



# PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

DIPARTIMENTO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
SERVIZIO GESTIONE STRADE  
UFFICIO GESTIONE PER LA ZONA OVEST

**Lavori di somma urgenza per la messa in sicurezza della  
sede stradale lungo la S.S.42 del Tonale e della Mendola in  
prossimità della PR.KM 191+000 nel COMUNE DI LIVO**

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE  
OPERE STRUTTURALI**

**R2**

SCALA :

DATA : **GIUGNO 2024**

AGGIORNAMENTO :

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. **Claudio Antonioni**

Visto! IL DIRETTORE DELL'UFFICIO

Dott. Ing. **Marcello Pilati**

Visto ! IL SOSTITUTO DIRIGENTE :

Dott. Ing.

**Liberto Borzini**

TIMBRO :



**PROVINCIA DI TRENTO**



**COMUNE DI  
LIVO**

**PROGETTO MURO CONTROTERRA  
SU MICROPALI  
RELAZIONE DI CALCOLO**

**PROGETTO: LAVORI DI SOMMA URGENZA PER LA MESSA IN  
SICUREZZA DELLA SEDE STRADALE LUNGO LA S.S.42**

**COMMITTENTE: TECNOPERFORAZIONI SRL**

**PROGETTISTA: Ing. DANIELE SOMMAVILLA**

**Calliano, GIUGNO 2024**

**(pagina lasciata vuota volontariamente)**

## Sommario

Sommario .....	3
1. <i>Premessa</i> .....	4
2. <i>Descrizione</i> .....	4
3. <i>Normative di riferimento</i> .....	5
4. <i>Richiami teorici</i> .....	6
5. <i>Determinazione azione orizzontale</i> . .....	10
6. <i>Sezione frana y-y</i> .....	13
6.1. <i>Dati</i> .....	13
6.2. <i>Opzioni di calcolo</i> .....	22
6.3. <i>Risultati</i> .....	24
6.4. <i>Verifiche strutturali</i> .....	33
7. <i>Sezione bordo frana sez x-x</i> .....	41
7.1. <i>Dati</i> .....	41
7.2. <i>Opzioni di calcolo</i> .....	48
7.3. <i>Risultati per involuppo</i> .....	50
7.4. <i>Verifiche strutturali</i> .....	59
8. <i>Sezione bordo frana z-z</i> .....	65
8.1. <i>Dati</i> .....	65
8.2. <i>Opzioni di calcolo</i> .....	73
8.3. <i>Risultati</i> .....	75
8.4. <i>Verifiche strutturali</i> .....	87
9. <i>Conclusioni</i> .....	113
10. <i>Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)</i> .....	114

## 1. Premessa.

La relazione tratta lo studio statico di un muro contro terra per sorreggere l'asse viabile sulla S.S. 42 nel comune di Livo.

## 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. È già stato realizzato un primo intervento di consolidamento con parete chiodata di sviluppo 28.60m circa e con due ordini di chiodi con lunghezza 9.50m e 7.50m.

L'intervento da realizzarsi consta nella realizzazione di un muro sotto-strada con lunghezza complessiva di circa 73.80metri circa. Nella zona dello smottamento, che ha lunghezza di circa 28.10metri, viene realizzato un muro con fondazione profonda costituita da due file di pali con lunghezza 10metri e diametro del micropalo di 127mm e spessore 8mm; l'elevazione è tirantata con un chiodo autoperforante di lunghezza 15metri e diametro 38mm. Il chiodo deve ancorarsi al terreno non influenzato dallo smottamento.

Nei tratti laterali alla frana, viene realizzato un muro con lunghezza 29.10 e 16.60metri. Il muro con lunghezza 29.10metri poggia su una fondazione profonda costituita da micropali di lunghezza 6.00metri, di diametro 127mm con spessore 8mm e interasse 100cm; la fondazione ha larghezza variabile compresa tra 110-150cm mentre l'elevazione è variabile 120-320cm.

Il muro con lunghezza 16.60metri poggia su una fondazione profonda costituita da due file di autoperforanti di diametro 76mm con spessore 10mm e interasse 100cm; la fila verso monte ha inclinazione di 45° rispetto l'orizzontale. La fondazione ha larghezza 150cm mentre l'elevazione è costante pari a 205cm.

Anche in queste due zone laterali, l'elevazione del muro sarà tirantata con chiodo autopercorante di diametro 38mm e lunghezza di 15metri.

In sommità del muro viene posata una barriera stradale di tipo H2.

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.

### 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 complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

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

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

### Calcolo della spinta sul muro

#### *Valori caratteristici e valori di calcolo*

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

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . 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  $\rho$  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  $\gamma_{\text{sat}}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  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  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

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

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

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  $\eta_g$ .

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  $\alpha_i$  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  $\varphi_i$  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  $\eta$ . Quindi essa è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  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  $\phi$  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:

$Q_T$       portata totale del palo  
 $Q_P$       portata di base del palo  
 $Q_L$       portata 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 portata alla punta  $\eta_p$  ed il coefficiente di sicurezza della portata per attrito laterale  $\eta_l$ .

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  
 $\gamma$         è il peso specifico del terreno  
 $D$         è il diametro del palo

$N'_c$   $N'_q$   $N'_\gamma$  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  $\tau_a$  è dato dalla nota relazione di Coulomb

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

dove:

$c_a$       è l'adesione palo-terreno  
 $\delta$         è l'angolo di attrito palo-terreno  
 $\gamma$         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  $\text{Kg/cm}^2$ ) 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  $3 \times 3$ ) 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,  $\delta$  l'angolo d'attrito tirante-terreno,  $c_s$  l'adesione tirante-terreno,  $\gamma$  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

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

dove  $d$  è la somma dei diametri dei trefoli disposti nel tirante,  $\tau_{co}$  è la resistenza tangenziale limite della malta ed  $\omega$  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  $\beta$ , 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.

È prevista l'installazione di una barriera stradale classe H2-W4 i cui montanti sono realizzati mediante profilati a "C" pressopiegati 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:

$$f'_k = f_m + k \cdot s = f_k + 2 \cdot k \cdot s$$

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:

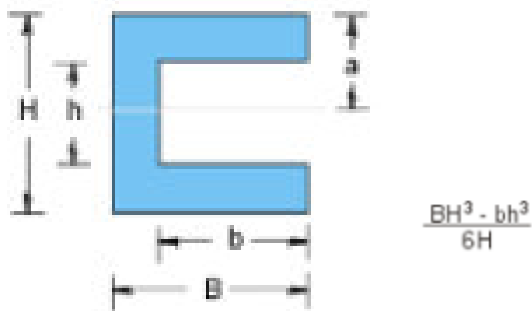
$$\text{valore medio } f_{ym} = 1,15 \cdot 275,00 = 316,25 \text{ N/mm}^2$$

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

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  $60 \text{ cm}$  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 frana y-y

### 6.1. Dati

#### Dati

#### Materiali

##### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<u>Calcestruzzo armato</u>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [kg/mc]
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$ [kg/mc]	R <sub>ck</sub> [kPa]	E [kPa]	$\nu$	n	ntc
2	C20/25 con chiodo	C20/25	S440	2500,00	25000	30200389	0.30	15.00	0.50
4	C20/25	C20/25	S355	2500,00	25000	30200389	0.30	15.00	0.50
6	C30/37	C30/37	B450C	2500,00	37000	33019310	0.30	15.00	0.50
7	C32/40	C32/40	B450C	2500,00	40000	33642648	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub> [kPa]	f <sub>uk</sub> [kPa]
B450C	450000	540000
S355	355000	510000
S440	460000	560000

#### Tipologie pali

##### Simbologia adottata

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

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	palo verticale	Laterale + Punta	Infisso	Incastro	4	NO	NO	--	--
2	palo inclinato	Laterale + Punta	Infisso	Incastro	4	NO	NO	--	--

#### Tipologie tiranti

##### Simbologia adottata

Descr	Descrizione tipologia
Imat	Indice materiale
D	Diametro di perforazione, espresso in [mm]
Cesp	Coeff. di espansione laterale
Tipo armatura	Attivo, Passivo tondini o Passivo tubolare
Caratteristiche:	
- per tiranti attivi: numero trefoli e area trefolo espresso in [mq]	
- 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	Imat	D [m]	Cesp	Tipo armatura	Caratteristiche	Beta
chiodo 38	2	0,0760	1.300	Passivo tubolare	38,00 [mm] 10,00 [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 1,30	

**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 25,00 [m]

**Paramento**

Materiale	C32/40	
Altezza paramento	3,20	[m]
Altezza paramento libero	2,00	[m]
Spessore in sommità	0,60	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,60	[m]
Inclinazione paramento esterno	0,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

**Fondazione**

Materiale	C30/37	
Lunghezza mensola di valle	0,20	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,70	[m]
Lunghezza totale	1,50	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,50	[m]
Spessore magrone	0,10	[m]

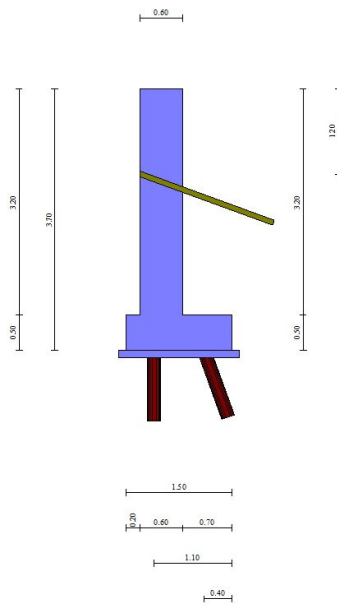


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

*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 [m]
- L lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
- $\alpha$  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 [m]	L [m]	$\alpha$ [°]	ALL
1	palo verticale	1,10	1,00	0,25	25	0,1900	10,00	0,00	Centrati
2	palo inclinato	0,40	1,00	0,25	25	0,1900	10,00	20,00	Centrati

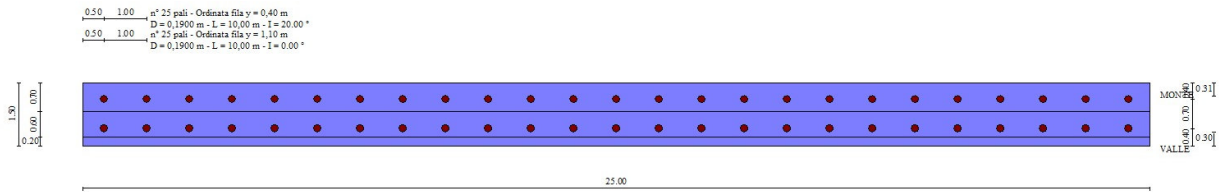


Fig. 2 - Pianta pali

*Tiranti di ancoraggio*

**Simbologia adottata**

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

n°	Tipologia	Dest	S [m]	I [m]	F [m]	ALL	Nt	α [°]	T [kg]	Lt [m]	Lf [m]
1	chiodo 38	Paramento	1,20	2,00	0,25	Centrati	13	20.00	--	15,00	12,00

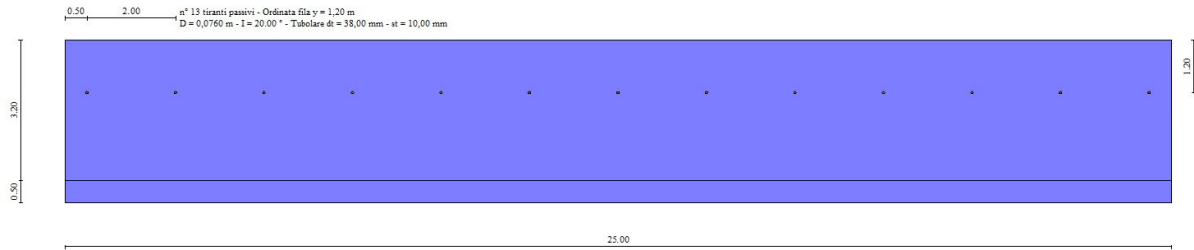


Fig. 3 - Prospetto del paramento con i tiranti

**Descrizione terreni**

**Parametri di resistenza**

**Simbologia adottata**

- n° Indice del terreno
- Descr Descrizione terreno
- $\gamma$  Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
- $\gamma_s$  Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
- $\phi$  Angolo d'attrito interno espresso in [°]
- $\delta$  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)
- $\tau_l$  Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]	
1	Terreno 1	1850,00	1950,00	32.000	21.330	0	0	1.300	0	(CAR)
				32.000	21.333	0	0			(MIN)
				32.000	21.333	0	0			(MED)
2	Terreno 2	2000,00	2100,00	42.000	28.000	50	25	1.300	0	(CAR)
				42.000	28.000	50	25			(MIN)
				42.000	28.000	50	25			(MED)

**Stratigrafia**

**Simbologia adottata**

- n° Indice dello strato
- H Spessore dello strato espresso in [m]
- $\alpha$  Inclinazione espressa in [°]
- Terreno Terreno dello strato
- Kwn, Kwt Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm
- Per calcolo pali (solo se presenti)
- Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/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]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kwt [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	7,00	40.000	Terreno 1	0,000	0,000	1,200	0,000	1,000	---	---
2	12,00	0.000	Terreno 2	0,000	0,000	1,200	0,000	1,000	---	---

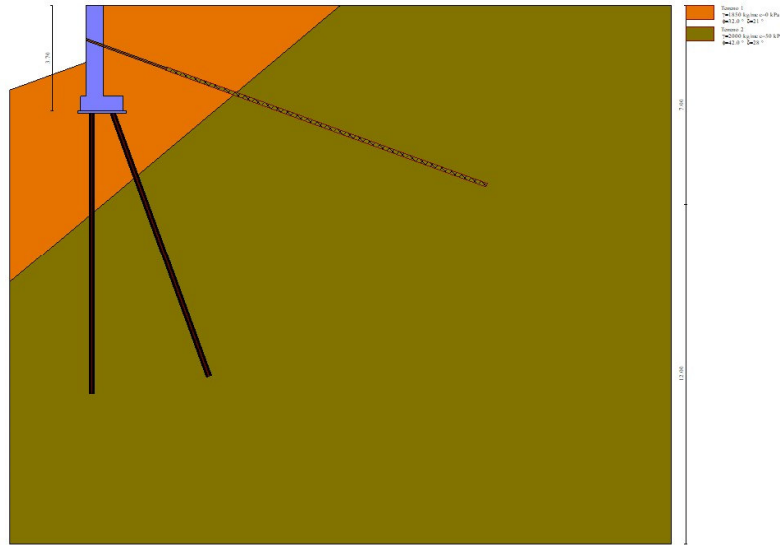


Fig. 4 - Stratigrafia

**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<sub>x</sub> Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]
- F<sub>y</sub> Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]
- M Momento espresso in [kgm]
- X<sub>i</sub> Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
- X<sub>f</sub> Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
- Q<sub>i</sub> Intensità del carico per x=X<sub>i</sub> espressa in [kg]
- Q<sub>f</sub> Intensità del carico per x=X<sub>f</sub> espressa in [kg]

**Condizione n° 1 (Condizione 1) - VARIABILE TF**

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

**Carichi sul muro**

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	F <sub>x</sub> [kg]	F <sub>y</sub> [kg]	M [kgm]	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kg]	Q <sub>f</sub> [kg]
1	Concentrato	Paramento	0,00; 0,00	3798,38	0,00	2279,44				

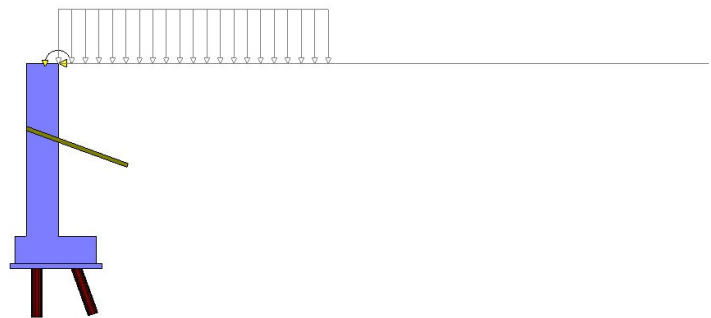


Fig. 5 - Carichi sul muro

**Carichi sul terreno**

n°	Tipo	X [m]	Fx [kg]	Fy [kg]	M [kgm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kg]	Qf [kg]
1	Distribuito					0,00	5,00	2039,40	2039,40



Fig. 6 - Carichi sul terreno

**Condizione n° 2 (Condizione 2) - VARIABILE**

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

**Normativa**

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

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

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche				Combinazioni sismiche			
			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	$\gamma^c$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma^{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali  $\gamma_R$  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  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	$\gamma_b$	--	--	1.15	--	--	1.35	--	--	1.30
Laterale compressione	$\gamma_s$	--	--	1.15	--	--	1.15	--	--	1.15
Totale compressione	$\gamma_t$	--	--	1.15	--	--	1.30	--	--	1.25
Laterale trazione	$\gamma_{st}$	--	--	1.25	--	--	1.25	--	--	1.25

Carichi trasversali. Coeff. parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche

		R1	R2	R3
Trasversale	$\gamma_t$	--	--	1.30

Coefficienti di riduzione  $\zeta$  per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate 1

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

Coeff. parziali  $\gamma_R$  per la resistenza di ancoraggi

		<b>R3</b>
Laterale	$\gamma_{Ra}$	1.20

Coefficienti di riduzione  $\zeta$  per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti

Numero di verticali indagate 1

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

### Descrizione combinazioni di carico

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

I valori dei coeff.  $\Psi_{0,j}$ ,  $\Psi_{1,j}$ ,  $\Psi_{2,j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili.

I valori dei coeff.  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$ , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

#### Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

#### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	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	$\gamma$	$\Psi$	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	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	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	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
------------	----------	--------	---------

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	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	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	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	$\gamma$	$\Psi$	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	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - SLEQ H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - SLEQ H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Livo
Provincia	Trento
Regione	Trentino-Alto Adige
Latitudine	46.399124
Longitudine	11.018112
Indice punti di interpolazione	8291 - 8290 - 8512 - 8513
Vita nominale	100 anni
Classe d'uso	I
Tipo costruzione	Opere strategiche
Vita di riferimento	70 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	0.522	0.274
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.053	0.028
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.755	2.573
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.345	0.206
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 $\beta_m$	kh [%]	kv [%]
Ultimo	1.000	7.666	3.833
Ultimo - Ribaltamento	1.000	7.666	3.833
Esercizio	1.000	4.021	2.011

Forma diagramma incremento sismico  **Rettangolare**

## 6.2. Opzioni di calcolo

### Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
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	0,0500 [m]

### Opzioni calcolo pali

#### Portanza verticale

Metodo di calcolo della portanza alla punta	Terzaghi
Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Integrazione delle tensioni tangenziali ( $k_s \sigma_v \tan(\delta) + c_a$ )
Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infisso/trivellato)	Non attiva
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta $\sigma_v$ con la profondità	Pressione geostatica
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale	Pressione geostatica
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 0,0150 [m]
- 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	0,0100 [m]
Spostamento limite laterale	0,0050 [m]

### Opzioni calcolo tiranti

Superficie di ancoraggio	Angolo di rottura
Tensione limite resistenza malta	Media valori $t_{c0}$ e $t_{c1}$

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

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

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

#### Paramento e fondazione muro

Verifiche strutturali nelle combinazioni SLD NO

Condizioni ambientali	Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata	SI

#### Verifica a fessurazione

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

### 6.3. Risultati

#### Risultati per inviluppo

##### Spinta e forze

###### Simbologia adottata

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

Ic	A	V [kg]	I [°]	Cx [kg]	Cy [kg]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	7329	21,33	6827	2666	0,70	-2,23
	Peso/Inerzia muro			0	6675/0	-0,23	-2,12
	Peso/Inerzia terrapieno			0	6071/0	0,35	-1,60
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0	431	-0,70	-2,62
	Resistenza passiva terreno antistante			-2028			
	Risultante forze sul muro			5128	0	--	--
	Resistenza tiranti			-11676	4250	-0,60	-1,20
	Resistenza pali			-42206			
2	Spinta statica	3483	21,33	3244	1267	0,70	-2,47
	Incremento di spinta sismica		752	700	273	0,70	-1,85
	Peso/Inerzia muro			512	6675/256	-0,23	-2,12
	Peso/Inerzia terrapieno			318	4144/159	0,35	-1,60
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			33	431	-0,70	-2,62
	Resistenza passiva terreno antistante			-2028			
	Resistenza tiranti			-11676	4250	-0,60	-1,20
	Resistenza pali			-39035			

