



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

DIPARTIMENTO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI

SERVIZIO GESTIONE STRADE




LAVORI DI SOMMA URGENZA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELLA S.S. 349 VAL D'ASSA - PEDEMONTANA - COSTO AL Km. 8,600 CIRCA, IN LOC. VALSORDA, NEL COMUNE DI TRENTO



TITOLO RELAZIONE E CALCOLO STRUTTURALE	ELABORATO N. 09	FASE PROGETTO E	TIPO ELAB.	CATEGORIA
		PARTE D'OPERA	N° PROG.	SCALA

SUPPORTO TECNICO E SERVICE	DATA REDAZIONE:	COPIA N.:
----------------------------	-----------------	-----------

PROGETTISTA: (Responsabile del Settore 4) Dott. Ing. David Tamanini 	Visto: IL DIRETTORE DELL'UFFICIO  Dott. Ing. Italo Artico	Visto: IL SOSTITUTO DIRIGENTE (R.U.P.) Dott. Ing.  Bolego
--	---	--

REDATTA DA: Dott. Ing. Daniele Somnavilla (firmata digitalmente)		TIMBRO 
---	--	---



NOME FILE:		
------------	--	--

PROVINCIA DI TRENTO



**COMUNE DI
TRENTO**

PROGETTO MURO CONTROTERRA SU MICROPALI

**PROGETTO: LAVORI DI SOMMA URGENZA PER LA MESSA IN
SICUREZZA DELLA SEDE STRADALE LUNGO LA
S.S.349 KM.8+400 LOCALITA' VALSORDA**

COMMITTENTE: TECNOPERFORAZIONI SRL

PROGETTISTA: Ing. DANIELE SOMMAVILLA

Calliano, AGOSTO 2024

(pagina lasciata vuota volontariamente)

Sommario

Sommario	3
1. <i>Premessa</i>	4
2. <i>Descrizione</i>	4
3. <i>Normative di riferimento</i>	6
4. <i>Richiami teorici</i>	7
5. <i>Determinazione azione orizzontale</i>	11
6. <i>Sezione X-X</i>	14
6.1. <i>Dati</i>	14
6.2. <i>Normativa</i>	19
6.3. <i>Opzioni di calcolo</i>	22
6.4. <i>Descrizioni del modello a blocchi</i>	23
6.5. <i>Risultati per combinazione</i>	24
6.6. <i>Risultati per inviluppo</i>	36
7. <i>SEZIONE Y-Y</i>	44
7.1. <i>Dati</i>	44
7.2. <i>Normativa</i>	49
7.3. <i>Opzioni di calcolo</i>	52
7.4. <i>Descrizioni del modello a blocchi</i>	53
7.5. <i>Risultati per combinazione</i>	54
7.6. <i>Risultati per inviluppo</i>	70
8. <i>Conclusioni</i>	80
9. <i>Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)</i>	81

1. Premessa.

La relazione tratta lo studio statico di un muro contro terra per sorreggere l'asse viabile sulla S.S. 349 nel comune di Trento in località Valsorda.

2. Descrizione.

L'intervento tratta la realizzazione di un muro controterra realizzato per sorreggere l'asse stradale.

La strada è composta da due corsie (una per senso di marcia) e è definita come strada di classe tipo C. La strada presenta un cedimento della corsia di valle con smottamento nella parte sottostante il cordolo bordo strada.

L'intervento da realizzarsi consta nella realizzazione di un muro sotto-strada con lunghezza complessiva di circa 18.50metri circa. Nella zona dello smottamento, che ha lunghezza di circa 7.00metri, viene realizzato un muro con fondazione profonda costituita da una fila di chiodi autoperforanti con lunghezza 15metri di diametro 76mm e spessore 10mm oltre a uno zoccolo di fondazione di dimensione 200x50cm; l'elevazione è tirantata con tre ordini di chiodi autoperforanti di lunghezza 12metri, diametro 38mm spessore 10mm ed ha un'altezza massima di 2.70metri con spessore 50cm. I chiodi hanno inclinazione sub orizzontale di 20°. Il chiodo deve ancorarsi al terreno non influenzato dallo smottamento.

Nei tratti laterali alla zona di frana, viene realizzato un muro con lunghezza di 9.00 e 8.10metri. In detti tratti, verranno realizzati dei chiodi che collegano il cordolo stradale esistente con il terreno sottostante e verranno poi rivestiti con del calcestruzzo. Il muro in queste zone non avrà una fondazione superficiale. I chiodi verticali avranno lunghezza 15.00metri, diametro d'armatura di 38mm e spessore 10mm. Anche in queste zone, vengono realizzati dei chiodi sub orizzontali di diametro 38mm, spessore 10mm, inclinazione 20° e lunghezza 12.00metri.

L'elevazione di tutti i tratti è costituita da calcestruzzo spruzzato mentre la fondazione nella parte di frana verrà realizzata in calcestruzzo di tipo tradizionale. L'armatura del muro e della fondazione è costituita da armatura di diametro 8mm passo 15/15 nelle due direzioni; la fondazione, dove presente, ha un'armatura di diametro 12mm passo 20cm.

In sommità del muro viene mantenuta la barriera stradale esistente.

Nello studio si è considerato un carico veicolare agente a monte del muro di 2000kg/mq. Viene inoltre applicato in sommità del muro un momento ribaltante dovuto a un eventuale impatto; l'intensità dell'azione è pari al momento plastico del piantone della barriera.

Nelle azioni si è considerata anche l'azione del sisma specifica della zona.

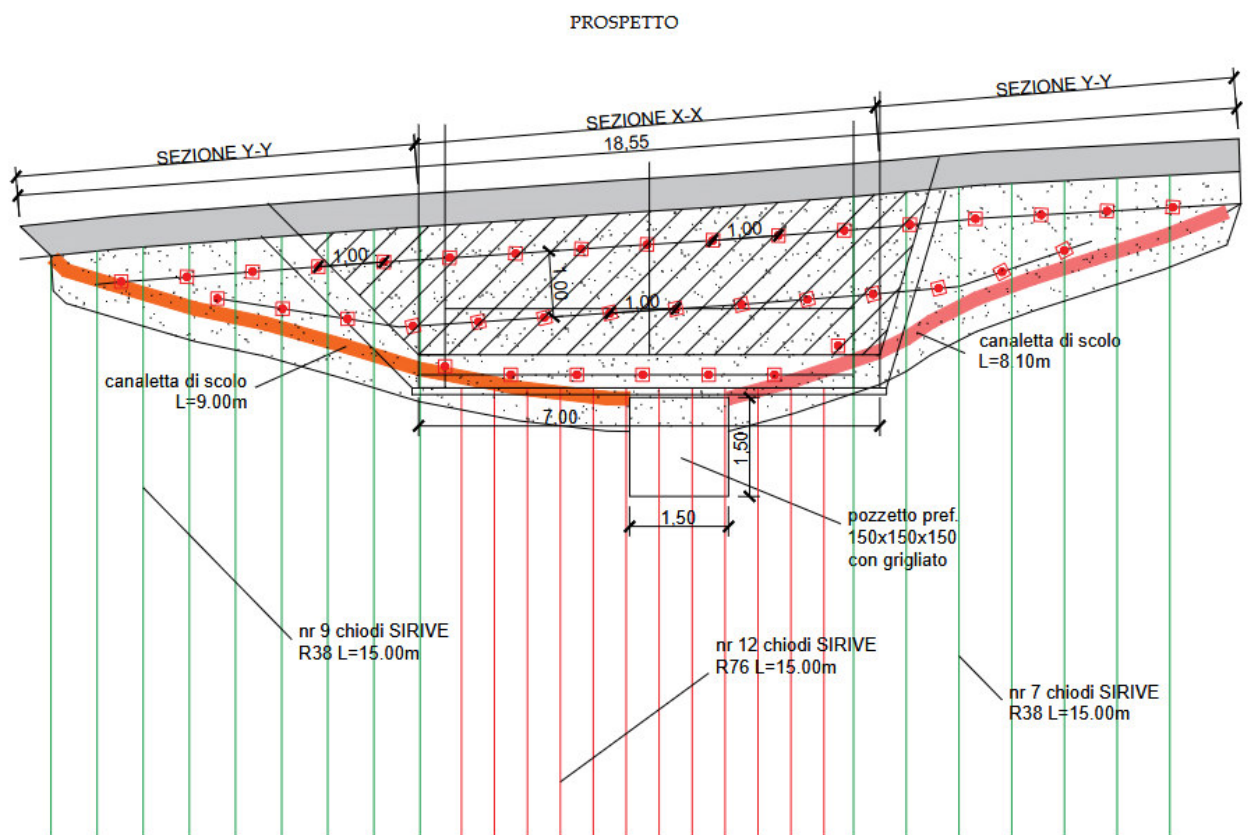


Figura 1 Prospetto della zona interessata dall'intervento



Figura 2 Smottamento

3. Normative di riferimento

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

4. 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 complessa 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 della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni 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 efficace

$$Y^f = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

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 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 parete 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

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

Terreno a permeabilità elevata

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

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

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

dove il coefficiente A vale

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

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

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

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

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

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

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 è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare fin quando 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:

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

Palo teso:

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

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

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

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

I muri 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 pretensione che 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_s 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

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

da cui si ricava la lunghezza di ancoraggio L_f

$$L_f = \frac{N}{\pi D (\gamma HK_s \tan \delta + c_s)}$$

K_s rappresenta il coefficiente di spinta

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

$$L_f = \frac{N}{\pi d \tau_{c0} \omega}$$

dove d è la somma dei diametri dei trefoli disposti nel tirante, τ_{c0} 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.

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

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

5. Determinazione azione orizzontale.

In sommità è presente una barriera stradale classe H2-W4 i cui montanti sono realizzati mediante profilati a "C" presso piegati con sezione 120*80*6 mm, in acciaio classe S275, posti ad interasse di 2,00 m. In seguito all'urto di un veicolo pesante tutti i montanti della barriera di un certo tratto subiscono una rilevante deformazione plastica. Pertanto il momento flettente massimo trasmesso dalla base di un montante al cordolo in fase d'urto si può calcolare come il momento limite di plasticizzazione, ossia vale:

$$M_{pl} = f_{yd} * W_{pl}$$

dove: f_{yd} = tensione di snervamento del materiale;

W_{pl} = modulo di resistenza plastico della sezione inflessa;

M_{pl} = momento flettente di plasticizzazione del montante.

Riguardo al valore della tensione di snervamento f_y da impiegare nel calcolo di M_p , si osserva che non è corretto assumere la tensione caratteristica, in quanto essa rappresenta il frattile di ordine 0,05 della distribuzione statistica, ossia il valore che ha una probabilità del 5% di essere minorato. Poiché in questo caso l'azione è proporzionale a f_{yd} , si deve invece considerare il frattile di ordine 0.95 (probabilità del 5% di essere maggiorato), come per i valori caratteristici delle azioni.

Nell'allegato 8 del D.M. 09.01.1996 (controlli su acciaio da costruzione) è riportata la formula per il calcolo del valore caratteristico:

$$f_k = f_m - k \cdot s$$

dove: f_m = valore medio

s = scarto quadratico medio

k = fattore funzione del numero n di risultati sperimentali (tabulato nel prospetto I)

per $n = \text{infinito}$ $k = 1.64$

Il frattile di ordine 0.95 è invece dato da:

$$f'_k = f_m + k \cdot s = f_{k+2} - k \cdot s$$

Quindi per calcolare f'_k a partire da f_k , è necessario conoscere lo scarto quadratico medio s . Al punto 2.3 (verifica periodica) dello stesso allegato si prescrive che il coefficiente di variazione percentuale dello snervamento s/f_m sia minore del 7% per acciaio S355 e dell'8% per il S275 e S235. Indicando tale coefficiente con p , si ha:

$$p = s / f_m$$

$$s = p \cdot f_m$$

$$f'_k = f_m - k \cdot s = f_k - k \cdot p \cdot f_m = f_m \cdot (1 - k \cdot p)$$

da cui si ricava il valore medio f_m in funzione di f_k :

$$f_m = f_k / (1 - k \cdot p)$$

Il frattile di ordine 0.95 si può quindi calcolare con:

$$f'_k = f_m + k \cdot s = f_m + k \cdot p \cdot f_m = f_m \cdot (1 + k \cdot p)$$

$$f'_k = f_k \cdot (1 + k \cdot p) / (1 - k \cdot p)$$

Con $k = 1,64$ ($n = \text{infinito}$) e $p = 0,08$ (S275) risulta pertanto:

$$k \cdot p = 1,64 \cdot 0,08 = 0,1312$$

$$f_m = f_k / (1 - 0,1312) = 1,15 f_k$$

$$f'k = f_k (1 + 0,1312) / (1 - 0,1312) = 1,30 f_k$$

Per l'acciaio S275 con tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$ si deve quindi considerare almeno:

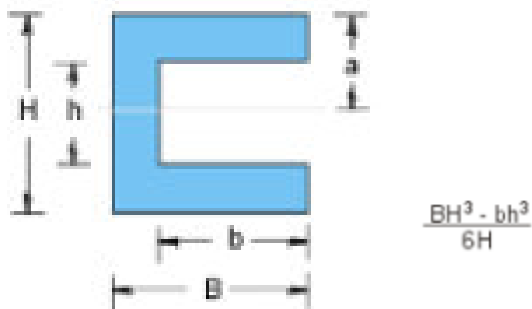
$$\text{valore medio } f_{ym} = 1,15 \cdot 275,00 = 316,25 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{frattile } 0,95 f'_{yk} = 1,30 \cdot 275,00 = 357,50 \text{ N/mm}^2$$

Per il montante con sezione a "C" dimensioni $120 \times 80 \times 6 \text{ mm}$, si calcola dapprima il valore del modulo di resistenza plastico come di seguito:

$$W_{pl} = (B \cdot H^3 - b \cdot h^3) / (6 \cdot H) = 62,53 \text{ cm}^3$$

Avendo indicato con B, H, b, h le seguenti dimensioni



Ne consegue:

$$M_{pl} = 357,50 \text{ N/mm}^2 \cdot 62,53 \text{ cm}^3 \cdot 10^3 = 22,354 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = \mathbf{22,35 \text{ kN} \cdot \text{m}}$$

Si considera che detto momento sia applicato a 60 cm dell'asfalto a cui quindi corrisponde una forza di:

$$F_h = M_{pl} / H = 22,35 \text{ kN} \cdot \text{m} / 0,60 \text{ m} = \mathbf{37,25 \text{ kN}}$$

6. Sezione X-X

6.1. Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
Calcestruzzo armato	
C	Classe di resistenza del cls
N / E	Calcestruzzo Nuovo o Esistente
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R _{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
f _{cm}	Resistenza caratteristica media a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	N / E	C	A	γ [kN/mc]	R _{ck} / f _{cm} [kPa]	E [kPa]	ν	n	ntc
2	C20/25 con chiodo	N	C20/25	S440	24,5170	25000	30200389	0.30	15.00	0.50
		E				23000	30200389			
4	C20/25 pali	N	C20/25	S440	24,5170	25000	30200389	0.30	15.00	0.50
		E				23000	30200389			
5	C25/30	N	C25/30	B450C	24,5170	30000	31447048	0.30	15.00	0.50
		E				0	31447048			

Acciai

Descr	f _{yk} [kPa]	f _{uk} [kPa]	f _{ym} [kPa]
S440	460000	560000	460000
B450C	450000	550000	450000

Tipologie pali

Simbologia adottata

n°	Indice tipologia palo
Descr	Descrizione tipologia palo
Es	Palo esistente appartenente ad un'opera esistente
P	Contributo portanza palo (laterale e/o punta)
Ef	Efficienza palificata
T	Tecnologia costruttiva (trivellato, infisso o elica continua)
V	Vincolo palo-fondazione: Cerniera o Incastro (libero o impedito di ruotare in testa)
Imat	Indice materiale che lo costituisce
BD	usa metodo di Bustamante-Doix
PN	Portanza nota
Pp, PI	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kN]

Descr	Es	P	Ef	T	V	Imat	BD	PN	Pp [kN]	PI [kN]
palo verticale	NO	Laterale + Punta	1.00	Infisso	Incastro	4	SI	NO	--	--

Tipologie tiranti

Simbologia adottata

Descr	Descrizione tipologia
Es	Tirante esistente appartenente ad un'opera esistente
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 [cmq]	
- 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]	
Beta	Coefficiente cadute di tensione tirante attivo

Descr	Es	Imat	D [cm]	Cesp	Tipo armatura	Caratteristiche	Beta
chiodo 38	NO	2	7,60	1.850	Passivo tubolare	38,00 [mm] 8,00 [mm]	---

Interazione terreno- tiranti n° 1 - chiodo 38

I parametri di interazione tiranti-terreno sono stati definiti come percentuale di angolo di attrito e coesione dello strato:

- Aliquota angolo di attrito	1.00	[%]
- Aliquota coesione	1.00	[%]
Coefficiente di spinta	Definito pari a 1,40	

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	20,00	0,00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 20.000 [°]

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 7,00 [m]

Paramento

Materiale	C25/30	
Altezza paramento	3,00	[m]
Altezza paramento libero	2,30	[m]
Spessore in sommità	0,50	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,50	[m]
Inclinazione paramento esterno	0,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

Fondazione

Materiale	C25/30	
Lunghezza mensola di valle	1,50	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,00	[m]
Lunghezza totale	2,00	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,50	[m]
Spessore magrone	0,10	[m]

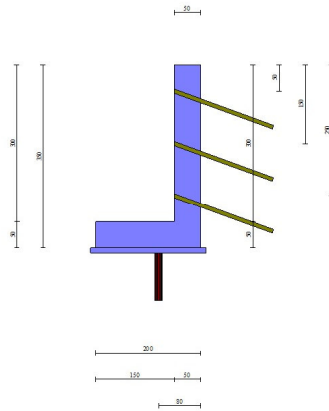


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

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	palo verticale	0,80	0,50	0,25	13	15,00	15,00	0,00	Centrati

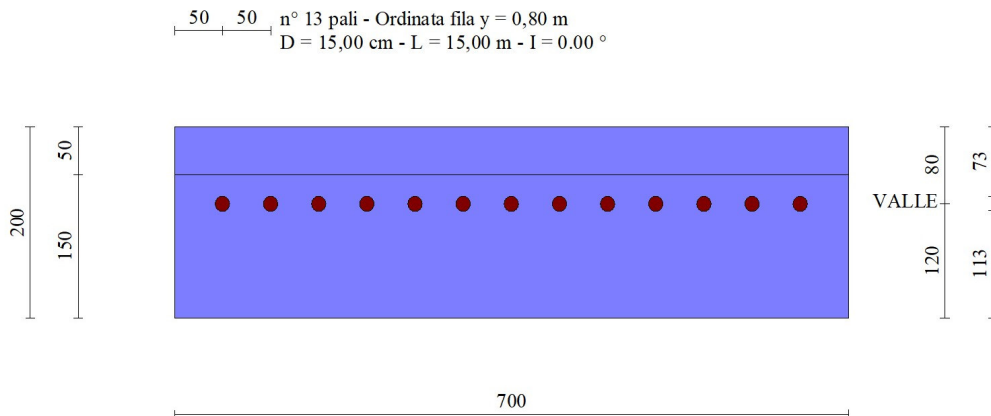


Fig. 2 - Pianta pali

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 [kN]. 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	I	F	ALL	Nt	α	T	Lt	Lf
----	-----------	------	---	---	---	-----	----	---	---	----	----

			[m]	[m]	[m]			[°]	[kN]	[m]	[m]
1	chiodo 38	Paramento	0,50	1,00	0,30	Centrati	7	20.00	--	12,00	11,00
2	chiodo 38	Paramento	1,50	1,00	0,30	Sfalsati	6	20.00	--	12,00	11,00
3	chiodo 38	Paramento	2,50	1,00	0,30	Centrati	7	20.00	--	12,00	11,00

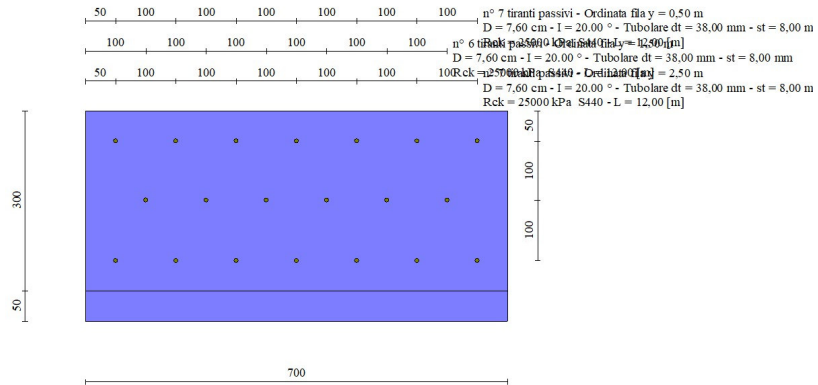


Fig. 3 - Prospetto del paramento con i tiranti

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

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

n°	Descr	γ [kN/mc]	γsat [kN/mc]	φ [°]	δ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	τl [kPa]	
1	Terreno 1	17,6523	18,6329	26.000	17.330	0	0	1.150	0	(CAR)
				26.000	17.333	0	0			(MIN)
				26.000	17.333	0	0			(MED)
2	Terreno 2	18,6329	19,6136	37.000	24.667	5	3	1.150	150	(CAR)
				37.000	24.667	5	3			(MIN)
				37.000	24.667	5	3			(MED)
3	Terreno 3	17,6523	19,6136	37.000	24.667	10	5	1.000	0	(CAR)
				37.000	24.667	10	5			(MIN)
				37.000	24.667	10	5			(MED)

