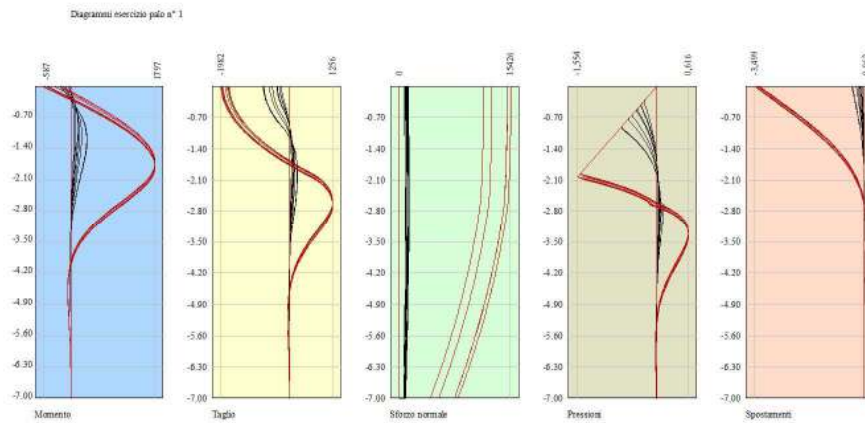


Fig. 12 - Sollecitazioni palo (Palo n° 1) (Inviluppo)

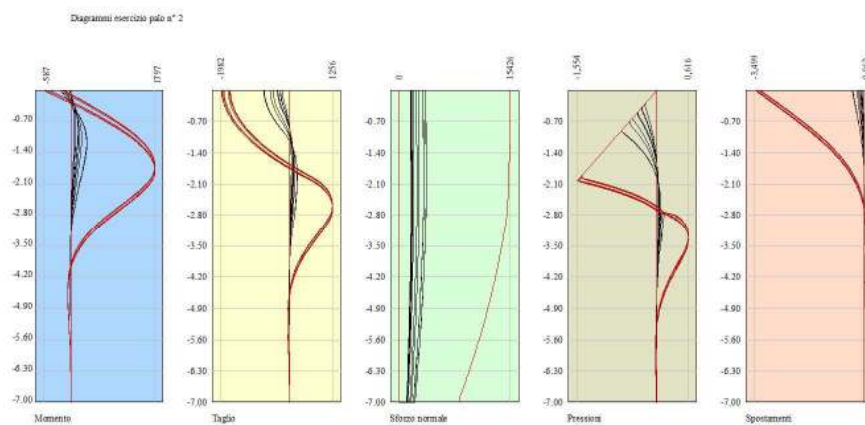


Fig. 13 - Sollecitazioni palo (Palo n° 2) (Inviluppo)

Verifiche strutturali

Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

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]
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)

Paramento

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
1	100	20	8,04	8,04	0	0	0	0	100000.000
2	100	20	8,04	8,04	0	0	0	0	100000.000
3	100	20	8,04	8,04	2	125	5319	369331	2963.727
4	100	20	8,04	8,04	7	188	10087	273173	1450.577

Fondazione

Is	Afi	Afs	Mp	Mn	Mu	FS
	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[kgm]	
1-3-P	4,02	4,02	0	-116	-8429	73.009 (4)
3-1-P	4,02	4,02	0	-1	8429	100.000 (1)
4-2-S	8,04	6,03	15	-217	-12864	60.868 (4)
5-1-S	6,03	8,04	26	0	12864	100.000 (1)
6-3-S	6,03	8,04	342	-8	12864	29.293 (4)
7-1-S	8,04	8,04	19	-35	17010	100.000 (1)
8-3-S	6,03	6,03	85	-31	12860	22.226 (4)
9-3-S	6,03	8,04	287	-10	12864	32.775 (4)
10-2-S	8,04	6,03	9	-166	-12864	80.382 (5)
11-3-S	6,03	6,03	138	-27	12860	22.724 (4)
12-3-S	6,03	8,04	232	-14	12864	37.795 (4)
13-1-S	8,04	8,04	16	-44	17010	100.000 (1)
14-3-S	6,03	6,03	189	-25	12860	19.885 (4)
15-3-S	6,03	6,03	184	-17	12860	40.969 (4)
16-1-S	8,04	8,04	16	-44	17010	100.000 (1)
17-3-S	6,03	8,04	228	-21	12864	21.941 (4)
18-3-S	6,03	6,03	141	-20	12860	48.959 (4)
19-2-S	8,04	6,03	9	-166	-12864	80.382 (5)
20-3-S	6,03	8,04	267	-18	12864	21.109 (4)
21-3-S	6,03	6,03	104	-23	12860	54.210 (4)
22-1-S	8,04	8,04	19	-35	17010	100.000 (1)
23-3-S	6,03	8,04	298	-15	12864	21.018 (4)
24-3-S	6,03	6,03	73	-27	12860	68.458 (4)
25-2-S	8,04	6,03	11	-147	-12864	91.042 (5)