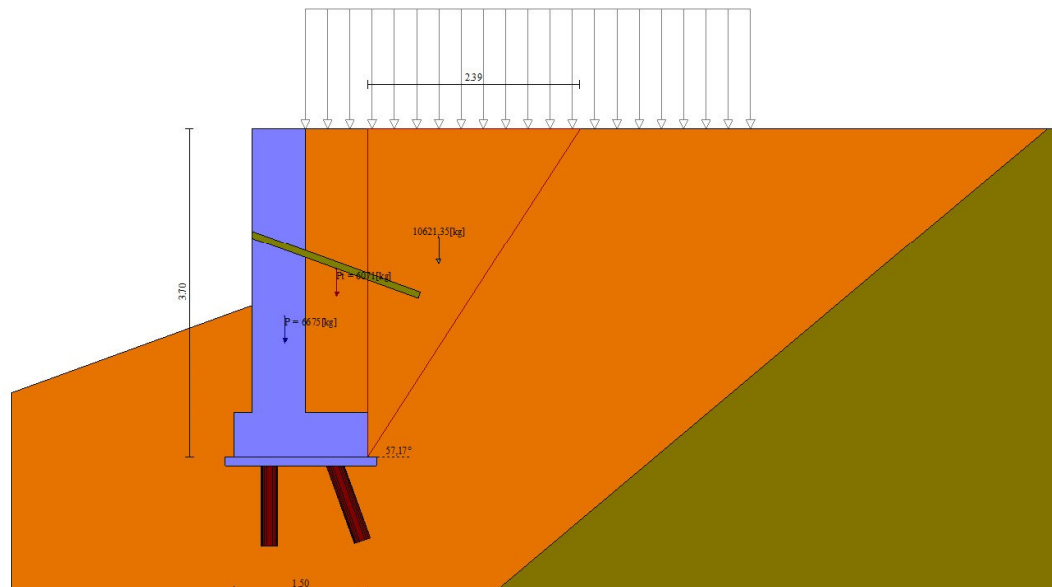


Fig. 30 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

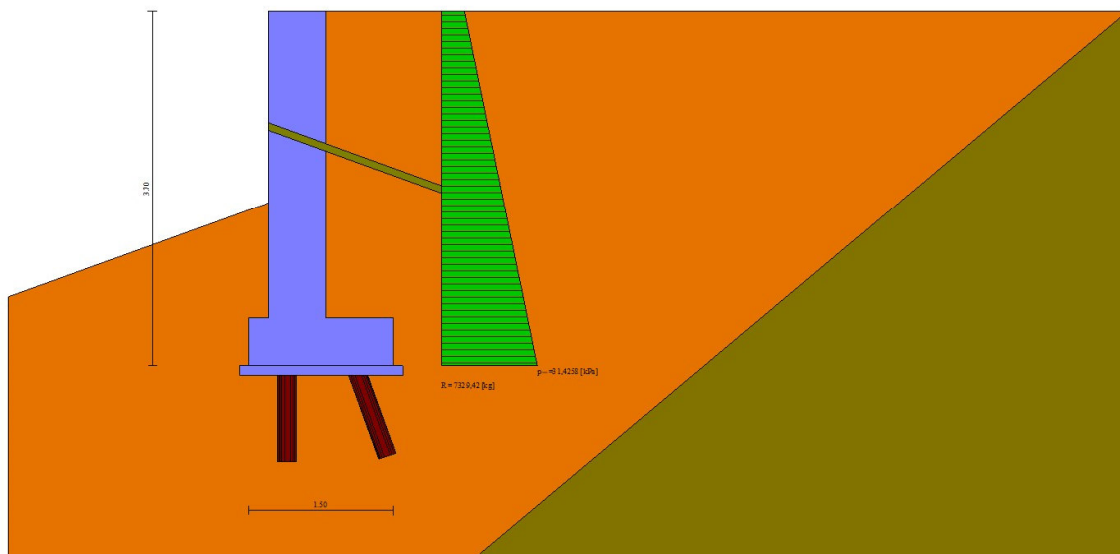


Fig. 31 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

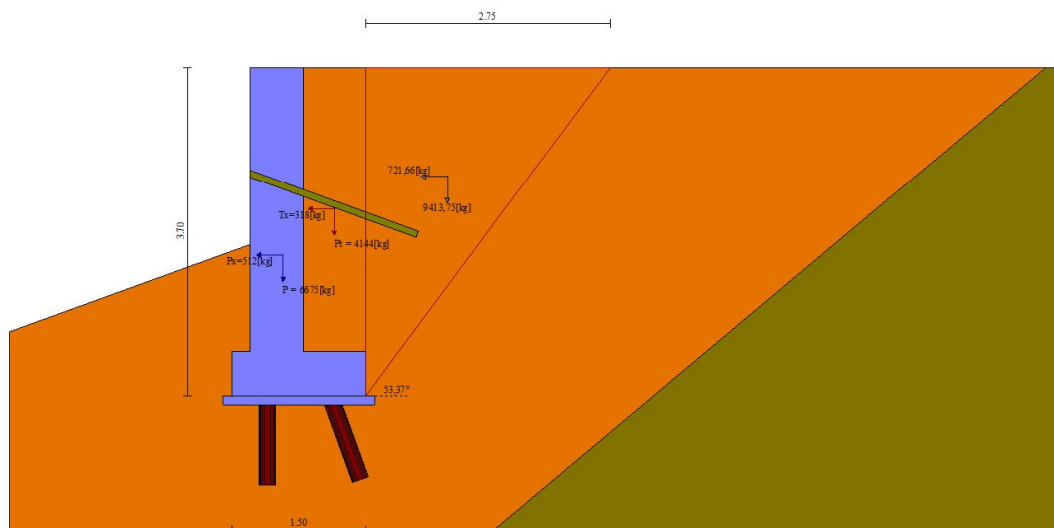


Fig. 32 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

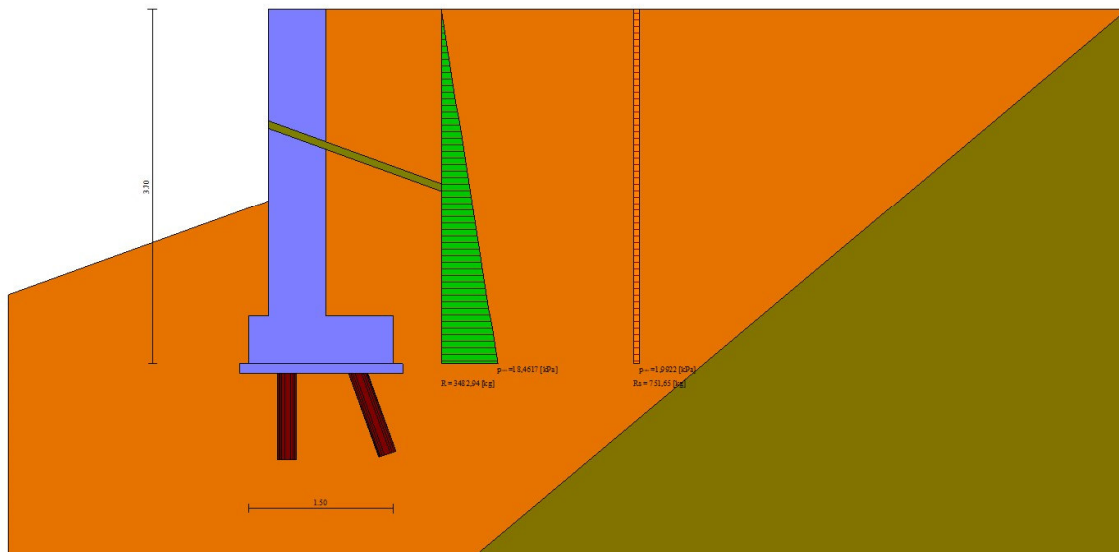


Fig. 33 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

**Risultanti globali**

**Simbologia adottata**

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

Ic	N [kg]	T [kg]	Mr [kgm]	Ms [kgm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	20011	279	32081	44298	0,139
2 - STR (A1-M1-R3)	14309	-6869	6809	19063	-0,106
3 - STR (A1-M1-R3)	13319	-7114	6685	18127	-0,109
4 - GEO (A2-M2-R2)	15055	-13925	29065	13749	1,767
5 - GEO (A2-M2-R2)	13205	-20414	6809	11254	0,413
6 - GEO (A2-M2-R2)	12280	-20659	6685	10782	0,416
7 - SLEF	17833	-5036	23912	35444	0,103
8 - SLEF	16678	-6469	18934	30446	0,060
9 - SLEQ	13215	-10767	4002	15451	-0,116
10 - SLEQ	13781	-9959	5452	17317	-0,111
11 - SLEQ	13261	-10089	5384	16823	-0,113

**Scarichi in testa ai pali**

**Simbologia adottata**

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

Cmb	Ip	N [kg]	M [kgm]	T [kg]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	15773	-559	-911
	2	4123	-687	-1065
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	9607	-1548	-1600
	2	4360	-1690	-1770

**Verifiche geotecniche**

*Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati*

## Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>SUPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		4.677					
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	10.971					
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	11.559					
4 - GEO (A2-M2-R2)					4.719		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				4.776		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				4.778		

## Verifiche portanza trasversale (scorrimento)

## Simbologia adottata

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

Ic	Ip	T [kg]	Td [kg]	FS <sub>o</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)	1	-911	4831	5.300
	2	-1065	4593	4.314
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	-1600	3061	1.913
	2	-1770	3102	1.753

## Verifiche portanza verticale

## Simbologia adottata

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

Ic	Ip	N [kg]	Pd [kg]	FS <sub>v</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)	1	15773	43642	2.767
	2	4123	42774	10.375
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	9607	43642	4.543
	2	4360	42774	9.811
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	9607	43642	4.543
	2	4360	42774	9.811

## Dettagli calcolo portanza verticale

## Simbologia adottata

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

n°	Nc	N'c	Nq	N'q	Zc [m]	Pp [kg]	Pl [kg]	A [kg]	Wp [kg]
1	119.669	119.669	108.750	108.750	--	77285	9684	0	843
						77285	9684		
2	119.669	119.669	108.750	108.750	--	73838	11435	0	843
						73838	11435		

## Verifica stabilità globale muro + terreno

## Simbologia adottata

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

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
4 - GEO (A2-M2-R2)	-4,50; 4,50	19,42	4.719
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-4,50; 4,50	19,42	4.776

## Tiranti

### Simbologia adottata

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

### Dettagli di calcolo

#### Simbologia adottata

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

It	S	Ic	Lf	Lt	N	Nx/ml	Ny/ml	R	Rx/ml	Ry/ml
	[m]		[m]	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]
1 [P]	1,20	1	12,00	15,00	23439	11453	4169	23608	11453	4169
		2	5,00	8,00	6211	3035	1105	23608	3035	1105
		3	4,80	7,80	5842	2855	1039	23608	2855	1039
		7	8,70	11,70	17622	8611	3134	28329	8611	3134
		8	7,50	10,50	14198	6938	2525	28329	6938	2525
		9	3,50	6,50	3925	1918	698	28329	1918	698
		10	4,00	7,00	5108	2496	908	28329	2496	908
		11	3,90	6,90	4912	2400	874	28329	2400	874
			<b>12,00</b>	<b>15,00</b>	<b>23439</b>					

### Verifica di resistenza allo sfilamento

#### Simbologia adottata

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

It	S	Ic	R1	R2	R3	R	N	FS
	[m]		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
1 [P]	1,20	1	23608	134335	417105	23608	23439	1.007
		2	23608	134335	417105	23608	6211	3.801
		3	23608	134335	417105	23608	5842	4.041
		7	28329	134335	417105	28329	17622	1.608
		8	28329	134335	417105	28329	14198	1.995
		9	28329	134335	417105	28329	3925	7.217
		10	28329	134335	417105	28329	5108	5.546
		11	28329	134335	417105	28329	4912	5.768

### Verifica delle tensioni massime nell'armatura del tirante

#### Simbologia adottata

N <sub>MAX</sub>	Tiro massimo in esercizio sul tirante, espresso in [kg]
A	Area del tirante, espresso in [mq]
σ <sub>f</sub>	Tensione nel tirante (N <sub>MAX</sub> /A), espresso in [kPa]
σ <sub>lim</sub>	Tensione limite dell'acciaio del tirante, espresso in [kPa]

It	S	N <sub>MAX</sub>	A	σ <sub>f</sub>	σ <sub>lim</sub>
	[m]	[kg]	[mq]	[kPa]	[kPa]
1 [P]	1,20	23439	0,000880	261313	400000

### Sollecitazioni

#### Elementi calcolati a piastra

##### Simbologia adottata

M <sub>x</sub> , M <sub>y</sub>	Momenti flettenti, espresso in [kgm]
M <sub>xy</sub>	Momento torcente, espresso in [kgm]. Positivo se diretto da monte verso valle
T <sub>x</sub> , T <sub>y</sub>	Tagli, espresso in [kg]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)
I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)	

*Piastra paramento*

In	Mx [kgm]	My [kgm]	Mxy [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]	
1	<b>1614</b> (1)	5382 (1)	995 (1)	0 (1)	13793 (1)	MAX
118	<b>-7716</b> (1)	-13554 (1)	0 (1)	0 (1)	-1304 (1)	MIN
1	1614 (1)	<b>5382</b> (1)	995 (1)	0 (1)	13793 (1)	MAX
226	-5616 (1)	<b>-14239</b> (1)	-937 (1)	68 (1)	-564 (1)	MIN
9	-345 (1)	-6560 (1)	<b>1500</b> (1)	247 (1)	3361 (1)	MAX
219	-345 (1)	-6560 (1)	<b>-1500</b> (1)	-247 (1)	3361 (1)	MIN
14	585 (1)	-10656 (1)	768 (1)	<b>10304</b> (1)	4245 (1)	MAX
232	585 (1)	-10656 (1)	-768 (1)	<b>-10304</b> (1)	4245 (1)	MIN
230	147 (1)	-1424 (1)	-1354 (1)	-358 (1)	<b>14268</b> (1)	MAX
227	-206 (1)	-5986 (1)	-342 (1)	718 (1)	<b>-9616</b> (1)	MIN

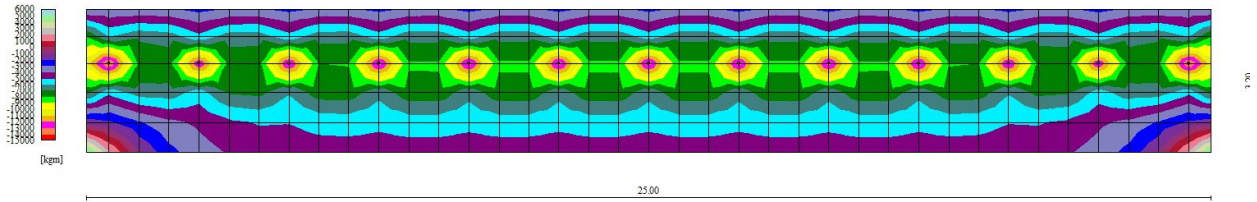


Fig. 34 - Piastra paramento - Momento My (Combinazione n° 1)

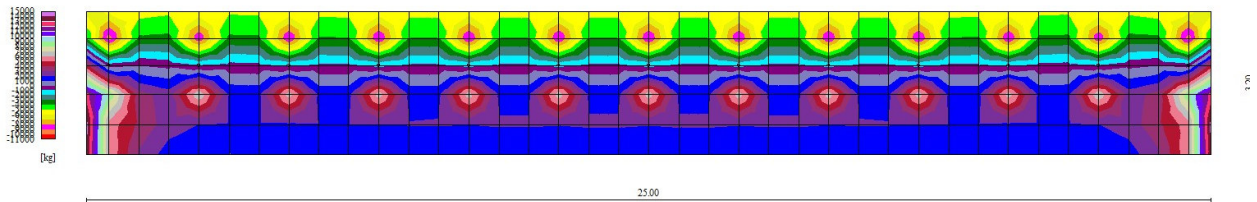


Fig. 35 - Piastra paramento - Taglio Ty (Combinazione n° 1)

Piastra fondazione

In	Mx [kgm]	My [kgm]	Mxy [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]	
280	<b>886</b> (2)	706 (2)	-4 (2)	-10 (2)	2012 (2)	MAX
12	<b>-996</b> (1)	-1097 (1)	-16 (1)	-171 (1)	-2891 (1)	MIN
297	879 (2)	<b>2932</b> (2)	35 (2)	0 (2)	961 (2)	MAX
7	-549 (1)	<b>-1830</b> (1)	-106 (1)	0 (1)	-4055 (1)	MIN
303	313 (2)	587 (2)	<b>719</b> (2)	-2202 (2)	1496 (2)	MAX
13	313 (2)	587 (2)	<b>-719</b> (2)	2202 (2)	1496 (2)	MIN
13	367 (1)	-136 (1)	-315 (1)	<b>2392</b> (1)	-1874 (1)	MAX
303	367 (1)	-136 (1)	315 (1)	<b>-2392</b> (1)	-1874 (1)	MIN
22	137 (2)	140 (2)	8 (2)	-174 (2)	<b>3264</b> (2)	MAX
20	-285 (2)	-124 (2)	-18 (2)	14 (2)	<b>-6091</b> (2)	MIN

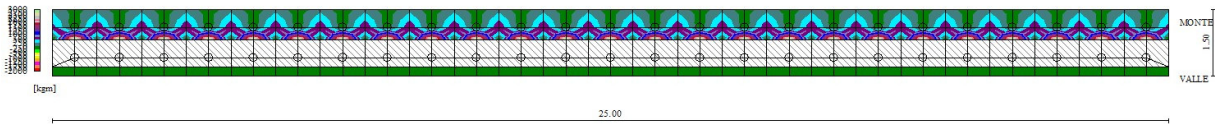


Fig. 36 - Piastra fondazione - Momento My<sub>MAX</sub> (Combinazione n° 2)

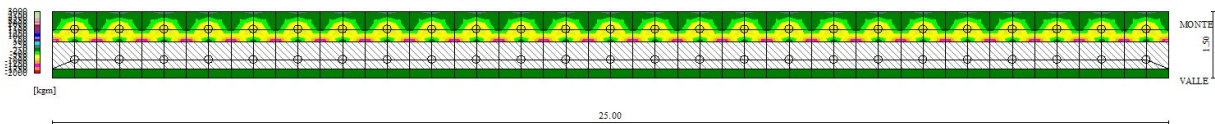


Fig. 37 - Piastra fondazione - Momento  $M_{yMIN}$  (Combinazione n° 1)

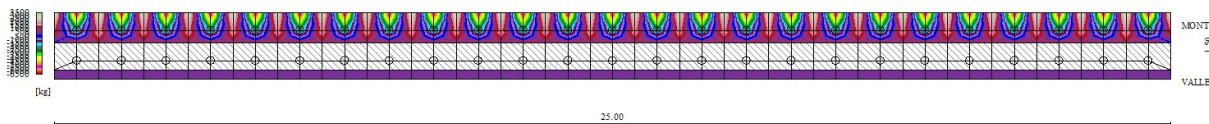


Fig. 38 - Piastra fondazione - Taglio  $T_y$  (Combinazione n° 2)

**Sollecitazioni pali**

**Simbologia adottata**

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

**Palo n° 1**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	15773	86950	-911	-6280	-559	-3851
23	2,20	15959	86950	9	204	211	2056
36	3,50	16068	86950	82	791	136	1258
37	3,60	16077	86950	81	782	128	1179
101	10,00	14766	77361	0	-3	0	0

**Palo n° 2**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	4123	85478	-1065	-5971	-687	-3851
23	2,20	4308	85478	0	95	236	1646
26	2,50	4332	85174	42	358	231	1589
36	3,50	4328	83652	91	635	158	1046

**Palo n° 1**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	9607	86946	-1600	-3979	-1548	-3851
30	2,90	9852	86946	10	26	239	595
37	3,60	9911	86946	80	199	207	514
42	4,10	9868	86186	92	229	163	406
101	10,00	9287	77360	0	-1	0	0

**Palo n° 2**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	4360	85479	-1770	-4033	-1690	-3851
26	2,50	4569	85174	-72	-164	253	578
30	2,90	4566	84566	16	37	268	610
42	4,10	4556	82739	103	236	180	411

**Palo n° 1**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	8961	86945	-1514	-3976	-1466	-3851
30	2,90	9206	86945	10	25	226	594
37	3,60	9265	86945	76	199	195	513
42	4,10	9227	86184	87	229	154	406
101	10,00	8713	77358	0	-1	0	0

**Palo n° 2**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	4028	85479	-1673	-4030	-1599	-3851
26	2,50	4238	85174	-68	-165	239	576
30	2,90	4237	84566	15	36	253	609
42	4,10	4234	82740	98	235	170	410

**Palo n° 1**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	13463	86944	-871	-5515	-609	-3852
25	2,40	13665	86944	12	103	179	1199
37	3,60	13766	86944	69	464	120	789
101	10,00	12713	77357	0	-2	0	0

**Palo n° 2**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	4280	85477	-1019	-5365	-731	-3852
25	2,40	4483	85325	8	55	205	1099
26	2,50	4490	85173	21	123	204	1094
38	3,70	4481	83347	79	424	132	704

**Palo n° 1**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	12223	86945	-1001	-4833	-798	-3851
26	2,50	12434	86945	0	1	181	875
37	3,60	12527	86945	69	332	135	651
39	3,80	12506	86641	70	338	121	584
101	10,00	11611	77358	0	-1	0	0

**Palo n° 2**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	4322	85477	-1152	-4804	-923	-3851
26	2,50	4532	85173	-1	-5	207	864
27	2,60	4531	85021	13	54	207	865
39	3,80	4522	83195	80	334	139	580

**Palo n° 1**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	8504	86948	-1391	-3921	-1366	-3851
30	2,90	8749	86948	5	14	205	578
37	3,60	8808	86948	67	190	179	504
43	4,20	8766	86035	79	223	134	378
101	10,00	8307	77361	0	-1	0	0

**Palo n° 2**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	4449	85478	-1550	-3983	-1499	-3851
26	2,50	4658	85173	-68	-174	218	559
30	2,90	4654	84565	10	26	232	596
42	4,10	4642	82739	89	230	158	406

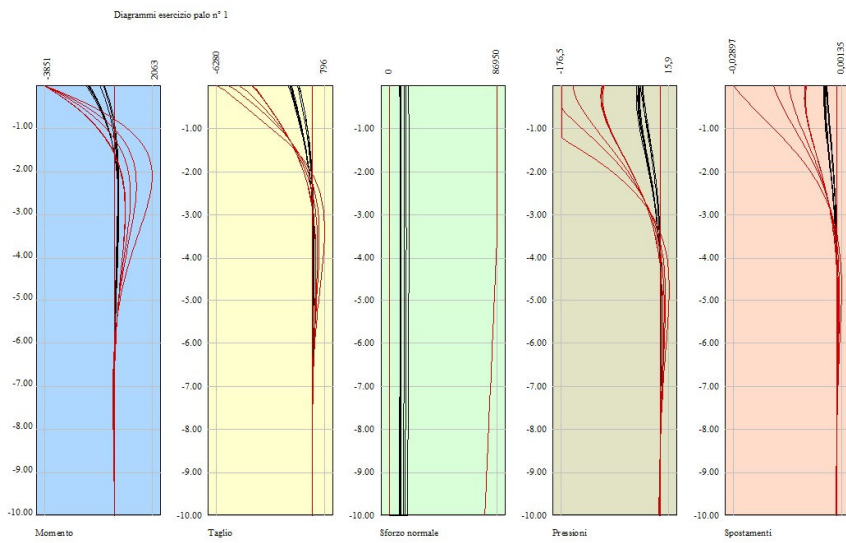


Fig. 39 - Sollecitazioni palo (Palo n° 1) (Involuppo)

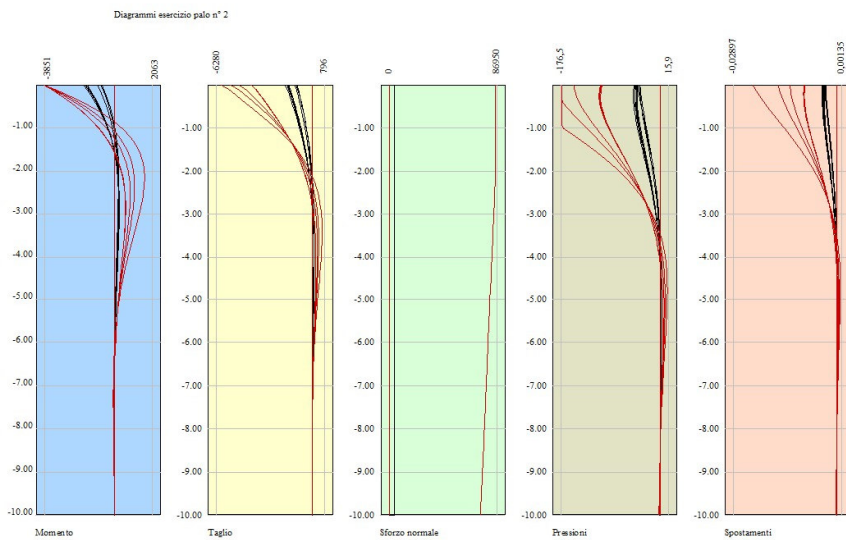


Fig. 40 - Sollecitazioni palo (Palo n° 2) (Involuppo)

## 6.4. Verifiche strutturali

### Sezioni piastra

#### Simbologia adottata

$I_s$  Identificativo tratto-sezione-direzione (P: direzione principale, S: direzione secondaria)  
 $X_i, Y_i$  Coordinate iniziali sezione del tratto, espresse in [m]  
 $X_f, Y_f$  Coordinate finali sezione del tratto, espresse in [m]

**Piastra fondazione**

Is	Xi	Yi	Xf	Yf
	[m]	[m]	[m]	[m]

**Piastra paramento**

Is	Xi	Yi	Xf	Yf
	[m]	[m]	[m]	[m]

*Verifiche a flessione*

Elementi calcolati a trave

**Simbologia adottata**

- n° indice sezione
- B larghezza sezione espresso in [m]
- H altezza sezione espressa in [m]
- Afi area ferri inferiori espresso in [mq]
- Afs area ferri superiori espressa in [mq]
- M momento agente espressa in [kgm]
- N sforzo normale agente espressa in [kg]
- Mrd momento resistente espresso in [kgm]
- Nrd sforzo normale resistente espresso in [kg]
- FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Elementi calcolati a piastra

**Simbologia adottata**

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

**Micropali**

Ip	Is	Ar	M	N	Mrd	Nrd	FS
		[mq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
1	1	0,002991	1548	9607	3879	9607	2.505
2	1	0,002991	1690	4360	3876	4360	2.293

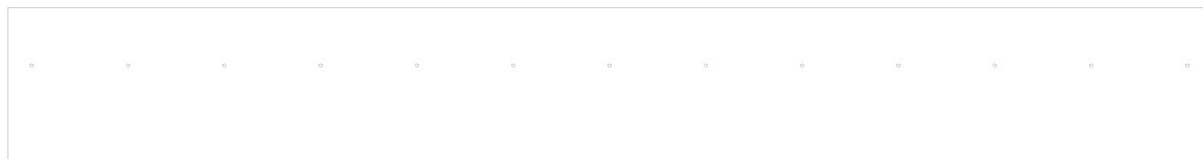


Fig. 41 - Piastra paramento dir. X (Inviluppo)