Stratigrafia

Simbologia adottata

- n° Indice dello strato
- H Spessore dello strato espresso in [m]
- α Inclinazione espressa in [°]
- Terreno Terreno dello strato
- Kwn, Kwt Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm²/cm
- Per calcolo pali (solo se presenti)
- Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm
- Ks Coefficiente di spinta
- Cesp Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)
- Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')
- Kststa, Kstsis Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm²]	Kwt [Kg/cm²]	Kw [Kg/cm²]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	3,50	20.000	Terreno 1	0,000	0,000	5,000	0,000	1,000	---	---
2	5,00	20.000	Terreno 2	0,000	0,000	1,200	0,000	1,000	---	---
3	20,00	20.000	Terreno 3	0,000	0,000	1,200	0,000	1,000	---	---

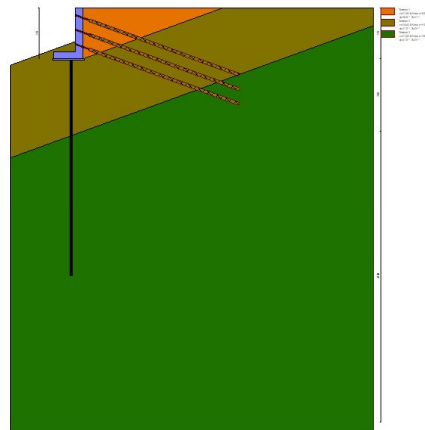


Fig. 4 - Stratigrafia

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 [kN]
- F_y Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
- M Momento espresso in [kNm]
- X_i Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
- X_r Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
- Q_i Intensità del carico per x=X_i espressa in [kN]
- Q_r Intensità del carico per x=X_r espressa in [kN]

Condizione n° 1 (Condizione 1) - VARIABILE TF

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.75 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.00$

Indice di raggruppamento 3

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Concentrato	Paramento	0,00; 0,00	37,2500	0,0000	22,3540				

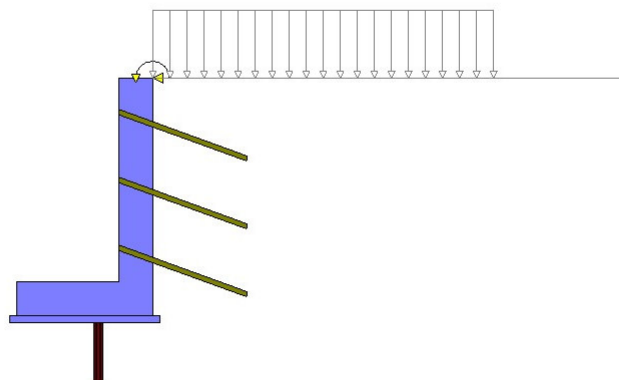


Fig. 5 - Carichi sul muro

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Distribuito					0,00	5,00	20,0000	20,0000

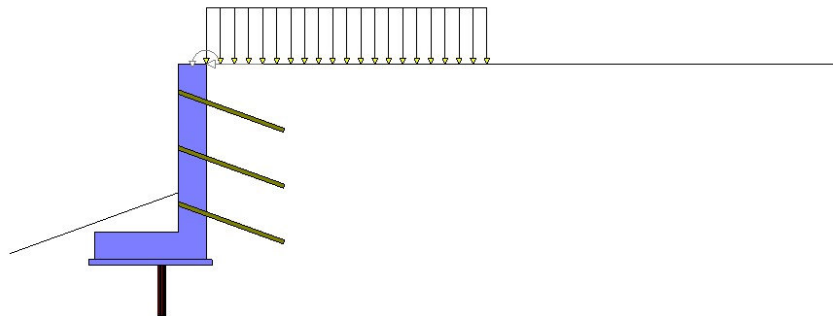


Fig. 6 - Carichi sul terreno

6.2. 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		
			UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	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
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	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
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma^{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ^c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ^{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_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 3

$\zeta_3=1.60$ $\zeta_4=1.48$

Coeff. parziali γ_R 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 3

$\zeta_3=1.70$ $\zeta_4=1.65$

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):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \Psi_{0,2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

- 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.

I valori dei coeff. γ_G e γ_{Qj} , 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 - 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° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - 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° 7 - 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° 8 - 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° 9 - SLEQ

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

Combinazione n° 10 - SLEQ H + V

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

Combinazione n° 11 - 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	Trento
Provincia	Trento
Regione	Trentino-Alto Adige
Latitudine	46.008942
Longitudine	11.155826
Indice punti di interpolazione	10069 - 10068 - 10290 - 10291
Vita nominale	100 anni
Classe d'uso	III
Tipo costruzione	Opere strategiche
Vita di riferimento	150 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	1.295	0.566
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.132	0.058
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.542	2.616
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.322	0.282
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh [%]	kv [%]
Ultimo	1.000	19.004	9.502
Ultimo - Ribaltamento	1.000	19.004	9.502
Esercizio	1.000	8.303	4.151

Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

6.3. Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Correzione Incremento Sismico per presenza di falda	SI
Terreno a bassa permeabilità	SI
Superficie di spinta limitata	NO

Stabilità globale

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

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	50.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	100.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	SI

Spostamenti

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

Opzioni calcolo pali

Portanza verticale

Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Bustamante-Doix
Metodo di calcolo della portanza alla punta	100.00 % della portanza laterale
Considera coeff. di sbulbatura anche nel calcolo della portanza alla punta (se definito)	

Portanza trasversale

Costante di Winkler: da strato	
Criterio rottura palo-terreno	
- Spostamento limite	Attivo pari a 1,50 [cm]
- 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 rottura
Tensione limite resistenza malta	Media valori tc0 e tc1

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 eseguite. Struttura in classe d'uso III o IV

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.
Calcolo momento fessurazione	Apertura
Resistenza a trazione per	Flessione
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}

6.4. Descrizioni del modello a blocchi

Il muro è discretizzato in un blocco rigido collegato al terreno tramite interfacce con comportamento elastico o elasto-plastico. Pertanto, le deformazioni si sviluppano nelle interfacce tra blocco e terreno. Alle interfacce attribuiamo pertanto caratteristiche di rigidità e resistenza correlata a quelle del terreno.

Nel caso specifico il terreno viene assunto con comportamento alla Mohr-Coulomb.

I tiranti e i pali vengono modellati con elementi trave e con comportamento non lineare tramite diagramma Sforzo-Deformazione.

Note le caratteristiche di resistenza e rigidità del terreno e dei vincoli (pali e tiranti) è pertanto possibile assemblare matrici di massa e rigidità come in qualsiasi software ad Elementi Finiti.

Obiettivo del modello a blocchi è determinare il cinematismo e gli spostamenti che subisce il muro.

Visto che gli spostamenti sono funzione della storia di carico che agisce sul muro, l'analisi viene condotta per fasi. Ogni combinazione è discretizzata in fasi (tempi in cui sul muro agiscono azioni volta per volta differenti).

Descrizioni fasi di calcolo

FASE 1

Peso Muro
Pali nuovi
Tiranti nuovi

FASE 2

Carichi Muro
Terrapieno
Spinta

FASE 3

Spinta Sismica

Per **Carichi muro** si intendono i soli carichi applicati all'opera e non al terreno.

Per **Spinta** si intende spinta del terreno e dei carichi applicati al terreno.

6.5. Risultati per combinazione

Spinta e forze

Simbologia adottata

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

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	81,60	17,33	77,90	24,31	0,00	-2,10
	Peso/Inerzia muro			0,00	61,29/0,00	-0,55	-2,20
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	11,94	-1,09	-2,76
	Resistenza passiva terreno antistante			-8,48			
	Risultante forze sul muro			50,29	0,00	--	--
	Resistenza tiranti			-487,90	177,58	-0,50	-1,70
	Resistenza pali			-24,83			
2	Spinta statica	37,53	17,33	35,83	11,18	0,00	-2,33
	Incremento di spinta sismica		20,67	19,73	6,16	0,00	-1,75
	Peso/Inerzia muro			11,65	61,29/5,82	-0,55	-2,20
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			2,27	11,94	-1,09	-2,76
	Resistenza passiva terreno antistante			-8,48			
	Resistenza tiranti			-487,90	177,58	-0,50	-1,70
	Resistenza pali			-21,71			
3	Spinta statica	37,53	17,33	35,83	11,18	0,00	-2,33
	Incremento di spinta sismica		14,53	13,87	4,33	0,00	-1,75
	Peso/Inerzia muro			11,65	61,29/-5,82	-0,55	-2,20
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			2,27	11,94	-1,09	-2,76
	Resistenza passiva terreno antistante			-8,48			
	Resistenza tiranti			-487,90	177,58	-0,50	-1,70
	Resistenza pali			-16,32			
7	Spinta statica	61,83	17,33	59,03	18,42	0,00	-2,10
	Peso/Inerzia muro			0,00	61,29/0,00	-0,55	-2,20
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	11,94	-1,09	-2,76
	Resistenza passiva terreno antistante			-8,48			
	Risultante forze sul muro			37,25	0,00	--	--
	Resistenza tiranti			-585,48	213,10	-0,50	-1,70
	Resistenza pali			-33,87			
8	Spinta statica	55,76	17,33	53,23	16,61	0,00	-2,14
	Peso/Inerzia muro			0,00	61,29/0,00	-0,55	-2,20
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	11,94	-1,09	-2,76
	Resistenza passiva terreno antistante			-8,48			
	Risultante forze sul muro			27,94	0,00	--	--
	Resistenza tiranti			-585,48	213,10	-0,50	-1,70
	Resistenza pali			-33,42			
9	Spinta statica	37,53	17,33	35,83	11,18	0,00	-2,33
	Peso/Inerzia muro			0,00	61,29/0,00	-0,55	-2,20
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	11,94	-1,09	-2,76
	Resistenza passiva terreno antistante			-8,48			
	Resistenza tiranti			-585,48	213,10	-0,50	-1,70
	Resistenza pali			-10,94			
	10	Spinta statica	37,53	17,33	35,83	11,18	0,00
Incremento di spinta sismica			8,12	7,75	2,42	0,00	-1,75
Peso/Inerzia muro				5,09	61,29/2,54	-0,55	-2,20
Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle				0,99	11,94	-1,09	-2,76
Resistenza passiva terreno antistante				-8,48			
Resistenza tiranti				-585,48	213,10	-0,50	-1,70
Resistenza pali				-5,33			
11	Spinta statica	37,53	17,33	35,83	11,18	0,00	-2,33
	Incremento di spinta sismica		5,07	4,84	1,51	0,00	-1,75
	Peso/Inerzia muro			5,09	61,29/-2,54	-0,55	-2,20
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,99	11,94	-1,09	-2,76
	Resistenza passiva terreno antistante			-8,48			
	Resistenza tiranti			-585,48	213,10	-0,50	-1,70
	Resistenza pali			-1,91			

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]

M Momento, espresso in [kNm]
T Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	78,19	1,13	1,51
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	65,30	-0,22	-0,61
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	56,95	-0,15	-0,46
7 - SLER	1	68,75	1,05	1,47
8 - SLEF	1	64,70	0,84	1,16
9 - SLEQ	1	52,56	0,21	0,24
10 - SLEQ H + V	1	57,82	0,03	-0,11
11 - SLEQ H - V	1	54,04	0,07	-0,04

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		4.066					
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	7.457					
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	8.059					
4 - GEO (A2-M2-R2)					4.233		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				4.250		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				4.204		

Verifiche portanza trasversale (scorrimento)

Simbologia adottata

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

Ic	Ip	T [kN]	Td [kN]	FS _o
1 - STR (A1-M1-R3)	1	1,51	13,37	8.826
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	-0,61	11,69	19.231
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	-0,46	8,79	19.231

Verifiche portanza verticale

Simbologia adottata

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

Ic	Ip	N [kN]	Pd [kN]	FS _v
1 - STR (A1-M1-R3)	1	78,19	434,18	5.553
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	65,30	434,18	6.649
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	56,95	434,18	7.624

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 [kN]
A	Attrito negativo, espresso in [kN]
Sub	Sottospinta, espresso in [kN]
Wp	Peso palo, espresso in [kN]

n°	Nc	N'c	Nq	N'q	Zc [m]	Pp [kN]	Pl [kN]	A [kN]	Sub [kN]	Wp [kN]
1	0,000	0,000	0,000	0,000	--	406,44 406,44	406,44 406,44	0,00	0,00	7,61

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

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

Ic	C [m]	R [m]	FS
4 - GEO (A2-M2-R2)	-4,50; 4,50	23,36	4,233
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-4,50; 4,50	23,36	4,250
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-4,50; 4,50	23,36	4,204

Cedimenti pali

Simbologia adottata

Ic	Indice combinazione
Ip	Indice palo
w	Cedimento, espresso in [cm]

Ic	Ip	w [cm]
7	1	0,0741
8	1	0,0698
9	1	0,0567

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 [kN]. In grassetto il tiro massimo in esercizio
Nx/ml, Ny/ml	Componente in direzione X ed Y del tiro a metro lineare, espresso in [kN]
R	Resistenza di progetto, espresso in [kN]
Rx/ml, Ry/ml	Resistenza in direzione X ed Y a metro lineare, espressa in [kN]

It	S [m]	Ic	Lf [m]	Lt [m]	N [kN]	Nx/ml [kN]	Ny/ml [kN]	R [kN]	Rx/ml [kN]	Ry/ml [kN]		
1 [P]	0,50	1	8,70	9,70	83,11	78,10	28,43	128,49	78,10	28,43		
		2	2,90	3,90	10,30	9,68	3,52	128,49	9,68	3,52		
		3	2,40	3,40	7,99	7,50	2,73	128,49	7,50	2,73		
		7	6,80	7,80	63,27	59,46	21,64	154,19	59,46	21,64		
		8	5,90	6,90	48,69	45,76	16,65	154,19	45,76	16,65		
		9	1,40	2,40	4,96	4,66	1,70	154,19	4,66	1,70		
		10	1,90	2,90	7,09	6,67	2,43	154,19	6,67	2,43		
		11	1,60	2,60	6,00	5,64	2,05	154,19	5,64	2,05		
					11,00	12,00	83,11					
		2 [P]	1,50	1	4,70	5,70	47,83	38,52	14,02	178,12	38,52	14,02
				2	3,10	4,10	24,49	19,73	7,18	178,12	19,73	7,18
3	2,90			3,90	22,41	18,05	6,57	178,12	18,05	6,57		
7	3,50			4,50	35,91	28,93	10,53	213,74	28,93	10,53		
8	3,10			4,10	30,07	24,22	8,82	213,74	24,22	8,82		
9	1,80			2,80	12,54	10,10	3,68	213,74	10,10	3,68		
10	2,30			3,30	17,45	14,06	5,12	213,74	14,06	5,12		
11	2,20			3,20	16,42	13,22	4,81	213,74	13,22	4,81		
					11,00	12,00	47,83					

It	S [m]	Ic	Lf [m]	Lt [m]	N [kN]	Nx/ml [kN]	Ny/ml [kN]	R [kN]	Rx/ml [kN]	Ry/ml [kN]	
3 [P]	2,50	1	1,30	2,30	15,30	14,38	5,23	230,91	14,38	5,23	
		2	2,90	3,90	41,45	38,95	14,18	230,91	38,95	14,18	
		3	2,80	3,80	39,60	37,21	13,54	230,91	37,21	13,54	
		7	0,90	1,90	11,31	10,63	3,87	277,09	10,63	3,87	
		8	1,10	2,10	14,20	13,35	4,86	277,09	13,35	4,86	
		9	1,60	2,60	22,89	21,50	7,83	277,09	21,50	7,83	
		10	2,00	3,00	30,57	28,73	10,46	277,09	28,73	10,46	
		11	1,90	2,90	29,59	27,81	10,12	277,09	27,81	10,12	
					11,00	12,00	41,45				

Verifica di resistenza allo sfilamento

Simbologia adottata

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

It	S [m]	Ic	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R [kN]	N [kN]	FS		
1 [P]	0,50	1	128,49	1244,21	5335,96	128,49	83,11	1.546		
		2	128,49	1244,21	5335,96	128,49	10,30	12.479		
		3	128,49	1244,21	5335,96	128,49	7,99	16.090		
		7	154,19	1244,21	5335,96	154,19	63,27	2.437		
		8	154,19	1244,21	5335,96	154,19	48,69	3.166		
		9	154,19	1244,21	5335,96	154,19	4,96	31.087		
		10	154,19	1244,21	5335,96	154,19	7,09	21.738		
		11	154,19	1244,21	5335,96	154,19	6,00	25.691		
		2 [P]	1,50	1	178,12	1244,21	5335,96	178,12	47,83	3.724
		2		178,12	1244,21	5335,96	178,12	24,49	7.272	
		3		178,12	1244,21	5335,96	178,12	22,41	7.947	
7	213,74	1244,21		5335,96	213,74	35,91	5.952			
8	213,74	1244,21		5335,96	213,74	30,07	7.108			
9	213,74	1244,21		5335,96	213,74	12,54	17.040			
10	213,74	1244,21		5335,96	213,74	17,45	12.246			
11	213,74	1244,21		5335,96	213,74	16,42	13.019			
3 [P]	2,50	1		230,91	1244,21	5335,96	230,91	15,30	15.092	
2		230,91		1244,21	5335,96	230,91	41,45	5.571		
3		230,91		1244,21	5335,96	230,91	39,60	5.831		
7		277,09	1244,21	5335,96	277,09	11,31	24.499			
8		277,09	1244,21	5335,96	277,09	14,20	19.508			
9		277,09	1244,21	5335,96	277,09	22,89	12.108			
10		277,09	1244,21	5335,96	277,09	30,57	9.063			
11		277,09	1244,21	5335,96	277,09	29,59	9.364			

Verifica delle tensioni massime nell'armatura del tirante

Simbologia adottata

- N_{MAX} Tiro massimo in esercizio sul tirante, espresso in [kN]
- A Area del tirante, espresso in [cmq]
- σ_t Tensione nel tirante (N_{MAX}/A), espresso in [kPa]
- σ_{lim} Tensione limite dell'acciaio del tirante, espresso in [kPa]

It	S [m]	N _{MAX} [kN]	A [cmq]	σ _t [kPa]	σ _{lim} [kPa]
1 [P]	0,50	83,11	7,54	110227	400000
2 [P]	1,50	47,83	7,54	63430	400000
3 [P]	2,50	41,45	7,54	54971	400000

Sollecitazioni

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

- M_x, M_y Momenti flettenti, espresso in [kNm]
- M_{xy} Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
- T_x, T_y Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)
- I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Piastra paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

In	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _{xy} [kNm]	T _x [kN]	T _y [kN]
183	2,19	7,29	0,00	0,00	28,64 MAX
193	-39,01	-73,40	0,00	0,00	-17,67 MIN
183	2,19	7,29	0,00	0,00	28,64 MAX

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
193	-39,01	-73,40	0,00	0,00	-17,67	MIN
94	-9,94	-52,29	2,57	-1,40	8,25	MAX
335	-9,94	-52,29	-2,57	1,40	8,25	MIN
116	-6,77	-51,37	0,45	63,54	-17,09	MAX
310	-6,77	-51,37	-0,45	-63,54	-17,09	MIN
214	-11,60	-31,35	0,25	-0,39	65,58	MAX
194	-16,07	-39,80	0,00	0,00	-92,61	MIN

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
183	5,81	19,38	0,00	0,00	30,76	MAX
193	-39,01	-73,40	0,00	0,00	-17,67	MIN
183	5,81	19,38	0,00	0,00	30,76	MAX
193	-39,01	-73,40	0,00	0,00	-17,67	MIN
94	-9,94	-52,29	2,57	-1,40	8,25	MAX
335	-9,94	-52,29	-2,57	1,40	8,25	MIN
116	-6,77	-51,37	0,45	63,54	-17,09	MAX
310	-6,77	-51,37	-0,45	-63,54	-17,09	MIN
214	-11,60	-31,35	0,25	-0,39	65,58	MAX
194	-16,07	-39,80	0,00	0,00	-92,61	MIN

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

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
183	5,81	19,38	0,00	0,00	30,76	MAX
193	-39,01	-73,40	0,00	0,00	-17,67	MIN
183	5,81	19,38	0,00	0,00	30,76	MAX
193	-39,01	-73,40	0,00	0,00	-17,67	MIN
94	-9,94	-52,29	2,57	-1,40	8,25	MAX
335	-9,94	-52,29	-2,57	1,40	8,25	MIN
116	-6,77	-51,37	0,45	63,54	-17,09	MAX
310	-6,77	-51,37	-0,45	-63,54	-17,09	MIN
214	-11,60	-31,35	0,25	-0,39	65,58	MAX
194	-16,07	-39,80	0,00	0,00	-92,61	MIN