Micropali

Ip	Is	Af	M	N	Mu	Nu	FS
		[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
1	18	20,11	345	1295	1804	6769	5.227
2	18	20,11	342	3732	1753	19138	5.128

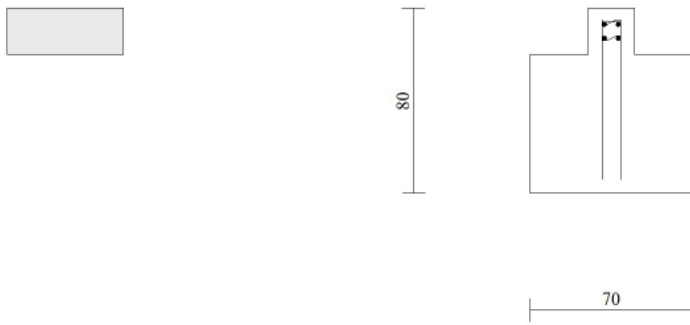


Fig. 14 - Paramento (Inviluppo)

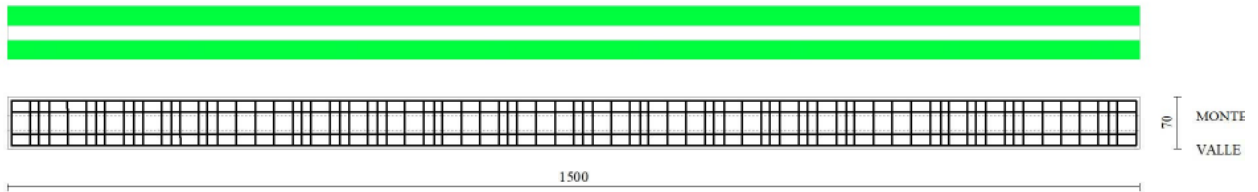


Fig. 15 - Piastra fondazione dir. X (Inviluppo)

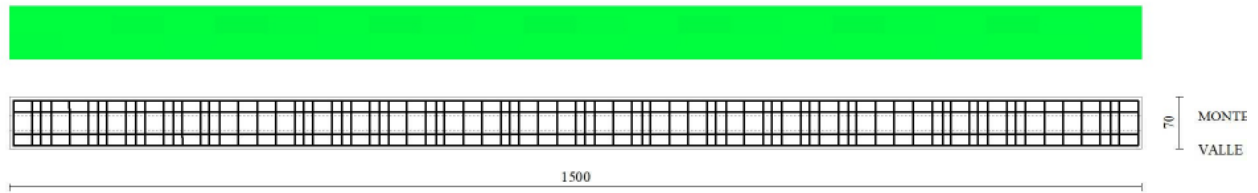


Fig. 16 - Piastra fondazione dir. Y (Inviluppo)

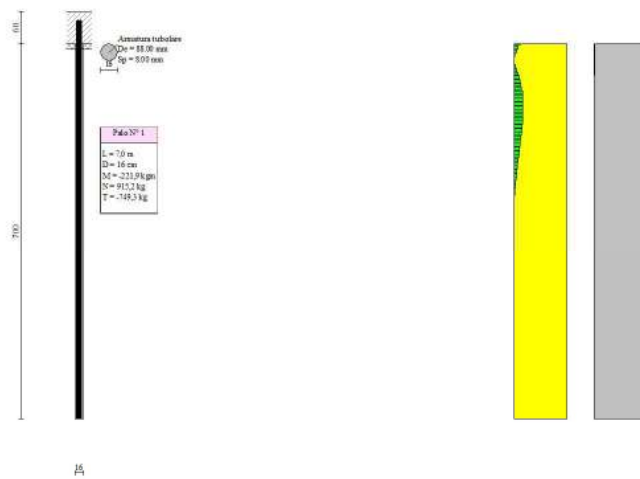


Fig. 17 - Pali (Palo n° 1) (Inviluppo)