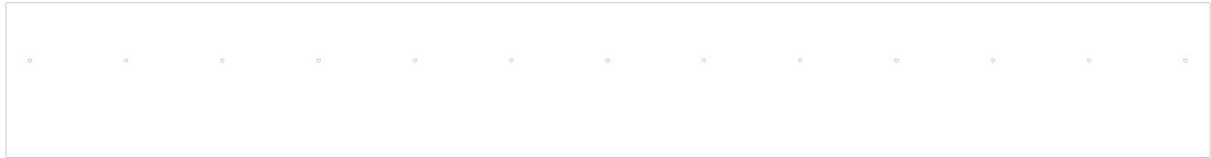


Fig. 42 - Piastra paramento dir. Y (Inviluppo)

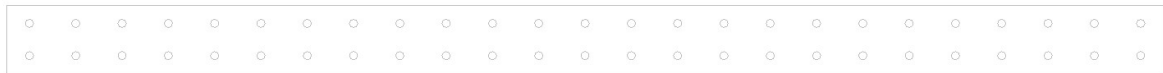


Fig. 43 - Piastra fondazione dir. X (Inviluppo)

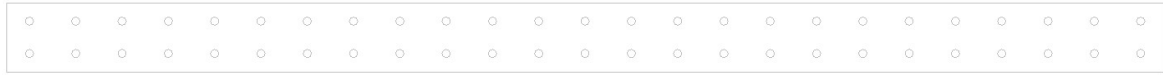


Fig. 44 - Piastra fondazione dir. Y (Inviluppo)

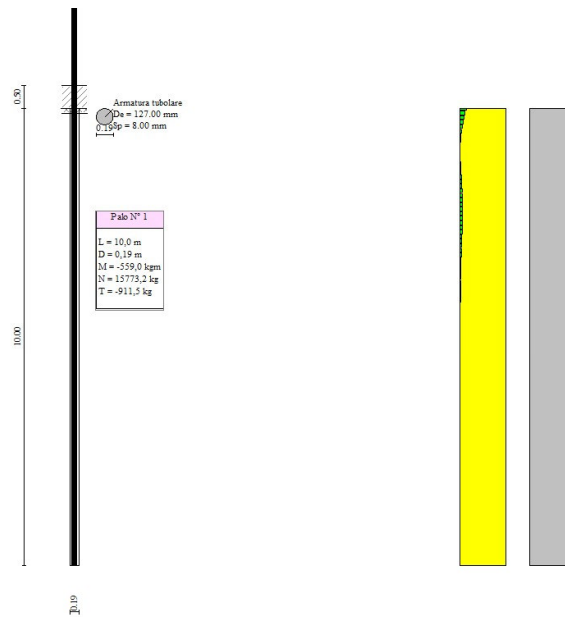


Fig. 45 - Pali (Palo n° 1) (Inviluppo)

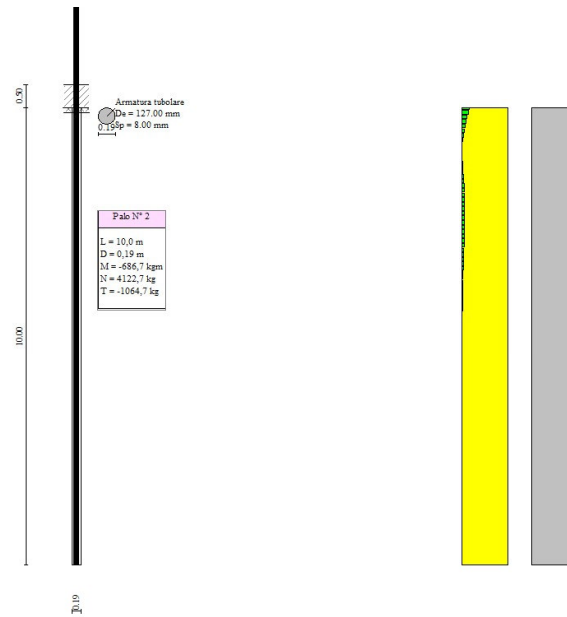


Fig. 46 - Pali (Palo n° 2) (Involuppo)

**Verifiche a taglio**

**Simbologia adottata**

- n° (o Is) indice sezione
- Y ordinata sezione espressa in [m]
- B larghezza sezione espressa in [m]
- H altezza sezione espressa in [m]
- A<sub>sw</sub> area ferri a taglio espressa in [mq]
- cotgθ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
- V<sub>Rcd</sub> resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kg]
- V<sub>Rsd</sub> resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kg]
- V<sub>Rd</sub> resistenza di progetto a taglio espressa in [kg]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A<sub>sw</sub>>0.0) V<sub>Rd</sub>=min(V<sub>Rcd</sub>, V<sub>Rsd</sub>).
- T taglio agente espressa in [kg]
- 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<sub>eff</sub>) viene determinata come area lorda (A) della sezione tubolare moltiplicata per  $2 / \pi$ .

Ip	Is	A <sub>sw</sub> [m]	V <sub>Rd</sub> [kg]	T [kg]	FS
1	1	0,001904	37898	1600	23.689
2	1	0,001904	37898	1770	21.411



Fig. 47 - Piastra paramento dir. X (Inviluppo)

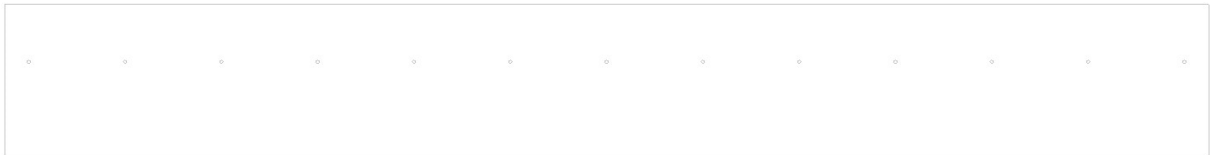


Fig. 48 - Piastra paramento dir. Y (Inviluppo)

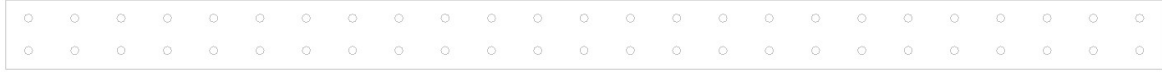


Fig. 49 - Piastra fondazione dir. X (Inviluppo)

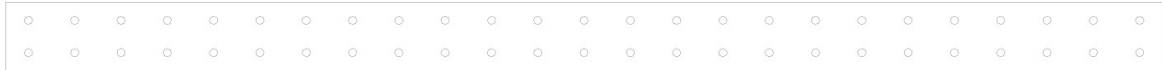


Fig. 50 - Piastra fondazione dir. Y (Inviluppo)

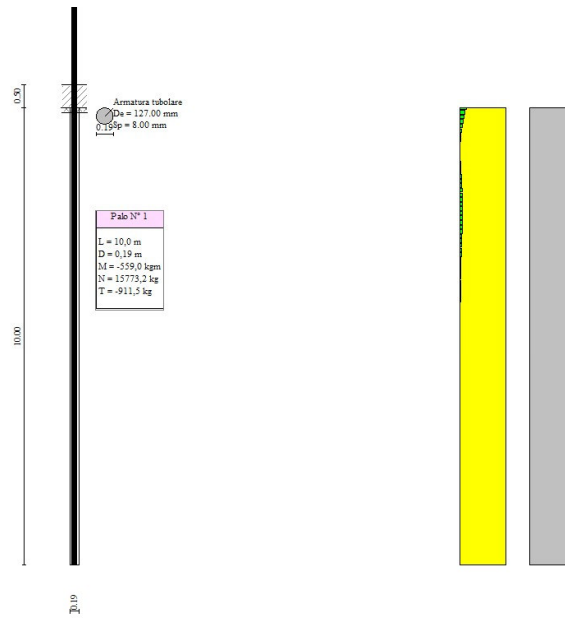


Fig. 51 - Pali (Palo n° 1) (Involuppo)

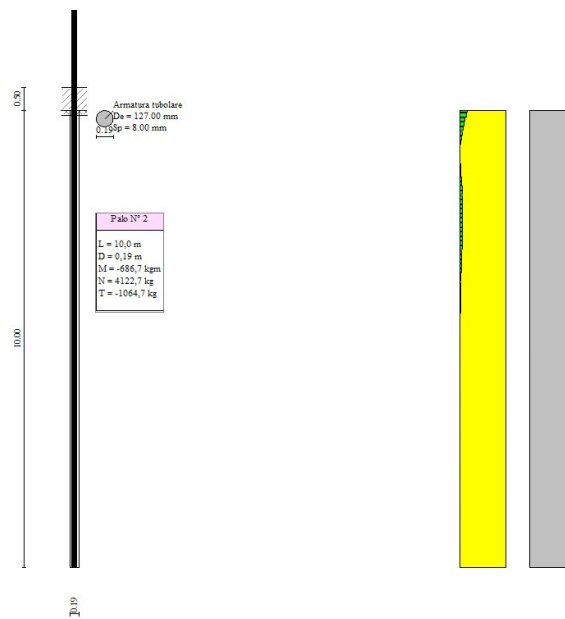


Fig. 52 - Pali (Palo n° 2) (Involuppo)

## 7. Sezione bordo frana sez x-x

### 7.1. Dati

#### Dati

#### Materiali

##### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<b>Calcestruzzo armato</b>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [kg/mc]
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$ [kg/mc]	R <sub>ck</sub> [kPa]	E [kPa]	$\nu$	n	ntc
2	C20/25 con chiodo	C20/25	S440	2500,00	25000	30200389	0.30	15.00	0.50
4	C20/25	C20/25	S355	2500,00	25000	30200389	0.30	15.00	0.50
6	C30/37	C30/37	B450C	2500,00	37000	33019310	0.30	15.00	0.50
7	C32/40	C32/40	B450C	2500,00	40000	33642648	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub> [kPa]	f <sub>uk</sub> [kPa]
B450C	450000	540000
S355	355000	510000
S440	460000	560000

#### Tipologie pali

##### Simbologia adottata

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

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	palo verticale	Laterale + Punta	Infisso	Incastro	4	NO	NO	--	--

#### Tipologie tiranti

##### Simbologia adottata

Descr	Descrizione tipologia
Imat	Indice materiale
D	Diametro di perforazione, espresso in [mm]
Cesp	Coeff. di espansione laterale
Tipo armatura	Attivo, Passivo tondini o Passivo tubolare
Caratteristiche:	
- per tiranti attivi: numero trefoli e area trefolo espresso in [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	Imat	D [cm]	Cesp	Tipo armatura	Caratteristiche	Beta
chiodo 38	2	7,60	1.300	Passivo tubolare	38,00 [mm]	---

Descr	Imat	D [cm]	Cesp	Tipo armatura	Caratteristiche	Beta
					10,00 [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 1,30	

**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	28,80	[m]
<b>Paramento</b>		
Materiale	C32/40	
Altezza paramento	3,00	[m]
Altezza paramento libero	2,00	[m]
Spessore in sommità	0,60	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,60	[m]
Inclinazione paramento esterno	0,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]
<b>Fondazione</b>		
Materiale	C30/37	
Lunghezza mensola di valle	0,20	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,70	[m]
Lunghezza totale	1,50	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,50	[m]
Spessore magrone	0,10	[m]

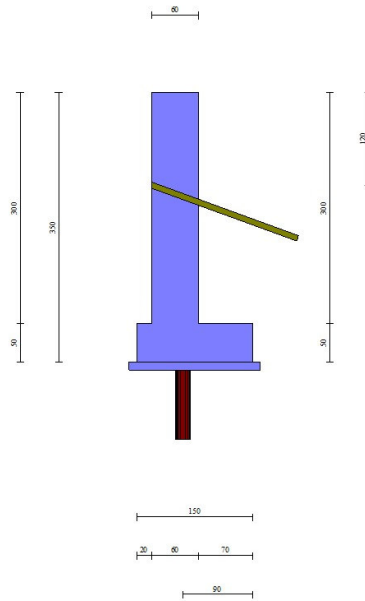


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

**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]
- $\alpha$  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]	$\alpha$ [°]	ALL
1	palo verticale	0,90	1,00	0,25	29	19,00	6,00	0,00	Centrati

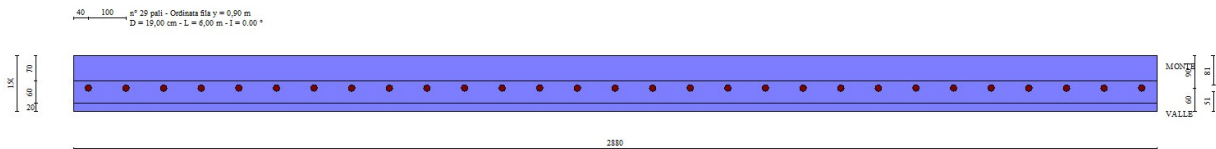


Fig. 2 - Pianta pali

**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
- $\alpha$  inclinazione dei tiranti della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
- T tiro iniziale espresso in [kg]. Solo per i tiranti attivi
- Lt, Lf Lunghezza totale e di fondazione espressa in [m]. Definiti solo nel caso di Verifica.

n°	Tipologia	Dest	S [m]	I [m]	F [m]	ALL	Nt	$\alpha$ [°]	T [kg]	Lt [m]	Lf [m]
1	chiodo 38	Paramento	1,20	2,00	0,50	Sfalsati	14	20.00	--	15,00	12,00

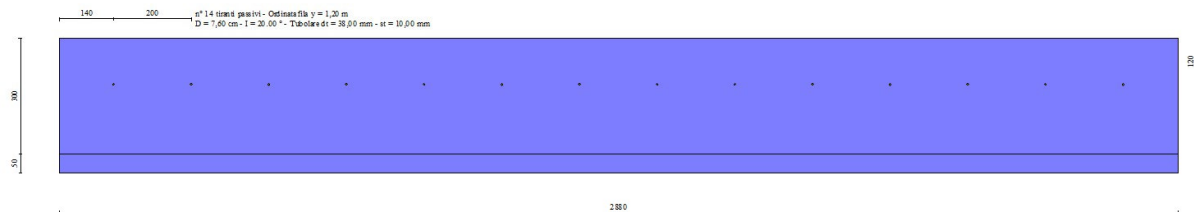


Fig. 3 - Prospetto del paramento con i tiranti

**Descrizione terreni**

**Parametri di resistenza**

**Simbologia adottata**

- n° Indice del terreno
- Descr Descrizione terreno
- $\gamma$  Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
- $\gamma_s$  Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
- $\phi$  Angolo d'attrito interno espresso in [°]
- $\delta$  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)
- $\tau_l$  Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]
1	Terreno 1	1850,00	1950,00	32.000	21.330	0	0	1.150	2 (CAR)
				32.000	21.333	0	0		2 (MIN)
				32.000	21.333	0	0		2 (MED)
2	Terreno 2	1900,00	2000,00	42.000	28.000	50	25	1.300	0 (CAR)
				42.000	28.000	50	25		0 (MIN)
				42.000	28.000	50	25		0 (MED)

**Stratigrafia**

**Simbologia adottata**

- n° Indice dello strato
- H Spessore dello strato espresso in [m]
- $\alpha$  Inclinazione espressa in [°]
- Terreno Terreno dello strato
- Kwn, Kwt Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm
- Per calcolo pali (solo se presenti)
- Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/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<sub>sta</sub>, Kst<sub>sis</sub> Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kwt [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
1	7,00	40.000	Terreno 1	0,000	0,000	8,000	0,300	1,500	---	---
2	12,00	0.000	Terreno 2	70.000	7.000	14,000	0,300	1,200	---	---

Terreno di riempimento: Terreno 1  
 Inclinazione riempimento (rispetto alla verticale): 0.00 [°]

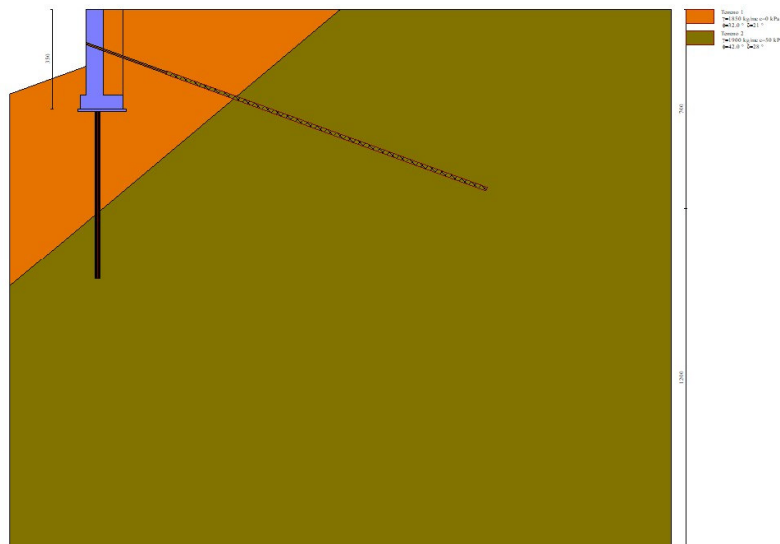


Fig. 4 - Stratigrafia

**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<sub>x</sub> Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]
- F<sub>y</sub> Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]
- M Momento espresso in [kgm]
- X<sub>i</sub> Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
- X<sub>r</sub> Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
- Q<sub>i</sub> Intensità del carico per x=X<sub>i</sub> espressa in [kg]
- Q<sub>r</sub> Intensità del carico per x=X<sub>r</sub> espressa in [kg]

**Condizione n° 1 (carico su barriera) - ECCEZIONALE**

*Carichi sul muro*

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	F <sub>x</sub> [kg]	F <sub>y</sub> [kg]	M [kgm]	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kg]	Q <sub>f</sub> [kg]
1	Concentrato	Paramento	0,00; 0,00	3798,38	0,00	2279,44				

**Condizione n° 2 (carico stradale) - VARIABILE TF**Coeff. di combinazione  $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$ 

Indice di raggruppamento 2

**Carichi sul terreno**

n°	Tipo	X [m]	Fx [kg]	Fy [kg]	M [kgm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kg]	Qf [kg]
1	Distribuito					0,00	5,00	2039,40	2039,40

**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	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unita di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00	1.00	1.00

**Coeff. parziali  $\gamma_R$  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  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche**

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	$\gamma_b$	--	--	1.15	--	--	1.35	--	--	1.30
Laterale compressione	$\gamma_s$	--	--	1.15	--	--	1.15	--	--	1.15
Totale compressione	$\gamma_t$	--	--	1.15	--	--	1.30	--	--	1.25
Laterale trazione	$\gamma_{st}$	--	--	1.25	--	--	1.25	--	--	1.25

**Carichi trasversali. Coeff. parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche**

		R1	R2	R3
Trasversale	$\gamma_t$	--	--	1.30

Coefficienti di riduzione  $\zeta$  per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate 1

 $\zeta_3=1.70 \quad \zeta_4=1.70$ **Coeff. parziali  $\gamma_R$  per la resistenza di ancoraggi**

		R3
Laterale	$\gamma_{Ra}$	1.20

Coefficienti di riduzione  $\zeta$  per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti

Numero di verticali indagate 1

 $\zeta_3=1.80 \quad \zeta_4=1.80$ **Descrizione combinazioni di carico**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali Ad:

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

I valori dei coeff.  $\Psi_{0,j}$ ,  $\Psi_{1,j}$ ,  $\Psi_{2,j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili.

I valori dei coeff.  $\gamma_G$  e  $\gamma_{Qj}$  sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

#### Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

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

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico stradale	1.35	1.00	Favorevole

#### Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico su barriera	1.00	1.00	Favorevole

#### Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2) H

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico stradale	1.15	1.00	Favorevole

#### Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico su barriera	1.00	1.00	Favorevole

#### Combinazione n° 7 - ECC

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
------------	----------	--------	---------

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico su barriera	1.00	1.00	Sfavorevole
carico stradale	1.00	1.00	Sfavorevole

**Combinazione n° 8 - SLER**

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico su barriera	1.00	1.00	Sfavorevole

**Combinazione n° 9 - SLEF**

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico su barriera	1.00	1.00	Sfavorevole

**Combinazione n° 10 - SLEQ**

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico su barriera	1.00	1.00	Sfavorevole

**Combinazione n° 11 - SLEQ H**

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

**Dati sismici**

Comune	Livo
Provincia	Trento
Regione	Trentino-Alto Adige
Latitudine	46.399124
Longitudine	11.018112
Indice punti di interpolazione	8291 - 8290 - 8512 - 8513
Vita nominale	100 anni
Classe d'uso	I
Tipo costruzione	Opere strategiche
Vita di riferimento	70 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	0.522	0.274
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.053	0.028
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.755	2.573
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.345	0.206
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh [%]	kv [%]
Ultimo	1.000	7.666	3.833
Ultimo - Ribaltamento	1.000	7.666	3.833
Esercizio	1.000	4.021	2.011

Nel calcolo non è stato portato in conto il sisma verticale

Forma diagramma incremento sismico  **Rettangolare**

**7.2. Opzioni di calcolo****Spinta**

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta a riposo
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 paliPortanza verticale

Metodo di calcolo della portanza alla punta Terzaghi  
 Metodo di calcolo della portanza alla laterale Integrazione delle tensioni tangenziali ( $k_s \sigma_v \tan(\delta) + c_a$ )  
 Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infisso/trivellato) Non attiva  
 Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta  $\sigma_v$  con la profondità Pressione geostatica  
 Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale Pressione geostatica  
 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  $tc_0$  e  $tc_1$

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

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

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite di Esercizio (SLE)**Paramento e fondazione muro**

Verifiche strutturali nelle combinazioni SLD NO

Condizioni ambientali Ordinarie  
 Armatura ad aderenza migliorata SI

Verifica a fessurazione

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

### 7.3. Risultati per inviluppo

#### Spinta e forze

##### Simbologia adottata

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

Ic	A	V [kg]	I [°]	Cx [kg]	Cy [kg]	Px [m]	Py [m]
2	Spinta statica	8849	21,33	8242	3219	0,70	-2,02
	Peso/Inerzia muro			0	6375/0	-0,23	-2,01
	Peso/Inerzia terrapieno			0	5812/0	0,35	-1,50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0	357	-0,70	-2,52
	Resistenza passiva terreno antistante			-1559			
	Resistenza tiranti			-10565	3845	-0,60	-1,20
	Resistenza pali			-5678			
	1	Spinta statica	4768	21,33	4441	1734	0,70
	Incremento di spinta sismica		849	791	309	0,70	-1,75
	Peso/Inerzia muro			489	6375/0	-0,23	-2,01
	Peso/Inerzia terrapieno			298	3885/0	0,35	-1,50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			27	357	-0,70	-2,52
	Resistenza passiva terreno antistante			-1559			
	Resistenza tiranti			-10565	3845	-0,60	-1,20
	Resistenza pali			-5803			

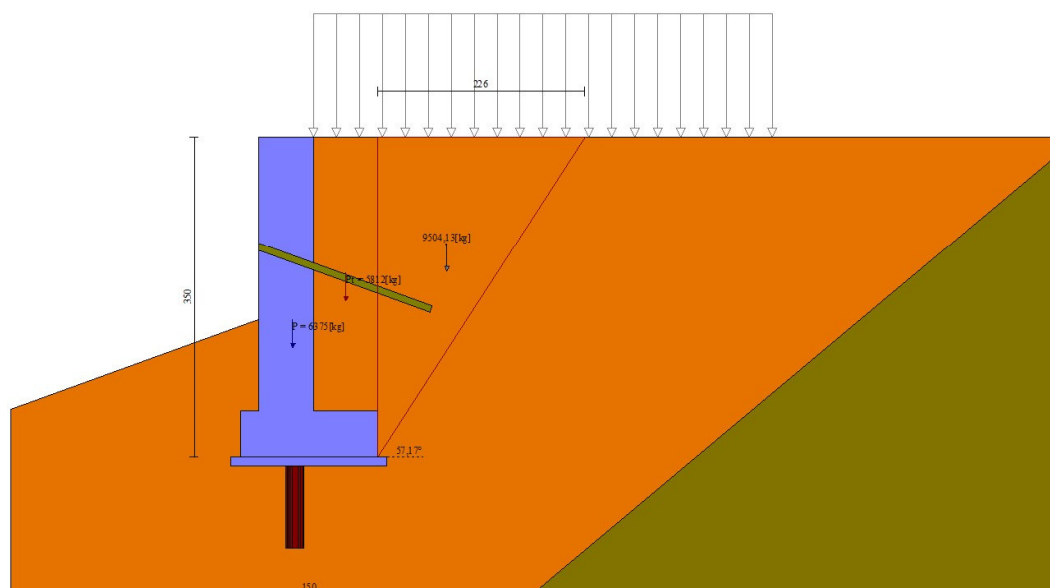


Fig. 5 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 2)