Combinazione n° 7 - SLER

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
183	5,81	19,38	0,00	0,00	30,76	MAX
193	-39,01	-73,40	0,00	0,00	-17,67	MIN
183	5,81	19,38	0,00	0,00	30,76	MAX
193	-39,01	-73,40	0,00	0,00	-17,67	MIN
94	-9,94	-52,29	2,57	-1,40	8,25	MAX
335	-9,94	-52,29	-2,57	1,40	8,25	MIN
116	-6,77	-51,37	0,45	63,54	-17,09	MAX
310	-6,77	-51,37	-0,45	-63,54	-17,09	MIN
214	-11,60	-31,35	0,25	-0,39	65,58	MAX
194	-16,07	-39,80	0,00	0,00	-92,61	MIN

Combinazione n° 8 - SLEF

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
183	5,81	19,38	0,00	0,00	30,76	MAX
193	-39,01	-73,40	0,00	0,00	-17,67	MIN
183	5,81	19,38	0,00	0,00	30,76	MAX
193	-39,01	-73,40	0,00	0,00	-17,67	MIN
94	-9,94	-52,29	2,57	-1,40	8,25	MAX
335	-9,94	-52,29	-2,57	1,40	8,25	MIN
116	-6,77	-51,37	0,45	63,54	-17,09	MAX
310	-6,77	-51,37	-0,45	-63,54	-17,09	MIN
214	-11,60	-31,35	0,25	-0,39	65,58	MAX
194	-16,07	-39,80	0,00	0,00	-92,61	MIN

Combinazione n° 9 - SLEQ

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
183	5,81	19,38	0,00	0,00	30,76	MAX
193	-39,01	-73,40	0,00	0,00	-17,67	MIN
183	5,81	19,38	0,00	0,00	30,76	MAX
193	-39,01	-73,40	0,00	0,00	-17,67	MIN
94	-9,94	-52,29	2,57	-1,40	8,25	MAX
335	-9,94	-52,29	-2,57	1,40	8,25	MIN
116	-6,77	-51,37	0,45	63,54	-17,09	MAX
310	-6,77	-51,37	-0,45	-63,54	-17,09	MIN
214	-11,60	-31,35	0,25	-0,39	65,58	MAX
194	-16,07	-39,80	0,00	0,00	-92,61	MIN

Combinazione n° 10 - SLEQ H + V

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
----	-------------	-------------	--------------	------------	------------	--

	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	
183	5,81	19,38	0,00	0,00	30,76	MAX
193	-39,01	-73,40	0,00	0,00	-17,67	MIN
183	5,81	19,38	0,00	0,00	30,76	MAX
193	-39,01	-73,40	0,00	0,00	-17,67	MIN
94	-9,94	-52,29	2,57	-1,40	8,25	MAX
335	-9,94	-52,29	-2,57	1,40	8,25	MIN
116	-6,77	-51,37	0,45	63,54	-17,09	MAX
310	-6,77	-51,37	-0,45	-63,54	-17,09	MIN
214	-11,60	-31,35	0,25	-0,39	65,58	MAX
194	-16,07	-39,80	0,00	0,00	-92,61	MIN

Combinazione n° 11 - SLEQ H - V

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
183	5,81	19,38	0,00	0,00	30,76	MAX
193	-39,01	-73,40	0,00	0,00	-17,67	MIN
183	5,81	19,38	0,00	0,00	30,76	MAX
193	-39,01	-73,40	0,00	0,00	-17,67	MIN
94	-9,94	-52,29	2,57	-1,40	8,25	MAX
335	-9,94	-52,29	-2,57	1,40	8,25	MIN
116	-6,77	-51,37	0,45	63,54	-17,09	MAX
310	-6,77	-51,37	-0,45	-63,54	-17,09	MIN
214	-11,60	-31,35	0,25	-0,39	65,58	MAX
194	-16,07	-39,80	0,00	0,00	-92,61	MIN

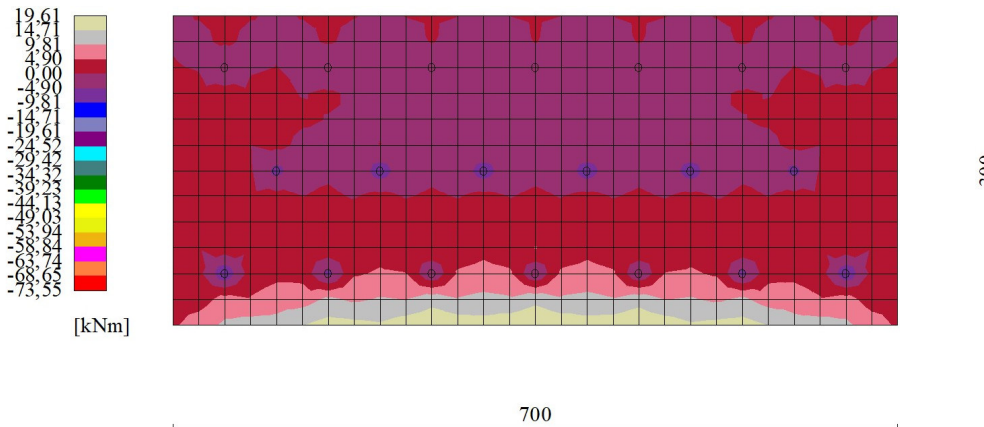


Fig. 11 - Piastra paramento - Momenti My_{MAX} (Combinazione n° 2)

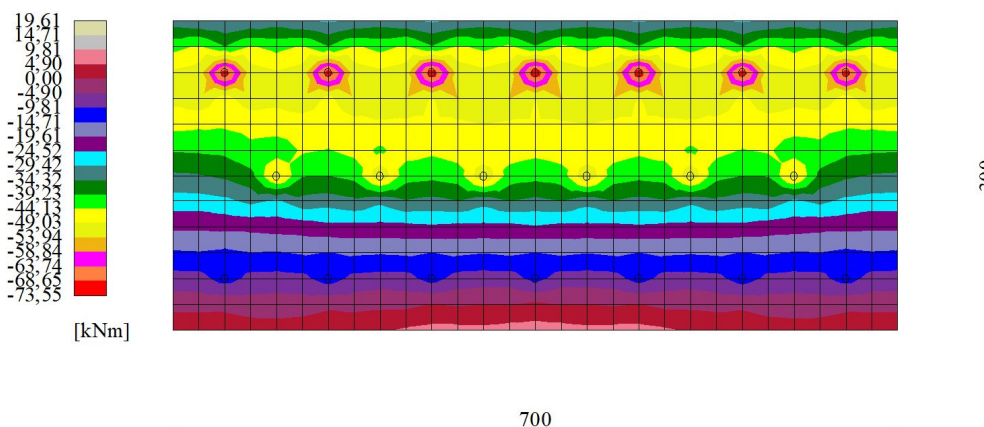


Fig. 12 - Piastra paramento - Momenti My_{MIN} (Combinazione n° 1)

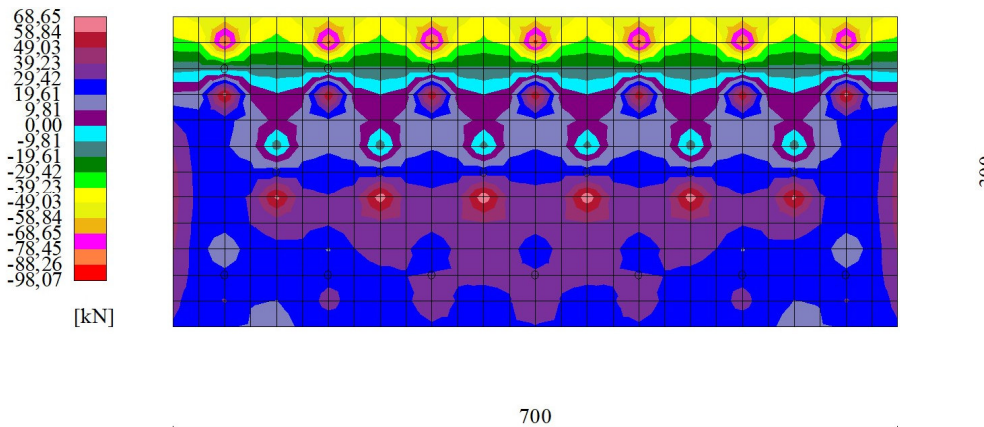


Fig. 13 - Piastra paramento - Taglio Ty (Combinazione n° 1)

Piastra fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
416	0,46	-0,02	-0,01	-0,11	1,76	MAX
64	-6,87	-22,89	-0,02	0,00	32,49	MIN
1	0,02	0,02	0,05	-0,55	2,85	MAX
64	-6,87	-22,89	-0,02	0,00	32,49	MIN
466	-6,53	-21,77	3,89	0,00	13,25	MAX
58	-6,53	-21,77	-3,90	0,00	13,24	MIN
44	-0,73	-16,98	-1,63	3,95	15,20	MAX
465	-0,72	-16,98	1,63	-3,93	15,19	MIN
60	-6,72	-22,40	-0,28	0,00	33,28	MAX
5	0,29	-0,03	0,04	-0,53	1,66	MIN

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
416	0,46	-0,02	-0,01	-0,11	1,76	MAX
64	-6,87	-22,89	-0,02	0,00	32,49	MIN
1	0,02	0,02	0,05	-0,55	2,85	MAX
64	-6,87	-22,89	-0,02	0,00	32,49	MIN
466	-6,53	-21,77	3,89	0,00	13,25	MAX
58	-6,53	-21,77	-3,90	0,00	13,24	MIN
44	-0,73	-16,98	-1,63	3,95	15,20	MAX
465	-0,72	-16,98	1,63	-3,93	15,19	MIN
60	-6,72	-22,40	-0,28	0,00	33,28	MAX
5	0,27	-0,03	0,03	-0,49	1,56	MIN

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

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
416	0,46	-0,02	-0,01	-0,11	1,76	MAX
64	-6,87	-22,89	-0,02	0,00	32,49	MIN
1	0,02	0,02	0,05	-0,55	2,85	MAX
64	-6,87	-22,89	-0,02	0,00	32,49	MIN
466	-6,53	-21,77	3,89	0,00	13,25	MAX
58	-6,53	-21,77	-3,90	0,00	13,24	MIN
44	-0,73	-16,98	-1,63	3,95	15,20	MAX
465	-0,72	-16,98	1,63	-3,93	15,19	MIN
60	-6,72	-22,40	-0,28	0,00	33,28	MAX
5	0,27	-0,03	0,03	-0,53	1,56	MIN

Combinazione n° 7 - SLER

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
416	0,46	-0,02	-0,01	-0,11	1,76	MAX
64	-6,87	-22,89	-0,02	0,00	32,49	MIN
1	0,02	0,02	0,05	-0,55	2,85	MAX
64	-6,87	-22,89	-0,02	0,00	32,49	MIN
466	-6,53	-21,77	3,89	0,00	13,25	MAX
58	-6,53	-21,77	-3,90	0,00	13,24	MIN
44	-0,73	-16,98	-1,63	3,95	15,20	MAX
465	-0,72	-16,98	1,63	-3,93	15,19	MIN
60	-6,72	-22,40	-0,28	0,00	33,28	MAX
5	0,27	-0,03	0,03	-0,53	1,56	MIN

Combinazione n° 8 - SLEF

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
416	0,46	-0,02	-0,01	-0,11	1,76	MAX
64	-6,87	-22,89	-0,02	0,00	32,49	MIN
1	0,02	0,02	0,05	-0,55	2,85	MAX
64	-6,87	-22,89	-0,02	0,00	32,49	MIN
466	-6,53	-21,77	3,89	0,00	13,25	MAX
58	-6,53	-21,77	-3,90	0,00	13,24	MIN
44	-0,73	-16,98	-1,63	3,95	15,20	MAX
465	-0,72	-16,98	1,63	-3,93	15,19	MIN
60	-6,72	-22,40	-0,28	0,00	33,28	MAX
5	0,27	-0,03	0,03	-0,53	1,56	MIN

Combinazione n° 9 - SLEQ

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
416	0,46	-0,02	-0,01	-0,11	1,76	MAX
64	-6,87	-22,89	-0,02	0,00	32,49	MIN
1	0,02	0,02	0,05	-0,55	2,85	MAX
64	-6,87	-22,89	-0,02	0,00	32,49	MIN
466	-6,53	-21,77	3,89	0,00	13,25	MAX
58	-6,53	-21,77	-3,90	0,00	13,24	MIN
44	-0,73	-16,98	-1,63	3,95	15,20	MAX
465	-0,72	-16,98	1,63	-3,93	15,19	MIN
60	-6,72	-22,40	-0,28	0,00	33,28	MAX
5	0,27	-0,03	0,03	-0,53	1,56	MIN

Combinazione n° 10 - SLEQ H + V

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
416	0,46	-0,02	-0,01	-0,11	1,76	MAX
64	-6,87	-22,89	-0,02	0,00	32,49	MIN
1	0,02	0,02	0,05	-0,55	2,85	MAX
64	-6,87	-22,89	-0,02	0,00	32,49	MIN
466	-6,53	-21,77	3,89	0,00	13,25	MAX
58	-6,53	-21,77	-3,90	0,00	13,24	MIN
44	-0,73	-16,98	-1,63	3,95	15,20	MAX
465	-0,72	-16,98	1,63	-3,93	15,19	MIN
60	-6,72	-22,40	-0,28	0,00	33,28	MAX
5	0,27	-0,03	0,03	-0,53	1,56	MIN

Combinazione n° 11 - SLEQ H - V

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
416	0,46	-0,02	-0,01	-0,11	1,76	MAX
64	-6,87	-22,89	-0,02	0,00	32,49	MIN
1	0,02	0,02	0,05	-0,55	2,85	MAX
64	-6,87	-22,89	-0,02	0,00	32,49	MIN
466	-6,53	-21,77	3,89	0,00	13,25	MAX
58	-6,53	-21,77	-3,90	0,00	13,24	MIN
44	-0,73	-16,98	-1,63	3,95	15,20	MAX
465	-0,72	-16,98	1,63	-3,93	15,19	MIN
60	-6,72	-22,40	-0,28	0,00	33,28	MAX
5	0,27	-0,03	0,03	-0,53	1,56	MIN

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

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

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	78,19	808,82	1,51	17,38	1,13	12,99
2	0,15	78,23	808,82	1,03	11,81	0,93	10,63
18	2,55	58,85	613,73	0,00	-0,04	-0,11	-1,24
25	3,60	50,38	528,37	-0,05	-0,62	-0,07	-0,81
36	5,25	37,95	406,44	-0,02	-0,20	-0,01	-0,06

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	65,30	808,83	-0,61	-15,20	-0,22	-5,44
2	0,15	65,34	808,83	-0,30	-7,42	-0,14	-3,56

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
13	1,80	54,15	674,70	0,01	0,15	0,06	1,51
19	2,70	48,04	601,54	0,03	0,76	0,04	1,05
36	5,25	31,51	406,44	0,00	0,06	0,00	-0,05

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

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	56,95	808,83	-0,46	-11,42	-0,15	-3,81
2	0,15	57,00	808,83	-0,22	-5,44	-0,10	-2,40
12	1,65	48,07	686,90	0,00	0,01	0,05	1,19
19	2,70	41,83	601,54	0,02	0,60	0,03	0,78
36	5,25	27,33	406,44	0,00	0,04	0,00	-0,04

Combinazione n° 7 - SLER

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	68,75	808,81	1,47	18,24	1,05	12,99
2	0,15	68,80	808,81	0,98	12,08	0,85	10,53
18	2,55	51,69	613,72	-0,01	-0,12	-0,11	-1,31
24	3,45	45,27	540,55	-0,05	-0,66	-0,07	-0,91
36	5,25	33,23	406,43	-0,02	-0,19	0,00	-0,06

Combinazione n° 8 - SLEF

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	64,70	808,80	1,16	17,99	0,84	12,99
2	0,15	64,75	808,80	0,78	12,00	0,68	10,56
18	2,55	48,61	613,69	-0,01	-0,10	-0,08	-1,29
24	3,45	42,56	540,52	-0,04	-0,65	-0,06	-0,91
36	5,25	31,21	406,38	-0,01	-0,20	0,00	-0,06

Combinazione n° 9 - SLEQ

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	52,56	808,81	0,24	5,89	0,21	5,31
2	0,15	52,61	808,81	0,18	4,45	0,18	4,48
20	2,85	37,73	589,33	0,00	-0,06	-0,02	-0,43
26	3,75	32,77	516,17	-0,01	-0,21	-0,01	-0,28
36	5,25	25,14	406,43	0,00	-0,08	0,00	-0,04

Combinazione n° 10 - SLEQ H + V

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	57,82	808,81	-0,11	-2,87	0,03	0,84
2	0,15	57,86	808,81	-0,02	-0,48	0,05	1,13
4	0,45	56,05	784,42	0,00	0,05	0,05	1,23
11	1,50	49,72	699,07	0,02	0,62	0,03	0,80
31	4,50	31,61	455,20	0,00	0,00	0,00	-0,05
36	5,25	27,77	406,43	0,00	-0,03	0,00	-0,04

Combinazione n° 11 - SLEQ H - V

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	54,04	808,82	-0,04	-1,03	0,07	1,65
2	0,15	54,09	808,82	0,02	0,49	0,07	1,71
7	0,90	49,85	747,85	0,04	0,88	0,05	1,17
28	4,05	32,02	491,79	0,00	-0,01	0,00	-0,08
36	5,25	25,88	406,44	0,00	-0,04	0,00	-0,04

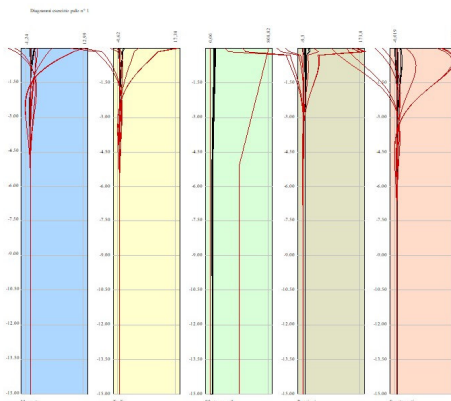


Fig. 17 - Sollecitazioni palo (Palo n° 1) (Inviluppo)

Verifiche strutturali

Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

- n° indice sezione
- 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 [kNm]
- N sforzo normale agente espressa in [kN]
- Mrd momento resistente espresso in [kNm]
- Nrd sforzo normale resistente espresso in [kN]
- 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 [kNm]
- Mrd momento resistente espresso in [kNm]
- FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Micropali

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Ip	Is	Ar [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mrd [kNm]	Nrd [kN]	FS
1	1	17,09	1,13	78,19	12,51	78,19	11.050

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Ip	Is	Ar [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mrd [kNm]	Nrd [kN]	FS
1	1	17,09	0,22	65,30	12,59	65,30	57.810

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

Ip	Is	Ar [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mrd [kNm]	Nrd [kN]	FS
1	1	17,09	0,15	56,95	12,64	56,95	83.021



Fig. 18 - Piastra paramento dir. X (Inviluppo)



Fig. 19 - Piastra paramento dir. Y (Inviluppo)

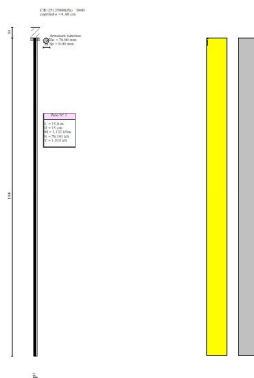


Fig. 22 - Pali (Palo n° 1) (Inviluppo)

Verifiche a taglio

Simbologia adottata

- n° (o 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 [kN]
 V_{Rsd} resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]
 V_{Rd} resistenza di progetto a taglio espresso in [kN]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio ($A_{sw} > 0.0$) $V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd})$.
 T taglio agente espressa in [kN]
 FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

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 $2 / \pi$.

