

**PNC - PNRR: Piano Nazionale Complementare al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza nei territori colpiti dal sisma 2009-2016, Sub-misura A4,"Investimenti sulla rete stradale statale"**

**Lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento delle intersezioni - 1° Stralcio lungo la S.S. n. 210 "Fermana Faleriense" - Amandola - Servigliano"**

**PROGETTO DEFINITIVO**

<p>PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Eugenio Moroni Ordine Roma n° 10020</p>	<p>IMPRESA CONCORRENTE A.T.I.:</p> <p>Mandataria:</p>  <p>Mandante:</p> 
<p>IL GEOLOGO Dott.ssa Geol. Maria Bruno Ordine dei Geologi del Lazio al n° 668</p>	<p>RTP DI PROGETTAZIONE:</p> <p>Mandataria:</p>  <p>Structure and Transport Engineering</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Società di Ingegneria</p> <p>Dott. Geol. M. BRUNO</p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE Ing. Francesco M. La Camera Ordine Roma n° 7290</p>	<p>Direttore Tecnico Ing. E. Moroni Ordine Ing. Roma N. 10020</p> <p>Direttore Tecnico Ing. G. Grimaldi Ordine Ing. Roma N. 17703A</p> <p>Ordine Geologi Lazio N. 668</p>

**OPERE D'ARTE MINORI  
OPERE DI SOSTEGNO  
OS01 - Muro di sostegno in Dx  
Relazione di calcolo**

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV.PROG.	ANNO	T03_OS01_STR_RE01_A		
AN266	D	23	CODICE ELAB. T03OS01STRRE01	A	-
D					
C					
B					
A	Prima Emissione		Dicembre 2023	CAPATA	GRIMALDI MORONI
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

## Sommario

PREMESSA .....	3
RIFERIMENTI NORMATIVI .....	5
SOFTWARE UTILIZZATI .....	5
CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	6
CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE E VERIFICHE .....	7
VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)	7
APPROCCIO PROGETTUALE ALLO SLU	8
APPROCCIO PROGETTUALE ALLO SLE	8
COMBINAZIONI DELLE AZIONI	9
RICHIAMI TEORICI – MURI DI SOSTEGNO .....	10
CALCOLO DELLA SPINTA SUL MURO	10
<i>Metodo di Culmann</i> .....	10
<i>Spinta in presenza di falda</i> .....	11
<i>Spinta in presenza di sisma</i> .....	11
ANALISI DEI PALI	13
<i>Capacità portante di punta</i> .....	14
<i>Capacità portante per resistenza laterale</i> .....	15
<i>Portanza trasversale dei pali - Analisi ad elementi finiti</i> .....	16
<i>Determinazione degli scarichi sul palo</i> .....	17
SEZIONI DI CALCOLO .....	18
ANALISI MURO PK 0+848.....	20
DATI	20
CONDIZIONI DI CARICO	24
NORMATIVA	25
DESCRIZIONE COMBINAZIONI DI CARICO	26
DATI SISMICI	33
OPZIONI DI CALCOLO	34
RISULTATI PER COMBINAZIONE	35
<i>Spinta e forze</i> .....	35
<i>Risultanti globali</i> .....	38

<i>Scarichi in testa ai pali</i> .....	38
<i>Verifiche geotecniche</i> .....	38
<i>Cedimenti pali</i> .....	42
<i>Spostamenti</i> .....	43
<i>Sollecitazioni</i> .....	43
<i>Verifiche strutturali</i> .....	54
ANALISI MURO PK 0+868.....	68
DATI	68
CONDIZIONI DI CARICO	72
NORMATIVA	73
DESCRIZIONE COMBINAZIONI DI CARICO	74
DATI SISMICI	81
OPZIONI DI CALCOLO	82
RISULTATI PER COMBINAZIONE	83
<i>Spinta e forze</i> .....	83
<i>Risultanti globali</i> .....	86
<i>Scarichi in testa ai pali</i> .....	86
<i>Verifiche geotecniche</i> .....	86
<i>Cedimenti pali</i> .....	90
<i>Spostamenti</i> .....	91
<i>Sollecitazioni</i> .....	91
<i>Verifiche strutturali</i> .....	102

## PREMESSA

Il presente documento ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche strutturali e geotecniche del muro di sostegno OS01 fondato su pali in c.a., in corrispondenza della spalla SB del Viadotto Castellano, nell'ambito della progettazione definitiva dell'intervento denominato "1° Stralcio dei lavori di adeguamento tecnico funzionale della sezione stradale in T.S. e potenziamento delle intersezioni lungo la S.S. n. 78 Picena" – Amandola-Servigliano (Lotto 3)".