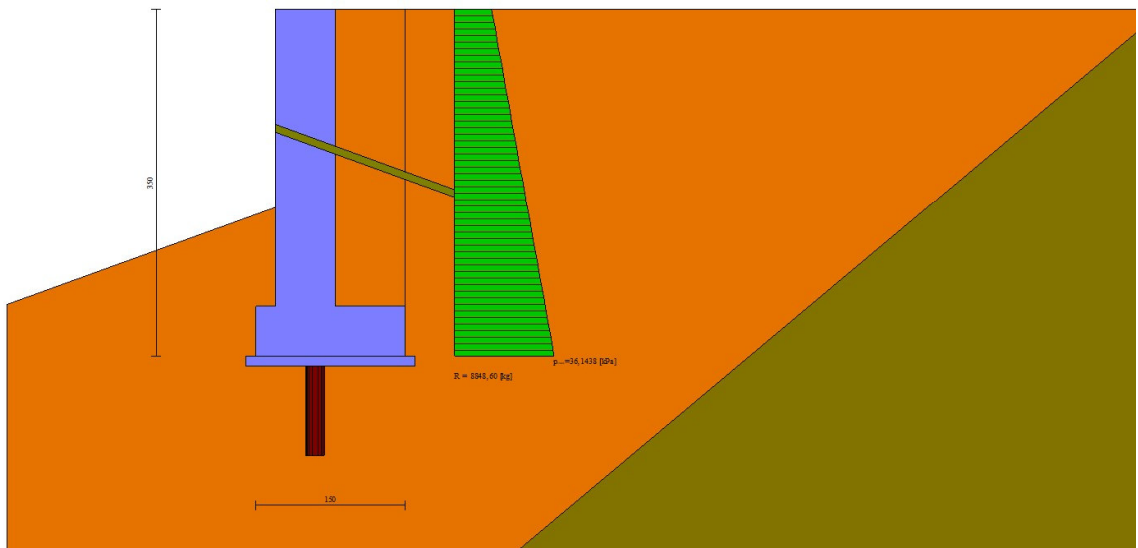


Fig. 6 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 2)

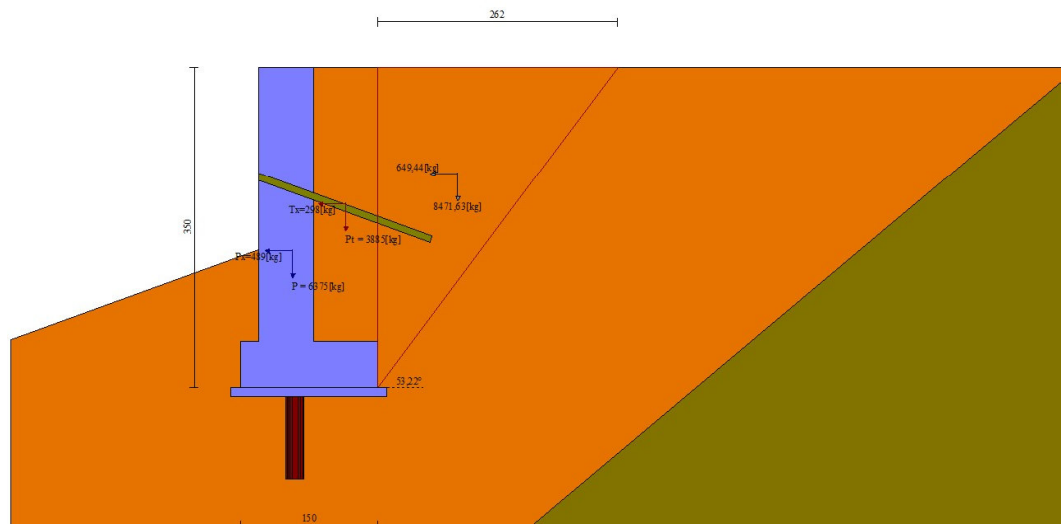


Fig. 7 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 1)

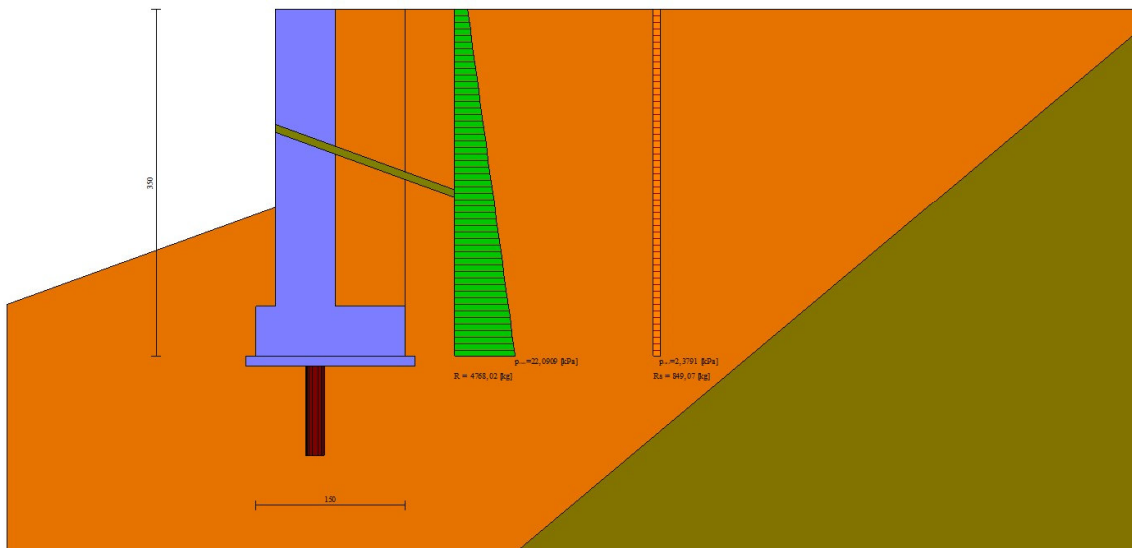


Fig. 8 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 1)

**Risultanti globali**

**Simbologia adottata**

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

Ic	N [kg]	T [kg]	Mr [kgm]	Ms [kgm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	13791	-4518	8812	18597	0,040
2 - STR (A1-M1-R3)	17230	-2322	12223	24773	0,022
3 - STR (A1-M1-R3)	16138	-992	23477	32842	0,170
4 - GEO (A2-M2-R2)	12660	-16773	8812	11225	0,559
5 - GEO (A2-M2-R2)	14753	-14832	11833	13791	0,617
6 - GEO (A2-M2-R2)	12279	-13698	22744	10654	1,735
7 - ECC	17851	-2609	24853	35368	0,161
8 - SLER	15339	-4438	21653	30242	0,190
9 - SLEF	15339	-4438	21653	30242	0,190
10 - SLEQ	15339	-4438	21653	30242	0,190
11 - SLEQ	13422	-7411	7483	16968	0,043

**Scarichi in testa ai pali**

**Simbologia adottata**

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

Cmb	Ip	N [kg]	M [kgm]	T [kg]
2 - STR (A1-M1-R3)	1	17111	-2196	-4181
1 - STR (A1-M1-R3) H	1	13695	-1500	-2919

**Verifiche geotecniche**

*Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati*

**Simbologia adottata**

- Cmb      Indice/Tipo combinazione
- S        Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)

FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>SUPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>SUPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)	H	2.965					
2 - STR (A1-M1-R3)		2.160					
3 - STR (A1-M1-R3)		1.686					
4 - GEO (A2-M2-R2)	H				4.237		
5 - GEO (A2-M2-R2)					3.678		
6 - GEO (A2-M2-R2)					4.092		

### Verifiche portanza trasversale (scorrimento)

#### Simbologia adottata

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

Ic	Ip	T [kg]	Td [kg]	FSo
3 - STR (A1-M1-R3)	1	-591	3992	6.751
1 - STR (A1-M1-R3) H	1	-2919	5763	1.974

### Verifiche portanza verticale

#### Simbologia adottata

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

Ic	Ip	N [kg]	Pd [kg]	FSv
1 - STR (A1-M1-R3) H	1	13695	35414	2.586
1 - STR (A1-M1-R3) H	1	13695	35414	2.586
2 - STR (A1-M1-R3)	1	17111	35414	2.070

### Dettagli calcolo portanza verticale

#### Simbologia adottata

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

n°	Nc	N'c	Nq	N'q	Zc [m]	Pp [kg]	Pl [kg]	A [kg]	Wp [kg]
1	119.669	119.669	108.750	108.750	--	62261 62261	7962 7962	0	506

### Verifica stabilità globale muro + terreno

#### Simbologia adottata

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

Ic	C [m]	R [m]	FS
5 - GEO (A2-M2-R2)	-4,50; 0,50	10,89	3.678
4 - GEO (A2-M2-R2) H	-4,50; 0,50	10,89	4.237

### Tiranti

#### Simbologia adottata

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

## Dettagli di calcolo

### Simbologia adottata

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

It	S	Ic	Lf	Lt	N	Nx/ml	Ny/ml	R	Rx/ml	Ry/ml
	[m]		[m]	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]
1 [P]	1,20	1	5,40	8,40	6802	3107	1131	22850	3107	1131
		2	6,30	9,30	8828	4033	1468	22850	4033	1468
		3	10,90	13,90	19652	8977	3267	22850	8977	3267
		7	9,80	12,80	20199	9227	3358	27420	9227	3358
		8	9,00	12,00	17973	8210	2988	27420	8210	2988
		9	9,00	12,00	17973	8210	2988	27420	8210	2988
		10	9,00	12,00	17973	8210	2988	27420	8210	2988
		11	4,20	7,20	5511	2517	916	27420	2517	916
			<b>12,00</b>	<b>15,00</b>	<b>20199</b>					

## Verifica di resistenza allo sfilamento

### Simbologia adottata

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

It	S	Ic	R1	R2	R3	R	N	FS
	[m]		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
1 [P]	1,20	1	22850	134335	417105	22850	6802	3.360
		2	22850	134335	417105	22850	8828	2.588
		3	22850	134335	417105	22850	19652	1.163
		7	27420	134335	417105	27420	20199	1.357
		8	27420	134335	417105	27420	17973	1.526
		9	27420	134335	417105	27420	17973	1.526
		10	27420	134335	417105	27420	17973	1.526
		11	27420	134335	417105	27420	5511	4.976

## Verifica delle tensioni massime nell'armatura del tirante

### Simbologia adottata

N<sub>MAX</sub> Tiro massimo in esercizio sul tirante, espresso in [kg]  
 A Area del tirante, espresso in [cmq]  
 σ<sub>T</sub> Tensione nel tirante (N<sub>MAX</sub>/A), espresso in [kPa]  
 σ<sub>lim</sub> Tensione limite dell'acciaio del tirante, espresso in [kPa]

It	S	N <sub>MAX</sub>	A	σ <sub>T</sub>	σ <sub>lim</sub>
	[m]	[kg]	[cmq]	[kPa]	[kPa]
1 [P]	1,20	20199	8,80	225193	400000

## Sollecitazioni

### Elementi calcolati a piastra

#### Simbologia adottata

M<sub>x</sub>, M<sub>y</sub> Momenti flettenti, espresso in [kgm]  
 M<sub>xy</sub> Momento torcente, espresso in [kgm]. Positivo se diretto da monte verso valle  
 T<sub>x</sub>, T<sub>y</sub> Tagli, espresso in [kg]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)  
 I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

### Piastra paramento

In	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>xy</sub>	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	
	[kgm]	[kgm]	[kgm]	[kg]	[kg]	
113	<b>523</b> (2)	-441 (2)	11 (2)	1769 (2)	167 (2)	MAX
28	<b>-6392</b> (7)	-10700 (7)	-246 (7)	-46 (7)	-1792 (7)	MIN
132	257 (1)	<b>879</b> (1)	0 (1)	0 (1)	1155 (1)	MAX
193	-6392 (7)	<b>-10700</b> (7)	246 (7)	46 (7)	-1792 (7)	MIN
212	-1202 (7)	-5611 (7)	<b>451</b> (7)	-895 (7)	203 (7)	MAX

In	Mx [kgm]	My [kgm]	Mxy [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]	
3	-1202 (7)	-5611 (7)	<b>-451</b> (7)	895 (7)	203 (7)	MIN
7	-77 (7)	-5953 (7)	-265 (7)	<b>4751</b> (7)	-620 (7)	MAX
213	-77 (7)	-5953 (7)	265 (7)	<b>-4751</b> (7)	-620 (7)	MIN
57	-999 (3)	-3238 (3)	-19 (3)	-33 (3)	<b>4487</b> (3)	MAX
194	-1954 (7)	-4162 (7)	221 (7)	114 (7)	<b>-7381</b> (7)	MIN

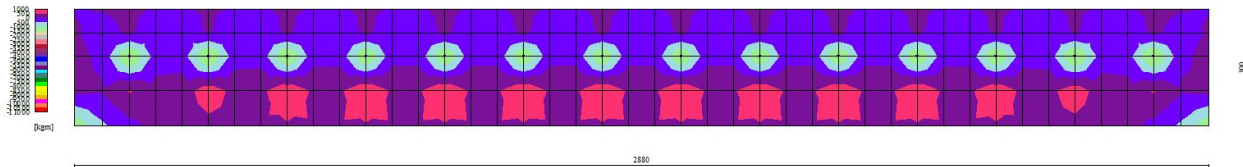


Fig. 9 - Piastra paramento - Momento  $M_{yMAX}$  (Combinazione n° 1)

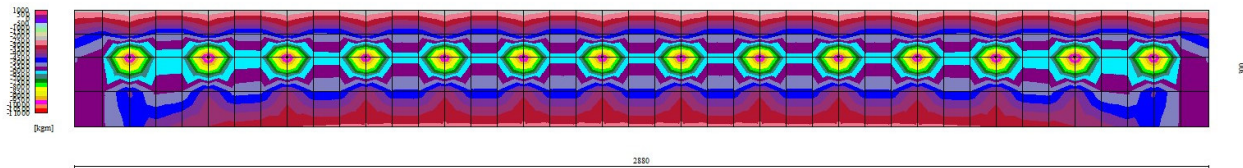


Fig. 10 - Piastra paramento - Momento  $M_{yMIN}$  (Combinazione n° 7)

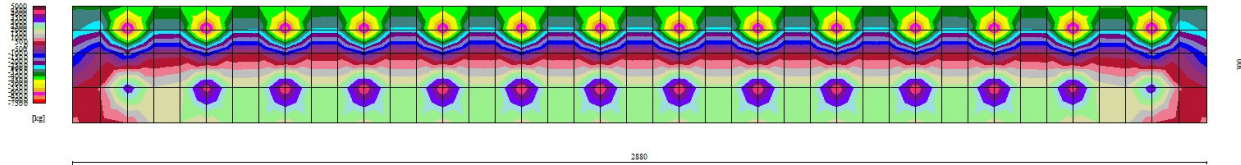


Fig. 11 - Piastra paramento - Taglio  $T_{yMAX}$  (Combinazione n° 3)

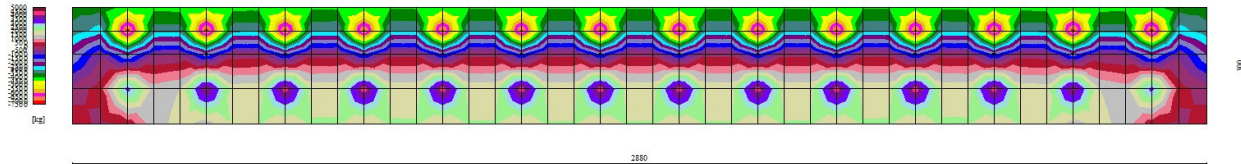


Fig. 12 - Piastra paramento - Taglio  $T_{yMIN}$  (Combinazione n° 7)

*Piastra fondazione*

In	Mx [kgm]	My [kgm]	Mxy [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]	
347	<b>83</b> (2)	-19 (2)	-12 (2)	-13 (2)	-2501 (2)	MAX
11	<b>-836</b> (2)	-2788 (2)	0 (2)	0 (2)	-6554 (2)	MIN
341	34 (2)	<b>11</b> (2)	3 (2)	-119 (2)	-2572 (2)	MAX
11	-836 (2)	<b>-2788</b> (2)	0 (2)	0 (2)	-6554 (2)	MIN
7	-793 (2)	-2643 (2)	<b>193</b> (2)	0 (2)	-5683 (2)	MAX
350	-793 (2)	-2643 (2)	<b>-193</b> (2)	0 (2)	-5683 (2)	MIN
13	11 (2)	-1066 (2)	68 (2)	<b>454</b> (2)	-4062 (2)	MAX
351	11 (2)	-1066 (2)	-68 (2)	<b>-454</b> (2)	-4062 (2)	MIN
3	2 (2)	1 (2)	0 (2)	5 (2)	<b>356</b> (2)	MAX
6	-829 (2)	-2765 (2)	40 (2)	0 (2)	<b>-6607</b> (2)	MIN

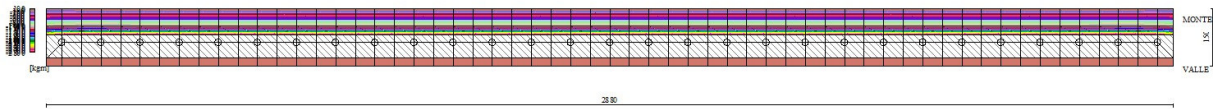


Fig. 13 - Piastra fondazione - Momento My (Combinazione n° 2)

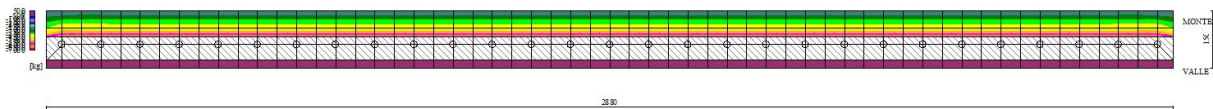


Fig. 14 - Piastra fondazione - Taglio Ty (Combinazione n° 2)

**Sollecitazioni pali**

Simbologia adottata

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

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	13695	70178	-2919	-7492	-1500	-3851
28	1,62	13781	69914	14	37	318	815
37	2,16	13786	69713	182	468	259	665
41	2,40	13785	69606	196	503	213	548
101	6,00	12591	62351	-1	-3	0	0

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	17111	70176	-4181	-7331	-2196	-3851
28	1,62	17184	69912	2	4	445	780
30	1,74	17184	69872	89	156	442	775
42	2,46	17171	69575	275	482	289	507
101	6,00	15620	62349	-1	-3	0	0

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	16027	70181	-591	-5190	316	2772
9	0,48	16062	70156	27	238	439	3852
22	1,26	16097	70020	272	2385	292	2560
32	1,86	16105	69835	211	1854	140	1232
64	3,78	15970	68546	-1	-13	-20	-179
101	6,00	14659	62354	0	-3	0	0

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	17728	70177	-836	-7728	195	1799
11	0,60	17769	70138	2	16	417	3852
25	1,44	17797	69967	258	2383	270	2496
29	1,68	17798	69893	244	2253	209	1933
66	3,90	17559	68224	-2	-19	-20	-185
101	6,00	16166	62349	0	-4	0	0

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	15233	70180	-30	-188	611	3851
15	0,84	15289	70106	378	2386	394	2487
33	1,92	15315	69811	177	1116	71	450
56	3,30	15275	69104	-1	-6	-27	-167
101	6,00	13955	62352	0	-1	0	0

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	15233	70180	-30	-188	611	3851
15	0,84	15289	70106	378	2386	394	2487
33	1,92	15315	69811	177	1116	71	450
56	3,30	15275	69104	-1	-6	-27	-167
101	6,00	13955	62352	0	-1	0	0

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	15233	70180	-30	-188	611	3851
15	0,84	15289	70106	378	2386	394	2487
33	1,92	15315	69811	177	1116	71	450
56	3,30	15275	69104	-1	-6	-27	-167
101	6,00	13955	62352	0	-1	0	0

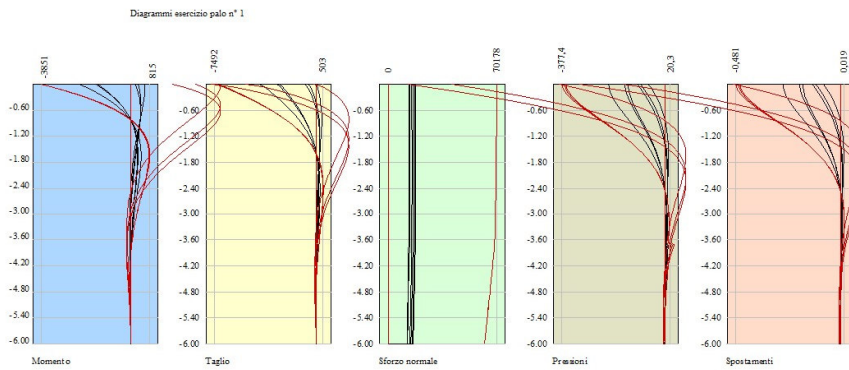


Fig. 15 - Sollecitazioni palo (Palo n° 1) (Involuppo)

## 7.4. 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 [kgm]
N	sforzo normale agente espressa in [kg]
Mrd	momento resistente espresso in [kgm]
Nrd	sforzo normale resistente espresso in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

#### Elementi calcolati a piastra

##### Simbologia adottata

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

### Micropali

Ip	Is	Ar [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mrd [kgm]	Nrd [kg]	FS
1	1	29,91	2196	17111	3833	17111	1.745

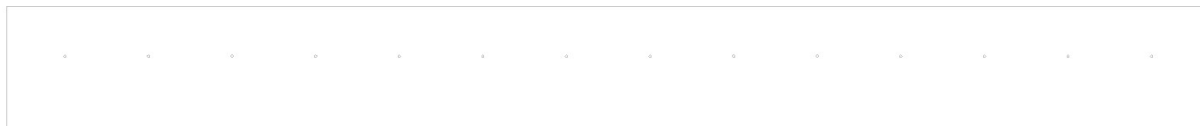


Fig. 16 - Piastra paramento dir. X (Inviluppo)



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



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

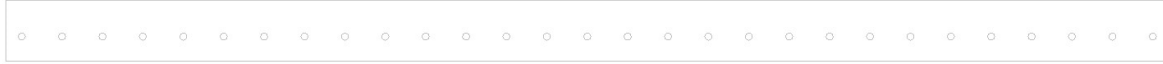


Fig. 19 - Piastra fondazione dir. Y (Inviluppo)



Fig. 20 - 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<sub>sw</sub> area ferri a taglio espressa in [cmq]
- cotgθ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
- V<sub>Rcd</sub> resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kg]
- V<sub>Rsd</sub> resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kg]
- V<sub>Rd</sub> resistenza di progetto a taglio espressa in [kg]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A<sub>sw</sub>>0.0) V<sub>Rd</sub>=min(V<sub>Rcd</sub>, V<sub>Rsd</sub>).
- T taglio agente espressa in [kg]
- 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  $2 / \pi$ .