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Ip	Is	A _{sw} [cm ²]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	1	10,88	275,19	1,51	181.691

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Ip	Is	A _{sw} [cm ²]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	1	10,88	275,19	0,61	452.628

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

Ip	Is	A _{sw} [cm ²]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	1	10,88	275,19	0,46	602.351

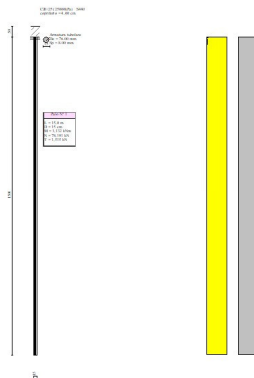


Fig. 27 - Pali (Palo n° 1) (Inviluppo)

6.6. 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 [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	81,60	17,33	77,90	24,31	0,00	-2,10
	Peso/Inerzia muro			0,00	61,29/0,00	-0,55	-2,20
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	11,94	-1,09	-2,76
	Resistenza passiva terreno antistante			-8,48			
	Risultante forze sul muro			50,29	0,00	--	--
	Resistenza tiranti			-487,90	177,58	-0,50	-1,70
	Resistenza pali			-24,83			
2	Spinta statica	37,53	17,33	35,83	11,18	0,00	-2,33
	Incremento di spinta sismica		20,67	19,73	6,16	0,00	-1,75
	Peso/Inerzia muro			11,65	61,29/5,82	-0,55	-2,20
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			2,27	11,94	-1,09	-2,76
	Resistenza passiva terreno antistante			-8,48			
	Resistenza tiranti			-487,90	177,58	-0,50	-1,70
	Resistenza pali			-21,71			

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

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

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	78,19	1,13	1,51
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	65,30	-0,22	-0,61

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		4.066					
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	7.457					
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	8.059					
4 - GEO (A2-M2-R2)					4.233		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				4.250		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				4.204		

Verifiche portanza trasversale (scorrimento)

Simbologia adottata

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

Ic	Ip	T [kN]	Td [kN]	FSo
----	----	-----------	------------	-----

Ic	Ip	T [kN]	Td [kN]	FSo
1 - STR (A1-M1-R3)	1	1,51	13,37	8.826
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	-0,61	11,69	19.231

Verifiche portanza verticale

Simbologia adottata

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

Ic	Ip	N [kN]	Pd [kN]	FSv
1 - STR (A1-M1-R3)	1	78,19	434,18	5.553
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	65,30	434,18	6.649
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	65,30	434,18	6.649

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 [kN]
A	Attrito negativo, espresso in [kN]
Sub	Sottospinta, espresso in [kN]
Wp	Peso palo, espresso in [kN]

n°	Nc	N'c	Nq	N'q	Zc [m]	Pp [kN]	Pl [kN]	A [kN]	Sub [kN]	Wp [kN]
1	0.000	0.000	0.000	0.000	--	406,44 406,44	406,44 406,44	0,00	0,00	7,61

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

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

Ic	C [m]	R [m]	FS
4 - GEO (A2-M2-R2)	-4,50; 4,50	23,36	4.233
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-4,50; 4,50	23,36	4.204

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 [kN]. In grassetto il tiro massimo in esercizio
Nx/ml, Ny/ml	Componente in direzione X ed Y del tiro a metro lineare, espresso in [kN]
R	Resistenza di progetto, espresso in [kN]
Rx/ml, Ry/ml	Resistenza in direzione X ed Y a metro lineare, espressa in [kN]

It	S [m]	Ic	Lf [m]	Lt [m]	N [kN]	Nx/ml [kN]	Ny/ml [kN]	R [kN]	Rx/ml [kN]	Ry/ml [kN]		
1 [P]	0,50	1	8,70	9,70	83,11	78,10	28,43	128,49	78,10	28,43		
			2,90	3,90	10,30	9,68	3,52	128,49	9,68	3,52		
			2,40	3,40	7,99	7,50	2,73	128,49	7,50	2,73		
			6,80	7,80	63,27	59,46	21,64	154,19	59,46	21,64		
			5,90	6,90	48,69	45,76	16,65	154,19	45,76	16,65		
			1,40	2,40	4,96	4,66	1,70	154,19	4,66	1,70		
			1,90	2,90	7,09	6,67	2,43	154,19	6,67	2,43		

It	S [m]	Ic	Lf [m]	Lt [m]	N [kN]	Nx/ml [kN]	Ny/ml [kN]	R [kN]	Rx/ml [kN]	Ry/ml [kN]
		11	1,60	2,60	6,00	5,64	2,05	154,19	5,64	2,05
			11,00	12,00	83,11					
2 [P]	1,50	1	4,70	5,70	47,83	38,52	14,02	178,12	38,52	14,02
		2	3,10	4,10	24,49	19,73	7,18	178,12	19,73	7,18
		3	2,90	3,90	22,41	18,05	6,57	178,12	18,05	6,57
		7	3,50	4,50	35,91	28,93	10,53	213,74	28,93	10,53
		8	3,10	4,10	30,07	24,22	8,82	213,74	24,22	8,82
		9	1,80	2,80	12,54	10,10	3,68	213,74	10,10	3,68
		10	2,30	3,30	17,45	14,06	5,12	213,74	14,06	5,12
		11	2,20	3,20	16,42	13,22	4,81	213,74	13,22	4,81
			11,00	12,00	47,83					
3 [P]	2,50	1	1,30	2,30	15,30	14,38	5,23	230,91	14,38	5,23
		2	2,90	3,90	41,45	38,95	14,18	230,91	38,95	14,18
		3	2,80	3,80	39,60	37,21	13,54	230,91	37,21	13,54
		7	0,90	1,90	11,31	10,63	3,87	277,09	10,63	3,87
		8	1,10	2,10	14,20	13,35	4,86	277,09	13,35	4,86
		9	1,60	2,60	22,89	21,50	7,83	277,09	21,50	7,83
		10	2,00	3,00	30,57	28,73	10,46	277,09	28,73	10,46
		11	1,90	2,90	29,59	27,81	10,12	277,09	27,81	10,12
			11,00	12,00	41,45					

Verifica di resistenza allo sfilamento

Simbologia adottata

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

It	S [m]	Ic	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R [kN]	N [kN]	FS
1 [P]	0,50	1	128,49	1244,21	5335,96	128,49	83,11	1.546
		2	128,49	1244,21	5335,96	128,49	10,30	12.479
		3	128,49	1244,21	5335,96	128,49	7,99	16.090
		7	154,19	1244,21	5335,96	154,19	63,27	2.437
		8	154,19	1244,21	5335,96	154,19	48,69	3.166
		9	154,19	1244,21	5335,96	154,19	4,96	31.087
		10	154,19	1244,21	5335,96	154,19	7,09	21.738
		11	154,19	1244,21	5335,96	154,19	6,00	25.691
2 [P]	1,50	1	178,12	1244,21	5335,96	178,12	47,83	3.724
		2	178,12	1244,21	5335,96	178,12	24,49	7.272
		3	178,12	1244,21	5335,96	178,12	22,41	7.947
		7	213,74	1244,21	5335,96	213,74	35,91	5.952
		8	213,74	1244,21	5335,96	213,74	30,07	7.108
		9	213,74	1244,21	5335,96	213,74	12,54	17.040
		10	213,74	1244,21	5335,96	213,74	17,45	12.246
		11	213,74	1244,21	5335,96	213,74	16,42	13.019
3 [P]	2,50	1	230,91	1244,21	5335,96	230,91	15,30	15.092
		2	230,91	1244,21	5335,96	230,91	41,45	5.571
		3	230,91	1244,21	5335,96	230,91	39,60	5.831
		7	277,09	1244,21	5335,96	277,09	11,31	24.499
		8	277,09	1244,21	5335,96	277,09	14,20	19.508
		9	277,09	1244,21	5335,96	277,09	22,89	12.108
		10	277,09	1244,21	5335,96	277,09	30,57	9.063
		11	277,09	1244,21	5335,96	277,09	29,59	9.364

Verifica delle tensioni massime nell'armatura del tirante

Simbologia adottata

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

It	S [m]	N _{MAX} [kN]	A [cmq]	σ _f [kPa]	σ _{lim} [kPa]
1 [P]	0,50	83,11	7,54	110227	400000
2 [P]	1,50	47,83	7,54	63430	400000
3 [P]	2,50	41,45	7,54	54971	400000

Sollecitazioni

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

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

Piastra paramento

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
183	5,81 (2)	19,38 (2)	0,00 (2)	0,00 (2)	30,76 (2)	MAX
193	-39,01 (1)	-73,40 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-17,67 (1)	MIN
183	5,81 (2)	19,38 (2)	0,00 (2)	0,00 (2)	30,76 (2)	MAX
193	-39,01 (1)	-73,40 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-17,67 (1)	MIN
94	-9,94 (1)	-52,29 (1)	2,57 (1)	-1,40 (1)	8,25 (1)	MAX
335	-9,94 (1)	-52,29 (1)	-2,57 (1)	1,40 (1)	8,25 (1)	MIN
116	-6,77 (1)	-51,37 (1)	0,45 (1)	63,54 (1)	-17,09 (1)	MAX
310	-6,77 (1)	-51,37 (1)	-0,45 (1)	-63,54 (1)	-17,09 (1)	MIN
214	-11,60 (1)	-31,35 (1)	0,25 (1)	-0,39 (1)	65,58 (1)	MAX
194	-16,07 (1)	-39,80 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-92,61 (1)	MIN

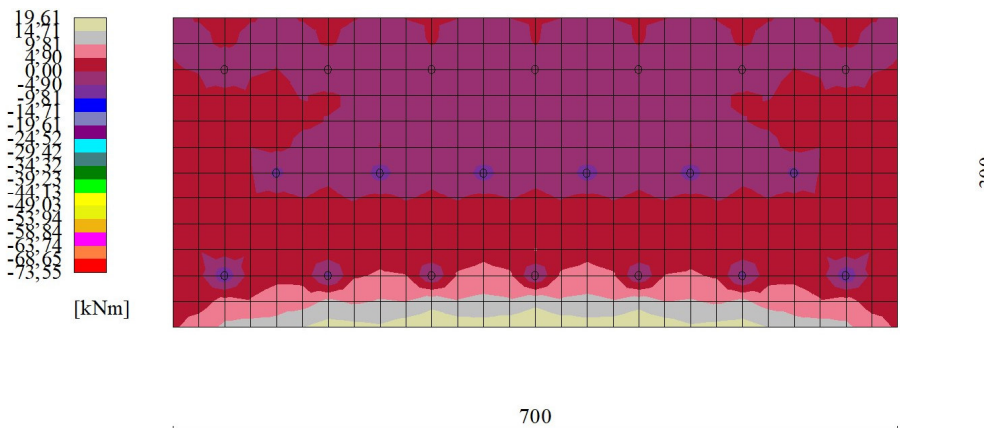


Fig. 32 - Piastra paramento - Momento My_{MAX} (Combinazione n° 2)

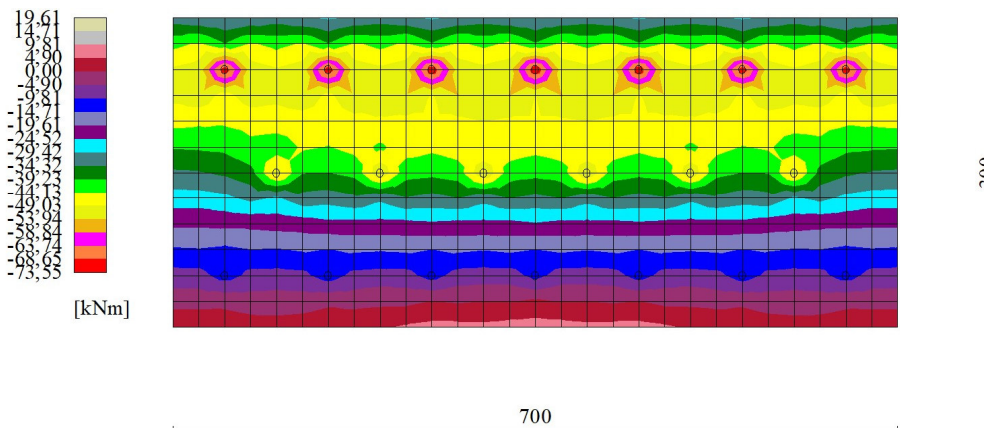


Fig. 33 - Piastra paramento - Momento My_{MIN} (Combinazione n° 1)

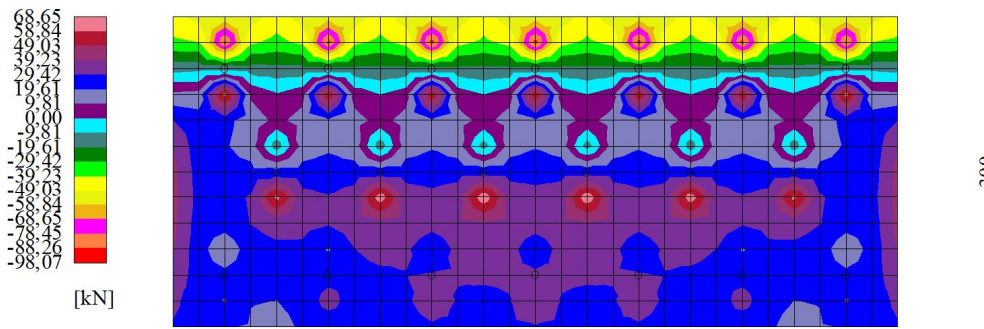


Fig. 34 - Piastra paramento - Taglio Ty (Combinazione n° 1)

Piastra fondazione

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
416	0,46 (1)	-0,02 (1)	-0,01 (1)	-0,11 (1)	1,76 (1)	MAX
64	-6,87 (1)	-22,89 (1)	-0,02 (1)	0,00 (1)	32,49 (1)	MIN
1	0,02 (1)	0,02 (1)	0,05 (1)	-0,55 (1)	2,85 (1)	MAX
64	-6,87 (1)	-22,89 (1)	-0,02 (1)	0,00 (1)	32,49 (1)	MIN
466	-6,53 (1)	-21,77 (1)	3,89 (1)	0,00 (1)	13,25 (1)	MAX
58	-6,53 (1)	-21,77 (1)	-3,90 (1)	0,00 (1)	13,24 (1)	MIN
44	-0,73 (1)	-16,98 (1)	-1,63 (1)	3,95 (1)	15,20 (1)	MAX
465	-0,72 (1)	-16,98 (1)	1,63 (1)	-3,93 (1)	15,19 (1)	MIN
60	-6,72 (1)	-22,40 (1)	-0,28 (1)	0,00 (1)	33,28 (1)	MAX
5	0,27 (2)	-0,03 (2)	0,03 (2)	-0,49 (2)	1,56 (2)	MIN

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

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

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	78,19	808,82	1,51	17,38	1,13	12,99
2	0,15	78,23	808,82	1,03	11,81	0,93	10,63
18	2,55	58,85	613,73	0,00	-0,04	-0,11	-1,24
25	3,60	50,38	528,37	-0,05	-0,62	-0,07	-0,81
36	5,25	37,95	406,44	-0,02	-0,20	-0,01	-0,06

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	65,30	808,83	-0,61	-15,20	-0,22	-5,44
2	0,15	65,34	808,83	-0,30	-7,42	-0,14	-3,56
13	1,80	54,15	674,70	0,01	0,15	0,06	1,51
19	2,70	48,04	601,54	0,03	0,76	0,04	1,05
36	5,25	31,51	406,44	0,00	0,06	0,00	-0,05

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	56,95	808,83	-0,46	-11,42	-0,15	-3,81
2	0,15	57,00	808,83	-0,22	-5,44	-0,10	-2,40
12	1,65	48,07	686,90	0,00	0,01	0,05	1,19
19	2,70	41,83	601,54	0,02	0,60	0,03	0,78
36	5,25	27,33	406,44	0,00	0,04	0,00	-0,04

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	68,75	808,81	1,47	18,24	1,05	12,99
2	0,15	68,80	808,81	0,98	12,08	0,85	10,53
18	2,55	51,69	613,72	-0,01	-0,12	-0,11	-1,31
24	3,45	45,27	540,55	-0,05	-0,66	-0,07	-0,91
36	5,25	33,23	406,43	-0,02	-0,19	0,00	-0,06

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	64,70	808,80	1,16	17,99	0,84	12,99
2	0,15	64,75	808,80	0,78	12,00	0,68	10,56

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
18	2,55	48,61	613,69	-0,01	-0,10	-0,08	-1,29
24	3,45	42,56	540,52	-0,04	-0,65	-0,06	-0,91
36	5,25	31,21	406,38	-0,01	-0,20	0,00	-0,06

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	52,56	808,81	0,24	5,89	0,21	5,31
2	0,15	52,61	808,81	0,18	4,45	0,18	4,48
20	2,85	37,73	589,33	0,00	-0,06	-0,02	-0,43
26	3,75	32,77	516,17	-0,01	-0,21	-0,01	-0,28
36	5,25	25,14	406,43	0,00	-0,08	0,00	-0,04

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	57,82	808,81	-0,11	-2,87	0,03	0,84
2	0,15	57,86	808,81	-0,02	-0,48	0,05	1,13
4	0,45	56,05	784,42	0,00	0,05	0,05	1,23
11	1,50	49,72	699,07	0,02	0,62	0,03	0,80
31	4,50	31,61	455,20	0,00	0,00	0,00	-0,05
36	5,25	27,77	406,43	0,00	-0,03	0,00	-0,04

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	54,04	808,82	-0,04	-1,03	0,07	1,65
2	0,15	54,09	808,82	0,02	0,49	0,07	1,71
7	0,90	49,85	747,85	0,04	0,88	0,05	1,17
28	4,05	32,02	491,79	0,00	-0,01	0,00	-0,08
36	5,25	25,88	406,44	0,00	-0,04	0,00	-0,04

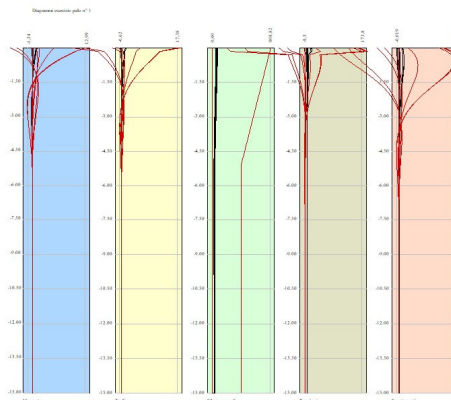


Fig. 38 - Sollecitazioni palo (Palo n° 1) (Involuppo)

Verifiche strutturali

Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

- n° indice sezione
- 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 [kNm]
- N sforzo normale agente espressa in [kN]
- Mrd momento resistente espresso in [kNm]
- Nrd sforzo normale resistente espresso in [kN]
- 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 [kNm]
- Mrd momento resistente espresso in [kNm]
- FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Micropali

Ip	Is	Ar [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mrd [kNm]	Nrd [kN]	FS
1	1	17,09	1,13	78,19	12,51	78,19	11.050

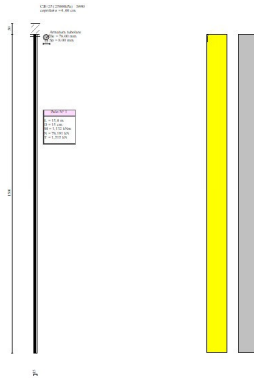


Fig. 43 - Pali (Palo n° 1) (Inviluppo)

Verifiche a taglio

Simbologia adottata

- n° (o 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 espressa in [cmq]
- cotgθ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
- V_{Rcd} resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kN]
- V_{Rsd} resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]
- V_{Rd} resistenza di progetto a taglio espressa in [kN]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A_{sw}>0.0) V_{Rd}=min(V_{Rcd}, V_{Rsd}).
- T taglio agente espressa in [kN]
- FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

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 / π.