L'opera ha una lunghezza di 39.00 metri ed è fondata su pali Ø800 di lunghezza 8 m tra dalla spalla del viadotto alla pk 0+868 circa. Oltre i pali hanno una lunghezza di 4 metri intestandosi completamente nel substrato di arenaria.

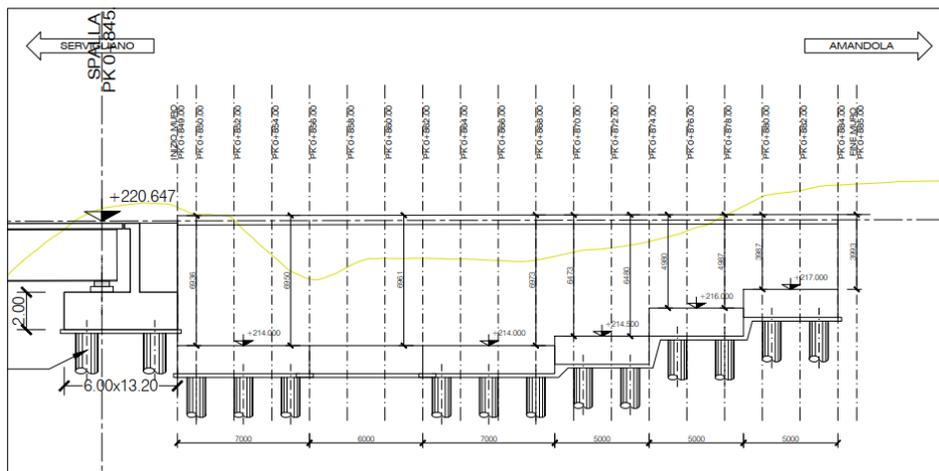


Figura 1: Prospetto Muro OS01 su pali.

I lavori ricompresi nel 1° stralcio fanno parte del quadro delle iniziative inquadrate nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).

L'intervento di progetto prevede l'adeguamento sia con dei tratti in variante e sia in ampliamento al sedime esistente. Il tracciato, che ha uno sviluppo di circa 5,2km, ha inizio dal limite del centro abitato di Servigliano (zona Cimitero) e procede verso sud lungo la valle del torrente Tenna, per terminare alla progressiva 5+219.52 corrispondente al Km 39 circa dell'attuale Sp293.

In corrispondenza del tratto finale è previsto il raccordo con la sede esistente alla Prog. 4+800.

Nel tratto successivo fino alla progressiva 5+219.52 di fine intervento è prevista nell'appalto la sola realizzazione degli scavi di monte del sedime di progetto.

Tale scelta è stata condizionata da limiti nella capienza economica dell'appalto.

I comuni interessati dall'opera, tutti in provincia di Macerata, sono:

- Servigliano
- Santa Vittoria in Mantenano

Il progetto definitivo è stato sviluppato sulla scorta di importanti campagne di indagini di campo geognostiche, sismiche e sulle strutture esistenti, atte a consentire la migliore definizione delle opere da realizzarsi.

Particolare attenzione è stata posta allo studio della cantierizzazione e delle fasi esecutive, stante la necessità di prevedere durante tutta la durata dei lavori l'esercizio della infrastruttura esistente.

Per la redazione del progetto è stato commissionato un rilievo topografico che ha condotto ad una cartografia digitalizzata a tre dimensioni.

## RIFERIMENTI NORMATIVI

- [1].Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».
- [2].Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP. (G.U. n. 35 del 11 febbraio 2019) - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018
- [3].UNI EN 1997-1: Geotechnical design - General rules
- [4].UNI EN 1998-5: Design of structures for earthquake resistance – Foundations, retaining structures and geotechnical aspects

## SOFTWARE UTILIZZATI

I software utilizzati per i calcoli delle opere in esame sono di seguito indicati:

- MAX 16.0 – Aztec Informatica (versione 16.20 A) per l'analisi e le verifiche geotecniche;
- RC-SEC - GeoStru (versione 2022.14.1.1060) per le verifiche strutturali.

## CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si riportano di seguito le caratteristiche meccaniche dell'opera in oggetto.

<b>MURI IN C.A.: CALCESTRUZZO</b>	
<b>CALCESTRUZZO MAGRO</b>	
- Classe di resistenza minima C12/15	
- Tipo di cemento cem : I - V	
- Classe di esposizione ambientale : X0	
- Massima dimensione aggregati : 40 mm	
<b>PALI DI FONDAZIONE</b>	
- Classe di resistenza minima C25/30	
- Tipo di cemento cem : III - V	
- Rapporto A/C : $\leq 0.60$	
- Classe minima di consistenza : S5	
- Classe di esposizione ambientale : XC2	
- Diametro massimo inerti : 32mm	
<b>Copriferro nominale minimo:</b> .....	<b>75 mm</b>
<b>FONDAZIONE MURI</b>	
- Classe di resistenza minima C25/30	
- Tipo di cemento cem : III - V	
- Rapporto A/C : $\leq 0.60$	
- Classe minima di consistenza : S4	
- Classe d'esposizione ambientale : XC2	
- Diametro massimo inerti : 32mm	
<b>Copriferro nominale minimo:</b> .....	<b>45 mm</b>
<b>ELEVAZIONE MURI</b>	
- Classe di resistenza minima C32/40	
- Tipo di cemento cem : III - V	
- Rapporto A/C : $\leq 0.50$	
- Classe di consistenza : S4	
- Classe di esposizione ambientale : XC4+XD1	
- Diametro massimo inerti : 25mm	
<b>Copriferro nominale minimo:</b> .....	<b>45 mm</b>
<b>SPECIFICHE GENERALI</b>	
- Controllo di accettazione per il calcestruzzo (D.M. 17/1/18)	
- Tutte le caratteristiche sopra indicate per il calcestruzzo devono essere riportate nella bolla di consegna.	
- E' vietata qualunque aggiunta d'acqua al calcestruzzo in cantiere	
- Prima di ogni getto avvisare la Direzione Lavori Strutturale	
- Il getto con temperature dell'aria inferiori a 5°C deve essere autorizzato dalla Direzione Lavori Strutturale	
- In fase di stagionatura dei getti impedire il dilavamento superficiale dei getti per pioggia o ruscellamento d'acqua	
- In fase di stagionatura dei getti con temperature dell'aria superiori a 25°C o in presenza di forte irraggiamento solare o di vento, procedere a bagnatura delle superfici già indurite	

## CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE E VERIFICHE

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) sono state effettuate nel rispetto dei criteri delle NTC2018.

In generale, le analisi degli stati limite di esercizio (SLE) sono utilizzate per ottenere informazioni circa gli spostamenti attesi sotto i carichi di esercizio e per verificarne l'ammissibilità nei confronti della funzionalità dell'opera.

Le analisi agli stati limite ultimi (SLU) sono impiegate per le verifiche di resistenza degli elementi strutturali e per le verifiche geotecniche.

### Verifiche nei confronti degli Stati Limite Ultimi (SLU)

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, ovvero:

$$E_d = E \left( \gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right)$$

$$E_d = \gamma_E E \left( F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right)$$

con  $\gamma_E = \gamma_F$ , e dove  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left( \gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right),$$

effetto delle azioni e resistenza sono espressi in funzione delle azioni di progetto  $\gamma_F F_k$ , dei parametri di progetto  $X_k/\gamma_M$  e della geometria di progetto  $a_d$ .

L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come  $E_d = \gamma_E E_k$ . Nella formulazione delle resistenze  $R_d$ , compare esplicitamente un coefficiente  $\gamma_R$  che opera direttamente sulle resistenze del sistema.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito degli approcci previsti dalla normativa.

## Approccio progettuale allo SLU

Le verifiche sono state sviluppate adottando per gli stati limite ultimi (SLU) di tipo strutturale (STR) e geotecnico (GEO):

- A1+M1+R3 (STR);
- A2+M2+R2 (GEO).