Ip	Is	A <sub>sw</sub> [cm]	V <sub>rd</sub> [kg]	T [kg]	FS
1	1	19,04	37898	4181	9.065

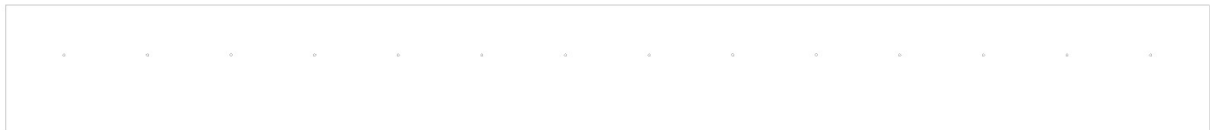


Fig. 21 - Piastra paramento dir. X (Inviluppo)



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

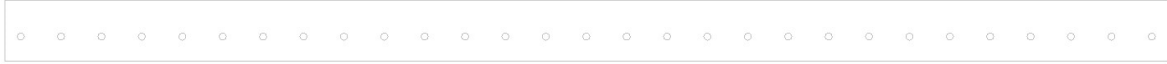


Fig. 23 - Piastra fondazione dir. X (Inviluppo)



Fig. 24 - Piastra fondazione dir. Y (Inviluppo)



Fig. 25 - Pali (Palo n° 1) (Inviluppo)

## 8. Sezione bordo frana z-z

### 8.1. Dati

#### Dati

#### Materiali

##### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<b>Calcestruzzo armato</b>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [kg/mc]
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$ [kg/mc]	R <sub>ck</sub> [kPa]	E [kPa]	$\nu$	n	ntc
2	C20/25 con chiodo	C20/25	S440	2500,00	25000	30200389	0.30	15.00	0.50
6	C30/37	C30/37	B450C	2500,00	37000	33019310	0.30	15.00	0.50
7	C32/40	C32/40	B450C	2500,00	40000	33642648	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub> [kPa]	f <sub>uk</sub> [kPa]
B450C	450000	540000
S440	460000	560000

#### Tipologie pali

##### Simbologia adottata

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

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	palo verticale	Laterale + Punta	Infisso	Incastro	2	NO	NO	--	--
2	palo inclinato	Laterale + Punta	Infisso	Incastro	2	NO	NO	--	--

#### Tipologie tiranti

##### Simbologia adottata

Descr	Descrizione tipologia
Imat	Indice materiale
D	Diametro di perforazione, espresso in [mm]
Cesp	Coeff. di espansione laterale
Tipo armatura	Attivo, Passivo tondini o Passivo tubolare
Caratteristiche:	
- per tiranti attivi: numero trefoli e area trefolo espresso in [mq]	
- 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	Imat	D [m]	Cesp	Tipo armatura	Caratteristiche	Beta
chiodo 38	2	0,0760	1.300	Passivo tubolare	38,00 [mm] 10,00 [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 1,30	

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 25,00 [m]

Paramento

Materiale	C32/40	
Altezza paramento	2,05	[m]
Altezza paramento libero	1,90	[m]
Spessore in sommità	0,60	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,60	[m]
Inclinazione paramento esterno	0,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

Fondazione

Materiale	C30/37	
Lunghezza mensola di valle	0,20	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,70	[m]
Lunghezza totale	1,50	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,50	[m]
Spessore magrone	0,10	[m]

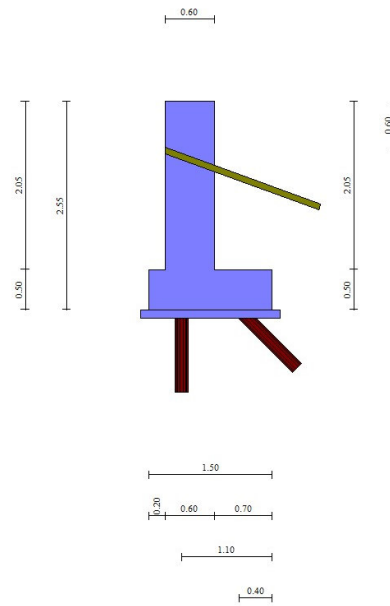


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

*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 [m]
- L lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
- $\alpha$  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 [m]	L [m]	$\alpha$ [°]	ALL
1	palo verticale	1,10	1,00	0,25	25	0,1600	9,00	0,00	Centrati
2	palo inclinato	0,40	1,00	0,25	25	0,1600	9,00	45,00	Centrati

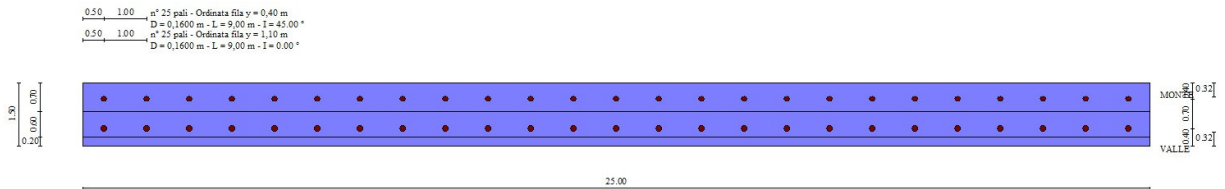


Fig. 2 - Pianta pali

**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
- $\alpha$  inclinazione dei tiranti della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
- T tiro iniziale espresso in [kg]. Solo per i tiranti attivi
- Lt, Lf Lunghezza totale e di fondazione espressa in [m]. Definiti solo nel caso di Verifica.

n°	Tipologia	Dest	S [m]	I [m]	F [m]	ALL	Nt	$\alpha$ [°]	T [kg]	Lt [m]	Lf [m]
1	chiodo 38	Paramento	0,60	2,00	0,25	Centrati	13	20,00	--	15,00	12,00

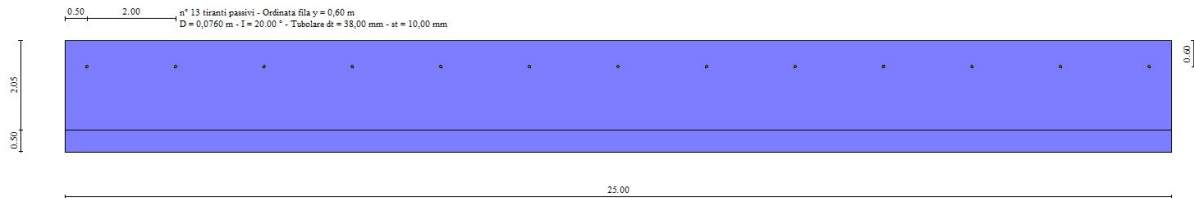


Fig. 3 - Prospetto del paramento con i tiranti

**Descrizione terreni**

**Parametri di resistenza**

**Simbologia adottata**

- n° Indice del terreno
- Descr Descrizione terreno
- $\gamma$  Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
- $\gamma_s$  Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
- $\phi$  Angolo d'attrito interno espresso in [°]
- $\delta$  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)
- $\tau_l$  Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]
1	Terreno 1	1850,00	1950,00	32.000	21.330	0	0	1.300	0 (CAR)
				32.000	21.333	0	0 (MIN)		
				32.000	21.333	0	0 (MED)		
2	Terreno 2	2000,00	2100,00	42.000	28.000	50	25	1.300	0 (CAR)
				42.000	28.000	50	25 (MIN)		
				42.000	28.000	50	25 (MED)		

**Stratigrafia**

**Simbologia adottata**

- n° Indice dello strato
- H Spessore dello strato espresso in [m]
- $\alpha$  Inclinazione espressa in [°]
- Terreno Terreno dello strato
- Kwn, Kwt Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm
- Per calcolo pali (solo se presenti)
- Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/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]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kwt [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	7,00	40.000	Terreno 1	0.000	0.000	1,200	0,000	1,000	---	---
2	12,00	0.000	Terreno 2	0.000	0.000	1,200	0,000	1,000	---	---

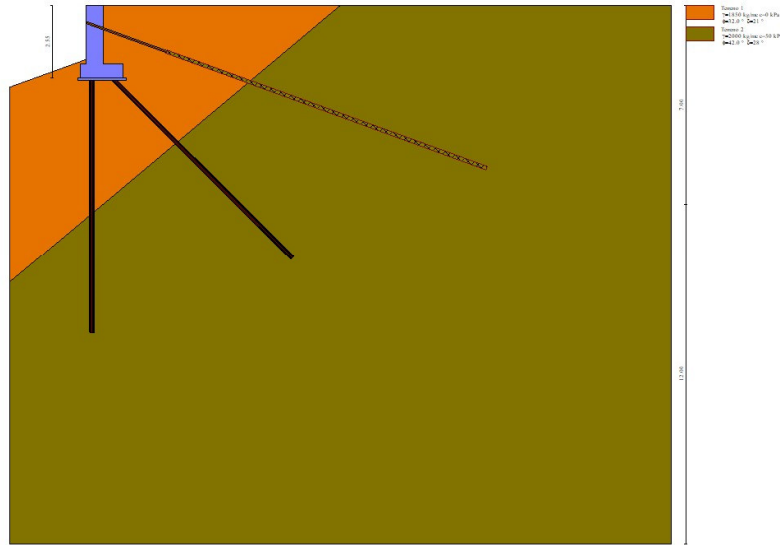


Fig. 4 - Stratigrafia

**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<sub>x</sub> Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]
- F<sub>y</sub> Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]
- M Momento espresso in [kgm]
- X<sub>i</sub> Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
- X<sub>f</sub> Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
- Q<sub>i</sub> Intensità del carico per x=X<sub>i</sub> espressa in [kg]
- Q<sub>f</sub> Intensità del carico per x=X<sub>f</sub> espressa in [kg]

**Condizione n° 1 (Condizione 1) - VARIABILE TF**

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

**Carichi sul muro**

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	F <sub>x</sub> [kg]	F <sub>y</sub> [kg]	M [kgm]	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kg]	Q <sub>f</sub> [kg]
1	Concentrato	Paramento	0,00; 0,00	3798,38	0,00	2279,44				

**Carichi sul terreno**

n°	Tipo	X [m]	F <sub>x</sub> [kg]	F <sub>y</sub> [kg]	M [kgm]	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kg]	Q <sub>f</sub> [kg]
1	Distribuito					0,00	5,00	2039,40	2039,40

**Condizione n° 2 (Condizione 2) - VARIABILE**

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

**Normativa**

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

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

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche				Combinazioni sismiche			
			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

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche				Combinazioni sismiche		
			UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
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	$\gamma_c'$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00	1.00	1.00

#### Coeff. parziali $\gamma_R$ 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 $\gamma_R$ da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	$\gamma_b$	--	--	1.15	--	--	1.35	--	--	1.30
Laterale compressione	$\gamma_s$	--	--	1.15	--	--	1.15	--	--	1.15
Totale compressione	$\gamma_t$	--	--	1.15	--	--	1.30	--	--	1.25
Laterale trazione	$\gamma_{st}$	--	--	1.25	--	--	1.25	--	--	1.25

#### Carichi trasversali. Coeff. parziali $\gamma_R$ da applicare alle resistenze caratteristiche

		R1	R2	R3
Trasversale	$\gamma_t$	--	--	1.30

Coefficienti di riduzione  $\zeta$  per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate 1

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

#### Coeff. parziali $\gamma_R$ per la resistenza di ancoraggi

		R3
Laterale	$\gamma_{Ra}$	1.20

Coefficienti di riduzione  $\zeta$  per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti

Numero di verticali indagate 1

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

#### Descrizione combinazioni di carico

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

I valori dei coeff.  $\Psi_{0,j}$ ,  $\Psi_{1,j}$ ,  $\Psi_{2,j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili.

I valori dei coeff.  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$ , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

#### Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

#### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	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	$\gamma$	$\Psi$	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	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	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	$\gamma$	$\Psi$	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	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 7 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	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	$\gamma$	$\Psi$	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	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 10 - SLEQ H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 11 - SLEQ H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

## Dati sismici

Comune	Livo
Provincia	Trento
Regione	Trentino-Alto Adige
Latitudine	46.399124
Longitudine	11.018112
Indice punti di interpolazione	8291 - 8290 - 8512 - 8513
Vita nominale	100 anni
Classe d'uso	I
Tipo costruzione	Opere strategiche
Vita di riferimento	70 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	0.522	0.274
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.053	0.028
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.755	2.573
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.345	0.206
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh [%]	kv [%]
Ultimo	1.000	7.666	3.833
Ultimo - Ribaltamento	1.000	7.666	3.833
Esercizio	1.000	4.021	2.011

Forma diagramma incremento sismico  **Rettangolare**

## 8.2. Opzioni di calcolo

### Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
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	0,0500 [m]

### Opzioni calcolo pali

#### Portanza verticale

Metodo di calcolo della portanza alla punta	Terzaghi
Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Integrazione delle tensioni tangenziali ( $k_s \sigma_v \tan(\delta) + c_a$ )
Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infisso/trivellato)	Non attiva
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta $\sigma_v$ con la profondità	Pressione geostatica
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale	Pressione geostatica
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 0,0150 [m]
- 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 0,0100 [m]  
 Spostamento limite laterale 0,0050 [m]

Opzioni calcolo tiranti

Superficie di ancoraggio Angolo di rottura  
 Tensione limite resistenza malta Media valori  $t_{c0}$  e  $t_{c1}$

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

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

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite di Esercizio (SLE)**Paramento e fondazione muro**

Verifiche strutturali nelle combinazioni SLD NO

Condizioni ambientali Ordinarie  
 Armatura ad aderenza migliorata SI

*Verifica a fessurazione*

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

### 8.3. Risultati

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

Ic	A	V [kg]	I [°]	Cx [kg]	Cy [kg]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	4082	21,33	3802	1485	0,70	-1,50
	Peso/Inerzia muro			0	4950/0	-0,21	-1,51
	Peso/Inerzia terrapieno			0	4582/0	0,35	-1,02
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0	42	-0,69	-1,99
	Resistenza passiva terreno antistante			-253			
	Risultante forze sul muro			5128	0	--	--
	Resistenza tiranti			-10309	3752	-0,60	-0,60
	Resistenza pali			-39980			
2	Spinta statica	1654	21,33	1541	602	0,70	-1,70
	Incremento di spinta sismica		357	333	130	0,70	-1,27
	Peso/Inerzia muro			379	4950/190	-0,21	-1,51
	Peso/Inerzia terrapieno			204	2655/102	0,35	-1,02
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			3	42	-0,69	-1,99
	Resistenza passiva terreno antistante			-253			
	Resistenza tiranti			-10309	3752	-0,60	-0,60
	Resistenza pali			-38325			
3	Spinta statica	1654	21,33	1541	602	0,70	-1,70
	Incremento di spinta sismica		232	216	84	0,70	-1,27
	Peso/Inerzia muro			379	4950/-190	-0,21	-1,51
	Peso/Inerzia terrapieno			204	2655/-102	0,35	-1,02
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			3	42	-0,69	-1,99
	Resistenza passiva terreno antistante			-253			
	Resistenza tiranti			-10309	3752	-0,60	-0,60
	Resistenza pali			-38320			
7	Spinta statica	3085	21,33	2873	1122	0,70	-1,50
	Peso/Inerzia muro			0	4950/0	-0,21	-1,51
	Peso/Inerzia terrapieno			0	4082/0	0,35	-1,02
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0	42	-0,69	-1,99
	Resistenza passiva terreno antistante			-253			
	Risultante forze sul muro			3798	0	--	--
	Resistenza tiranti			-12371	4503	-0,60	-0,60
	Resistenza pali			-40275			
8	Spinta statica	2727	21,33	2540	992	0,70	-1,53
	Peso/Inerzia muro			0	4950/0	-0,21	-1,51
	Peso/Inerzia terrapieno			0	3725/0	0,35	-1,02
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0	42	-0,69	-1,99
	Resistenza passiva terreno antistante			-253			
	Risultante forze sul muro			2849	0	--	--
	Resistenza tiranti			-12371	4503	-0,60	-0,60
	Resistenza pali			-39775			
9	Spinta statica	1654	21,33	1541	602	0,70	-1,70
	Peso/Inerzia muro			0	4950/0	-0,21	-1,51
	Peso/Inerzia terrapieno			0	2655/0	0,35	-1,02
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0	42	-0,69	-1,99
	Resistenza passiva terreno antistante			-253			
	Resistenza tiranti			-12371	4503	-0,60	-0,60
	Resistenza pali			-38994			

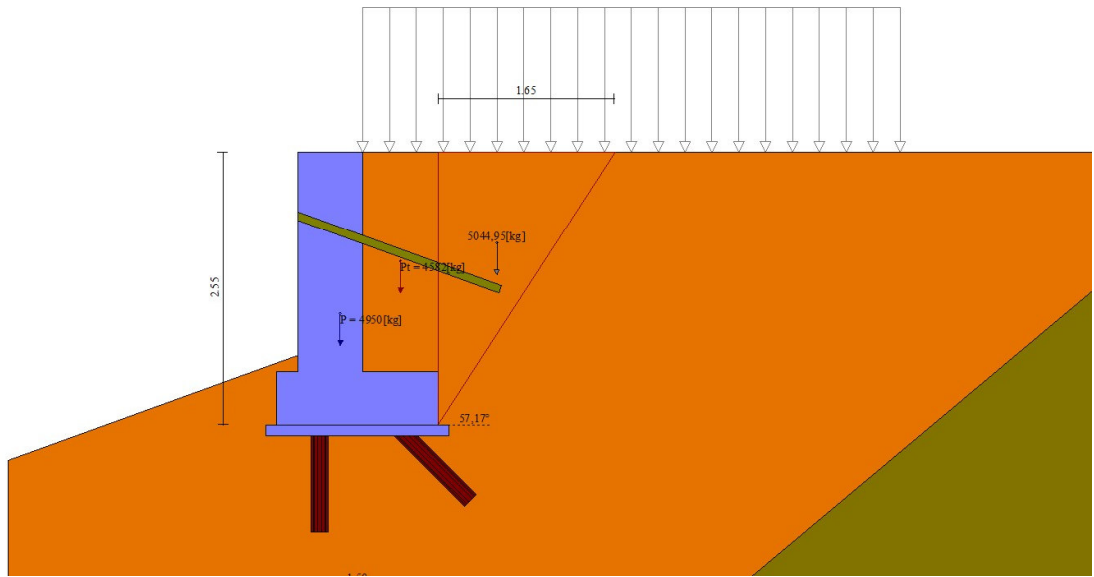


Fig. 5 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

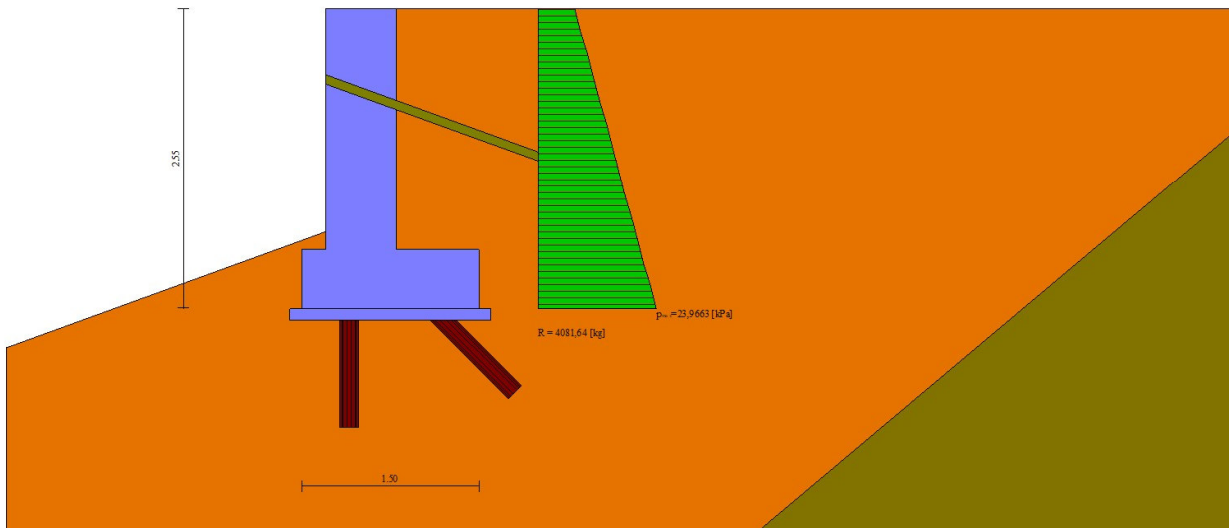


Fig. 6 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

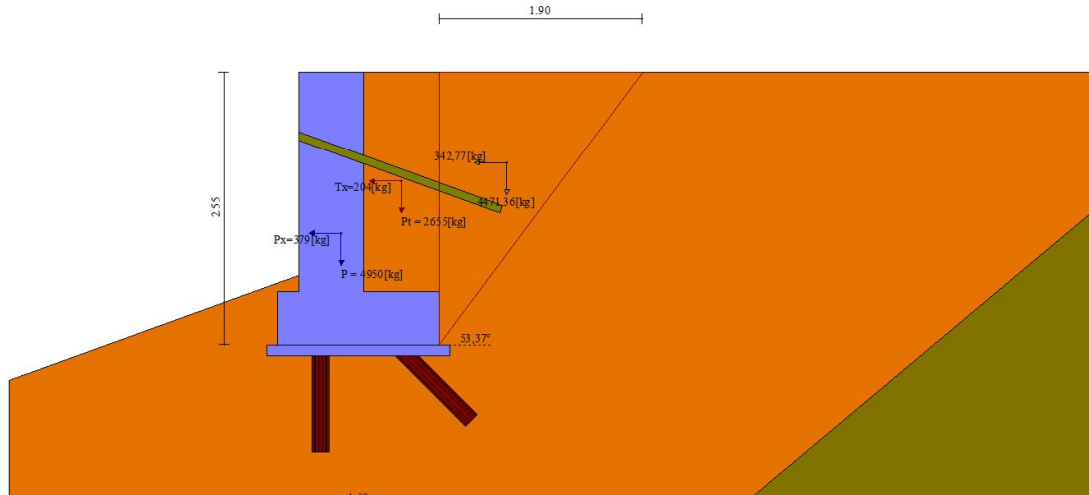


Fig. 7 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

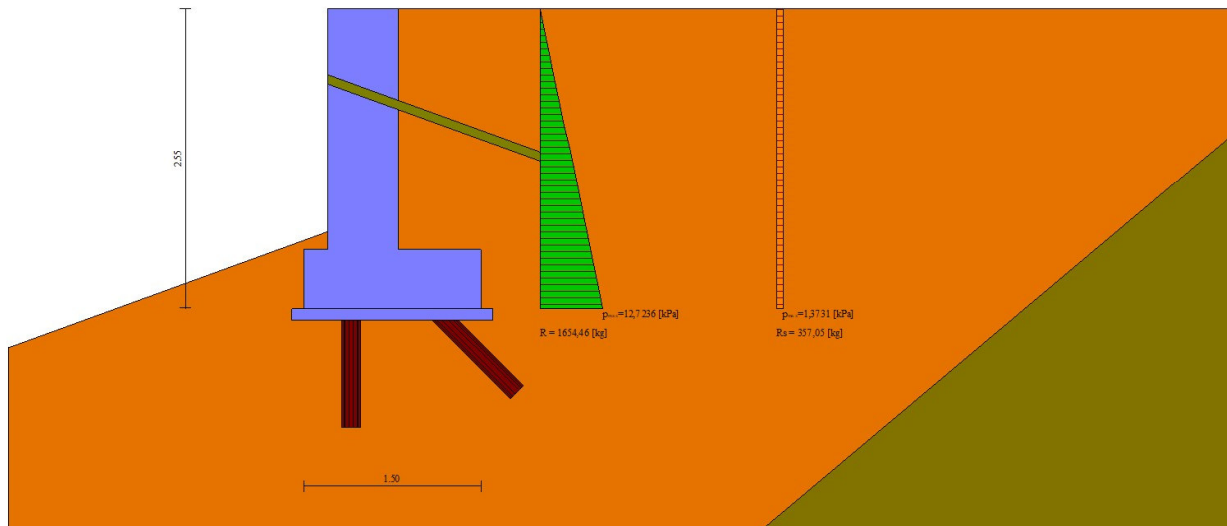


Fig. 8 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

**Scarichi in testa ai pali**

**Simbologia adottata**

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

Cmb	Ip	N [kg]	M [kgm]	T [kg]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	13454	-201	-447
	2	47	-367	-695
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	8110	-800	-959