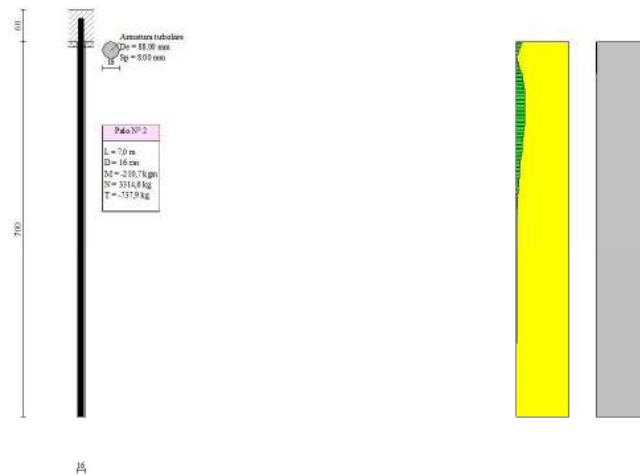


Fig. 18 - Pali (Palo n° 2) (Involuppo)

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]
Asw	area ferri a taglio espressa 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 espressa 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)

Paramento

n°	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotgθ	V _{Rcd} [kg]	V _{Rsd} [kg]	V _{Rd} [kg]	T [kg]	FS
1	100	20	0,00	--	0	0	12163	0	100.000
2	100	20	0,00	--	0	0	12169	42	292.672
3	100	20	0,00	--	0	0	12175	85	142.838
4	100	20	0,00	--	0	0	12181	131	92.993

Fondazione

Is	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotg(θ)	V _{Rcd} [kg]	V _{Rsd} [kg]	V _{Rd} [kg]	T [kg]	FS
1-3-P	25	60	0,00	2.000	0	0	5799	219	26.519 (1)
3-48-P	25	60	0,00	2.000	0	0	5799	119	48.775 (1)
4-1-S	68	60	0,00	2.000	0	0	15816	5398	2.930 (1)
5-2-S	68	60	0,00	2.000	0	0	15816	219	72.134 (1)
6-1-S	68	60	0,00	2.000	0	0	15816	1719	9.201 (1)
7-1-S	68	60	0,00	2.000	0	0	15816	5029	3.145 (1)
8-1-S	68	60	0,00	2.000	0	0	15816	1806	8.758 (1)
9-1-S	68	60	0,00	2.000	0	0	15816	1638	9.657 (1)
10-1-S	68	60	0,00	2.000	0	0	15816	4729	3.344 (1)
11-1-S	68	60	0,00	2.000	0	0	15816	993	15.921 (1)
12-1-S	68	60	0,00	2.000	0	0	15816	243	65.019 (1)
13-1-S	68	60	0,00	2.000	0	0	15816	4833	3.273 (1)
14-1-S	68	60	0,00	2.000	0	0	15816	216	73.093 (1)
15-1-S	68	60	0,00	2.000	0	0	15816	236	67.125 (1)
16-1-S	68	60	0,00	2.000	0	0	15816	4833	3.273 (1)
17-1-S	68	60	0,00	2.000	0	0	15816	311	50.870 (1)
18-1-S	68	60	0,00	2.000	0	0	15816	993	15.921 (1)
19-1-S	68	60	0,00	2.000	0	0	15816	4729	3.344 (1)
20-1-S	68	60	0,00	2.000	0	0	15816	2442	6.475 (1)
21-1-S	68	60	0,00	2.000	0	0	15816	1806	8.758 (1)

Is	B	H	A _{sw}	cotg (θ)	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
22-1-S	68	60	0,00	2.000	0	0	15816	5029	3.145 (1)
23-1-S	68	60	0,00	2.000	0	0	15816	2446	6.466 (1)
24-1-S	68	60	0,00	2.000	0	0	15816	1477	10.708 (1)
25-1-S	68	60	0,00	2.000	0	0	15816	5160	3.065 (1)

Micropali

La verifica a taglio sui micropali viene eseguita considerando il solo contributo resistente del tubolare. L'area della sezione effettiva di verifica (A_{eff}) viene determinata come area lorda (A) della sezione tubolare moltiplicata per $2 / \pi$.