I coefficienti parziali per le azioni (A), per i parametri geotecnici del terreno (M) e per le resistenze (R) sono in accordo alla Tab. 6.2. I, 6.2.II di cui alle NTC 2018.

Per quanto riguarda le verifiche dei livelli di vincolo, gli stati limite ultimi si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che li compongono.

## Approccio progettuale allo SLE

Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d,$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'effetto delle azioni e  $C_d$  è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni. In condizioni di esercizio gli spostamenti dell'opera di sostegno dovranno essere compatibili con la funzionalità.

## Combinazioni delle azioni

In accordo alle NTC2018 si sono considerate le combinazioni delle azioni nel seguito descritte in cui si indica con:

- $G$  = Carichi permanenti;
- $Q_k$  = Carichi variabili;
- $E$  = Forza sismica;
- $A$  = Azione eccezionale.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):  
$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:  
$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:  
$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:  
$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica  $E$ :  
$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.5]
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali  $A$ :  
$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.6]

## RICHIAMI TEORICI – MURI DI SOSTEGNO

### Calcolo della spinta sul muro

#### *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  $r$  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:

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

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 Monobe-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  $\varepsilon$  e 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  $q = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$  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,  $q$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

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

Terreno a permeabilità elevata

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

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

$$DS = AS' - S$$

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  $q$ .

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

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

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

$$F_{iH} = k_H W \quad F_{iV} = \pm k_V W$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

## 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  $f$  e la coesione  $c$ . Per pali soggetti a carichi trasversali è necessario conoscere il modulo di reazione laterale o il modulo elastico laterale.

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

$$Q_t = Q_p + Q_l - W_p$$

dove:

-  $Q_t$  portanza totale del palo

- $Q_P$  portanza di base del palo
- $Q_L$  portanza per attrito laterale del palo
- $W_P$  peso proprio del palo

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

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

Palo compresso:

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

Palo teso:

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

### *Capacità portante di punta*

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

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

dove:

- $A_p$  è l'area portante efficace della punta del palo
- $c$  è la coesione
- $q$  è la pressione geostatica alla quota della punta del palo
- $\gamma$  è il peso specifico del terreno
- $D$  è il diametro del palo

$N'_c$   $N'_q$   $N'_g$  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

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

dove:

- $c_a$  è l'adesione palo-terreno
- $\delta$  è l'angolo di attrito palo-terreno
- $g$  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. E' evidente che assumendo un comportamento di questo tipo ci si addentra in un tipico problema non lineare che può essere risolto solo mediante una analisi al passo.

Questa modellazione presenta il notevole vantaggio di poter schematizzare tutti quei comportamenti individuati da Broms e che sarebbe impossibile trattare in un modello numerico. In particolare, risulta automatico analizzare casi in cui si ha insufficiente portanza non per rottura del palo ma per rottura del terreno (vedi il caso di un palo molto rigido in un terreno molle).

### *Determinazione degli scarichi sul palo*

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

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

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

Nota la matrice di rigidezza di ogni palo si assembla la matrice globale (di dimensioni 3x3) 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  $Kh$ ) sono tali che se non è possibile raggiungere l'equilibrio si ha collasso per 'rottura' del terreno.

## SEZIONI DI CALCOLO

Sono state studiate due sezioni rappresentative dell'opera in oggetto. Nello specifico di considera:

- SEZ PK 0+848 (sezione rappresentativa per i pali immersi nelle argille marnose e che terminano intestandosi in ultimo nelle arenarie)
- SEZ PK 0+868 (sezione rappresentativa per i pali approfonditi nelle arenarie)