Cmb	Ip	N [kg]	M [kgm]	T [kg]
	2	-211	-991	-1245
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	7530	-755	-903
	2	-207	-934	-1171
7 - SLER	1	11667	-275	-485
	2	179	-436	-727
8 - SLEF	1	10657	-372	-567
	2	60	-533	-810
9 - SLEQ	1	7318	-730	-864
	2	180	-912	-1137

## Verifiche geotecniche

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>SUPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		5.660					
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	19.874					
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	20.857					
4 - GEO (A2-M2-R2)					4.469		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				4.585		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				4.599		

### Verifiche portanza trasversale (scorrimento)

#### Simbologia adottata

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

Ic	Ip	T [kg]	Td [kg]	FS <sub>o</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)	1	-447	2492	5.571
	2	-695	2128	3.061
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	-959	1345	1.402
	2	-1245	1410	1.132
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	-903	1342	1.486
	2	-1171	1407	1.202

### Verifiche portanza verticale

#### Simbologia adottata

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

Ic	Ip	N [kg]	Pd [kg]	FS <sub>v</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)	1	13454	27830	2.068
	2	47	23053	486.112
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	8110	27830	3.432
	2	-211	22750	108.018
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	7530	27830	3.696
	2	-207	22750	109.958

### Dettagli calcolo portanza verticale

## Simbologia adottata

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

n°	Nc	N'c	Nq	N'q	Zc [m]	Pp [kg]	Pl [kg]	A [kg]	Wp [kg]
1	119.669	119.669	108.750	108.750	--	50056 50056	5400 5400	0	536
2	119.669	119.669	108.750	108.750	--	38721 38721	7396 7396	0	536

## 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	17,45	4.469
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-4,50; 4,50	17,45	4.585
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-4,50; 4,50	17,45	4.599

## Cedimenti pali

## Simbologia adottata

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

Ic	Ip	w [m]
7	1	0,002532
	2	0,000040
8	1	0,002313
	2	0,000013
9	1	0,001588
	2	0,000040

## Tiranti

## Simbologia adottata

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

## Dettagli di calcolo

## Simbologia adottata

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

It	S [m]	Ic	Lf [m]	Lt [m]	N [kg]	Nx/ml [kg]	Ny/ml [kg]	R [kg]	Rx/ml [kg]	Ry/ml [kg]		
1 [P]	0,60	1	10,30	13,30	16422	8025	2921	20830	8025	2921		
		2	2,20	5,20	964	471	171	20830	471	171		
		3	2,20	5,20	954	466	170	20830	466	170		
		7	7,50	10,50	11868	5799	2111	24996	5799	2111		
		8	6,30	9,30	8783	4292	1562	24996	4292	1562		
		9	0,00	3,00	0	0	0	24996	0	0		
		10	1,00	4,00	501	245	89	24996	245	89		
		11	1,00	4,00	495	242	88	24996	242	88		
					<b>12,00</b>	<b>15,00</b>	<b>16422</b>					

## Verifica di resistenza allo sfilamento

## Simbologia adottata

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

It	S [m]	Ic	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	R [kg]	N [kg]	FS
1 [P]	0,60	1	20830	134335	417105	20830	16422	1.268
		2	20830	134335	417105	20830	964	21.604
		3	20830	134335	417105	20830	954	21.830
		7	24996	134335	417105	24996	11868	2.106
		8	24996	134335	417105	24996	8783	2.846
		9	24996	134335	417105	24996	0	100.000
		10	24996	134335	417105	24996	501	49.939
		11	24996	134335	417105	24996	495	50.538

## Verifica delle tensioni massime nell'armatura del tirante

## Simbologia adottata

N <sub>MAX</sub>	Tiro massimo in esercizio sul tirante, espresso in [kg]
A	Area del tirante, espresso in [mq]
σ <sub>t</sub>	Tensione nel tirante (N <sub>MAX</sub> /A), espresso in [kPa]
σ <sub>lim</sub>	Tensione limite dell'acciaio del tirante, espresso in [kPa]

It	S [m]	N <sub>MAX</sub> [kg]	A [mq]	σ <sub>t</sub> [kPa]	σ <sub>lim</sub> [kPa]
1 [P]	0,60	16422	0,000880	183087	400000

## Sollecitazioni

## Elementi calcolati a piastra

## Simbologia adottata

M <sub>x</sub> , M <sub>y</sub>	Momenti flettenti, espresso in [kgm]
M <sub>xy</sub>	Momento torcente, espresso in [kgm]. Positivo se diretto da monte verso valle
T <sub>x</sub> , T <sub>y</sub>	Tagli, espresso in [kg]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

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

## Piastra paramento

## Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

In	M <sub>x</sub> [kgm]	M <sub>y</sub> [kgm]	M <sub>xy</sub> [kgm]	T <sub>x</sub> [kg]	T <sub>y</sub> [kg]	
147	<b>996</b>	-4740	-631	3234	-1246	MAX
55	<b>-5210</b>	-8767	-1	-1	-1969	MIN
1	513	<b>1709</b>	859	0	9988	MAX
7	-3816	<b>-8855</b>	618	80	-1351	MIN
3	21	-2968	<b>929</b>	473	5333	MAX
150	21	-2968	<b>-929</b>	-473	5333	MIN
8	466	-6346	480	<b>7248</b>	1752	MAX
155	466	-6346	-480	<b>-7248</b>	1752	MIN
153	513	1709	-859	0	<b>9988</b>	MAX
152	-25	-2267	-384	2009	<b>-10029</b>	MIN

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

In	M <sub>x</sub> [kgm]	M <sub>y</sub> [kgm]	M <sub>xy</sub> [kgm]	T <sub>x</sub> [kg]	T <sub>y</sub> [kg]	
147	<b>996</b>	-4740	-631	3234	-1246	MAX
55	<b>-5210</b>	-8767	-1	-1	-1969	MIN
1	513	<b>1709</b>	859	0	9988	MAX
7	-3816	<b>-8855</b>	618	80	-1351	MIN
3	21	-2968	<b>929</b>	473	5333	MAX
150	21	-2968	<b>-929</b>	-473	5333	MIN
8	466	-6346	480	<b>7248</b>	1752	MAX
155	466	-6346	-480	<b>-7248</b>	1752	MIN
153	513	1709	-859	0	<b>9988</b>	MAX
152	-25	-2267	-384	2009	<b>-10029</b>	MIN

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

In	M <sub>x</sub> [kgm]	M <sub>y</sub> [kgm]	M <sub>xy</sub> [kgm]	T <sub>x</sub> [kg]	T <sub>y</sub> [kg]	
147	<b>996</b>	-4740	-631	3234	-1246	MAX
55	<b>-5210</b>	-8767	-1	-1	-1969	MIN
1	513	<b>1709</b>	859	0	9988	MAX
7	-3816	<b>-8855</b>	618	80	-1351	MIN

In	Mx [kgm]	My [kgm]	Mxy [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]	
3	21	-2968	<b>929</b>	473	5333	MAX
150	21	-2968	<b>-929</b>	-473	5333	MIN
8	466	-6346	480	<b>7248</b>	1752	MAX
155	466	-6346	-480	<b>-7248</b>	1752	MIN
153	513	1709	-859	0	<b>9988</b>	MAX
152	-25	-2267	-384	2009	<b>-10029</b>	MIN

**Combinazione n° 7 - SLER**

In	Mx [kgm]	My [kgm]	Mxy [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]	
147	<b>996</b>	-4740	-631	3234	-1246	MAX
55	<b>-5210</b>	-8767	-1	-1	-1969	MIN
1	513	<b>1709</b>	859	0	9988	MAX
7	-3816	<b>-8855</b>	618	80	-1351	MIN
3	21	-2968	<b>929</b>	473	5333	MAX
150	21	-2968	<b>-929</b>	-473	5333	MIN
8	466	-6346	480	<b>7248</b>	1752	MAX
155	466	-6346	-480	<b>-7248</b>	1752	MIN
153	513	1709	-859	0	<b>9988</b>	MAX
152	-25	-2267	-384	2009	<b>-10029</b>	MIN

**Combinazione n° 8 - SLEF**

In	Mx [kgm]	My [kgm]	Mxy [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]	
147	<b>996</b>	-4740	-631	3234	-1246	MAX
55	<b>-5210</b>	-8767	-1	-1	-1969	MIN
1	513	<b>1709</b>	859	0	9988	MAX
7	-3816	<b>-8855</b>	618	80	-1351	MIN
3	21	-2968	<b>929</b>	473	5333	MAX
150	21	-2968	<b>-929</b>	-473	5333	MIN
8	466	-6346	480	<b>7248</b>	1752	MAX
155	466	-6346	-480	<b>-7248</b>	1752	MIN
153	513	1709	-859	0	<b>9988</b>	MAX
152	-25	-2267	-384	2009	<b>-10029</b>	MIN

**Combinazione n° 9 - SLEQ**

In	Mx [kgm]	My [kgm]	Mxy [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]	
147	<b>996</b>	-4740	-631	3234	-1246	MAX
55	<b>-5210</b>	-8767	-1	-1	-1969	MIN
1	513	<b>1709</b>	859	0	9988	MAX
7	-3816	<b>-8855</b>	618	80	-1351	MIN
3	21	-2968	<b>929</b>	473	5333	MAX
150	21	-2968	<b>-929</b>	-473	5333	MIN
8	466	-6346	480	<b>7248</b>	1752	MAX
155	466	-6346	-480	<b>-7248</b>	1752	MIN
153	513	1709	-859	0	<b>9988</b>	MAX
152	-25	-2267	-384	2009	<b>-10029</b>	MIN

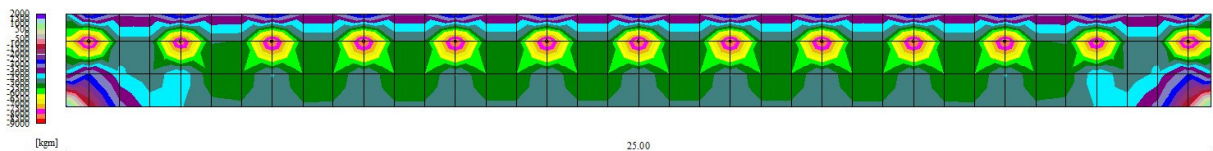


Fig. 9 - Piastra paramento - Momenti My (Combinazione n° 1)

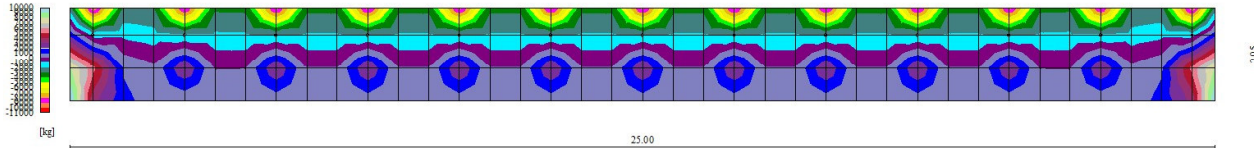


Fig. 10 - Piastra paramento - Taglio Ty (Combinazione n° 1)

*Piastra fondazione*

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

In	Mx [kgm]	My [kgm]	Mxy [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]	
21	<b>90</b>	54	-30	118	-910	MAX
291	<b>-591</b>	-1969	1	0	-4119	MIN
293	55	<b>68</b>	2	-53	-991	MAX
291	-591	<b>-1969</b>	1	0	-4119	MIN
303	57	-482	<b>112</b>	-498	-2351	MAX
13	57	-482	<b>-112</b>	498	-2351	MIN
13	57	-482	-112	<b>498</b>	-2351	MAX
303	57	-482	112	<b>-498</b>	-2351	MIN
3	0	0	0	2	<b>150</b>	MAX
6	-417	-1391	11	0	<b>-4776</b>	MIN

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

In	Mx [kgm]	My [kgm]	Mxy [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]	
21	<b>263</b>	221	10	517	1028	MAX
291	<b>-591</b>	-1969	1	0	-4119	MIN
297	209	<b>697</b>	1	0	-3281	MAX
291	-591	<b>-1969</b>	1	0	-4119	MIN
303	12	37	<b>366</b>	-299	97	MAX
13	12	37	<b>-366</b>	299	97	MIN
21	263	221	10	<b>517</b>	1028	MAX
304	263	221	-10	<b>-517</b>	1028	MIN
21	263	221	10	517	<b>1028</b>	MAX
6	-417	-1391	11	0	<b>-4776</b>	MIN

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

In	Mx [kgm]	My [kgm]	Mxy [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]	
21	<b>263</b>	221	10	517	1028	MAX
291	<b>-591</b>	-1969	1	0	-4119	MIN
297	209	<b>697</b>	2	0	-991	MAX
291	-591	<b>-1969</b>	1	0	-4119	MIN
303	57	37	<b>366</b>	-299	97	MAX
13	12	-482	<b>-366</b>	299	-2351	MIN
21	263	221	10	<b>517</b>	1028	MAX
304	57	-482	-10	<b>-517</b>	-2351	MIN
21	263	221	10	517	<b>1028</b>	MAX
6	-417	-1391	11	0	<b>-4776</b>	MIN

**Combinazione n° 7 - SLER**

In	Mx [kgm]	My [kgm]	Mxy [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]	
21	<b>263</b>	221	10	517	1028	MAX
291	<b>-591</b>	-1969	1	0	-4119	MIN
297	209	<b>697</b>	2	0	-991	MAX
291	-591	<b>-1969</b>	1	0	-4119	MIN
303	57	37	<b>366</b>	-299	97	MAX
13	12	-482	<b>-366</b>	299	-2351	MIN
21	263	221	10	<b>517</b>	1028	MAX
304	57	-482	-10	<b>-517</b>	-2351	MIN
21	263	221	10	517	<b>1028</b>	MAX
6	-417	-1391	11	0	<b>-4776</b>	MIN

**Combinazione n° 8 - SLEF**

In	Mx [kgm]	My [kgm]	Mxy [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]	
21	<b>263</b>	221	10	517	1028	MAX
291	<b>-591</b>	-1969	1	0	-4119	MIN
297	209	<b>697</b>	2	0	-991	MAX
291	-591	<b>-1969</b>	1	0	-4119	MIN
303	57	37	<b>366</b>	-299	97	MAX
13	12	-482	<b>-366</b>	299	-2351	MIN
21	263	221	10	<b>517</b>	1028	MAX
304	57	-482	-10	<b>-517</b>	-2351	MIN
21	263	221	10	517	<b>1028</b>	MAX
6	-417	-1391	11	0	<b>-4776</b>	MIN

**Combinazione n° 9 - SLEQ**

In	Mx [kgm]	My [kgm]	Mxy [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]	
21	<b>263</b>	221	10	517	1028	MAX
291	<b>-591</b>	-1969	1	0	-4119	MIN
297	209	<b>697</b>	2	0	-991	MAX
291	-591	<b>-1969</b>	1	0	-4119	MIN
303	57	37	<b>366</b>	-299	97	MAX
13	12	-482	<b>-366</b>	299	-2351	MIN
21	263	221	10	<b>517</b>	1028	MAX
304	57	-482	-10	<b>-517</b>	-2351	MIN
21	263	221	10	517	<b>1028</b>	MAX
6	-417	-1391	11	0	<b>-4776</b>	MIN

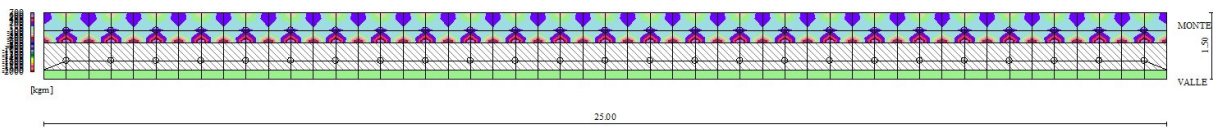


Fig. 11 - Piastra fondazione - Momenti My<sub>MAX</sub> (Combinazione n° 2)

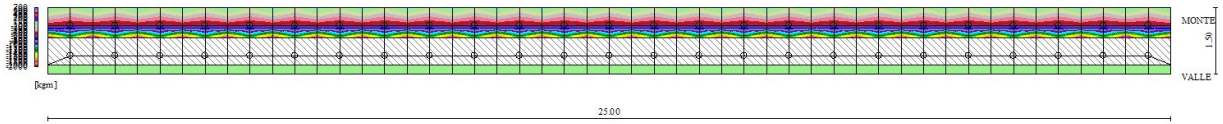


Fig. 12 - Piastra fondazione - Momenti  $M_{y_{MIN}}$  (Combinazione n° 1)

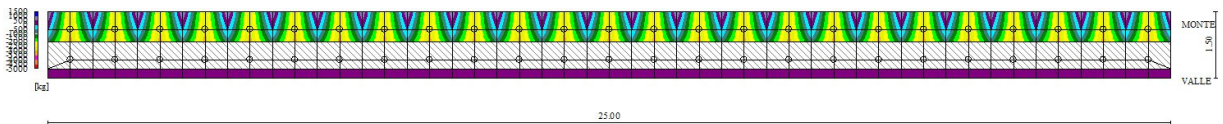


Fig. 13 - Piastra fondazione - Taglio  $T_{y_{MAX}}$  (Combinazione n° 2)

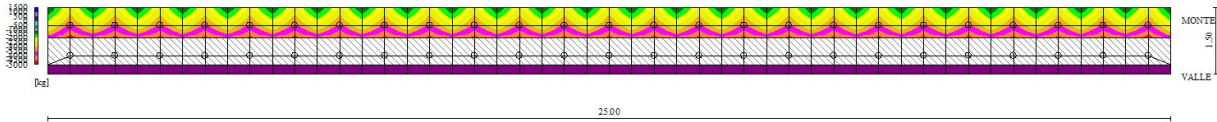


Fig. 14 - Piastra fondazione - Taglio  $T_{y_{MIN}}$  (Combinazione n° 1)

**Sollecitazioni pali**

**Simbologia adottata**

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

**Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)**

**Palo n° 1**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	13454	55415	-447	-3239	-201	-1459
20	1,71	13556	55415	7	63	89	667
31	2,70	13615	55415	43	322	59	435
54	4,77	13738	55415	9	66	1	3
101	9,00	12628	50107	0	0	0	0

**Palo n° 2**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	47	1186	-695	-2766	-367	-1459
21	1,80	155	1186	3	12	121	481
32	2,79	214	1152	58	232	83	329
101	9,00	490	800	0	0	0	0

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

**Palo n° 1**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	8110	55416	-959	-1749	-800	-1459
28	2,43	8255	55416	6	11	107	195
39	3,42	8314	55416	52	94	72	131
54	4,77	8394	55416	26	48	15	27
101	9,00	7804	50111	0	0	0	0

**Palo n° 2**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	-211	-5265	-1245	-1833	-991	-1458
27	2,34	-71	-5240	5	8	145	214
38	3,33	-7	-4965	70	103	98	145
101	9,00	651	-3554	0	0	0	0

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

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	7530	55417	-903	-1744	-755	-1458
28	2,43	7674	55417	5	10	101	194
39	3,42	7733	55417	49	94	68	131
54	4,77	7814	55417	25	47	14	27
101	9,00	7280	50111	0	0	0	0

Palo n° 2

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	-207	-5173	-1171	-1829	-934	-1459
27	2,34	-68	-5148	5	7	136	213
38	3,33	-3	-4878	66	103	93	145
101	9,00	658	-3491	0	0	0	0

Combinazione n° 7 - SLERPalo n° 1

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	11667	55417	-485	-2572	-275	-1459
22	1,89	11779	55417	3	17	79	418
33	2,88	11838	55417	38	202	53	283
54	4,77	11951	55417	11	57	3	14
101	9,00	11014	50108	0	0	0	0

Palo n° 2

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	179	4478	-727	-2431	-436	-1459
23	1,98	297	4478	7	25	112	374
34	2,97	356	4307	54	181	74	249
101	9,00	600	3023	0	0	0	0

Combinazione n° 8 - SLEFPalo n° 1

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	10657	55416	-567	-2226	-372	-1459
24	2,07	10780	55416	4	14	80	314
35	3,06	10839	55416	39	152	54	212
54	4,77	10941	55416	14	53	5	19
101	9,00	10103	50107	0	0	0	0

Palo n° 2

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	60	1493	-810	-2215	-533	-1459
24	2,07	183	1493	4	12	114	311
35	3,06	242	1429	55	150	77	211
101	9,00	500	1008	0	0	0	0

Combinazione n° 9 - SLEQPalo n° 1

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	7318	55417	-864	-1726	-730	-1459
28	2,43	7462	55417	3	6	95	191
39	3,42	7521	55417	46	92	65	130
54	4,77	7602	55417	24	47	14	27
101	9,00	7089	50112	0	0	0	0

Palo n° 2

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	180	4488	-1137	-1818	-912	-1458
27	2,34	319	4466	3	5	132	210
38	3,33	376	4232	63	101	90	144
101	9,00	601	3029	0	0	0	0

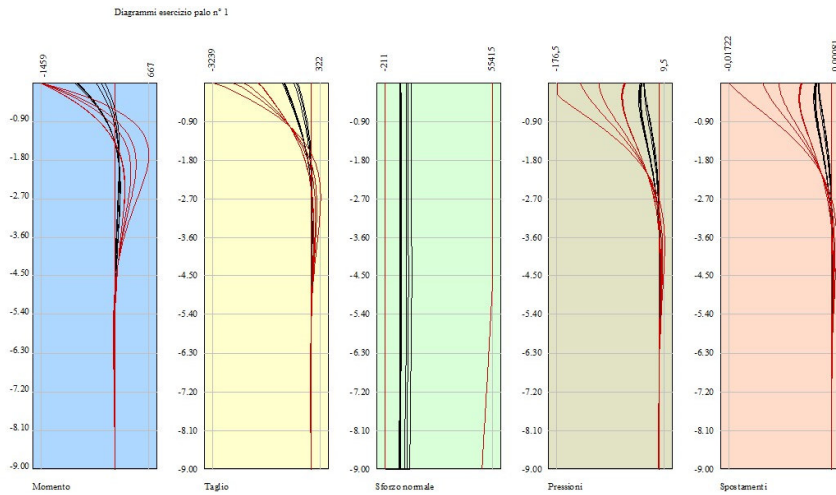


Fig. 15 - Sollecitazioni palo (Palo n° 1) (Inviluppo)

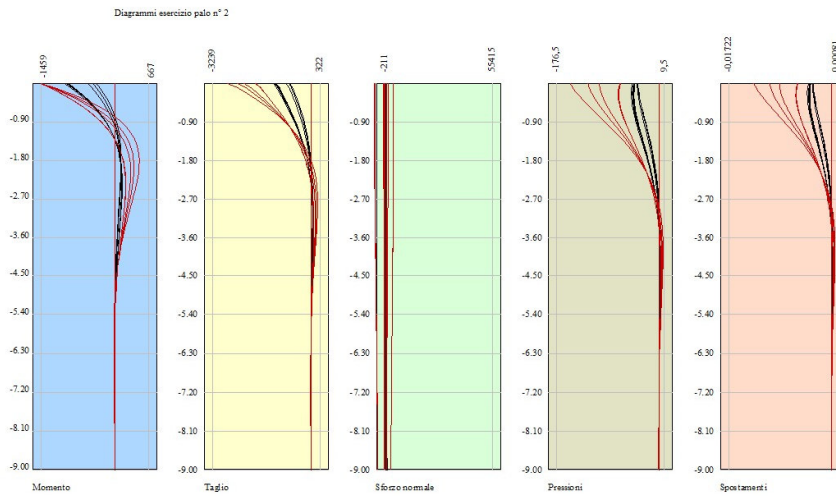


Fig. 16 - Sollecitazioni palo (Palo n° 2) (Inviluppo)