Ip	Is	A _{sw}	V _{Rd}	T	FS
		[cm]	[kg]	[kg]	
1	1	12,80	25337	766	33.094
2	1	12,80	25337	751	33.746

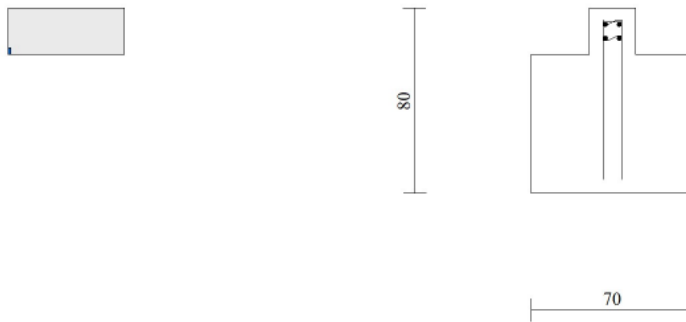


Fig. 19 - Paramento (Inviluppo)

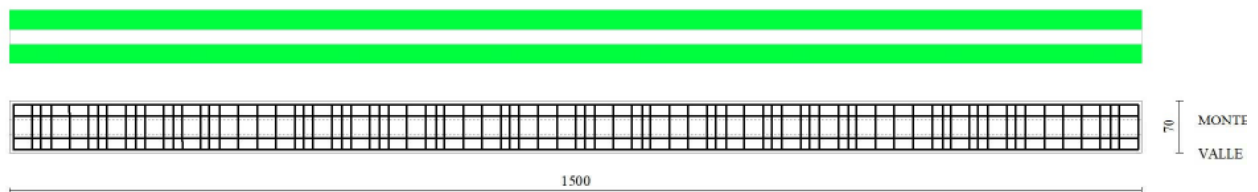


Fig. 20 - Piastra fondazione dir. X (Inviluppo)

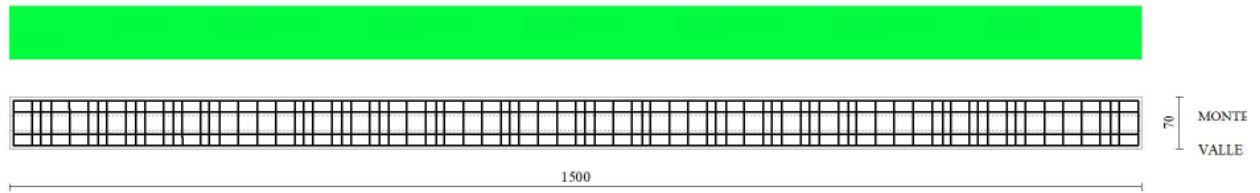


Fig. 21 - Piastra fondazione dir. Y (Inviluppo)

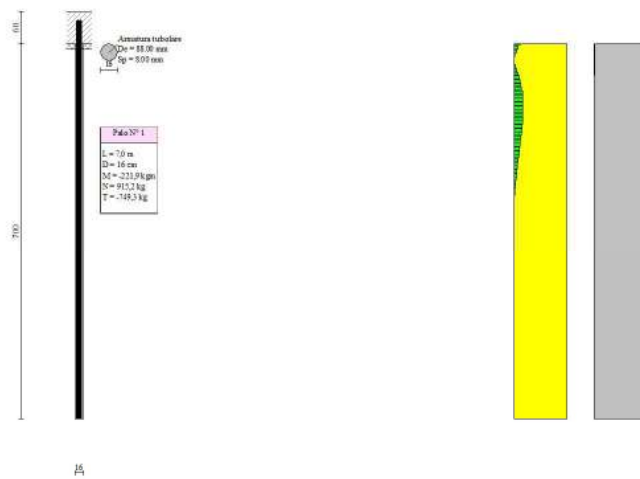


Fig. 22 - Pali (Palo n° 1) (Inviluppo)

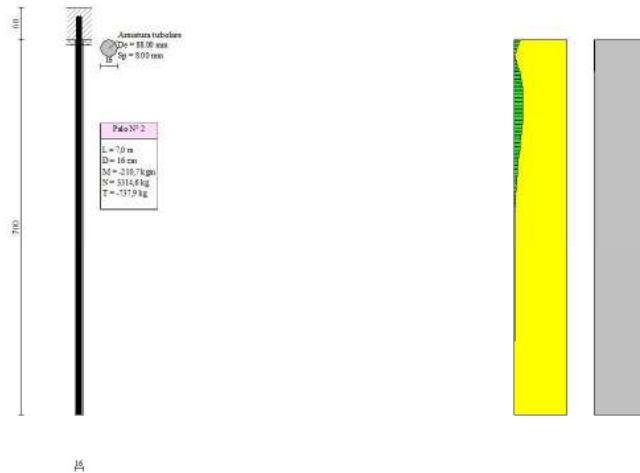


Fig. 23 - Pali (Palo n° 2) (Involuppo)