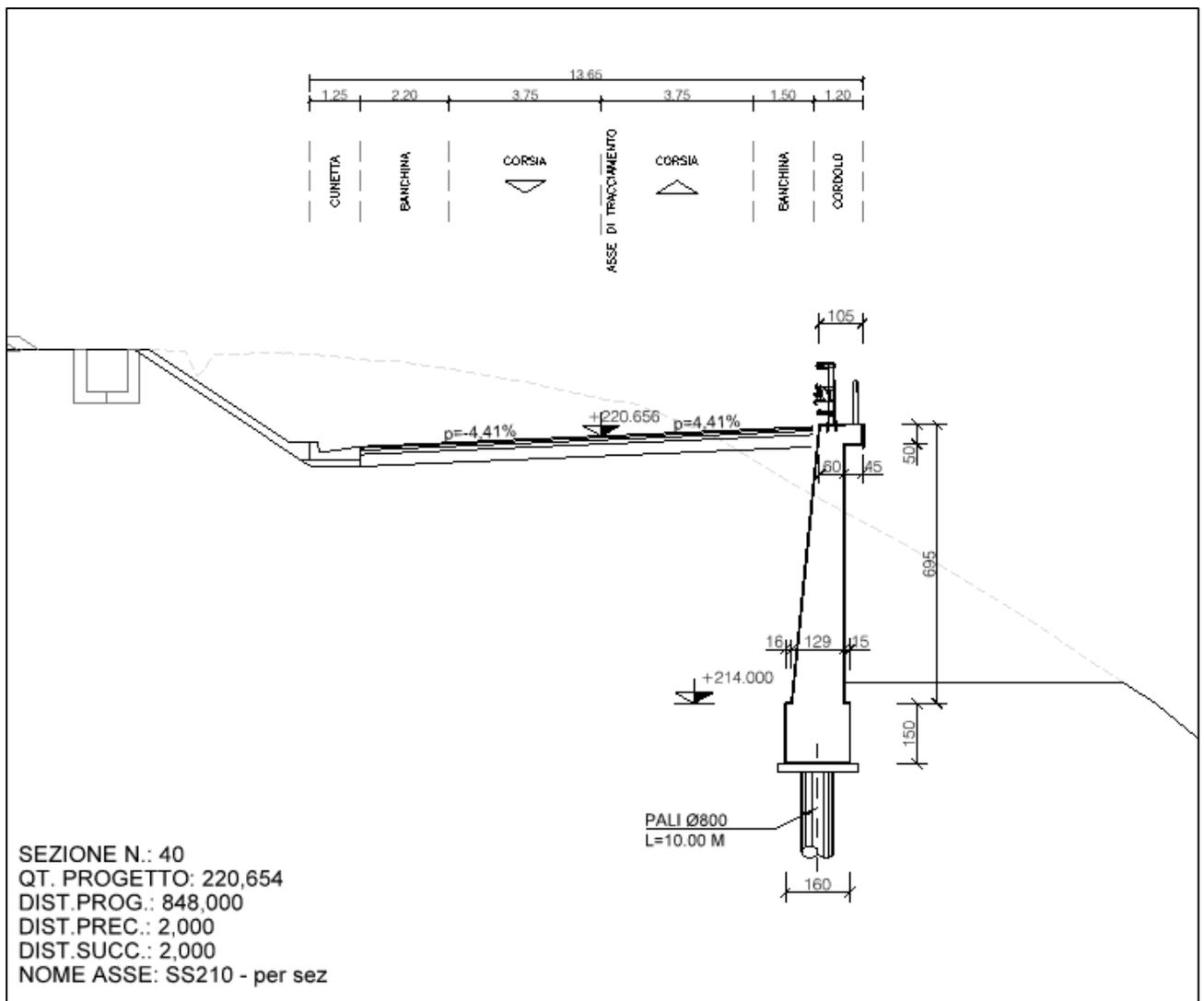


Figura 2: Sezione tipo alla pk 0+848.