## 8.4. Verifiche strutturali

### Verifiche a flessione

#### Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n° indice sezione

B larghezza sezione espresso in [m]

- H altezza sezione espressa in [m]
- Afi area ferri inferiori espresso in [mq]
- Afs area ferri superiori espressa in [mq]
- M momento agente espressa in [kgm]
- N sforzo normale agente espressa in [kg]
- Mrd momento resistente espresso in [kgm]
- Nrd sforzo normale resistente espresso in [kg]
- FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

**Elementi calcolati a piastra**

**Simbologia adottata**

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

**Micropali**

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Ip	Is	Ar [mq]	M [kgm]	N [kg]	Mrd [kgm]	Nrd [kg]	FS
1	1	0,002073	201	13454	1387	13454	6.887
2	1	0,002073	367	47	1458	47	3.979

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

Ip	Is	Ar [mq]	M [kgm]	N [kg]	Mrd [kgm]	Nrd [kg]	FS
1	1	0,002073	800	8110	1415	8110	1.769
2	1	0,002073	991	-211	1460	-211	1.473

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

Ip	Is	Ar [mq]	M [kgm]	N [kg]	Mrd [kgm]	Nrd [kg]	FS
1	1	0,002073	755	7530	1419	7530	1.879
2	1	0,002073	934	-207	1460	-207	1.564



Fig. 17 - Piastra paramento dir. X (Inviluppo)

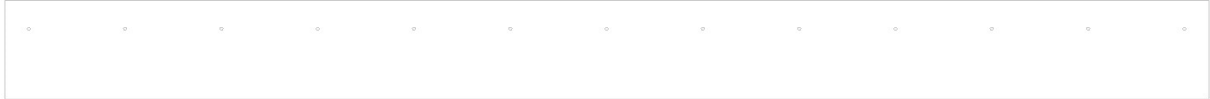


Fig. 18 - Piastra paramento dir. Y (Inviluppo)

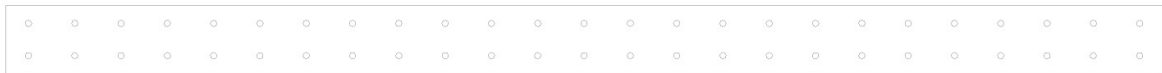


Fig. 19 - Piastra fondazione dir. X (Inviluppo)

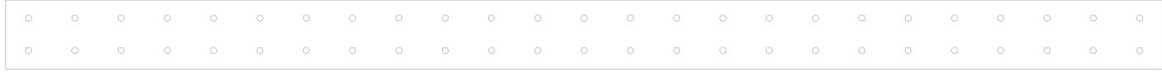


Fig. 20 - Piastra fondazione dir. Y (Inviluppo)

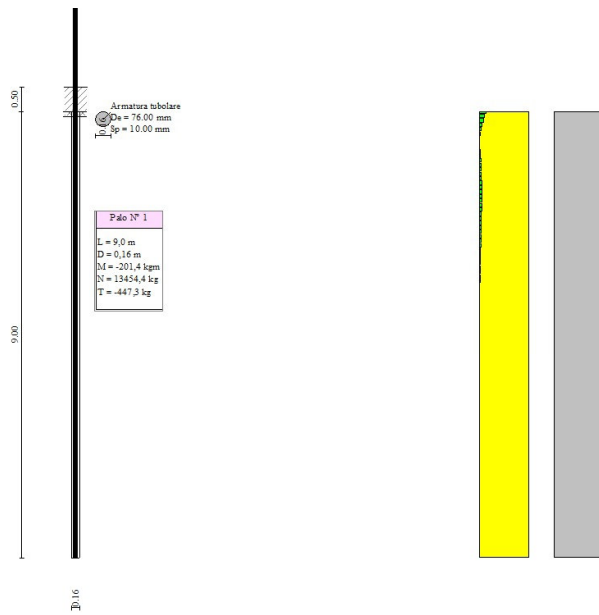


Fig. 21 - Pali (Palo n° 1) (Inviluppo)

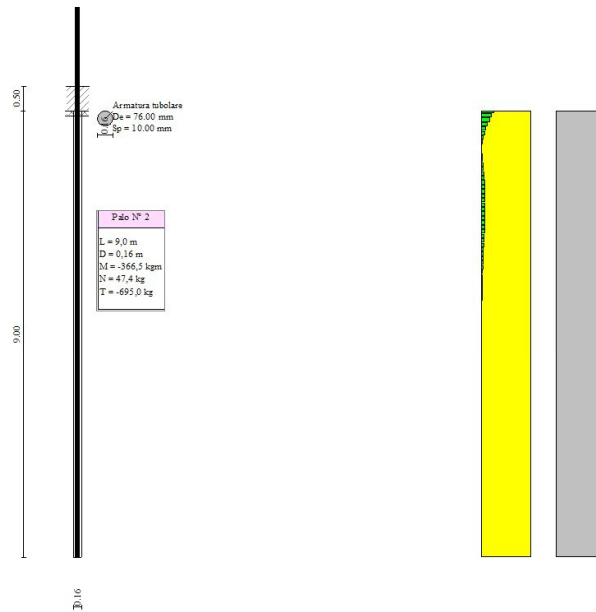


Fig. 22 - Pali (Palo n° 2) (Involuppo)

**Verifiche a taglio**

**Simbologia adottata**

- n° (o Is)      indice sezione
- Y              ordinata sezione espressa in [m]
- B              larghezza sezione espresso in [m]
- H              altezza sezione espressa in [m]
- A<sub>sw</sub>          area ferri a taglio espresso in [mq]
- cotgθ        inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
- V<sub>Rcd</sub>        resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kg]
- V<sub>Rsd</sub>        resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kg]
- V<sub>Rd</sub>         resistenza di progetto a taglio espresso in [kg]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A<sub>sw</sub>>0.0) V<sub>Rd</sub>=min(V<sub>Rcd</sub>, V<sub>Rsd</sub>).
- T              taglio agente espressa in [kg]
- 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<sub>eff</sub>) viene determinata come area lorda (A) della sezione tubolare moltiplicata per 2 / π.

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Ip	Is	A <sub>sw</sub> [mq]	V <sub>Rd</sub> [kg]	T [kg]	FS
1	1	0,001320	34045	447	76.117
2	1	0,001320	34045	695	48.985

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

Ip	Is	A <sub>sw</sub> [mq]	V <sub>Rd</sub> [kg]	T [kg]	FS
1	1	0,001320	34045	959	35.488
2	1	0,001320	34045	1245	27.340

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

Ip	Is	A <sub>sw</sub> [mq]	V <sub>Rd</sub> [kg]	T [kg]	FS
1	1	0,001320	34045	903	37.693
2	1	0,001320	34045	1171	29.077

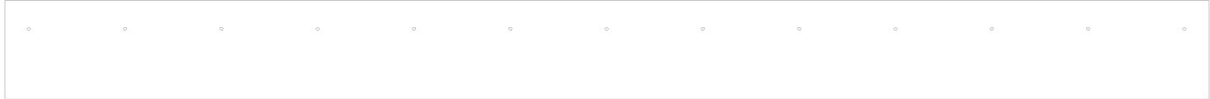


Fig. 23 - Piastra paramento dir. X (Inviluppo)

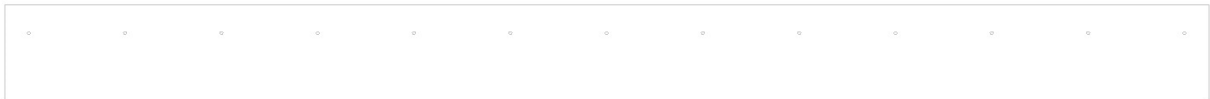


Fig. 24 - Piastra paramento dir. Y (Inviluppo)

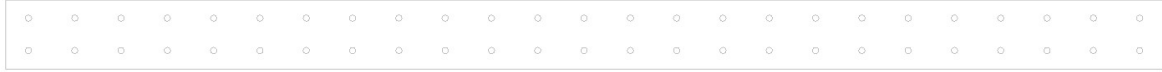


Fig. 25 - Piastra fondazione dir. X (Inviluppo)

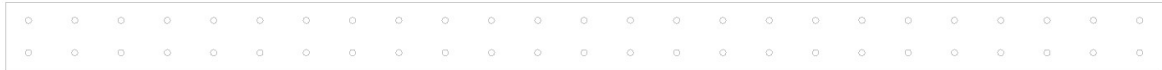


Fig. 26 - Piastra fondazione dir. Y (Inviluppo)

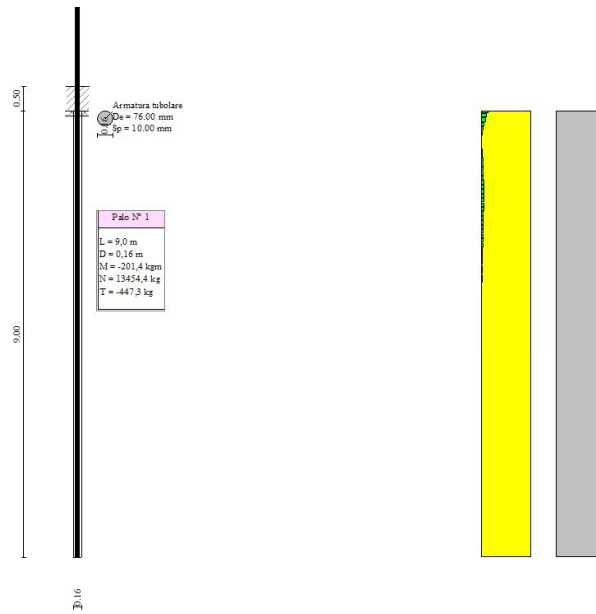


Fig. 27 - Pali (Palo n° 1) (Involuppo)

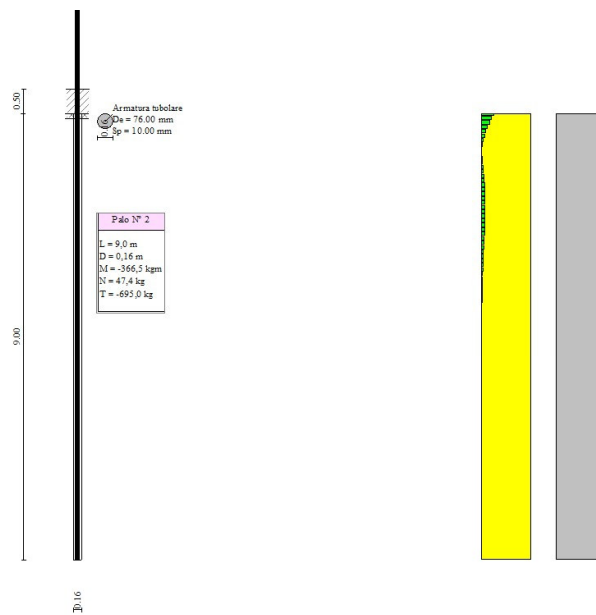


Fig. 28 - Pali (Palo n° 2) (Involuppo)

**Verifica a punzonamento**

**Simbologia adottata**

OP	Oggetto che viene punzonato
P	Oggetto che punzona
$c_1, c_2$	Dimensioni pilastro nelle due direzioni, espressa in [mm]
d	Altezza utile della fondazione, espressa in [mm]
$u_0$	Lunghezza perimetro di verifica a faccia pilastro, espresso in [mm]
$u_1$	Lunghezza perimetro di verifica per effetto della diffusione, espresso in [mm]
$\rho_y, \rho_z$	Percentuali di armatura piastra in zona tesa
dpc, duc	distanza della prima e dell'ultima cucitura dalla faccia del pilastro
$V_{Ed,i}$	Tensione di taglio sul perimetro del pilastro, espressa in [kPa]
$V_{Rd,max}$	Valore di progetto del massimo taglio-punzonamento resistente, espressa in [kPa]
$V_{Ed,f}$	Tensione di taglio sul perimetro di verifica $u_1$ , espresso in [kPa]
$V_{Rd,cf}$	Valore di progetto del taglio-punzonamento resistente senza armature sul perimetro di verifica $u_1$ , espresso in [kPa]

$V_{Rd,cs}$	Valore di progetto del taglio-punzonamento resistente con armature, espresso in [kPa]
nsc	Numero di serie di cuciture
nc	Numero di cuciture
FS	Fattore di sicurezza (minore tra i rapporti $V_{Rd,max}/V_{Ed,i}$ , $V_{Rd,cf}/V_{Ed,f}$ e $V_{Rd,cs}/V_{Ed,f}$ )

## Risultati per inviluppo

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

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

Ic	A	V [kg]	I [°]	Cx [kg]	Cy [kg]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	4082	21,33	3802	1485	0,70	-1,50
	Peso/Inerzia muro			0	4950/0	-0,21	-1,51
	Peso/Inerzia terrapieno			0	4582/0	0,35	-1,02
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0	42	-0,69	-1,99
	Resistenza passiva terreno antistante			-253			
	Risultante forze sul muro			5128	0	--	--
	Resistenza tiranti			-10309	3752	-0,60	-0,60
	Resistenza pali			-39980			
2	Spinta statica	1654	21,33	1541	602	0,70	-1,70
	Incremento di spinta sismica		357	333	130	0,70	-1,27
	Peso/Inerzia muro			379	4950/190	-0,21	-1,51
	Peso/Inerzia terrapieno			204	2655/102	0,35	-1,02
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			3	42	-0,69	-1,99
	Resistenza passiva terreno antistante			-253			
	Resistenza tiranti			-10309	3752	-0,60	-0,60
	Resistenza pali			-38325			

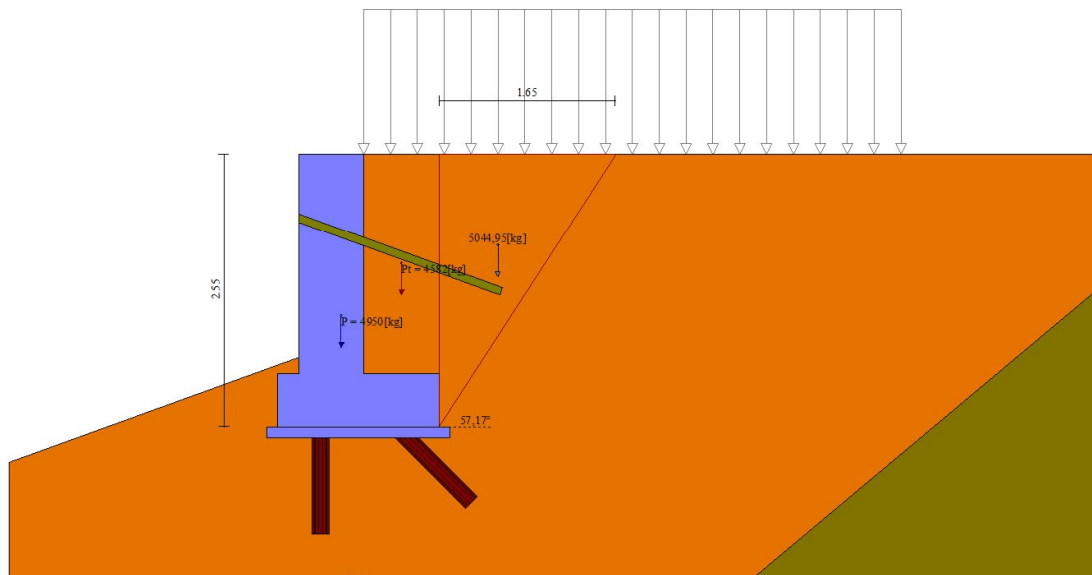


Fig. 29 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)



Fig. 30 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

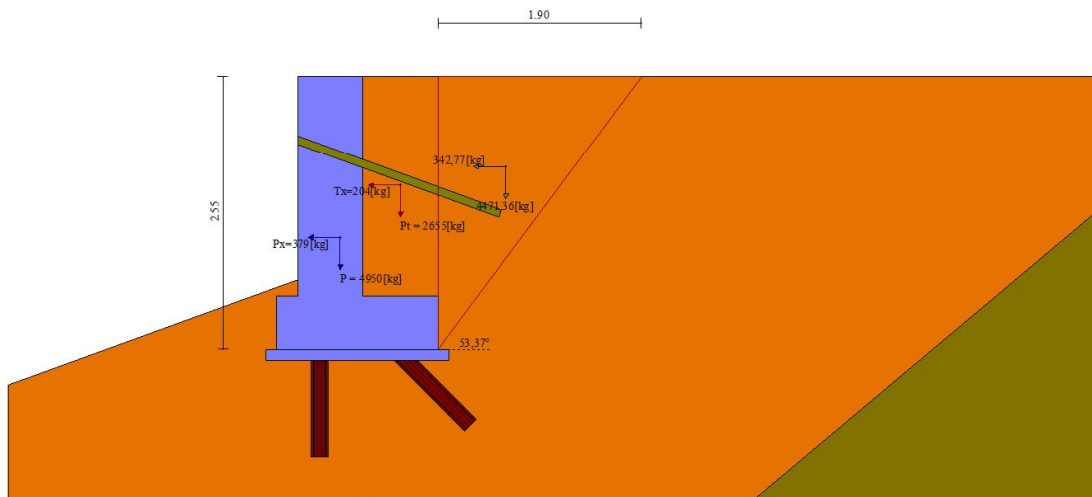


Fig. 31 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

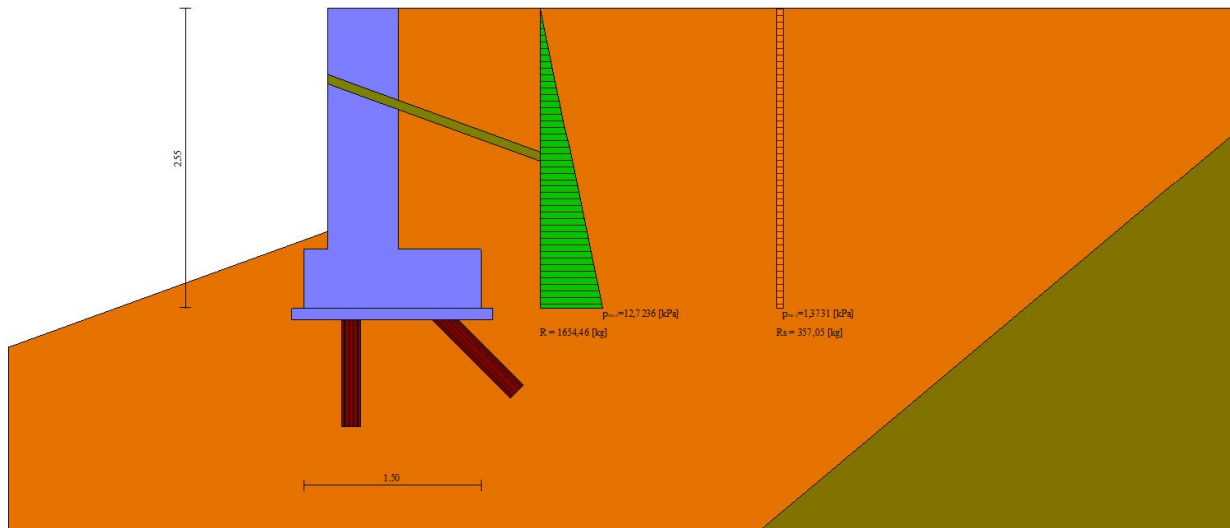


Fig. 32 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

**Scarichi in testa ai pali**

**Simbologia adottata**

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

Cmb	Ip	N [kg]	M [kgm]	T [kg]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	13454	-201	-447
	2	47	-367	-695
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	8110	-800	-959
	2	-211	-991	-1245

**Verifiche geotecniche**

**Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati**

**Simbologia adottata**

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

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>SUPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		5.660					
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	19.874					
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	20.857					
4 - GEO (A2-M2-R2)					4.469		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				4.585		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				4.599		

**Verifiche portanza trasversale (scorrimento)**

**Simbologia adottata**

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

FS<sub>0</sub> Fattore di sicurezza (T<sub>d</sub>/T)

Ic	Ip	T [kg]	T <sub>d</sub> [kg]	FS <sub>0</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)	1	-447	2492	5.571
	2	-695	2128	3.061
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	-959	1345	1.402
	2	-1245	1410	1.132

**Verifiche portanza verticale****Simbologia adottata**

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

Ic	Ip	N [kg]	Pd [kg]	FS <sub>v</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)	1	13454	27830	2.068
	2	47	23053	486.112
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	8110	27830	3.432
	2	-211	22750	108.018
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	8110	27830	3.432
	2	-211	22750	108.018

**Dettagli calcolo portanza verticale****Simbologia adottata**

n° Indice palo  
 N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub> Coeff. di capacità portante  
 N'<sub>c</sub>, N'<sub>q</sub> Coeff. di capacità portante corretti  
 Z<sub>c</sub> Massima profondità andamento pressione geostatica, espressa in [m]  
 P<sub>p</sub>, P<sub>l</sub> Portanza di punta e laterale caratteristica, espresse in [kg]  
 A Attrito negativo, espresso in [kg]  
 W<sub>p</sub> Peso palo, espresso in [kg]

n°	N <sub>c</sub>	N' <sub>c</sub>	N <sub>q</sub>	N' <sub>q</sub>	Z <sub>c</sub> [m]	P <sub>p</sub> [kg]	P <sub>l</sub> [kg]	A [kg]	W <sub>p</sub> [kg]
1	119.669	119.669	108.750	108.750	--	50056	5400	0	536
						50056	5400		
2	119.669	119.669	108.750	108.750	--	38721	7396	0	536
						38721	7396		

**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	17,45	4.469
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-4,50; 4,50	17,45	4.585

**Tiranti****Simbologia adottata**

I<sub>t</sub> 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**

L<sub>f</sub> Lunghezza bulbo fondazione necessaria ad assorbire il tiro in esercizio, espressa in [m]. In grassetto la lunghezza usata nel calcolo della resistenza  
 L<sub>t</sub> Lunghezza totale (lunghezza del bulbo di fondazione + tratto inefficace), espressa in [m]. In grassetto la lunghezza massima  
 N Tiro in esercizio sul tirante, espresso in [kg]. In grassetto il tiro massimo in esercizio  
 N<sub>x</sub>/ml, N<sub>y</sub>/ml Componente in direzione X ed Y del tiro a metro lineare, espresso in [kg]  
 R Resistenza di progetto, espresso in [kg]  
 R<sub>x</sub>/ml, R<sub>y</sub>/ml Resistenza in direzione X ed Y a metro lineare, espressa in [kg]

I <sub>t</sub>	S	Ic	L <sub>f</sub>	L <sub>t</sub>	N	N <sub>x</sub> /ml	N <sub>y</sub> /ml	R	R <sub>x</sub> /ml	R <sub>y</sub> /ml
----------------	---	----	----------------	----------------	---	--------------------	--------------------	---	--------------------	--------------------

	[m]		[m]	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]
1 [P]	0,60	1	10,30	13,30	16422	8025	2921	20830	8025	2921
		2	2,20	5,20	964	471	171	20830	471	171
		3	2,20	5,20	954	466	170	20830	466	170
		7	7,50	10,50	11868	5799	2111	24996	5799	2111
		8	6,30	9,30	8783	4292	1562	24996	4292	1562
		9	0,00	3,00	0	0	0	24996	0	0
		10	1,00	4,00	501	245	89	24996	245	89
		11	1,00	4,00	495	242	88	24996	242	88
			<b>12,00</b>	<b>15,00</b>	<b>16422</b>					

## Verifica di resistenza allo sfilamento

### Simbologia adottata

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

It	S [m]	Ic	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	R [kg]	N [kg]	FS
1 [P]	0,60	1	20830	134335	417105	20830	16422	1.268
		2	20830	134335	417105	20830	964	21.604
		3	20830	134335	417105	20830	954	21.830
		7	24996	134335	417105	24996	11868	2.106
		8	24996	134335	417105	24996	8783	2.846
		9	24996	134335	417105	24996	0	100.000
		10	24996	134335	417105	24996	501	49.939
		11	24996	134335	417105	24996	495	50.538