Ip	Is	A _{sw} [cmq]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	1	10,88	275,19	1,51	181.691



Fig. 44 - Piastra paramento dir. X (Inviluppo)



Fig. 45 - Piastra paramento dir. Y (Inviluppo)

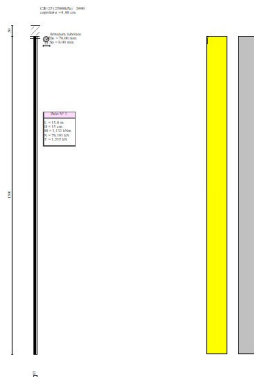


Fig. 48 - Pali (Palo n° 1) (Inviluppo)

7. SEZIONE Y-Y

7.1. Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
Calcestruzzo armato	
C	Classe di resistenza del cls
N / E	Calcestruzzo Nuovo o Esistente
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R _{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
f _{cm}	Resistenza caratteristica media a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	N / E	C	A	γ [kN/mc]	R _{ck} / f _{cm} [kPa]	E [kPa]	ν	n	ntc
2	C20/25 con chiodo	N	C20/25	S460	24,5170	25000	30200389	0.30	15.00	0.50
		E								
4	C20/25 pali	N	C20/25	S460	24,5170	25000	30200389	0.30	15.00	0.50
		E								
5	C25/30	N	C25/30	B450C	24,5170	30000	31447048	0.30	15.00	0.50
		E								

Acciai

Descr	f _{yk} [kPa]	f _{uk} [kPa]	f _{ym} [kPa]
B450C	450000	550000	450000
S460	460000	560000	460000

Tipologie pali

Simbologia adottata

n°	Indice tipologia palo
Descr	Descrizione tipologia palo
Es	Palo esistente appartenente ad un'opera esistente
P	Contributo portanza palo (laterale e/o punta)
Ef	Efficienza palificata
T	Tecnologia costruttiva (trivellato, infisso o elica continua)
V	Vincolo palo-fondazione: Cerniera o Incastro (libero o impedito di ruotare in testa)
Imat	Indice materiale che lo costituisce
BD	usa metodo di Bustamante-Doix
PN	Portanza nota
Pp, PI	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kN]

Descr	Es	P	Ef	T	V	Imat	BD	PN	Pp [kN]	PI [kN]
palo verticale	NO	Laterale + Punta	1.00	Infisso	Incastro	4	SI	NO	--	--

Tipologie tiranti

Simbologia adottata

Descr	Descrizione tipologia
Es	Tirante esistente appartenente ad un'opera esistente
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 [cmq]	
- 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]	

Beta Coefficiente cadute di tensione tirante attivo

Descr	Es	Imat	D [cm]	Cesp	Tipo armatura	Caratteristiche	Beta
chiodo 38	NO	2	7,60	1.850	Passivo tubolare	38,00 [mm] 8,00 [mm]	---

Interazione terreno- tiranti n° 1 - chiodo 38

I parametri di interazione tiranti-terreno sono stati definiti come percentuale di angolo di attrito e coesione dello strato:

- Aliquota angolo di attrito 1.00 [%]
 - Aliquota coesione 1.00 [%]
 Coefficiente di spinta Definito pari a 1,40

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	20,00	0,00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 20.000 [°]

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 8,00 [m]

Paramento

Materiale C25/30
 Altezza paramento 2,00 [m]
 Altezza paramento libero 1,70 [m]
 Spessore in sommità 0,50 [m]
 Spessore all'attacco con la fondazione 0,50 [m]
 Inclinazione paramento esterno 0,00 [°]
 Inclinazione paramento interno 0,00 [°]

Fondazione

Materiale C25/30
 Lunghezza mensola di valle 0,00 [m]
 Lunghezza mensola di monte 0,00 [m]
 Lunghezza totale 0,50 [m]
 Inclinazione piano di posa 0,00 [°]
 Spessore 0,50 [m]
 Spessore magrone 0,10 [m]

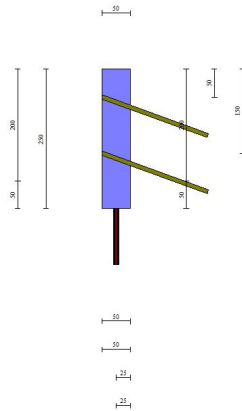


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

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	palo verticale	0,40	1,60	0,35	5	10,00	15,00	0,00	Centrati
2	palo verticale	0,40	1,60	0,50	4	10,00	15,00	0,00	Sfalsati

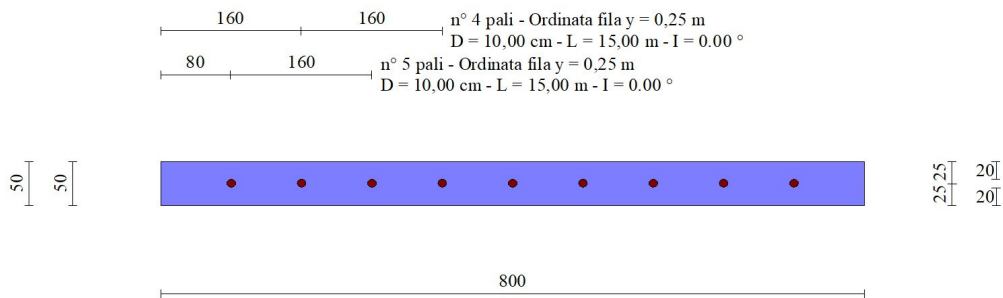


Fig. 2 - Pianta pali

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 [kN]. 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 [kN]	Lt [m]	Lf [m]
1	chiodo 38	Paramento	0,20	1,00	0,30	Sfalsati	8	20,00	--	12,00	11,00
2	chiodo 38	Paramento	1,50	1,00	0,30	Sfalsati	8	20,00	--	12,00	11,00

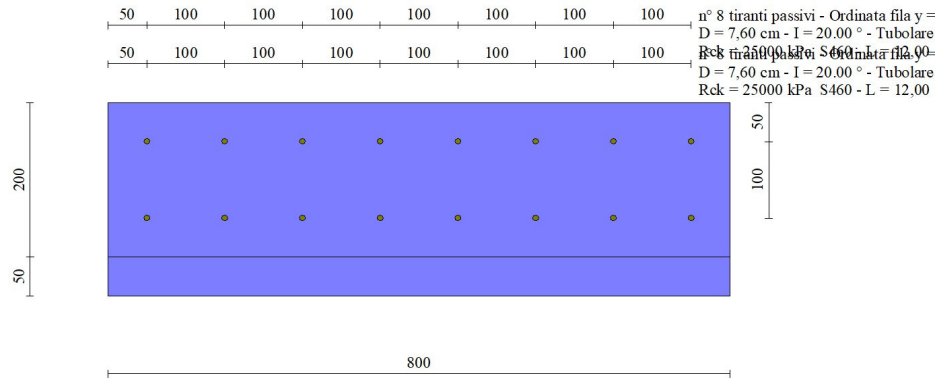


Fig. 3 - Prospetto del paramento con i tiranti

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

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

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	τ_l [kPa]
1	Terreno 1	17,6523	18,6329	26.000	17.330	0	0	1.150	0 (CAR)
				26.000	17.333	0	0 (MIN)		
				26.000	17.333	0	0 (MED)		
2	Terreno 2	18,6329	19,6136	37.000	24.667	5	3	1.150	150 (CAR)
				37.000	24.667	5	3 (MIN)		
				37.000	24.667	5	3 (MED)		
3	Terreno 3	17,6523	19,6136	37.000	24.667	10	5	1.000	0 (CAR)
				37.000	24.667	10	5 (MIN)		
				37.000	24.667	10	5 (MED)		

Stratigrafia

Simbologia adottata

- n° Indice dello strato
- H Spessore dello strato espresso in [m]
- α Inclinazione espressa in [°]
- Terreno Terreno dello strato
- Kwn, Kwt Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm²/cm
- Per calcolo pali (solo se presenti)
- Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm
- Ks Coefficiente di spinta
- Cesp Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)
- Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')
- Kst_{sta}, Kst_{sis} Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm ²]	Kwt [Kg/cm ²]	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	Kst _{sta}	Kst _{sis}
1	3,50	30.000	Terreno 1	0,000	0,000	5,000	0,000	1,000	---	---
2	5,00	30.000	Terreno 2	0,000	0,000	1,200	0,000	1,000	---	---
3	20,00	30.000	Terreno 3	0,000	0,000	1,200	0,000	1,000	---	---

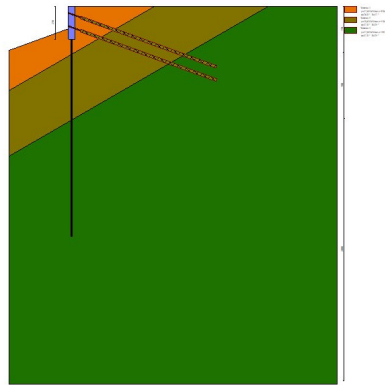


Fig. 4 - Stratigrafia

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 [kN]
- F_y Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
- M Momento espresso in [kNm]
- 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 [kN]
- Q_f Intensità del carico per x=X_f espressa in [kN]

Condizione n° 1 (Condizione 1) - VARIABILE TF

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.75 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.00$

Indice di raggruppamento 3

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Concentrato	Paramento	0,00; 0,00	37,2500	0,0000	22,3540				

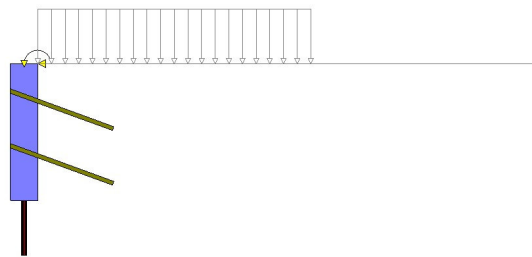


Fig. 5 - Carichi sul muro

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Distribuito					0,00	5,00	20,0000	20,0000



Fig. 6 - Carichi sul terreno

7.2. 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			
			UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2	
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1,fav}$	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1,sfav}$	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2,fav}$	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2,sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	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	$\gamma_{Q,sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	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	$\gamma_{QT,sfav}$	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_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 3

$\zeta_3=1.60$ $\zeta_4=1.48$

Coeff. parziali γ_R 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 3

$\zeta_3=1.70$ $\zeta_4=1.65$

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):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \Psi_{0,2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

- 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.

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 - 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° 5 - 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° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - SLEP

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° 8 - 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° 9 - SLEQ

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

Combinazione n° 10 - SLEQ H + V

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

Combinazione n° 11 - 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	Trento
Provincia	Trento
Regione	Trentino-Alto Adige
Latitudine	46.008942
Longitudine	11.155826
Indice punti di interpolazione	10069 - 10068 - 10290 - 10291
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	III
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	75 anni

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]		1.008	0.431
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]		0.103	0.044
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.583	2.547
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.315	0.264
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	14.798	7.399
Ultimo - Ribaltamento	1.000	14.798	7.399
Esercizio	1.000	6.330	3.165

Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

7.3. Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Correzione Incremento Sismico per presenza di falda	SI
Terreno a bassa permeabilità	SI
Superficie di spinta limitata	NO

Stabilità globale

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

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	50.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	100.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	SI

Spostamenti

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

Opzioni calcolo pali

Portanza verticale

Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Bustamante-Doix
Metodo di calcolo della portanza alla punta	100.00 % della portanza laterale
Considera coeff. di sbulbatura anche nel calcolo della portanza alla punta (se definito)	
Applica coeff. parziale azione peso proprio palo e attrito negativo	

Portanza trasversale

Costante di Winkler: da strato	
Criterio rottura palo-terreno	
- Spostamento limite	Attivo pari a 1,50 [cm]
- 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 rottura
Tensione limite resistenza malta	Media valori tc0 e tc1

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 eseguite. Struttura in classe d'uso III o IV

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.
Calcolo momento fessurazione	Apertura
Resistenza a trazione per	Flessione
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}

7.4. Descrizioni del modello a blocchi

Il muro è discretizzato in un blocco rigido collegato al terreno tramite interfacce con comportamento elastico o elasto-plastico. Pertanto, le deformazioni si sviluppano nelle interfacce tra blocco e terreno. Alle interfacce attribuiamo pertanto caratteristiche di rigidezza e resistenza correlata a quelle del terreno.

Nel caso specifico il terreno viene assunto con comportamento alla Mohr-Coulomb.

I tiranti e i pali vengono modellati con elementi trave e con comportamento non lineare tramite diagramma Sforzo-Deformazione.

Note le caratteristiche di resistenza e rigidezza del terreno e dei vincoli (pali e tiranti) è pertanto possibile assemblare matrici di massa e rigidezza come in qualsiasi software ad Elementi Finiti.

Obiettivo del modello a blocchi è determinare il cinematismo e gli spostamenti che subisce il muro.

Visto che gli spostamenti sono funzione della storia di carico che agisce sul muro, l'analisi viene condotta per fasi. Ogni combinazione è discretizzata in fasi (tempi in cui sul muro agiscono azioni volta per volta differenti).

Descrizioni fasi di calcolo

FASE 1

Peso Muro
Pali nuovi
Tiranti nuovi

FASE 2

Carichi Muro
Terrapieno
Spinta

FASE 3

Spinta Sismica

Per **Carichi muro** si intendono i soli carichi applicati all'opera e non al terreno.

Per **Spinta** si intende spinta del terreno e dei carichi applicati al terreno.

7.5. Risultati per combinazione

Spinta e forze

Simbologia adottata

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

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]	
1	Spinta statica	48,33	17,33	46,14	14,40	0,40	-1,46	
	Peso/Inerzia muro			0,00	40,45/0,00	-0,25	-1,49	
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	24,92/0,00	0,20	-1,00	
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	1,60	-0,68	-1,88	
	Resistenza passiva terreno antistante			-2,49				
	Risultante forze sul muro			50,29	0,00	--	--	
	Resistenza tiranti			-286,35	104,22	-0,50	-0,98	
	Resistenza pali			-4,78				
	2	Spinta statica	19,15	17,33	18,28	5,70	0,40	-1,67
Incremento di spinta sismica			7,87	7,51	2,34	0,40	-1,25	
Peso/Inerzia muro				5,99	40,45/2,99	-0,25	-1,49	
Peso/Inerzia terrapieno				2,09	14,12/1,04	0,20	-1,00	
Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle				0,24	1,60	-0,68	-1,88	
Resistenza passiva terreno antistante				-2,49				
Resistenza tiranti				-286,35	104,22	-0,50	-0,98	
Resistenza pali				-4,90				
3		Spinta statica	19,15	17,33	18,28	5,70	0,40	-1,67
	Incremento di spinta sismica		5,24	5,00	1,56	0,40	-1,25	
	Peso/Inerzia muro			5,99	40,45/-2,99	-0,25	-1,49	
	Peso/Inerzia terrapieno			2,09	14,12/-1,04	0,20	-1,00	
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,24	1,60	-0,68	-1,88	
	Resistenza passiva terreno antistante			-2,49				
	Resistenza tiranti			-286,35	104,22	-0,50	-0,98	
	Resistenza pali			-5,00				
	7	Spinta statica	36,51	17,33	34,85	10,87	0,40	-1,47
Peso/Inerzia muro				0,00	40,45/0,00	-0,25	-1,49	
Peso/Inerzia terrapieno				0,00	22,12/0,00	0,20	-1,00	
Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle				0,00	1,60	-0,68	-1,88	
Resistenza passiva terreno antistante				-2,49				
Risultante forze sul muro				37,25	0,00	--	--	
Resistenza tiranti				-343,62	125,07	-0,50	-0,98	
Resistenza pali				-6,34				
8		Spinta statica	32,17	17,33	30,71	9,58	0,40	-1,50
	Peso/Inerzia muro			0,00	40,45/0,00	-0,25	-1,49	
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	20,12/0,00	0,20	-1,00	
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	1,60	-0,68	-1,88	
	Resistenza passiva terreno antistante			-2,49				
	Risultante forze sul muro			27,94	0,00	--	--	
	Resistenza tiranti			-343,62	125,07	-0,50	-0,98	
	Resistenza pali			-6,39				
	9	Spinta statica	19,15	17,33	18,28	5,70	0,40	-1,67
Peso/Inerzia muro				0,00	40,45/0,00	-0,25	-1,49	
Peso/Inerzia terrapieno				0,00	14,12/0,00	0,20	-1,00	
Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle				0,00	1,60	-0,68	-1,88	
Resistenza passiva terreno antistante				-2,49				
Resistenza tiranti				-343,62	125,07	-0,50	-0,98	
Resistenza pali				-6,62				
10		Spinta statica	19,15	17,33	18,28	5,70	0,40	-1,67
		Incremento di spinta sismica		3,10	2,96	0,92	0,40	-1,25
	Peso/Inerzia muro			2,56	40,45/1,28	-0,25	-1,49	
	Peso/Inerzia terrapieno			0,89	14,12/0,45	0,20	-1,00	
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,10	1,60	-0,68	-1,88	
	Resistenza passiva terreno antistante			-2,49				
	Resistenza tiranti			-343,62	125,07	-0,50	-0,98	
	Resistenza pali			-6,53				
	11	Spinta statica	19,15	17,33	18,28	5,70	0,40	-1,67
Incremento di spinta sismica			1,90	1,82	0,57	0,40	-1,25	
Peso/Inerzia muro				2,56	40,45/-1,28	-0,25	-1,49	
Peso/Inerzia terrapieno				0,89	14,12/-0,45	0,20	-1,00	
Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle				0,10	1,60	-0,68	-1,88	
Resistenza passiva terreno antistante				-2,49				
Resistenza tiranti				-343,62	125,07	-0,50	-0,98	
Resistenza pali				-6,57				

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

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

Cmb	Ip	N	M	T
		[kN]	[kNm]	[kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	104,85	1,43	3,63
	2	104,85	1,43	3,63
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	72,36	0,69	1,78
	2	72,36	0,69	1,78
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	63,74	0,74	1,96
	2	63,74	0,74	1,96
7 - SLER	1	91,32	1,36	3,51
	2	91,32	1,36	3,51
8 - SLEF	1	83,93	1,24	3,22
	2	83,93	1,24	3,22
9 - SLEQ	1	61,78	0,87	2,34
	2	61,78	0,87	2,34
10 - SLEQ H + V	1	66,16	0,79	2,11
	2	66,16	0,79	2,11
11 - SLEQ H - V	1	62,43	0,82	2,19
	2	62,43	0,82	2,19

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 _{SUPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{SUPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		3.045					
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	8.612					
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	9.299					
4 - GEO (A2-M2-R2)					3.204		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				3.613		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				3.676		

Verifiche portanza trasversale (scorrimento)

Simbologia adottata

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

Ic	Ip	T	Td	FSo
		[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	1	3,63	4,25	1.170
	2	3,63	4,25	1.170
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	1,78	4,36	2.445
	2	1,78	4,36	2.445
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	1,96	4,44	2.273
	2	1,96	4,44	2.273

Verifiche portanza verticale

Simbologia adottata

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

Ic	Ip	N [kN]	Pd [kN]	FSv
1 - STR (A1-M1-R3)	1	104,85	290,00	2.766
	2	104,85	290,00	2.766
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	72,36	291,05	4.022
	2	72,36	291,05	4.022
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	63,74	291,05	4.566
	2	63,74	291,05	4.566

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 [kN]
 A Attrito negativo, espresso in [kN]
 Sub Sottospinta, espresso in [kN]
 Wp Peso palo, espresso in [kN]

n°	Nc	N'c	Nq	N'q	Zc [m]	Pp [kN]	Pl [kN]	A [kN]	Sub [kN]	Wp [kN]
1	0.000	0.000	0.000	0.000	--	270,96	270,96	0,00	0,00	3,48
						270,96	270,96			
2	0.000	0.000	0.000	0.000	--	270,96	270,96	0,00	0,00	3,48
						270,96	270,96			

Cedimenti pali

Simbologia adottata

Ic Indice combinazione
 Ip Indice palo
 w Cedimento, espresso in [cm]

Ic	Ip	w [cm]
7	1	0,1669
	2	0,1669
8	1	0,1534
	2	0,1534
9	1	0,1129
	2	0,1129

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 [kN]. In grassetto il tiro massimo in esercizio
 Nx/ml, Ny/ml Componente in direzione X ed Y del tiro a metro lineare, espresso in [kN]
 R Resistenza di progetto, espresso in [kN]
 Rx/ml, Ry/ml Resistenza in direzione X ed Y a metro lineare, espressa in [kN]

It	S [m]	Ic	Lf [m]	Lt [m]	N [kN]	Nx/ml [kN]	Ny/ml [kN]	R [kN]	Rx/ml [kN]	Ry/ml [kN]
1 [P]	0,20	1	10,00	11,00	98,47	92,54	33,68	118,96	92,54	33,68
			2,80	3,80	7,64	7,18	2,61	118,96	7,18	2,61
			2,30	3,30	5,94	5,58	2,03	118,96	5,58	2,03
			7,70	8,70	73,77	69,32	142,76	69,32	25,23	
			6,70	7,70	55,99	52,61	142,76	52,61	19,15	
			1,60	2,60	4,35	4,09	142,76	4,09	1,49	
			1,70	2,70	4,72	4,43	142,76	4,43	1,61	
			1,60	2,60	4,35	4,09	142,76	4,09	1,49	

It	S [m]	Ic	Lf [m]	Lt [m]	N [kN]	Nx/ml [kN]	Ny/ml [kN]	R [kN]	Rx/ml [kN]	Ry/ml [kN]
			11,00	12,00	98,47					
2 [P]	1,50	1	1,50	2,50	8,49	7,98	2,90	181,30	7,98	2,90
		2	3,30	4,30	30,79	28,94	10,53	181,30	28,94	10,53
		3	3,20	4,20	30,03	28,22	10,27	181,30	28,22	10,27
		7	1,10	2,10	7,17	6,73	2,45	217,56	6,73	2,45
		8	1,50	2,50	10,27	9,65	3,51	217,56	9,65	3,51
		9	2,20	3,20	19,60	18,42	6,70	217,56	18,42	6,70
		10	2,50	3,50	24,20	22,74	8,28	217,56	22,74	8,28
		11	2,50	3,50	23,82	22,39	8,15	217,56	22,39	8,15
			11,00	12,00	30,79					

Verifica di resistenza allo sfilamento

Simbologia adottata

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

It	S [m]	Ic	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R [kN]	N [kN]	FS
1 [P]	0,20	1	118,96	1244,21	5335,96	118,96	98,47	1.208
		2	118,96	1244,21	5335,96	118,96	7,64	15.579
		3	118,96	1244,21	5335,96	118,96	5,94	20.016
		7	142,76	1244,21	5335,96	142,76	73,77	1.935
		8	142,76	1244,21	5335,96	142,76	55,99	2.550
		9	142,76	1244,21	5335,96	142,76	4,35	32.836
		10	142,76	1244,21	5335,96	142,76	4,72	30.277
		11	142,76	1244,21	5335,96	142,76	4,35	32.836
2 [P]	1,50	1	181,30	1244,21	5335,96	181,30	8,49	21.362
		2	181,30	1244,21	5335,96	181,30	30,79	5.887
		3	181,30	1244,21	5335,96	181,30	30,03	6.038
		7	217,56	1244,21	5335,96	217,56	7,17	30.362
		8	217,56	1244,21	5335,96	217,56	10,27	21.175
		9	217,56	1244,21	5335,96	217,56	19,60	11.099
		10	217,56	1244,21	5335,96	217,56	24,20	8.988
		11	217,56	1244,21	5335,96	217,56	23,82	9.133