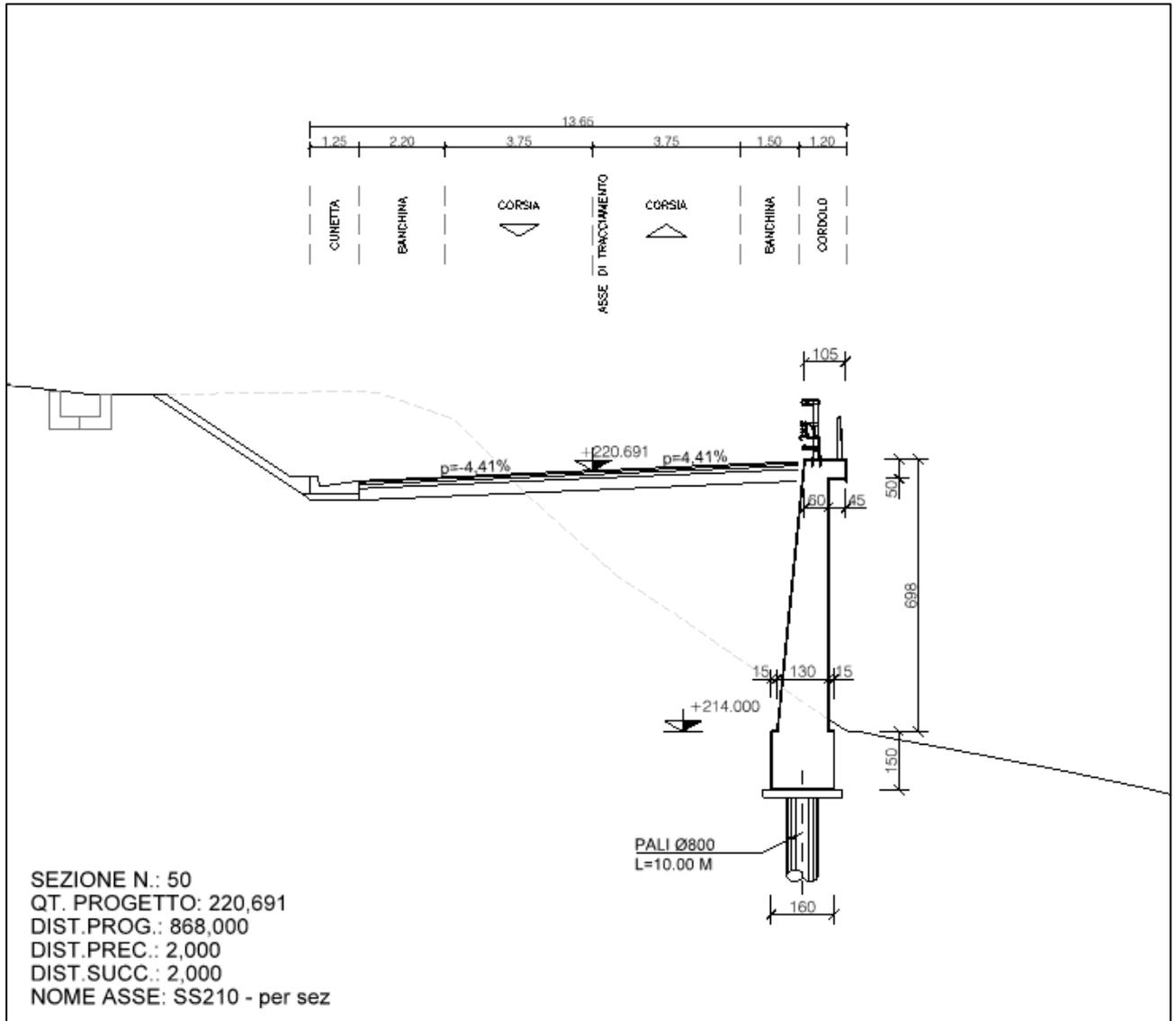


Figura 3: Sezione tipo alla pk 0+868.

Per il dimensionamento del muro è stato impiegato il software di calcolo MAX "Analisi e calcolo muri di sostegno" prodotto dalla AZTEC Informatica. Nella figura che segue si riporta il modello di calcolo.

## ANALISI MURO PK 0+848

### Dati

#### Materiali

##### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<b>Calcestruzzo armato</b>	
C	Classe di resistenza del cls
N / E	Calcestruzzo Nuovo o Esistente
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
f <sub>cm</sub>	Resistenza caratteristica media 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	N / E	C	A	$\gamma$ [kN/mc]	R <sub>ck</sub> / f <sub>cm</sub> [kPa]	E [kPa]	$\nu$	n	ntc
1	C25/30 PALI E FONDAZIONI	N E	C25/30	B450C	24.5170	30000 0	31447048 31447048	0.30	15.00	0.50
4	C32/40	N E	C32/40	B450C	24.5170	40000 0	33642648 33642648	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub> [kPa]	f <sub>uk</sub> [kPa]	f <sub>ym</sub> [kPa]
B450C	450000	540000	450000