Verifica a punzonamento

Simbologia adottata

- OP Oggetto che viene punzonato
- P Oggetto che punzona
- C₁, C₂ Dimensioni pilastro nelle due direzioni, espressa in [mm]
- d Altezza utile della fondazione, espressa in [mm]
- u₀ Lunghezza perimetro di verifica a faccia pilastro, espresso in [mm]
- u₁ Lunghezza perimetro di verifica per effetto della diffusione, espresso in [mm]
- ρ₁, ρ₂ Percentuali di armatura piastra in zona tesa
- dpc, duc distanza della prima e dell'ultima cucitura dalla faccia del pilastro
- V_{Ed,i} Tensione di taglio sul perimetro del pilastro, espressa in [kg/cm²]
- V_{Rd,max} Valore di progetto del massimo taglio-punzonamento resistente, espressa in [kg/cm²]
- V_{Ed,f} Tensione di taglio sul perimetro di verifica u₁, espresso in [kg/cm²]
- V_{Rd,cf} Valore di progetto del taglio-punzonamento resistente senza armature sul perimetro di verifica u₁, espresso in [kg/cm²]
- V_{Rd,cs} Valore di progetto del taglio-punzonamento resistente con armature, espresso in [kg/cm²]
- nsc Numero di serie di cuciture
- nc Numero di cuciture
- FS Fattore di sicurezza (minore tra i rapporti V_{Rd,max}/V_{Ed,i}, V_{Rd,cf}/V_{Ed,f} e V_{Rd,cs}/V_{Ed,f})

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]
- A_{fi} area ferri inferiori, espresso in [cm²]
- A_{fs} area ferri superiori, espressa in [cm²]
- M momento agente, espressa in [kgm]
- N sforzo normale agente, espressa in [kg]
- σc tensione di compressione nel ds, espressa in [kg/cm²]
- σ_{fi} tensione nei ferri inferiori, espressa in [kg/cm²]
- σ_{fs} tensione nei ferri superiori, espressa in [kg/cm²]

Combinazioni SLER

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 203,12 [kg/cm²]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 3670,92 [kg/cm²]

n°	B	H	A _{fi}	A _{fs}	M	N	σc	σ _{fi}	σ _{fs}
	[cm]	[cm]	[cm ²]	[cm ²]	[kgm]	[kg]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]
1	100	20	8,04	8,04	0	0	0,00 (10)	0,00 (10)	0,00 (10)
2	100	20	8,04	8,04	0	47	0,03 (10)	0,35 (10)	0,28 (10)
3	100	20	8,04	8,04	1	95	0,06 (10)	0,50 (10)	0,77 (10)
4	100	20	8,04	8,04	5	143	0,14 (10)	0,42 (10)	1,49 (10)

Piastra fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 203,12 [kg/cmq]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 3670,92 [kg/cmq]

Is	B	H	Afi	Afs	Mp	Mn	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1-3-P	25	60	4,02	4,02	0	-83	0,43 (10)	3,94 (10)	21,12 (10)
3-7-P	25	60	4,02	4,02	1	-21	0,24 (12)	2,16 (12)	11,56 (12)
4-2-S	68	60	8,04	6,03	11	-138	0,08 (10)	3,11 (10)	5,05 (10)
5-3-S	68	60	6,03	8,04	0	-28	0,12 (12)	1,06 (12)	6,94 (12)
6-3-S	68	60	6,03	8,04	240	-6	0,51 (10)	33,88 (10)	3,90 (10)
7-2-S	68	60	8,04	8,04	9	-99	0,09 (10)	5,20 (10)	2,96 (10)
8-3-S	68	60	6,03	6,03	59	-23	0,51 (10)	33,75 (10)	9,29 (10)
9-3-S	68	60	6,03	8,04	202	-8	0,45 (10)	30,12 (10)	4,57 (10)
10-2-S	68	60	8,04	6,03	21	-10	0,09 (12)	5,12 (12)	3,69 (12)
11-3-S	68	60	6,03	6,03	97	-20	0,56 (10)	36,81 (10)	8,71 (10)
12-3-S	68	60	6,03	8,04	163	-10	0,39 (10)	25,91 (10)	5,21 (10)
13-2-S	68	60	8,04	8,04	11	-105	0,09 (10)	5,34 (10)	2,79 (10)
14-3-S	68	60	6,03	6,03	133	-18	0,66 (10)	43,46 (10)	8,79 (10)
15-3-S	68	60	6,03	6,03	105	-13	0,36 (11)	23,66 (11)	7,12 (11)
16-2-S	68	60	8,04	8,04	11	-105	0,09 (10)	5,34 (10)	2,79 (10)
17-3-S	68	60	6,03	8,04	160	-15	0,69 (10)	46,12 (10)	6,24 (10)
18-3-S	68	60	6,03	6,03	99	-15	0,30 (10)	19,54 (10)	7,75 (10)
19-2-S	68	60	8,04	6,03	21	-10	0,09 (12)	5,12 (12)	3,69 (12)
20-3-S	68	60	6,03	8,04	187	-13	0,64 (10)	42,94 (10)	5,65 (10)
21-3-S	68	60	6,03	6,03	73	-18	0,26 (10)	17,34 (10)	7,88 (10)
22-2-S	68	60	8,04	8,04	9	-99	0,09 (10)	5,20 (10)	2,96 (10)
23-3-S	68	60	6,03	8,04	209	-11	0,65 (10)	43,61 (10)	5,72 (10)
24-3-S	68	60	6,03	6,03	52	-20	0,20 (10)	13,40 (10)	8,38 (10)
25-2-S	68	60	8,04	6,03	9	-90	0,07 (10)	4,17 (10)	2,75 (10)