Verifica delle tensioni massime nell'armatura del tirante

Simbologia adottata

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

It	S [m]	N _{MAX} [kN]	A [cmq]	σ _f [kPa]	σ _{lim} [kPa]
1 [P]	0,20	98,47	7,54	130606	400000
2 [P]	1,50	30,79	7,54	40843	400000

Sollecitazioni

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

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

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

Piastra paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

In	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _{xy} [kNm]	T _x [kN]	T _y [kN]	
2	4,31	14,37	0,04	0,00	24,48	MAX
170	-37,99	-59,20	0,02	-0,12	-5,59	MIN
2	4,31	14,37	0,04	0,00	24,48	MAX
59	-35,42	-59,27	0,12	0,84	-5,14	MIN
46	-8,30	-32,51	2,00	-7,42	23,57	MAX
268	-8,30	-32,51	-2,00	7,42	23,57	MIN
62	-2,58	-34,23	-0,72	75,76	-2,56	MAX

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
251	-2,58	-34,23	0,72	-75,76	-2,56	MIN
45	-7,89	-25,57	0,40	2,28	85,93	MAX
135	-16,93	-25,46	-0,01	0,25	-142,73	MIN

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
2	4,31	14,37	0,04	0,00	24,48	MAX
170	-37,99	-59,20	0,02	-0,12	-5,59	MIN
2	4,31	14,37	0,04	0,00	24,48	MAX
59	-35,42	-59,27	0,12	0,84	-5,14	MIN
46	-8,30	-32,51	2,00	-7,42	23,57	MAX
268	-8,30	-32,51	-2,00	7,42	23,57	MIN
62	-2,58	-34,23	-0,72	75,76	-2,56	MAX
251	-2,58	-34,23	0,72	-75,76	-2,56	MIN
45	-7,89	-25,57	0,40	2,28	85,93	MAX
135	-16,93	-25,46	-0,01	0,25	-142,73	MIN

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

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
2	4,31	14,37	0,04	0,00	24,48	MAX
170	-37,99	-59,20	0,02	-0,12	-5,59	MIN
2	4,31	14,37	0,04	0,00	24,48	MAX
59	-35,42	-59,27	0,12	0,84	-5,14	MIN
46	-8,30	-32,51	2,00	-7,42	23,57	MAX
268	-8,30	-32,51	-2,00	7,42	23,57	MIN
62	-2,58	-34,23	-0,72	75,76	-2,56	MAX
251	-2,58	-34,23	0,72	-75,76	-2,56	MIN
45	-7,89	-25,57	0,40	2,28	85,93	MAX
135	-16,93	-25,46	-0,01	0,25	-142,73	MIN

Combinazione n° 7 - SLER

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
2	4,31	14,37	0,04	0,00	24,48	MAX
170	-37,99	-59,20	0,02	-0,12	-5,59	MIN
2	4,31	14,37	0,04	0,00	24,48	MAX
59	-35,42	-59,27	0,12	0,84	-5,14	MIN
46	-8,30	-32,51	2,00	-7,42	23,57	MAX
268	-8,30	-32,51	-2,00	7,42	23,57	MIN
62	-2,58	-34,23	-0,72	75,76	-2,56	MAX
251	-2,58	-34,23	0,72	-75,76	-2,56	MIN
45	-7,89	-25,57	0,40	2,28	85,93	MAX
135	-16,93	-25,46	-0,01	0,25	-142,73	MIN

Combinazione n° 8 - SLEF

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
2	4,31	14,37	0,04	0,00	24,48	MAX
170	-37,99	-59,20	0,02	-0,12	-5,59	MIN
2	4,31	14,37	0,04	0,00	24,48	MAX
59	-35,42	-59,27	0,12	0,84	-5,14	MIN
46	-8,30	-32,51	2,00	-7,42	23,57	MAX
268	-8,30	-32,51	-2,00	7,42	23,57	MIN
62	-2,58	-34,23	-0,72	75,76	-2,56	MAX
251	-2,58	-34,23	0,72	-75,76	-2,56	MIN
45	-7,89	-25,57	0,40	2,28	85,93	MAX
135	-16,93	-25,46	-0,01	0,25	-142,73	MIN

Combinazione n° 9 - SLEQ

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
2	4,31	14,37	0,04	0,00	24,48	MAX
170	-37,99	-59,20	0,02	-0,12	-5,59	MIN
2	4,31	14,37	0,04	0,00	24,48	MAX
59	-35,42	-59,27	0,12	0,84	-5,14	MIN
46	-8,30	-32,51	2,00	-7,42	23,57	MAX
268	-8,30	-32,51	-2,00	7,42	23,57	MIN
62	-2,58	-34,23	-0,72	75,76	-2,56	MAX
251	-2,58	-34,23	0,72	-75,76	-2,56	MIN
45	-7,89	-25,57	0,40	2,28	85,93	MAX
135	-16,93	-25,46	-0,01	0,25	-142,73	MIN

Combinazione n° 10 - SLEQ H + V

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
2	4,31	14,37	0,04	0,00	24,48	MAX
170	-37,99	-59,20	0,02	-0,12	-5,59	MIN
2	4,31	14,37	0,04	0,00	24,48	MAX

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
59	-35,42	-59,27	0,12	0,84	-5,14	MIN
46	-8,30	-32,51	2,00	-7,42	23,57	MAX
268	-8,30	-32,51	-2,00	7,42	23,57	MIN
62	-2,58	-34,23	-0,72	75,76	-2,56	MAX
251	-2,58	-34,23	0,72	-75,76	-2,56	MIN
45	-7,89	-25,57	0,40	2,28	85,93	MAX
135	-16,93	-25,46	-0,01	0,25	-142,73	MIN

Combinazione n° 11 - SLEQ H - V

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
2	4,31	14,37	0,04	0,00	24,48	MAX
170	-37,99	-59,20	0,02	-0,12	-5,59	MIN
2	4,31	14,37	0,04	0,00	24,48	MAX
59	-35,42	-59,27	0,12	0,84	-5,14	MIN
46	-8,30	-32,51	2,00	-7,42	23,57	MAX
268	-8,30	-32,51	-2,00	7,42	23,57	MIN
62	-2,58	-34,23	-0,72	75,76	-2,56	MAX
251	-2,58	-34,23	0,72	-75,76	-2,56	MIN
45	-7,89	-25,57	0,40	2,28	85,93	MAX
135	-16,93	-25,46	-0,01	0,25	-142,73	MIN

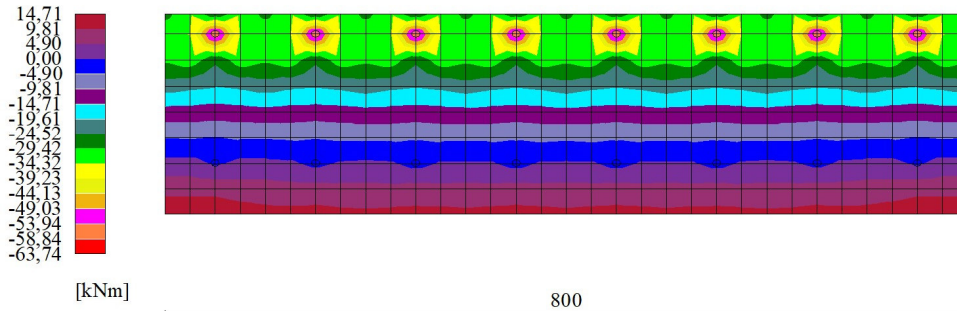


Fig. 11 - Piastra paramento - Momenti My (Combinazione n° 1)

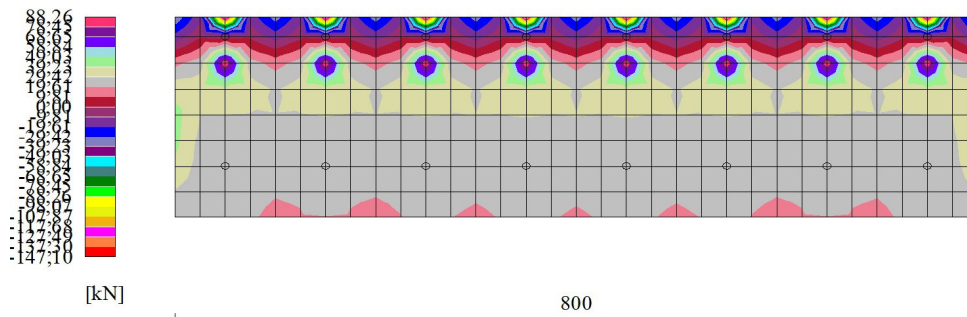


Fig. 12 - Piastra paramento - Taglio Ty (Combinazione n° 1)

Piastra fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
210	0,16	-0,08	-0,03	-0,26	-8,50	MAX
23	-2,06	-6,86	0,02	0,00	-25,76	MIN
203	0,11	0,02	0,00	-0,42	-8,63	MAX
23	-2,06	-6,86	0,02	0,00	-25,76	MIN
22	-2,03	-6,75	0,37	0,00	-24,32	MAX
215	-2,03	-6,75	-0,37	0,00	-24,32	MIN
32	0,14	-1,58	0,08	0,75	-16,27	MAX
216	0,14	-1,58	-0,08	-0,75	-16,27	MIN
199	-0,41	-1,36	0,00	0,00	5,13	MAX
201	-2,06	-6,86	-0,02	0,00	-25,76	MIN

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
210	0,16	-0,08	-0,03	-0,26	-8,50	MAX
23	-2,06	-6,86	0,02	0,00	-25,76	MIN
203	0,11	0,02	0,00	-0,42	-8,63	MAX
23	-2,06	-6,86	0,02	0,00	-25,76	MIN
22	-2,03	-6,75	0,37	0,00	-24,32	MAX
215	-2,03	-6,75	-0,37	0,00	-24,32	MIN
32	0,14	-1,58	0,08	0,75	-16,27	MAX
216	0,14	-1,58	-0,08	-0,75	-16,27	MIN
199	-0,41	-1,36	0,00	0,00	5,13	MAX
201	-2,06	-6,86	-0,02	0,00	-25,76	MIN

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

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
210	0,16	-0,08	-0,03	-0,26	-8,50	MAX
23	-2,06	-6,86	0,02	0,00	-25,76	MIN
203	0,11	0,02	0,00	-0,42	-8,63	MAX
23	-2,06	-6,86	0,02	0,00	-25,76	MIN
22	-2,03	-6,75	0,37	0,00	-24,32	MAX
215	-2,03	-6,75	-0,37	0,00	-24,32	MIN
32	0,14	-1,58	0,08	0,75	-16,27	MAX
216	0,14	-1,58	-0,08	-0,75	-16,27	MIN
199	-0,41	-1,36	0,00	0,00	5,13	MAX
201	-2,06	-6,86	-0,02	0,00	-25,76	MIN

Combinazione n° 7 - SLEF

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
210	0,16	-0,08	-0,03	-0,26	-8,50	MAX
23	-2,06	-6,86	0,02	0,00	-25,76	MIN
203	0,11	0,02	0,00	-0,42	-8,63	MAX
23	-2,06	-6,86	0,02	0,00	-25,76	MIN
22	-2,03	-6,75	0,37	0,00	-24,32	MAX
215	-2,03	-6,75	-0,37	0,00	-24,32	MIN
32	0,14	-1,58	0,08	0,75	-16,27	MAX
216	0,14	-1,58	-0,08	-0,75	-16,27	MIN
199	-0,41	-1,36	0,00	0,00	5,13	MAX
201	-2,06	-6,86	-0,02	0,00	-25,76	MIN

Combinazione n° 8 - SLEF

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
210	0,16	-0,08	-0,03	-0,26	-8,50	MAX
23	-2,06	-6,86	0,02	0,00	-25,76	MIN
203	0,11	0,02	0,00	-0,42	-8,63	MAX
23	-2,06	-6,86	0,02	0,00	-25,76	MIN
22	-2,03	-6,75	0,37	0,00	-24,32	MAX
215	-2,03	-6,75	-0,37	0,00	-24,32	MIN
32	0,14	-1,58	0,08	0,75	-16,27	MAX
216	0,14	-1,58	-0,08	-0,75	-16,27	MIN
199	-0,41	-1,36	0,00	0,00	5,13	MAX
201	-2,06	-6,86	-0,02	0,00	-25,76	MIN

Combinazione n° 9 - SLEQ

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
210	0,16	-0,08	-0,03	-0,26	-8,50	MAX
23	-2,06	-6,86	0,02	0,00	-25,76	MIN
203	0,11	0,02	0,00	-0,42	-8,63	MAX
23	-2,06	-6,86	0,02	0,00	-25,76	MIN
22	-2,03	-6,75	0,37	0,00	-24,32	MAX
215	-2,03	-6,75	-0,37	0,00	-24,32	MIN
32	0,14	-1,58	0,08	0,75	-16,27	MAX
216	0,14	-1,58	-0,08	-0,75	-16,27	MIN
199	-0,41	-1,36	0,00	0,00	5,13	MAX

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
201	-2,06	-6,86	-0,02	0,00	-25,76	MIN

Combinazione n° 10 - SLEQ H + V

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
210	0,16	-0,08	-0,03	-0,26	-8,50	MAX
23	-2,06	-6,86	0,02	0,00	-25,76	MIN
203	0,11	0,02	0,00	-0,42	-8,63	MAX
23	-2,06	-6,86	0,02	0,00	-25,76	MIN
22	-2,03	-6,75	0,37	0,00	-24,32	MAX
215	-2,03	-6,75	-0,37	0,00	-24,32	MIN
32	0,14	-1,58	0,08	0,75	-16,27	MAX
216	0,14	-1,58	-0,08	-0,75	-16,27	MIN
199	-0,41	-1,36	0,00	0,00	5,13	MAX
201	-2,06	-6,86	-0,02	0,00	-25,76	MIN

Combinazione n° 11 - SLEQ H - V

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
210	0,16	-0,08	-0,03	-0,26	-8,50	MAX
23	-2,06	-6,86	0,02	0,00	-25,76	MIN
203	0,11	0,02	0,00	-0,42	-8,63	MAX
23	-2,06	-6,86	0,02	0,00	-25,76	MIN
22	-2,03	-6,75	0,37	0,00	-24,32	MAX
215	-2,03	-6,75	-0,37	0,00	-24,32	MIN
32	0,14	-1,58	0,08	0,75	-16,27	MAX
216	0,14	-1,58	-0,08	-0,75	-16,27	MIN
199	-0,41	-1,36	0,00	0,00	5,13	MAX
201	-2,06	-6,86	-0,02	0,00	-25,76	MIN

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

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

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Palo n° 1

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	104,85	547,32	3,63	5,53	1,43	2,18
7	0,90	105,06	547,32	0,06	0,09	-0,13	-0,19
9	1,20	102,96	531,06	-0,04	-0,06	-0,14	-0,21
13	1,80	96,60	498,54	-0,10	-0,15	-0,09	-0,14
41	6,00	52,08	270,93	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	104,85	547,32	3,63	5,53	1,43	2,18
7	0,90	105,06	547,32	0,06	0,09	-0,13	-0,19
9	1,20	102,96	531,06	-0,04	-0,06	-0,14	-0,21
13	1,80	96,60	498,54	-0,10	-0,15	-0,09	-0,14
41	6,00	52,08	270,93	0,00	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Palo n° 1

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	72,36	547,34	1,78	5,66	0,69	2,18
7	0,90	72,57	547,34	0,02	0,07	-0,07	-0,21
8	1,05	72,23	539,21	-0,01	-0,02	-0,07	-0,22
12	1,65	67,82	506,70	-0,05	-0,16	-0,05	-0,17
41	6,00	35,83	270,96	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	72,36	547,34	1,78	5,66	0,69	2,18
7	0,90	72,57	547,34	0,02	0,07	-0,07	-0,21
8	1,05	72,23	539,21	-0,01	-0,02	-0,07	-0,22
12	1,65	67,82	506,70	-0,05	-0,16	-0,05	-0,17
41	6,00	35,83	270,96	0,00	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - VPalo n° 1

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	63,74	547,34	1,96	5,78	0,74	2,18
7	0,90	63,95	547,34	0,02	0,05	-0,08	-0,23
8	1,05	63,65	539,21	-0,01	-0,04	-0,08	-0,24
12	1,65	59,76	506,69	-0,06	-0,17	-0,06	-0,17
41	6,00	31,52	270,95	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	63,74	547,34	1,96	5,78	0,74	2,18
7	0,90	63,95	547,34	0,02	0,05	-0,08	-0,23
8	1,05	63,65	539,21	-0,01	-0,04	-0,08	-0,24
12	1,65	59,76	506,69	-0,06	-0,17	-0,06	-0,17
41	6,00	31,52	270,95	0,00	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 7 - SLERPalo n° 1

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	91,32	547,35	3,51	5,63	1,36	2,18
7	0,90	91,53	547,35	0,05	0,07	-0,13	-0,21
8	1,05	91,09	539,22	-0,01	-0,02	-0,14	-0,22
13	1,80	84,15	498,57	-0,10	-0,16	-0,09	-0,14
41	6,00	45,31	270,94	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	91,32	547,35	3,51	5,63	1,36	2,18
7	0,90	91,53	547,35	0,05	0,07	-0,13	-0,21
8	1,05	91,09	539,22	-0,01	-0,02	-0,14	-0,22
13	1,80	84,15	498,57	-0,10	-0,16	-0,09	-0,14
41	6,00	45,31	270,94	0,00	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 8 - SLEFPalo n° 1

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	83,93	547,34	3,22	5,68	1,24	2,18
7	0,90	84,14	547,34	0,04	0,07	-0,12	-0,21
8	1,05	83,74	539,21	-0,01	-0,02	-0,13	-0,22
12	1,65	78,63	506,70	-0,09	-0,16	-0,09	-0,17
41	6,00	41,62	270,96	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	83,93	547,34	3,22	5,68	1,24	2,18
7	0,90	84,14	547,34	0,04	0,07	-0,12	-0,21
8	1,05	83,74	539,21	-0,01	-0,02	-0,13	-0,22
12	1,65	78,63	506,70	-0,09	-0,16	-0,09	-0,17
41	6,00	41,62	270,96	0,00	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 9 - SLEQPalo n° 1

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	61,78	547,34	2,34	5,88	0,87	2,18
7	0,90	61,98	547,34	0,01	0,03	-0,10	-0,24
8	1,05	61,69	539,21	-0,02	-0,05	-0,10	-0,25
12	1,65	57,92	506,70	-0,07	-0,18	-0,07	-0,17
41	6,00	30,54	270,96	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	61,78	547,34	2,34	5,88	0,87	2,18

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
7	0,90	61,98	547,34	0,01	0,03	-0,10	-0,24
8	1,05	61,69	539,21	-0,02	-0,05	-0,10	-0,25
12	1,65	57,92	506,70	-0,07	-0,18	-0,07	-0,17
41	6,00	30,54	270,96	0,00	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 10 - SLEQ H + V

Palo n° 1

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	66,16	547,34	2,11	5,80	0,79	2,18
7	0,90	66,37	547,34	0,02	0,05	-0,08	-0,23
8	1,05	66,05	539,21	-0,02	-0,04	-0,09	-0,24
12	1,65	62,01	506,70	-0,06	-0,17	-0,06	-0,17
41	6,00	32,73	270,95	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	66,16	547,34	2,11	5,80	0,79	2,18
7	0,90	66,37	547,34	0,02	0,05	-0,08	-0,23
8	1,05	66,05	539,21	-0,02	-0,04	-0,09	-0,24
12	1,65	62,01	506,70	-0,06	-0,17	-0,06	-0,17
41	6,00	32,73	270,95	0,00	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 11 - SLEQ H - V

Palo n° 1

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	62,43	547,34	2,19	5,84	0,82	2,18
7	0,90	62,63	547,34	0,01	0,04	-0,09	-0,24
8	1,05	62,34	539,22	-0,02	-0,05	-0,09	-0,24
12	1,65	58,52	506,70	-0,07	-0,17	-0,06	-0,17
41	6,00	30,86	270,96	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	62,43	547,34	2,19	5,84	0,82	2,18
7	0,90	62,63	547,34	0,01	0,04	-0,09	-0,24
8	1,05	62,34	539,22	-0,02	-0,05	-0,09	-0,24
12	1,65	58,52	506,70	-0,07	-0,17	-0,06	-0,17
41	6,00	30,86	270,96	0,00	0,00	0,00	0,00

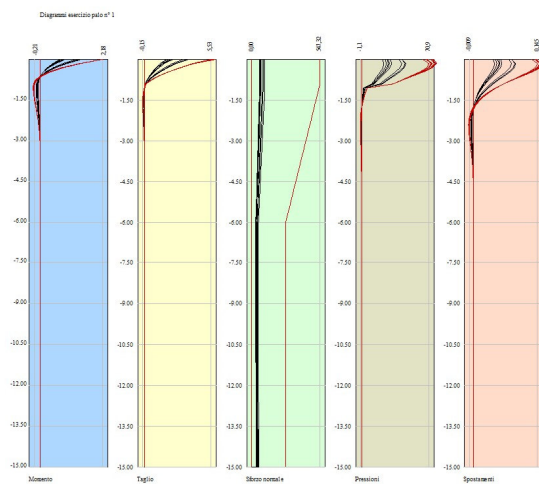


Fig. 15 - Sollecitazioni palo (Palo n° 1) (Inviluppo)