#### 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 [kN]

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

#### Geometria profilo terreno a monte del muro

##### Simbologia adottata

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

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

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0.00	0.00	0.000

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
2	13.00	0.00	0.000
3	16.50	1.70	25.907
4	20.00	1.70	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

### Geometria muro

#### *Geometria paramento e fondazione*

Lunghezza muro 1.00 [m]

#### Paramento

Materiale C32/40  
Altezza paramento 6.98 [m]  
Altezza paramento libero 6.98 [m]  
Spessore in sommità 0.60 [m]  
Spessore all'attacco con la fondazione 1.30 [m]  
Inclinazione paramento esterno 0.00 [°]  
Inclinazione paramento interno 5.70 [°]

#### Mensola di marciapiede

Posizione rispetto alla testa del muro 0.00 [m]  
Lunghezza 0.45 [m]  
Spessore all'estremità libera 0.50 [m]  
Spessore all'incastro 0.50 [m]

#### Fondazione

Materiale C25/30 PALI E FONDAZIONI  
Lunghezza mensola di valle 0.15 [m]  
Lunghezza mensola di monte 0.15 [m]  
Lunghezza totale 1.60 [m]  
Inclinazione piano di posa 0.00 [°]  
Spessore 1.50 [m]  
Spessore magrone 0.20 [m]

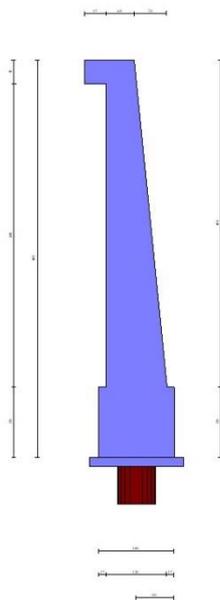


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

### 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	Tipologia palo	0.80	1.00	0.01	1	80.00	8.00	0.00	Centrati

501 pali - Ordinata fila  $y = 0.80$  m  
 $D = 80.00$  cm -  $L = 8.00$  m -  $I = 0.00^\circ$

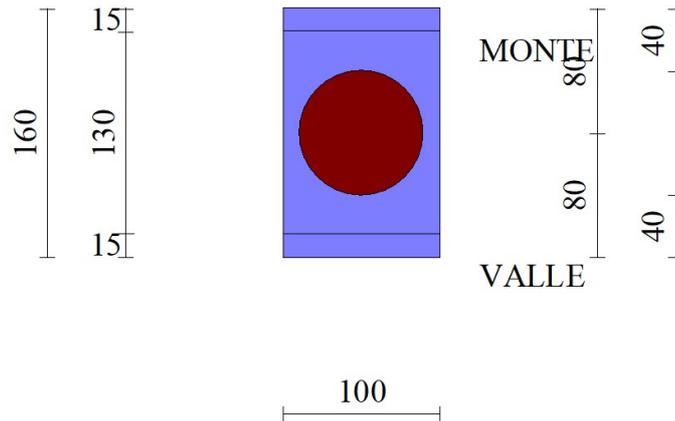


Fig. 2 - Pianta pali

## Descrizione terreni

### Parametri di resistenza

#### Simbologia adottata

$n^\circ$	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma^s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
$c$	Coesione espressa in [kPa]
$c_a$	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
<b>Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix</b>	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
$\tau_l$	Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

$n^\circ$	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma^s$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	$c$ [kPa]	$c_a$ [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]	
1	ALL_GS	19.5000	19.5000	36.000	24.000	0	0	1.000		0 (CAR)
				36.000	24.000	0	0			0 (MIN)
				36.000	24.000	0	0			0 (MED)
2	Riempimento	19.0000	19.0000	35.000	23.330	0	0	1.000		0 (CAR)
				35.000	23.333	0	0			0 (MIN)
				35.000	23.333	0	0			0 (MED)
3	Ar	22.0000	22.0000	38.000	38.000	240	240	1.000		0 (CAR)
				38.000	38.000	240	240			0 (MIN)
				38.000	38.000	240	240			0 (MED)
4	Ma	20.5000	20.5000	0.000	0.000	300	300	1.000		0 (CAR)
				0.000	0.000	300	300			0 (MIN)
				0.000	0.000	300	300			0 (MED)