## Verifica delle tensioni massime nell'armatura del tirante

### Simbologia adottata

N <sub>MAX</sub>	Tiro massimo in esercizio sul tirante, espresso in [kg]
A	Area del tirante, espresso in [mq]
σ <sub>f</sub>	Tensione nel tirante (N <sub>MAX</sub> /A), espresso in [kPa]
σ <sub>lim</sub>	Tensione limite dell'acciaio del tirante, espresso in [kPa]

It	S [m]	N <sub>MAX</sub> [kg]	A [mq]	σ <sub>f</sub> [kPa]	σ <sub>lim</sub> [kPa]
1 [P]	0,60	16422	0,000880	183087	400000

## Sollecitazioni

### Elementi calcolati a piastra

#### Simbologia adottata

M <sub>x</sub> , M <sub>y</sub>	Momenti flettenti, espresso in [kgm]
M <sub>xy</sub>	Momento torcente, espresso in [kgm]. Positivo se diretto da monte verso valle
T <sub>x</sub> , T <sub>y</sub>	Tagli, espresso in [kg]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

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

### Piastra paramento

In	M <sub>x</sub> [kgm]	M <sub>y</sub> [kgm]	M <sub>xy</sub> [kgm]	T <sub>x</sub> [kg]	T <sub>y</sub> [kg]	
147	996 (1)	-4740 (1)	-631 (1)	3234 (1)	-1246 (1)	MAX
55	-5210 (1)	-8767 (1)	-1 (1)	-1 (1)	-1969 (1)	MIN
1	513 (1)	1709 (1)	859 (1)	0 (1)	9988 (1)	MAX
7	-3816 (1)	-8855 (1)	618 (1)	80 (1)	-1351 (1)	MIN
3	21 (1)	-2968 (1)	929 (1)	473 (1)	5333 (1)	MAX
150	21 (1)	-2968 (1)	-929 (1)	-473 (1)	5333 (1)	MIN
8	466 (1)	-6346 (1)	480 (1)	7248 (1)	1752 (1)	MAX
155	466 (1)	-6346 (1)	-480 (1)	-7248 (1)	1752 (1)	MIN
153	513 (1)	1709 (1)	-859 (1)	0 (1)	9988 (1)	MAX
152	-25 (1)	-2267 (1)	-384 (1)	2009 (1)	-10029 (1)	MIN

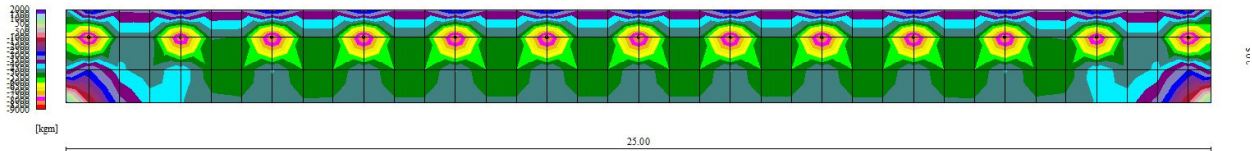


Fig. 33 - Piastra paramento - Momento My (Combinazione n° 1)

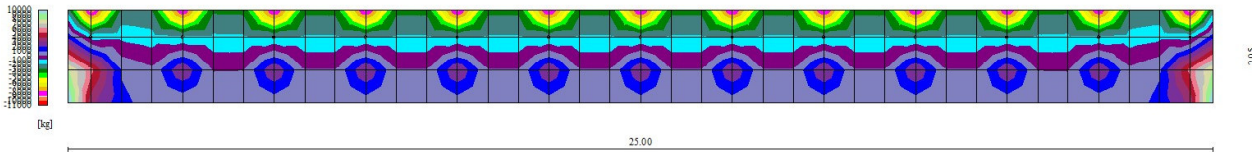


Fig. 34 - Piastra paramento - Taglio Ty (Combinazione n° 1)

*Piastra fondazione*

In	Mx [kgm]	My [kgm]	Mxy [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]	
21	<b>263</b> (2)	221 (2)	10 (2)	517 (2)	1028 (2)	MAX
291	<b>-591</b> (1)	-1969 (1)	1 (1)	0 (1)	-4119 (1)	MIN
297	209 (2)	<b>697</b> (2)	1 (2)	0 (2)	-3281 (2)	MAX
291	-591 (1)	<b>-1969</b> (1)	1 (1)	0 (1)	-4119 (1)	MIN
303	12 (2)	37 (2)	<b>366</b> (2)	-299 (2)	97 (2)	MAX
13	12 (2)	37 (2)	<b>-366</b> (2)	299 (2)	97 (2)	MIN
21	263 (2)	221 (2)	10 (2)	<b>517</b> (2)	1028 (2)	MAX
304	263 (2)	221 (2)	-10 (2)	<b>-517</b> (2)	1028 (2)	MIN
21	263 (2)	221 (2)	10 (2)	517 (2)	<b>1028</b> (2)	MAX
6	-417 (1)	-1391 (1)	11 (1)	0 (1)	<b>-4776</b> (1)	MIN

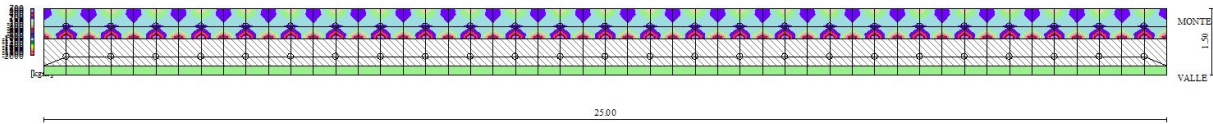


Fig. 35 - Piastra fondazione - Momento  $M_{yMAX}$  (Combinazione n° 2)

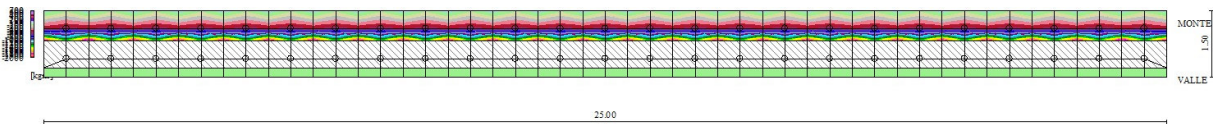


Fig. 36 - Piastra fondazione - Momento  $M_{yMIN}$  (Combinazione n° 1)

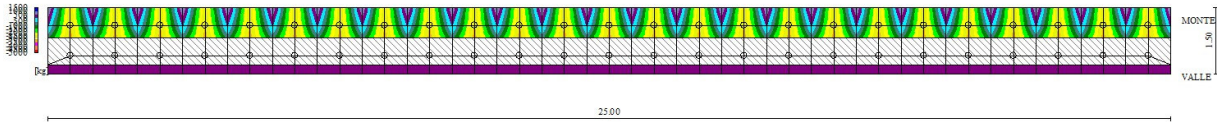


Fig. 37 - Piastra fondazione - Taglio  $T_{yMAX}$  (Combinazione n° 2)

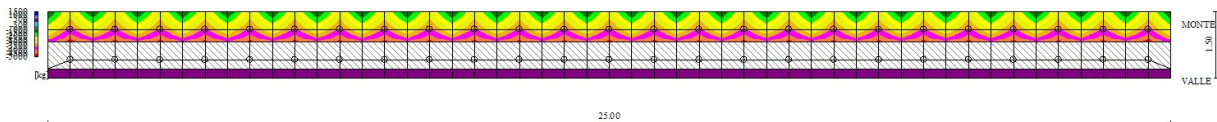


Fig. 38 - Piastra fondazione - Taglio  $T_{yMIN}$  (Combinazione n° 1)

**Sollecitazioni pali**

**Simbologia adottata**

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

**Palo n° 1**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	13454	55415	-447	-3239	-201	-1459
20	1,71	13556	55415	7	63	89	667
31	2,70	13615	55415	43	322	59	435

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
54	4,77	13738	55415	9	66	1	3
101	9,00	12628	50107	0	0	0	0

**Palo n° 2**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	47	1186	-695	-2766	-367	-1459
21	1,80	155	1186	3	12	121	481
32	2,79	214	1152	58	232	83	329
101	9,00	490	800	0	0	0	0

**Palo n° 1**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	8110	55416	-959	-1749	-800	-1459
28	2,43	8255	55416	6	11	107	195
39	3,42	8314	55416	52	94	72	131
54	4,77	8394	55416	26	48	15	27
101	9,00	7804	50111	0	0	0	0

**Palo n° 2**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	-211	-5265	-1245	-1833	-991	-1458
27	2,34	-71	-5240	5	8	145	214
38	3,33	-7	-4965	70	103	98	145
101	9,00	651	-3554	0	0	0	0

**Palo n° 1**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	7530	55417	-903	-1744	-755	-1458
28	2,43	7674	55417	5	10	101	194
39	3,42	7733	55417	49	94	68	131
54	4,77	7814	55417	25	47	14	27
101	9,00	7280	50111	0	0	0	0

**Palo n° 2**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	-207	-5173	-1171	-1829	-934	-1459
27	2,34	-68	-5148	5	7	136	213
38	3,33	-3	-4878	66	103	93	145
101	9,00	658	-3491	0	0	0	0

**Palo n° 1**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	11667	55417	-485	-2572	-275	-1459
22	1,89	11779	55417	3	17	79	418
33	2,88	11838	55417	38	202	53	283
54	4,77	11951	55417	11	57	3	14
101	9,00	11014	50108	0	0	0	0

**Palo n° 2**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	179	4478	-727	-2431	-436	-1459
23	1,98	297	4478	7	25	112	374
34	2,97	356	4307	54	181	74	249
101	9,00	600	3023	0	0	0	0

**Palo n° 1**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	10657	55416	-567	-2226	-372	-1459
24	2,07	10780	55416	4	14	80	314
35	3,06	10839	55416	39	152	54	212
54	4,77	10941	55416	14	53	5	19
101	9,00	10103	50107	0	0	0	0

**Palo n° 2**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
----	----------	-----------	------------	-----------	------------	------------	-------------

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	60	1493	-810	-2215	-533	-1459
24	2,07	183	1493	4	12	114	311
35	3,06	242	1429	55	150	77	211
101	9,00	500	1008	0	0	0	0

**Palo n° 1**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	7318	55417	-864	-1726	-730	-1459
28	2,43	7462	55417	3	6	95	191
39	3,42	7521	55417	46	92	65	130
54	4,77	7602	55417	24	47	14	27
101	9,00	7089	50112	0	0	0	0

**Palo n° 2**

n°	Y [m]	N [kg]	Nr [kg]	T [kg]	Tr [kg]	M [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	180	4488	-1137	-1818	-912	-1458
27	2,34	319	4466	3	5	132	210
38	3,33	376	4232	63	101	90	144
101	9,00	601	3029	0	0	0	0

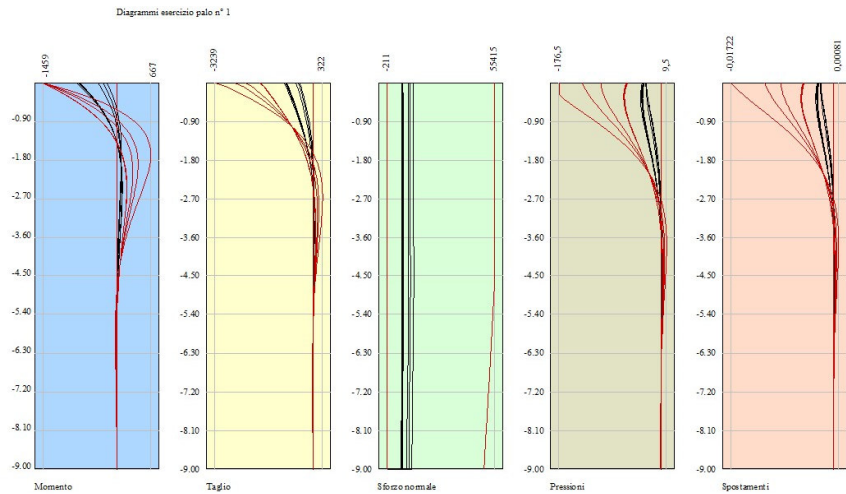


Fig. 39 - Sollecitazioni palo (Palo n° 1) (Inviluppo)

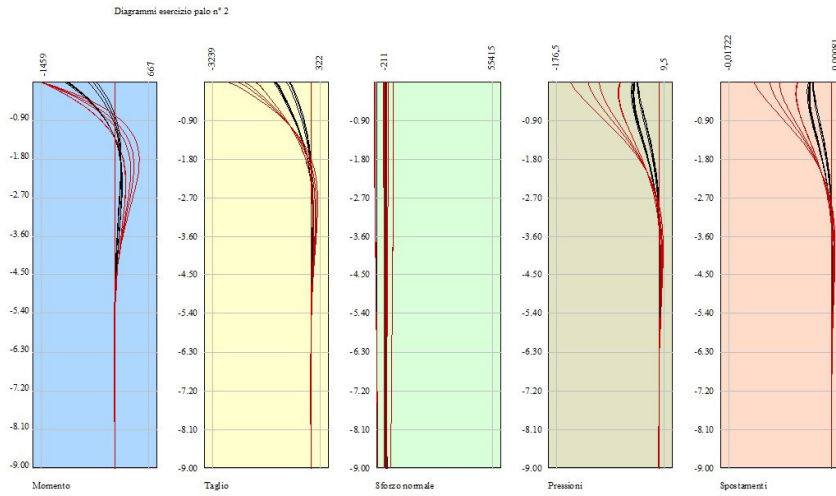


Fig. 40 - Sollecitazioni palo (Palo n° 2) (Inviluppo)

**Verifiche strutturali**

*Verifiche a flessione*

**Elementi calcolati a trave**

**Simbologia adottata**

- n° indice sezione
- B larghezza sezione espresso in [m]
- H altezza sezione espressa in [m]
- Afi area ferri inferiori espresso in [mq]
- Afs area ferri superiori espressa in [mq]
- M momento agente espressa in [kgm]
- N sforzo normale agente espressa in [kg]
- Mrd momento resistente espresso in [kgm]
- Nrd sforzo normale resistente espresso in [kg]
- FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

**Elementi calcolati a piastra**

**Simbologia adottata**

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

**Micropali**

Ip	Is	Ar [mq]	M [kgm]	N [kg]	Mrd [kgm]	Nrd [kg]	FS
1	1	0,002073	800	8110	1415	8110	1.769
2	1	0,002073	991	-211	1460	-211	1.473

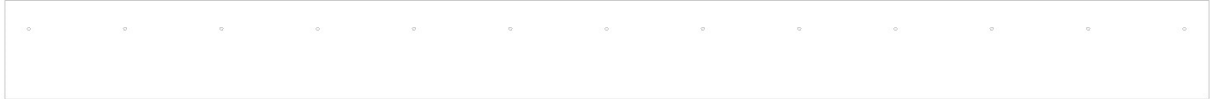


Fig. 41 - Piastra paramento dir. X (Inviluppo)

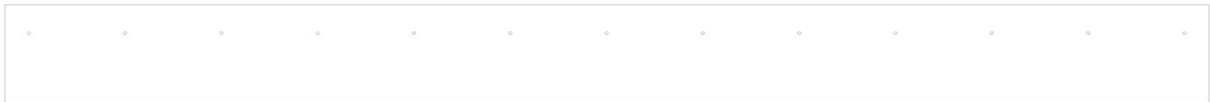


Fig. 42 - Piastra paramento dir. Y (Inviluppo)

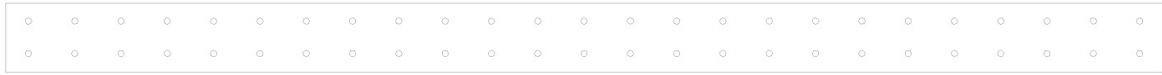


Fig. 43 - Piastra fondazione dir. X (Inviluppo)

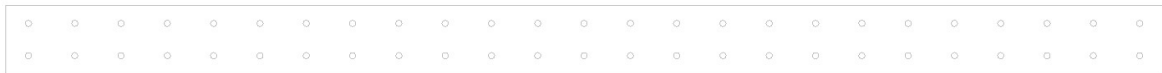


Fig. 44 - Piastra fondazione dir. Y (Inviluppo)

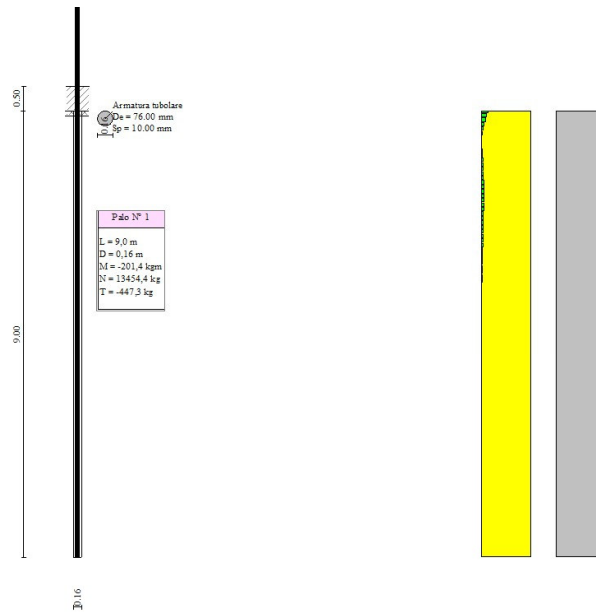


Fig. 45 - Pali (Palo n° 1) (Involuppo)

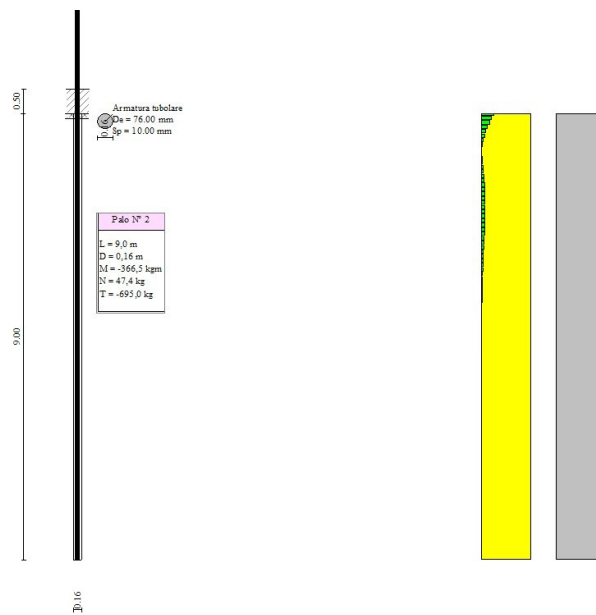


Fig. 46 - Pali (Palo n° 2) (Involuppo)

**Verifiche a taglio**

**Simbologia adottata**

- n° (o Is) indice sezione
- Y ordinata sezione espressa in [m]
- B larghezza sezione espressa in [m]
- H altezza sezione espressa in [m]
- A<sub>sw</sub> area ferri a taglio espressa in [mq]
- cotgθ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
- V<sub>Rcd</sub> resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kg]
- V<sub>Rsd</sub> resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kg]
- V<sub>Rd</sub> resistenza di progetto a taglio espressa in [kg]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A<sub>sw</sub>>0.0) V<sub>Rd</sub>=min(V<sub>Rcd</sub>, V<sub>Rsd</sub>).
- T taglio agente espressa in [kg]
- 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  $2 / \pi$ .

Ip	Is	A <sub>sw</sub> [m]	V <sub>Rd</sub> [kg]	T [kg]	FS
1	1	0,001320	34045	959	35.488
2	1	0,001320	34045	1245	27.340

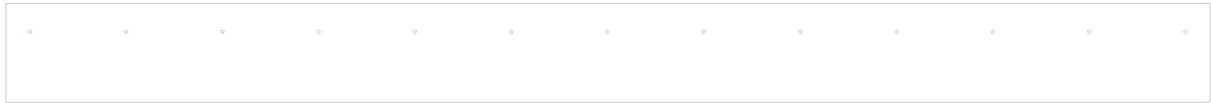


Fig. 47 - Piastra paramento dir. X (Inviluppo)

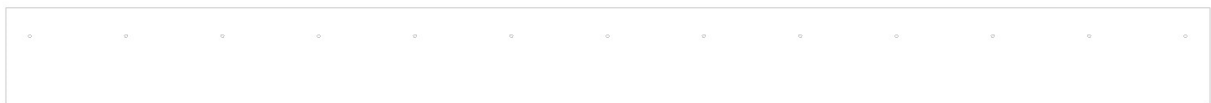


Fig. 48 - Piastra paramento dir. Y (Inviluppo)

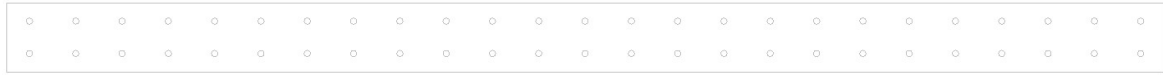


Fig. 49 - Piastra fondazione dir. X (Inviluppo)

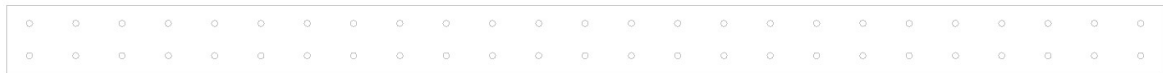


Fig. 50 - Piastra fondazione dir. Y (Inviluppo)

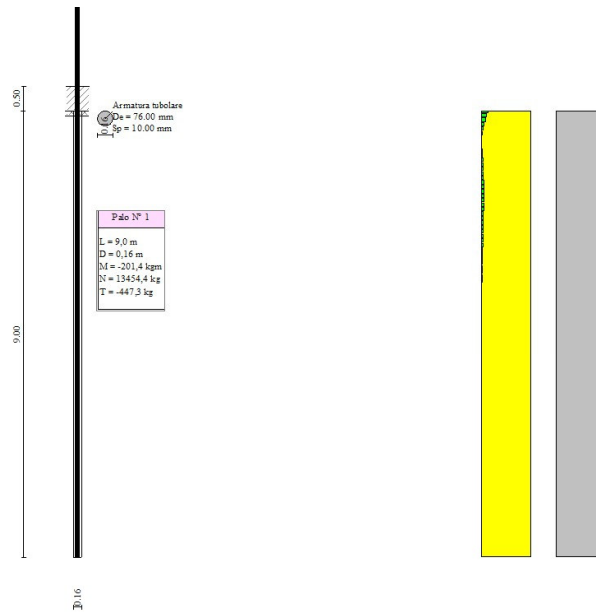


Fig. 51 - Pali (Palo n° 1) (Inviluppo)

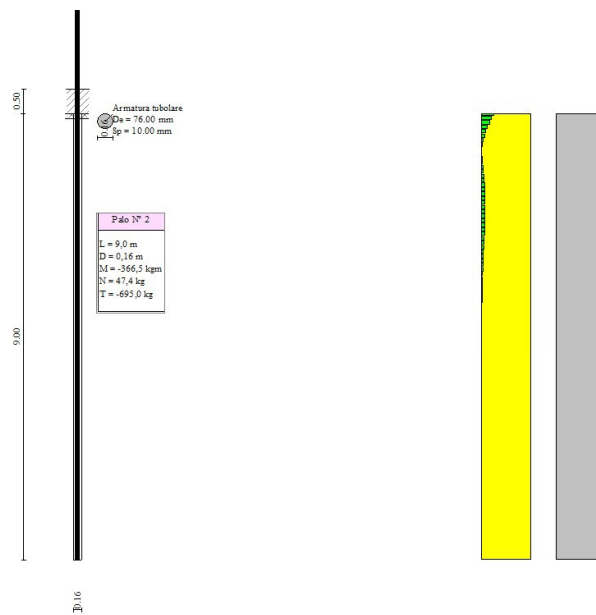


Fig. 52 - Pali (Palo n° 2) (Inviluppo)

## 9. 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.

## 10. 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, GIUGNO 2024

Il progettista  
(Ing. Daniele Sommavilla)