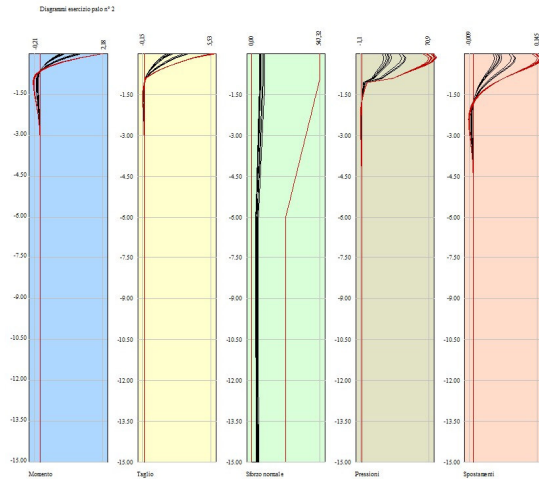


Fig. 16 - Sollecitazioni palo (Palo n° 2) (Involuppo)

Verifiche strutturali

Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

- n° indice sezione
- 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 [kNm]
- N sforzo normale agente espressa in [kN]
- Mrd momento resistente espresso in [kNm]
- Nrd sforzo normale resistente espresso in [kN]
- 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 [kNm]
- Mrd momento resistente espresso in [kNm]
- FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Is	Afi [cmq]	Afs [cmq]	Mp [kNm]	Mn [kNm]	Mrd [kNm]	FS
1-1-P	6,03	6,03	0,71	-0,10	358,73	100.000
2-1-P	6,03	6,03	0,08	-0,37	358,73	100.000
3-19-P	6,03	6,03	0,00	-13,75	-358,73	26.098
4-8-S	6,03	6,03	0,00	-27,02	-358,73	13.278
5-8-S	6,03	6,03	0,00	-22,96	-358,73	15.625
6-8-S	4,02	4,02	0,00	-26,97	-242,43	8.989
7-8-S	6,03	6,03	0,00	-26,99	-358,73	13.292
8-8-S	6,03	6,03	0,00	-23,00	-358,73	15.599
9-8-S	6,03	6,03	0,00	-27,01	-358,73	13.282
10-8-S	4,02	4,02	0,00	-27,01	-242,43	8.976
11-8-S	6,03	6,03	0,00	-23,00	-358,73	15.599
12-8-S	6,03	6,03	0,00	-26,99	-358,73	13.292
13-8-S	4,02	4,02	0,00	-26,97	-242,43	8.989
14-8-S	6,03	6,03	0,00	-22,96	-358,73	15.625
15-8-S	6,03	6,03	0,00	-27,02	-358,73	13.278

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Is	Afi [cmq]	Afs [cmq]	Mp [kNm]	Mn [kNm]	Mrd [kNm]	FS
1-1-P	6,03	6,03	0,48	0,00	358,73	100.000

Is	Afi [cmq]	Afs [cmq]	Mp [kNm]	Mn [kNm]	Mrd [kNm]	FS
2-1-P	6,03	6,03	0,03	-0,08	358,73	100.000
3-1-P	6,03	6,03	0,01	-0,01	358,73	100.000
4-1-S	6,03	6,03	6,85	0,00	358,73	52.378
5-1-S	6,03	6,03	7,33	0,00	358,73	48.929
6-1-S	4,02	4,02	7,72	0,00	242,43	31.393
7-1-S	6,03	6,03	7,68	0,00	358,73	46.717
8-1-S	6,03	6,03	7,32	0,00	358,73	49.001
9-1-S	6,03	6,03	7,60	0,00	358,73	47.186
10-1-S	4,02	4,02	7,60	0,00	242,43	31.889
11-1-S	6,03	6,03	7,32	0,00	358,73	49.001
12-1-S	6,03	6,03	7,68	0,00	358,73	46.717
13-1-S	4,02	4,02	7,72	0,00	242,43	31.393
14-1-S	6,03	6,03	7,33	0,00	358,73	48.929
15-1-S	6,03	6,03	6,85	0,00	358,73	52.378

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

Is	Afi [cmq]	Afs [cmq]	Mp [kNm]	Mn [kNm]	Mrd [kNm]	FS
1-1-P	6,03	6,03	0,42	0,00	358,73	100.000
2-1-P	6,03	6,03	0,03	-0,08	358,73	100.000
3-1-P	6,03	6,03	0,01	-0,01	358,73	100.000
4-1-S	6,03	6,03	5,89	0,00	358,73	60.855
5-1-S	6,03	6,03	6,23	0,00	358,73	57.537
6-1-S	4,02	4,02	6,60	0,00	242,43	36.749
7-1-S	6,03	6,03	6,56	0,00	358,73	54.685
8-1-S	6,03	6,03	6,22	0,00	358,73	57.684
9-1-S	6,03	6,03	6,50	0,00	358,73	55.206
10-1-S	4,02	4,02	6,50	0,00	242,43	37.308
11-1-S	6,03	6,03	6,22	0,00	358,73	57.684
12-1-S	6,03	6,03	6,56	0,00	358,73	54.685
13-1-S	4,02	4,02	6,60	0,00	242,43	36.749
14-1-S	6,03	6,03	6,23	0,00	358,73	57.537
15-1-S	6,03	6,03	5,89	0,00	358,73	60.855

FondazioneCombinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Is	Afi [cmq]	Afs [cmq]	Mp [kNm]	Mn [kNm]	Mrd [kNm]	FS
16-1-P	6,03	6,03	0,01	-0,04	352,90	100.000
18-1-P	6,03	6,03	0,03	-0,19	352,90	100.000
19-4-S	6,03	6,03	0,00	-4,56	-358,73	78.733
20-4-S	6,03	6,03	0,00	-4,56	-358,73	78.742
21-4-S	4,02	4,02	0,00	-4,54	-242,43	53.366
22-4-S	6,03	6,03	0,00	-4,54	-358,73	78.988
23-4-S	6,03	6,03	0,00	-4,54	-358,73	78.988
24-4-S	6,03	6,03	0,00	-4,54	-358,73	78.987
25-4-S	4,02	4,02	0,00	-4,54	-242,43	53.380
26-4-S	6,03	6,03	0,00	-4,54	-358,73	78.988
27-4-S	6,03	6,03	0,00	-4,54	-358,73	78.988
28-4-S	4,02	4,02	0,00	-4,54	-242,43	53.366
29-4-S	6,03	6,03	0,00	-4,56	-358,73	78.742
30-4-S	6,03	6,03	0,00	-4,56	-358,73	78.733

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Is	Afi [cmq]	Afs [cmq]	Mp [kNm]	Mn [kNm]	Mrd [kNm]	FS
16-1-P	6,03	6,03	0,01	-0,03	352,90	100.000
18-1-P	6,03	6,03	0,02	-0,11	352,90	100.000
19-1-S	6,03	6,03	0,00	0,00	358,73	100.000
20-2-S	6,03	6,03	0,00	-0,21	-358,73	100.000
21-4-S	4,02	4,02	0,00	-2,54	-242,43	95.543
22-2-S	6,03	6,03	0,00	-0,21	-358,73	100.000
23-2-S	6,03	6,03	0,00	-0,21	-358,73	100.000
24-2-S	6,03	6,03	0,00	-0,21	-358,73	100.000
25-4-S	4,02	4,02	0,00	-2,54	-242,43	95.569
26-2-S	6,03	6,03	0,00	-0,21	-358,73	100.000
27-2-S	6,03	6,03	0,00	-0,21	-358,73	100.000
28-4-S	4,02	4,02	0,00	-2,54	-242,43	95.543
29-2-S	6,03	6,03	0,00	-0,21	-358,73	100.000
30-1-S	6,03	6,03	0,00	0,00	358,73	100.000

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

Is	Afi [cmq]	Afs [cmq]	Mp [kNm]	Mn [kNm]	Mrd [kNm]	FS
16-1-P	6,03	6,03	0,01	-0,03	352,90	100.000
18-1-P	6,03	6,03	0,02	-0,11	352,90	100.000
19-1-S	6,03	6,03	0,00	0,00	358,73	100.000
20-2-S	6,03	6,03	0,00	-0,21	-358,73	100.000
21-4-S	4,02	4,02	0,00	-2,54	-242,43	95.543
22-2-S	6,03	6,03	0,00	-0,21	-358,73	100.000
23-2-S	6,03	6,03	0,00	-0,21	-358,73	100.000

Is	Afi [cmq]	Afs [cmq]	Mp [kNm]	Mn [kNm]	Mrd [kNm]	FS
24-2-S	6,03	6,03	0,00	-0,21	-358,73	100.000
25-4-S	4,02	4,02	0,00	-2,54	-242,43	95.569
26-2-S	6,03	6,03	0,00	-0,21	-358,73	100.000
27-2-S	6,03	6,03	0,00	-0,21	-358,73	100.000
28-4-S	4,02	4,02	0,00	-2,54	-242,43	95.543
29-2-S	6,03	6,03	0,00	-0,21	-358,73	100.000
30-1-S	6,03	6,03	0,00	0,00	358,73	100.000

Micropali

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Ip	Is	Ar [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mrd [kNm]	Nrd [kN]	FS
1	1	8,80	1,43	104,85	2,04	104,85	1.423
2	1	8,80	1,43	104,85	2,04	104,85	1.423

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Ip	Is	Ar [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mrd [kNm]	Nrd [kN]	FS
1	1	8,80	0,69	72,36	2,08	72,36	3.040
2	1	8,80	0,69	72,36	2,08	72,36	3.040

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

Ip	Is	Ar [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mrd [kNm]	Nrd [kN]	FS
1	1	8,80	0,74	63,74	2,10	63,74	2.842
2	1	8,80	0,74	63,74	2,10	63,74	2.842

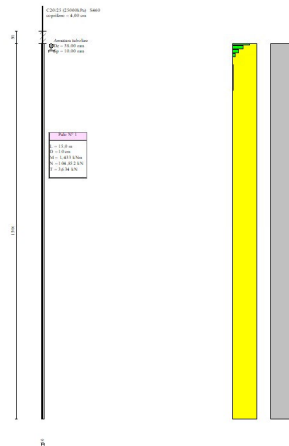


Fig. 21 - Pali (Palo n° 1) (Involuppo)

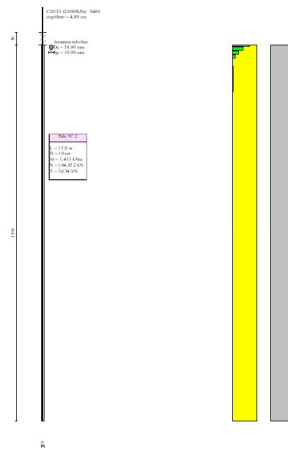


Fig. 22 - Pali (Palo n° 2) (Inviluppo)

Verifiche a taglio

Simbologia adottata

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

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Is	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotg (θ)	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1-31-P	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-7,72	15.212
2-31-P	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-1,63	71.849
3-31-P	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-23,53	4.993
4-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,74	2.748
5-5-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	21,21	5.537
6-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,75	2.748
7-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,76	2.747
8-5-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	21,32	5.508
9-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,78	2.745
10-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,78	2.745
11-5-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	21,32	5.508
12-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,76	2.747
13-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,75	2.748
14-5-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	21,21	5.537
15-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,74	2.748

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Is	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotg (θ)	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1-31-P	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-7,72	15.212
2-31-P	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-1,63	71.849
3-31-P	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-23,53	4.993
4-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,74	2.748
5-5-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	21,21	5.537
6-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,75	2.748
7-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,76	2.747
8-5-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	21,32	5.508
9-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,78	2.745
10-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,78	2.745
11-5-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	21,32	5.508
12-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,76	2.747
13-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,75	2.748
14-5-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	21,21	5.537
15-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,74	2.748

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

Is	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotg (θ)	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1-31-P	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-7,72	15.212
2-31-P	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-1,63	71.849
3-31-P	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-23,53	4.993
4-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,74	2.748
5-5-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	21,21	5.537
6-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,75	2.748
7-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,76	2.747
8-5-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	21,32	5.508
9-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,78	2.745
10-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,78	2.745
11-5-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	21,32	5.508
12-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,76	2.747
13-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,75	2.748
14-5-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	21,21	5.537
15-7-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,74	2.748

FondazioneCombinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Is	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotg (θ)	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
16-1-P	40,00	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	75,06	0,03	100.000
18-1-P	40,00	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	75,06	0,15	100.000
19-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-16,96	6.924
20-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,08	6.876
21-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.895
22-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896
23-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896
24-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896
25-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896
26-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896
27-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896
28-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.895
29-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,08	6.876
30-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-16,96	6.924

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Is	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotg (θ)	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
16-1-P	40,00	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	75,06	0,03	100.000
18-1-P	40,00	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	75,06	0,15	100.000
19-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-16,96	6.924
20-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,08	6.876
21-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.895
22-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896
23-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896
24-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896
25-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896
26-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896
27-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896
28-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.895
29-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,08	6.876
30-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-16,96	6.924

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

Is	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotg (θ)	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
16-1-P	40,00	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	75,06	0,03	100.000
18-1-P	40,00	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	75,06	0,15	100.000
19-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-16,96	6.924
20-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,08	6.876
21-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.895
22-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896
23-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896
24-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896
25-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896
26-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896
27-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896
28-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.895
29-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,08	6.876
30-4-S	66,67	50,00	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-16,96	6.924

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 $2 / \pi$.

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Ip	Is	A _{sw} [cmq]	V _{rd} [kN]	T [kN]	FS
1	1	5,60	141,64	3,63	38.978
2	1	5,60	141,64	3,63	38.978

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Ip	Is	A _{sw} [cmq]	V _{rd} [kN]	T [kN]	FS
1	1	5,60	141,64	1,78	79.489
2	1	5,60	141,64	1,78	79.489

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

Ip	Is	A _{sw} [cmq]	V _{rd} [kN]	T [kN]	FS
1	1	5,60	141,64	1,96	72.422
2	1	5,60	141,64	1,96	72.422

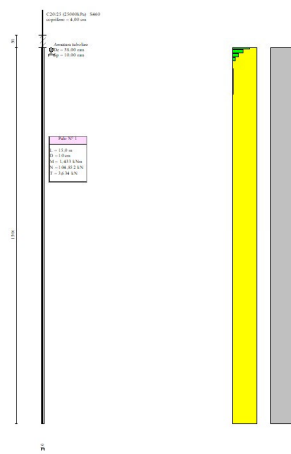


Fig. 27 - Pali (Palo n° 1) (Inviluppo)

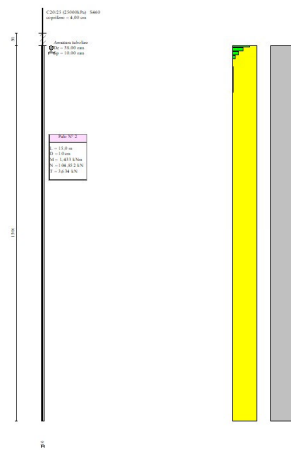


Fig. 28 - Pali (Palo n° 2) (Inviluppo)

7.6. 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 [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	48,33	17,33	46,14	14,40	0,40	-1,46
	Peso/Inerzia muro			0,00	40,45/0,00	-0,25	-1,49
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	24,92/0,00	0,20	-1,00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	1,60	-0,68	-1,88
	Resistenza passiva terreno antistante			-2,49			
	Risultante forze sul muro			50,29	0,00	--	--
	Resistenza tiranti			-286,35	104,22	-0,50	-0,98
	Resistenza pali			-4,78			
2	Spinta statica	19,15	17,33	18,28	5,70	0,40	-1,67
	Incremento di spinta sismica		7,87	7,51	2,34	0,40	-1,25
	Peso/Inerzia muro			5,99	40,45/2,99	-0,25	-1,49
	Peso/Inerzia terrapieno			2,09	14,12/1,04	0,20	-1,00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,24	1,60	-0,68	-1,88
	Resistenza passiva terreno antistante			-2,49			
	Resistenza tiranti			-286,35	104,22	-0,50	-0,98
	Resistenza pali			-4,90			

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

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

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	104,85	1,43	3,63
	2	104,85	1,43	3,63
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	72,36	0,69	1,78
	2	72,36	0,69	1,78

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 _{SUPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{SUPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		3.045					
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	8.612					
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	9.299					
4 - GEO (A2-M2-R2)					3.204		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				3.613		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				3.676		

Verifiche portanza trasversale (scorrimento)

Simbologia adottata

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

Ic	Ip	T [kN]	Td [kN]	FSo
1 - STR (A1-M1-R3)	1	3,63	4,25	1.170
	2	3,63	4,25	1.170
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	1,78	4,36	2.445
	2	1,78	4,36	2.445

Verifiche portanza verticale

Simbologia adottata

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

Ic	Ip	N [kN]	Pd [kN]	FSv
1 - STR (A1-M1-R3)	1	104,85	290,00	2.766
	2	104,85	290,00	2.766
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	72,36	291,05	4.022
	2	72,36	291,05	4.022
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	72,36	291,05	4.022
	2	72,36	291,05	4.022
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	63,74	291,05	4.566
	2	63,74	291,05	4.566

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 [kN]
A	Attrito negativo, espresso in [kN]
Sub	Sottospinta, espresso in [kN]
Wp	Peso palo, espresso in [kN]

n°	Nc	N'c	Nq	N'q	Zc [m]	Pp [kN]	Pl [kN]	A [kN]	Sub [kN]	Wp [kN]
1	0.000	0.000	0.000	0.000	--	270,96	270,96	0,00	0,00	3,48
						270,96	270,96			
2	0.000	0.000	0.000	0.000	--	270,96	270,96	0,00	0,00	3,48
						270,96	270,96			

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 [kN]. In grassetto il tiro massimo in esercizio
Nx/ml, Ny/ml	Componente in direzione X ed Y del tiro a metro lineare, espresso in [kN]
R	Resistenza di progetto, espresso in [kN]
Rx/ml, Ry/ml	Resistenza in direzione X ed Y a metro lineare, espressa in [kN]

It	S [m]	Ic	Lf [m]	Lt [m]	N [kN]	Nx/ml [kN]	Ny/ml [kN]	R [kN]	Rx/ml [kN]	Ry/ml [kN]
1 [P]	0,20	1	10,00	11,00	98,47	92,54	33,68	118,96	92,54	33,68
			2,80	3,80	7,64	7,18	2,61	118,96	7,18	2,61
			2,30	3,30	5,94	5,58	2,03	118,96	5,58	2,03
			7,70	8,70	73,77	69,32	25,23	142,76	69,32	25,23
			6,70	7,70	55,99	52,61	19,15	142,76	52,61	19,15
			1,60	2,60	4,35	4,09	1,49	142,76	4,09	1,49

It	S [m]	Ic	Lf [m]	Lt [m]	N [kN]	Nx/ml [kN]	Ny/ml [kN]	R [kN]	Rx/ml [kN]	Ry/ml [kN]
		10	1,70	2,70	4,72	4,43	1,61	142,76	4,43	1,61
		11	1,60	2,60	4,35	4,09	1,49	142,76	4,09	1,49
			11,00	12,00	98,47					
2 [P]	1,50	1	1,50	2,50	8,49	7,98	2,90	181,30	7,98	2,90
		2	3,30	4,30	30,79	28,94	10,53	181,30	28,94	10,53
		3	3,20	4,20	30,03	28,22	10,27	181,30	28,22	10,27
		7	1,10	2,10	7,17	6,73	2,45	217,56	6,73	2,45
		8	1,50	2,50	10,27	9,65	3,51	217,56	9,65	3,51
		9	2,20	3,20	19,60	18,42	6,70	217,56	18,42	6,70
		10	2,50	3,50	24,20	22,74	8,28	217,56	22,74	8,28
		11	2,50	3,50	23,82	22,39	8,15	217,56	22,39	8,15
			11,00	12,00	30,79					

Verifica di resistenza allo sfilamento

Simbologia adottata

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

It	S [m]	Ic	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R [kN]	N [kN]	FS
1 [P]	0,20	1	118,96	1244,21	5335,96	118,96	98,47	1.208
		2	118,96	1244,21	5335,96	118,96	7,64	15.579
		3	118,96	1244,21	5335,96	118,96	5,94	20.016
		7	142,76	1244,21	5335,96	142,76	73,77	1.935
		8	142,76	1244,21	5335,96	142,76	55,99	2.550
		9	142,76	1244,21	5335,96	142,76	4,35	32.836
		10	142,76	1244,21	5335,96	142,76	4,72	30.277
		11	142,76	1244,21	5335,96	142,76	4,35	32.836
2 [P]	1,50	1	181,30	1244,21	5335,96	181,30	8,49	21.362
		2	181,30	1244,21	5335,96	181,30	30,79	5.887
		3	181,30	1244,21	5335,96	181,30	30,03	6.038
		7	217,56	1244,21	5335,96	217,56	7,17	30.362
		8	217,56	1244,21	5335,96	217,56	10,27	21.175
		9	217,56	1244,21	5335,96	217,56	19,60	11.099
		10	217,56	1244,21	5335,96	217,56	24,20	8.988
		11	217,56	1244,21	5335,96	217,56	23,82	9.133