Combinazioni SLEFParamento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 338,54 [kg/cmq]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 4588,65 [kg/cmq]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1	100	20	8,04	8,04	0	0	0,00 (11)	0,00 (11)	0,00 (11)
2	100	20	8,04	8,04	0	44	0,02 (11)	0,32 (11)	0,27 (11)
3	100	20	8,04	8,04	1	89	0,05 (11)	0,49 (11)	0,70 (11)
4	100	20	8,04	8,04	4	134	0,11 (11)	0,49 (11)	1,31 (11)

Piastra fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 203,12 [kg/cmq]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 3670,92 [kg/cmq]

Is	B	H	Afi	Afs	Mp	Mn	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1-3-P	25	60	4,02	4,02	0	-83	0,43 (10)	3,94 (10)	21,12 (10)
3-7-P	25	60	4,02	4,02	1	-21	0,24 (12)	2,16 (12)	11,56 (12)
4-2-S	68	60	8,04	6,03	11	-138	0,08 (10)	3,11 (10)	5,05 (10)
5-3-S	68	60	6,03	8,04	0	-28	0,12 (12)	1,06 (12)	6,94 (12)
6-3-S	68	60	6,03	8,04	240	-6	0,51 (10)	33,88 (10)	3,90 (10)
7-2-S	68	60	8,04	8,04	9	-99	0,09 (10)	5,20 (10)	2,96 (10)
8-3-S	68	60	6,03	6,03	59	-23	0,51 (10)	33,75 (10)	9,29 (10)
9-3-S	68	60	6,03	8,04	202	-8	0,45 (10)	30,12 (10)	4,57 (10)
10-2-S	68	60	8,04	6,03	21	-10	0,09 (12)	5,12 (12)	3,69 (12)
11-3-S	68	60	6,03	6,03	97	-20	0,56 (10)	36,81 (10)	8,71 (10)
12-3-S	68	60	6,03	8,04	163	-10	0,39 (10)	25,91 (10)	5,21 (10)
13-2-S	68	60	8,04	8,04	11	-105	0,09 (10)	5,34 (10)	2,79 (10)
14-3-S	68	60	6,03	6,03	133	-18	0,66 (10)	43,46 (10)	8,79 (10)
15-3-S	68	60	6,03	6,03	105	-13	0,36 (11)	23,66 (11)	7,12 (11)
16-2-S	68	60	8,04	8,04	11	-105	0,09 (10)	5,34 (10)	2,79 (10)

Is	B	H	Afi	Afs	Mp	Mn	σ	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]
17-3-S	68	60	6,03	8,04	160	-15	0,69 (10)	46,12 (10)	6,24 (10)
18-3-S	68	60	6,03	6,03	99	-15	0,30 (10)	19,54 (10)	7,75 (10)
19-2-S	68	60	8,04	6,03	21	-10	0,09 (12)	5,12 (12)	3,69 (12)
20-3-S	68	60	6,03	8,04	187	-13	0,64 (10)	42,94 (10)	5,65 (10)
21-3-S	68	60	6,03	6,03	73	-18	0,26 (10)	17,34 (10)	7,88 (10)
22-2-S	68	60	8,04	8,04	9	-99	0,09 (10)	5,20 (10)	2,96 (10)
23-3-S	68	60	6,03	8,04	209	-11	0,65 (10)	43,61 (10)	5,72 (10)
24-3-S	68	60	6,03	6,03	52	-20	0,20 (10)	13,40 (10)	8,38 (10)
25-2-S	68	60	8,04	6,03	9	-90	0,07 (10)	4,17 (10)	2,75 (10)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 152,34 [kg/cm²]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 4588,65 [kg/cm²]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]
1	100	20	8,04	8,04	0	0	0,00 (12)	0,00 (12)	0,00 (12)
2	100	20	8,04	8,04	0	34	0,02 (12)	0,23 (12)	0,23 (12)
3	100	20	8,04	8,04	0	69	0,03 (12)	0,46 (12)	0,47 (12)
4	100	20	8,04	8,04	0	105	0,05 (12)	0,66 (12)	0,75 (12)