Verifica delle tensioni massime nell'armatura del tirante

Simbologia adottata

- N_{MAX} Tiro massimo in esercizio sul tirante, espresso in [kN]
- A Area del tirante, espresso in [cmq]
- σ_f Tensione nel tirante (N_{MAX}/A), espresso in [kPa]
- σ_{lim} Tensione limite dell'acciaio del tirante, espresso in [kPa]

It	S [m]	N _{MAX} [kN]	A [cmq]	σ _f [kPa]	σ _{lim} [kPa]
1 [P]	0,20	98,47	7,54	130606	400000
2 [P]	1,50	30,79	7,54	40843	400000

Sollecitazioni

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

- M_x, M_y Momenti flettenti, espresso in [kNm]
 - M_{xy} Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
 - T_x, T_y Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)
- I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Piastra paramento

In	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _{xy} [kNm]	T _x [kN]	T _y [kN]	
2	4,31 (1)	14,37 (1)	0,04 (1)	0,00 (1)	24,48 (1)	MAX
170	-37,99 (1)	-59,20 (1)	0,02 (1)	-0,12 (1)	-5,59 (1)	MIN
2	4,31 (1)	14,37 (1)	0,04 (1)	0,00 (1)	24,48 (1)	MAX
59	-35,42 (1)	-59,27 (1)	0,12 (1)	0,84 (1)	-5,14 (1)	MIN
46	-8,30 (1)	-32,51 (1)	2,00 (1)	-7,42 (1)	23,57 (1)	MAX
268	-8,30 (1)	-32,51 (1)	-2,00 (1)	7,42 (1)	23,57 (1)	MIN
62	-2,58 (1)	-34,23 (1)	-0,72 (1)	75,76 (1)	-2,56 (1)	MAX
251	-2,58 (1)	-34,23 (1)	0,72 (1)	-75,76 (1)	-2,56 (1)	MIN

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
45	-7,89 (1)	-25,57 (1)	0,40 (1)	2,28 (1)	85,93 (1)	MAX
135	-16,93 (1)	-25,46 (1)	-0,01 (1)	0,25 (1)	-142,73 (1)	MIN

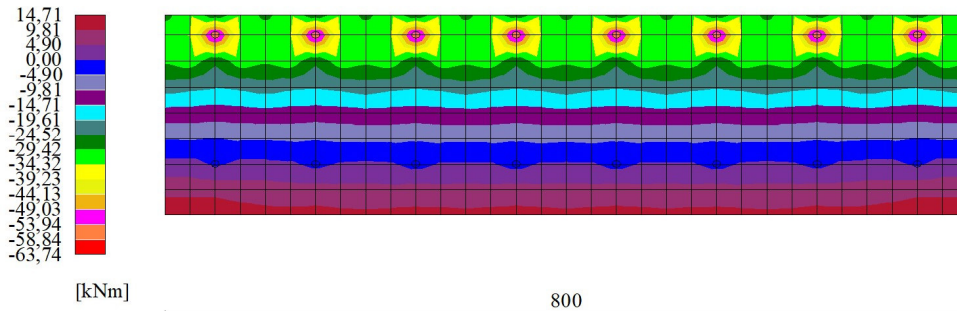


Fig. 33 - Piastra paramento - Momento My (Combinazione n° 1)

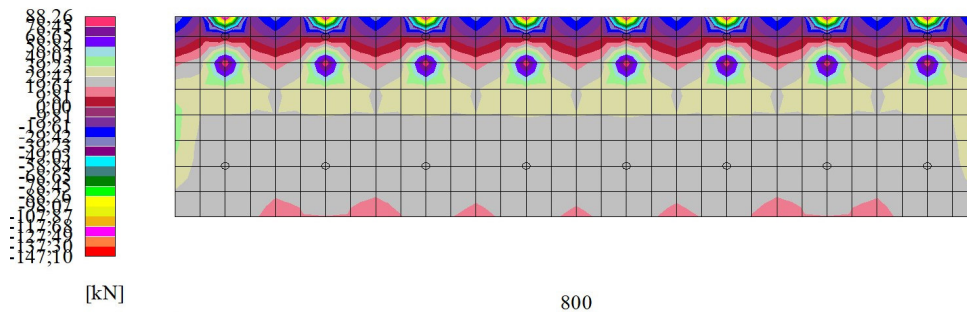


Fig. 34 - Piastra paramento - Taglio Ty (Combinazione n° 1)

Piastra fondazione

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
210	0,16 (1)	-0,08 (1)	-0,03 (1)	-0,26 (1)	-8,50 (1)	MAX
23	-2,06 (1)	-6,86 (1)	0,02 (1)	0,00 (1)	-25,76 (1)	MIN
203	0,11 (1)	0,02 (1)	0,00 (1)	-0,42 (1)	-8,63 (1)	MAX
23	-2,06 (1)	-6,86 (1)	0,02 (1)	0,00 (1)	-25,76 (1)	MIN
22	-2,03 (1)	-6,75 (1)	0,37 (1)	0,00 (1)	-24,32 (1)	MAX
215	-2,03 (1)	-6,75 (1)	-0,37 (1)	0,00 (1)	-24,32 (1)	MIN
32	0,14 (1)	-1,58 (1)	0,08 (1)	0,75 (1)	-16,27 (1)	MAX
216	0,14 (1)	-1,58 (1)	-0,08 (1)	-0,75 (1)	-16,27 (1)	MIN
199	-0,41 (1)	-1,36 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	5,13 (1)	MAX
201	-2,06 (1)	-6,86 (1)	-0,02 (1)	0,00 (1)	-25,76 (1)	MIN

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.

T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
 M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Palo n° 1

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	104,85	547,32	3,63	5,53	1,43	2,18
7	0,90	105,06	547,32	0,06	0,09	-0,13	-0,19
9	1,20	102,96	531,06	-0,04	-0,06	-0,14	-0,21
13	1,80	96,60	498,54	-0,10	-0,15	-0,09	-0,14
41	6,00	52,08	270,93	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	104,85	547,32	3,63	5,53	1,43	2,18
7	0,90	105,06	547,32	0,06	0,09	-0,13	-0,19
9	1,20	102,96	531,06	-0,04	-0,06	-0,14	-0,21
13	1,80	96,60	498,54	-0,10	-0,15	-0,09	-0,14
41	6,00	52,08	270,93	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 1

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	72,36	547,34	1,78	5,66	0,69	2,18
7	0,90	72,57	547,34	0,02	0,07	-0,07	-0,21
8	1,05	72,23	539,21	-0,01	-0,02	-0,07	-0,22
12	1,65	67,82	506,70	-0,05	-0,16	-0,05	-0,17
41	6,00	35,83	270,96	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	72,36	547,34	1,78	5,66	0,69	2,18
7	0,90	72,57	547,34	0,02	0,07	-0,07	-0,21
8	1,05	72,23	539,21	-0,01	-0,02	-0,07	-0,22
12	1,65	67,82	506,70	-0,05	-0,16	-0,05	-0,17
41	6,00	35,83	270,96	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 1

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	63,74	547,34	1,96	5,78	0,74	2,18
7	0,90	63,95	547,34	0,02	0,05	-0,08	-0,23
8	1,05	63,65	539,21	-0,01	-0,04	-0,08	-0,24
12	1,65	59,76	506,69	-0,06	-0,17	-0,06	-0,17
41	6,00	31,52	270,95	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	63,74	547,34	1,96	5,78	0,74	2,18
7	0,90	63,95	547,34	0,02	0,05	-0,08	-0,23
8	1,05	63,65	539,21	-0,01	-0,04	-0,08	-0,24
12	1,65	59,76	506,69	-0,06	-0,17	-0,06	-0,17
41	6,00	31,52	270,95	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 1

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	91,32	547,35	3,51	5,63	1,36	2,18
7	0,90	91,53	547,35	0,05	0,07	-0,13	-0,21
8	1,05	91,09	539,22	-0,01	-0,02	-0,14	-0,22
13	1,80	84,15	498,57	-0,10	-0,16	-0,09	-0,14
41	6,00	45,31	270,94	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	91,32	547,35	3,51	5,63	1,36	2,18
7	0,90	91,53	547,35	0,05	0,07	-0,13	-0,21
8	1,05	91,09	539,22	-0,01	-0,02	-0,14	-0,22
13	1,80	84,15	498,57	-0,10	-0,16	-0,09	-0,14
41	6,00	45,31	270,94	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 1

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	83,93	547,34	3,22	5,68	1,24	2,18
7	0,90	84,14	547,34	0,04	0,07	-0,12	-0,21
8	1,05	83,74	539,21	-0,01	-0,02	-0,13	-0,22
12	1,65	78,63	506,70	-0,09	-0,16	-0,09	-0,17
41	6,00	41,62	270,96	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	83,93	547,34	3,22	5,68	1,24	2,18
7	0,90	84,14	547,34	0,04	0,07	-0,12	-0,21
8	1,05	83,74	539,21	-0,01	-0,02	-0,13	-0,22
12	1,65	78,63	506,70	-0,09	-0,16	-0,09	-0,17
41	6,00	41,62	270,96	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 1

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	61,78	547,34	2,34	5,88	0,87	2,18
7	0,90	61,98	547,34	0,01	0,03	-0,10	-0,24
8	1,05	61,69	539,21	-0,02	-0,05	-0,10	-0,25
12	1,65	57,92	506,70	-0,07	-0,18	-0,07	-0,17
41	6,00	30,54	270,96	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	61,78	547,34	2,34	5,88	0,87	2,18
7	0,90	61,98	547,34	0,01	0,03	-0,10	-0,24
8	1,05	61,69	539,21	-0,02	-0,05	-0,10	-0,25
12	1,65	57,92	506,70	-0,07	-0,18	-0,07	-0,17
41	6,00	30,54	270,96	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 1

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	66,16	547,34	2,11	5,80	0,79	2,18
7	0,90	66,37	547,34	0,02	0,05	-0,08	-0,23
8	1,05	66,05	539,21	-0,02	-0,04	-0,09	-0,24
12	1,65	62,01	506,70	-0,06	-0,17	-0,06	-0,17
41	6,00	32,73	270,95	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	66,16	547,34	2,11	5,80	0,79	2,18
7	0,90	66,37	547,34	0,02	0,05	-0,08	-0,23
8	1,05	66,05	539,21	-0,02	-0,04	-0,09	-0,24
12	1,65	62,01	506,70	-0,06	-0,17	-0,06	-0,17
41	6,00	32,73	270,95	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 1

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	62,43	547,34	2,19	5,84	0,82	2,18
7	0,90	62,63	547,34	0,01	0,04	-0,09	-0,24
8	1,05	62,34	539,22	-0,02	-0,05	-0,09	-0,24
12	1,65	58,52	506,70	-0,07	-0,17	-0,06	-0,17
41	6,00	30,86	270,96	0,00	0,00	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	62,43	547,34	2,19	5,84	0,82	2,18
7	0,90	62,63	547,34	0,01	0,04	-0,09	-0,24
8	1,05	62,34	539,22	-0,02	-0,05	-0,09	-0,24
12	1,65	58,52	506,70	-0,07	-0,17	-0,06	-0,17
41	6,00	30,86	270,96	0,00	0,00	0,00	0,00

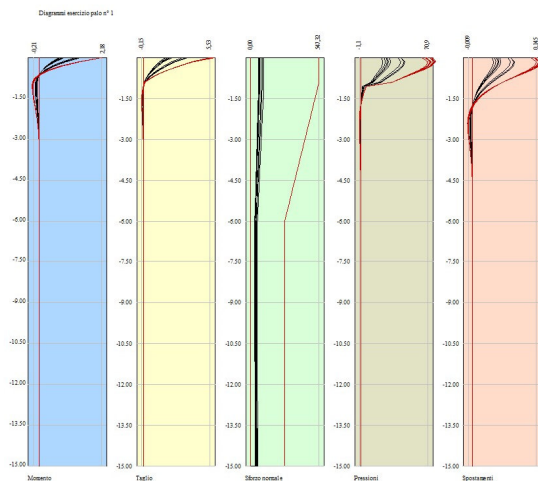


Fig. 37 - Sollecitazioni palo (Palo n° 1) (Inviluppo)

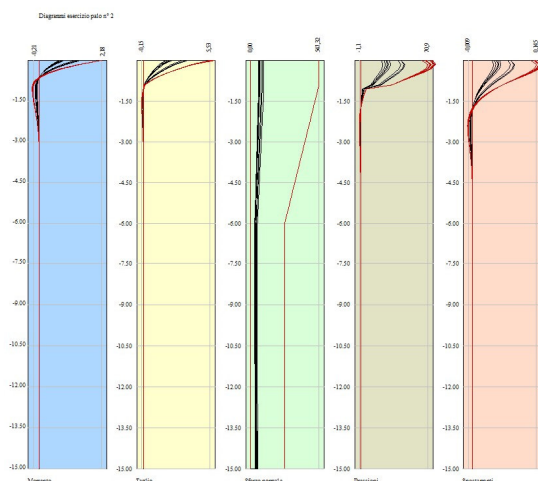


Fig. 38 - Sollecitazioni palo (Palo n° 2) (Inviluppo)

Verifiche strutturali

Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

- n° indice sezione
- 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 [kNm]
- N sforzo normale agente espressa in [kN]
- Mrd momento resistente espresso in [kNm]
- Nrd sforzo normale resistente espresso in [kN]
- 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 [kNm]
- Mrd momento resistente espresso in [kNm]
- FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

Is	Afi [cmq]	Afs [cmq]	Mp [kNm]	Mn [kNm]	Mrd [kNm]	FS
1-1-P	6,03	6,03	0,71	-0,10	358,73	100.000 (1)
2-1-P	6,03	6,03	0,08	-0,37	358,73	100.000 (1)
3-19-P	6,03	6,03	0,00	-13,75	-358,73	26.098 (1)
4-8-S	6,03	6,03	0,00	-27,02	-358,73	13.278 (1)
5-8-S	6,03	6,03	0,00	-22,96	-358,73	15.625 (1)
6-8-S	4,02	4,02	0,00	-26,97	-242,43	8.989 (1)
7-8-S	6,03	6,03	0,00	-26,99	-358,73	13.292 (1)
8-8-S	6,03	6,03	0,00	-23,00	-358,73	15.599 (1)
9-8-S	6,03	6,03	0,00	-27,01	-358,73	13.282 (1)
10-8-S	4,02	4,02	0,00	-27,01	-242,43	8.976 (1)
11-8-S	6,03	6,03	0,00	-23,00	-358,73	15.599 (1)
12-8-S	6,03	6,03	0,00	-26,99	-358,73	13.292 (1)
13-8-S	4,02	4,02	0,00	-26,97	-242,43	8.989 (1)
14-8-S	6,03	6,03	0,00	-22,96	-358,73	15.625 (1)
15-8-S	6,03	6,03	0,00	-27,02	-358,73	13.278 (1)

Fondazione

Is	Afi [cmq]	Afs [cmq]	Mp [kNm]	Mn [kNm]	Mrd [kNm]	FS
16-1-P	6,03	6,03	0,01	-0,04	352,90	100.000 (1)
18-1-P	6,03	6,03	0,03	-0,19	352,90	100.000 (1)
19-4-S	6,03	6,03	0,00	-4,56	-358,73	78.733 (1)
20-4-S	6,03	6,03	0,00	-4,56	-358,73	78.742 (1)
21-4-S	4,02	4,02	0,00	-4,54	-242,43	53.366 (1)
22-4-S	6,03	6,03	0,00	-4,54	-358,73	78.988 (1)
23-4-S	6,03	6,03	0,00	-4,54	-358,73	78.988 (1)
24-4-S	6,03	6,03	0,00	-4,54	-358,73	78.987 (1)
25-4-S	4,02	4,02	0,00	-4,54	-242,43	53.380 (1)
26-4-S	6,03	6,03	0,00	-4,54	-358,73	78.988 (1)
27-4-S	6,03	6,03	0,00	-4,54	-358,73	78.988 (1)
28-4-S	4,02	4,02	0,00	-4,54	-242,43	53.366 (1)
29-4-S	6,03	6,03	0,00	-4,56	-358,73	78.742 (1)
30-4-S	6,03	6,03	0,00	-4,56	-358,73	78.733 (1)

Micropali

Ip	Is	Ar [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mrd [kNm]	Nrd [kN]	FS
1	1	8,80	1,43	104,85	2,04	104,85	1.423
2	1	8,80	1,43	104,85	2,04	104,85	1.423

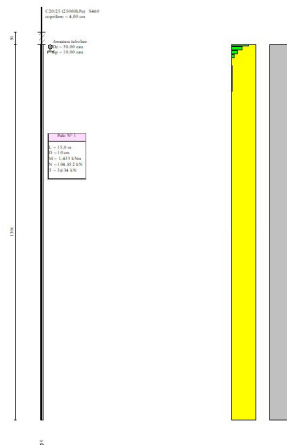


Fig. 43 - Pali (Palo n° 1) (Involuppo)

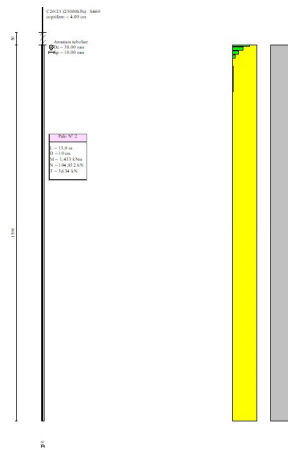


Fig. 44 - Pali (Palo n° 2) (Involuppo)

Verifiche a taglio

Simbologia adottata

- n° (o 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 espressa in [cmq]
- cotgθ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
- V_{Rcd} resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kN]
- V_{Rsd} resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]
- V_{Rd} resistenza di progetto a taglio espressa in [kN]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A_{sw}>0.0) V_{Rd}=min(V_{Rcd}, V_{Rsd}).
- T taglio agente espressa in [kN]
- FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

Paramento

Is	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotg (θ)	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1-31-P	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-7,72	15.212 (1)
2-31-P	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-1,63	71.849 (1)
3-31-P	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-23,53	4.993 (1)
4-7-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,74	2.748 (1)
5-5-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	21,21	5.537 (1)
6-7-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,75	2.748 (1)
7-7-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,76	2.747 (1)
8-5-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	21,32	5.508 (1)
9-7-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,78	2.745 (1)
10-7-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,78	2.745 (1)
11-5-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	21,32	5.508 (1)
12-7-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,76	2.747 (1)
13-7-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,75	2.748 (1)
14-5-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	21,21	5.537 (1)
15-7-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-42,74	2.748 (1)

Fondazione

Is	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotg (θ)	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
16-1-P	40	50	0,00	2.000	0,00	0,00	75,06	0,03	100.000 (1)
18-1-P	40	50	0,00	2.000	0,00	0,00	75,06	0,15	100.000 (1)
19-4-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-16,96	6.924 (1)
20-4-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,08	6.876 (1)
21-4-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.895 (1)
22-4-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896 (1)
23-4-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896 (1)
24-4-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896 (1)
25-4-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896 (1)
26-4-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896 (1)
27-4-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.896 (1)
28-4-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,03	6.895 (1)
29-4-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-17,08	6.876 (1)
30-4-S	67	50	0,00	2.000	0,00	0,00	117,45	-16,96	6.924 (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} [cm]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	1	5,60	141,64	3,63	38.978
2	1	5,60	141,64	3,63	38.978

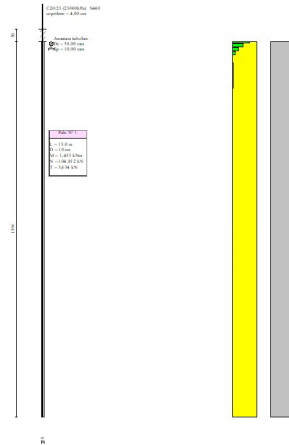


Fig. 49 - Pali (Palo n° 1) (Inviluppo)

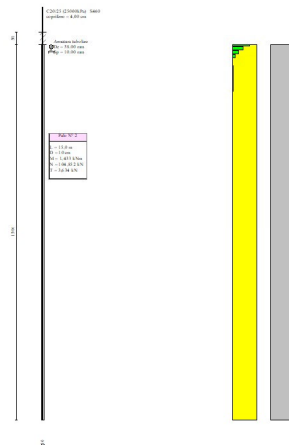


Fig. 50 - Pali (Palo n° 2) (Inviluppo)

8. Conclusioni

Si prescrive quanto segue:

- Se si riscontrassero delle inadempienze e/o modifiche durante i sopralluoghi in cantiere e non segnalate, la scrivente non si assume nessuna responsabilità di eventuali danni arrecati.
- Detta relazione ha validità se non si realizzano modifiche a quanto riportato nell'elaborato grafico e se le caratteristiche del terreno ipotizzato siano confermate durante le operazioni di perforazione.

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

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

Il sottoscritto SOMMAVILLA DANIELE, 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.
- Progetto e verifica della lunghezza di ancoraggio dei tiranti.

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. 17/01/2018.

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	16.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	Tecno perforazioni S.r.l.
Licenza	AIU5227U5

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

Calliano, Agosto 2024

Il progettista
(Ing. Daniele Sommovilla)