Piastra fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 203,12 [kg/cm²]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 3670,92 [kg/cm²]

Is	B	H	Afi	Afs	Mp	Mn	σ	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]
1-3-P	25	60	4,02	4,02	0	-83	0,43 (10)	3,94 (10)	21,12 (10)
3-7-P	25	60	4,02	4,02	1	-21	0,24 (12)	2,16 (12)	11,56 (12)
4-2-S	68	60	8,04	6,03	11	-138	0,08 (10)	3,11 (10)	5,05 (10)
5-3-S	68	60	6,03	8,04	0	-28	0,12 (12)	1,06 (12)	6,94 (12)
6-3-S	68	60	6,03	8,04	240	-6	0,51 (10)	33,88 (10)	3,90 (10)
7-2-S	68	60	8,04	8,04	9	-99	0,09 (10)	5,20 (10)	2,96 (10)
8-3-S	68	60	6,03	6,03	59	-23	0,51 (10)	33,75 (10)	9,29 (10)
9-3-S	68	60	6,03	8,04	202	-8	0,45 (10)	30,12 (10)	4,57 (10)
10-2-S	68	60	8,04	6,03	21	-10	0,09 (12)	5,12 (12)	3,69 (12)
11-3-S	68	60	6,03	6,03	97	-20	0,56 (10)	36,81 (10)	8,71 (10)
12-3-S	68	60	6,03	8,04	163	-10	0,39 (10)	25,91 (10)	5,21 (10)
13-2-S	68	60	8,04	8,04	11	-105	0,09 (10)	5,34 (10)	2,79 (10)
14-3-S	68	60	6,03	6,03	133	-18	0,66 (10)	43,46 (10)	8,79 (10)
15-3-S	68	60	6,03	6,03	105	-13	0,36 (11)	23,66 (11)	7,12 (11)
16-2-S	68	60	8,04	8,04	11	-105	0,09 (10)	5,34 (10)	2,79 (10)
17-3-S	68	60	6,03	8,04	160	-15	0,69 (10)	46,12 (10)	6,24 (10)
18-3-S	68	60	6,03	6,03	99	-15	0,30 (10)	19,54 (10)	7,75 (10)
19-2-S	68	60	8,04	6,03	21	-10	0,09 (12)	5,12 (12)	3,69 (12)
20-3-S	68	60	6,03	8,04	187	-13	0,64 (10)	42,94 (10)	5,65 (10)
21-3-S	68	60	6,03	6,03	73	-18	0,26 (10)	17,34 (10)	7,88 (10)
22-2-S	68	60	8,04	8,04	9	-99	0,09 (10)	5,20 (10)	2,96 (10)
23-3-S	68	60	6,03	8,04	209	-11	0,65 (10)	43,61 (10)	5,72 (10)
24-3-S	68	60	6,03	6,03	52	-20	0,20 (10)	13,40 (10)	8,38 (10)
25-2-S	68	60	8,04	6,03	9	-90	0,07 (10)	4,17 (10)	2,75 (10)

Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

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

Combinazioni SLEF

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.40$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	20	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (11)
2	100	20	0,00	0,00	0	-555	0,000000	0,00	0,000 (11)
3	100	20	0,00	0,00	1	1268	0,000000	0,00	0,000 (11)
4	100	20	0,00	0,00	4	25191	0,000000	0,00	0,000 (11)

Piastra fondazione

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.40$

Is	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1-1-P	25	60	0,00	0,00	6	0	0,000000	0,00	0,000
3-1-P	25	60	0,00	0,00	-1	0	0,000000	0,00	0,000
4-1-S	68	60	8,04	852,27	29	14536	0,000000	0,00	0,000
5-1-S	68	60	6,03	852,27	18	14367	0,000000	0,00	0,000
6-1-S	68	60	0,00	0,00	5	0	0,000000	0,00	0,000
7-1-S	68	60	8,04	852,27	-24	14653	0,000000	0,00	0,000
8-1-S	68	60	0,00	0,00	7	0	0,000000	0,00	0,000
9-1-S	68	60	0,00	0,00	7	0	0,000000	0,00	0,000
10-1-S	68	60	8,04	852,27	-32	14536	0,000000	0,00	0,000
11-1-S	68	60	0,00	0,00	7	0	0,000000	0,00	0,000
12-1-S	68	60	0,00	0,00	7	0	0,000000	0,00	0,000
13-1-S	68	60	8,04	852,27	-30	14653	0,000000	0,00	0,000
14-1-S	68	60	0,00	0,00	7	0	0,000000	0,00	0,000
15-1-S	68	60	0,00	0,00	7	0	0,000000	0,00	0,000
16-1-S	68	60	8,04	852,27	-30	14653	0,000000	0,00	0,000
17-1-S	68	60	0,00	0,00	7	0	0,000000	0,00	0,000
18-1-S	68	60	0,00	0,00	7	0	0,000000	0,00	0,000
19-1-S	68	60	8,04	852,27	-32	14536	0,000000	0,00	0,000
20-1-S	68	60	0,00	0,00	7	0	0,000000	0,00	0,000
21-1-S	68	60	0,00	0,00	7	0	0,000000	0,00	0,000
22-1-S	68	60	8,04	852,27	-24	14653	0,000000	0,00	0,000
23-1-S	68	60	0,00	0,00	6	0	0,000000	0,00	0,000
24-1-S	68	60	0,00	0,00	-12	0	0,000000	0,00	0,000
25-1-S	68	60	8,04	852,27	-21	14536	0,000000	0,00	0,000

Combinazioni SLEQ

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.30$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	20	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (12)
2	100	20	0,00	0,00	0	-75	0,000000	0,00	0,000 (12)
3	100	20	0,00	0,00	0	69	0,000000	0,00	0,000 (12)
4	100	20	0,00	0,00	0	311	0,000000	0,00	0,000 (12)

Piastra fondazioneApertura limite fessure $w_{lim}=0.30$

Is	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ϵ	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1-1-P	25	60	0,00	0,00	4	0	0,000000	0,00	0,000
3-1-P	25	60	0,00	0,00	-1	0	0,000000	0,00	0,000
4-1-S	68	60	8,04	852,27	15	14536	0,000000	0,00	0,000
5-1-S	68	60	6,03	852,27	10	14367	0,000000	0,00	0,000
6-1-S	68	60	0,00	0,00	3	0	0,000000	0,00	0,000
7-1-S	68	60	8,04	852,27	-14	14653	0,000000	0,00	0,000
8-1-S	68	60	0,00	0,00	5	0	0,000000	0,00	0,000
9-1-S	68	60	0,00	0,00	4	0	0,000000	0,00	0,000
10-1-S	68	60	0,00	0,00	-18	0	0,000000	0,00	0,000
11-1-S	68	60	0,00	0,00	5	0	0,000000	0,00	0,000
12-1-S	68	60	0,00	0,00	5	0	0,000000	0,00	0,000
13-1-S	68	60	8,04	852,27	-17	14653	0,000000	0,00	0,000
14-1-S	68	60	0,00	0,00	5	0	0,000000	0,00	0,000
15-1-S	68	60	0,00	0,00	5	0	0,000000	0,00	0,000
16-1-S	68	60	8,04	852,27	-17	14653	0,000000	0,00	0,000
17-1-S	68	60	0,00	0,00	5	0	0,000000	0,00	0,000
18-1-S	68	60	0,00	0,00	5	0	0,000000	0,00	0,000
19-1-S	68	60	0,00	0,00	-18	0	0,000000	0,00	0,000
20-1-S	68	60	0,00	0,00	4	0	0,000000	0,00	0,000
21-1-S	68	60	0,00	0,00	5	0	0,000000	0,00	0,000
22-1-S	68	60	8,04	852,27	-14	14653	0,000000	0,00	0,000
23-1-S	68	60	0,00	0,00	4	0	0,000000	0,00	0,000
24-1-S	68	60	0,00	0,00	-7	0	0,000000	0,00	0,000
25-1-S	68	60	8,04	852,27	-12	14536	0,000000	0,00	0,000

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

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

Il sottoscritto ING. SANDIANO STEFANO, 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. Sandiano Stefano
Licenza	AIU47680E

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
(ING. SANDIANO STEFANO)