## Stratigrafia

#### Simbologia adottata

$n^\circ$	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]	α [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kwt [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	6.98	0.000	ALL_GS	0.000	0.000	0.000	3.800	1.000	---	---
2	4.00	0.000	Ma	0.000	0.000	33.747	2.880	1.000	---	---
3	2.00	0.000	Ar	0.000	0.000	91.062	4.200	1.000	---	---
4	1.20	0.000	Ma	0.000	0.000	33.747	2.880	1.000	---	---
5	10.00	0.000	Ar	0.000	0.000	91.062	4.200	1.000	---	---

Terreno di riempimento: Riempimento  
Inclinazione riempimento (rispetto alla verticale): 45.00 [°]

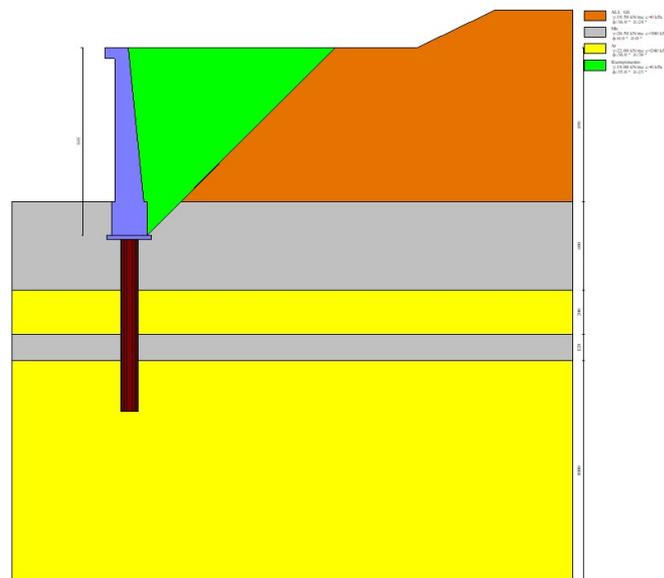


Fig. 3 - Stratigrafia

## Condizioni di carico

### Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]  
Fx Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]  
Fy Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]  
M Momento espresso in [kNm]  
Xi Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]  
Xf Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]  
Qi Intensità del carico per x=xi espressa in [kN]  
Qf Intensità del carico per x=xf espressa in [kN]

### Condizione n° 1 (TRAFFICO STRADALE) - VARIABILE TF

IMPRESA A.T.I.:  
MANDATARIA:

**MONACO** S.p.A.  
Costruzioni generali

MANDANTE:

**IRCOPI**

PROGETTISTA RTP:  
MANDATARIA:

**S.T.E.** s.r.l.  
Structure and Transport Engineering

MANDANTI:

**E.D.IN.** s.r.l.  
Società di Ingegneria

Dott. Geol.  
MARIA BRUNO

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=0.40 - \Psi_1=0.40 - \Psi_2=0.00$

*Carichi sul terreno*

n°	Tipo	X [m]	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN]	Qf [kN]
1	Distribuito					1.65	9.15	20.0000	20.0000

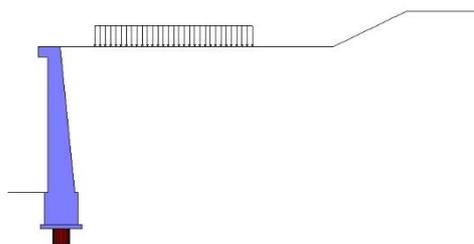


Fig. 4 - Carichi sul terreno

Condizione n° 2 (URTO) - ECCEZIONALE

*Carichi sul muro*

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN]	Qf [kN]
1	Concentrato	Paramento	0.00; 0.00	100.0000	0.0000	100.0000				



Fig. 5 - Carichi sul muro

## 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

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche	
			UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
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 10

$\zeta_3=1.40$   $\zeta_4=1.21$

## 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  $\gamma_Q$ , 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
TRAFFICO STRADALE	1.35	1.00	Sfavorevole

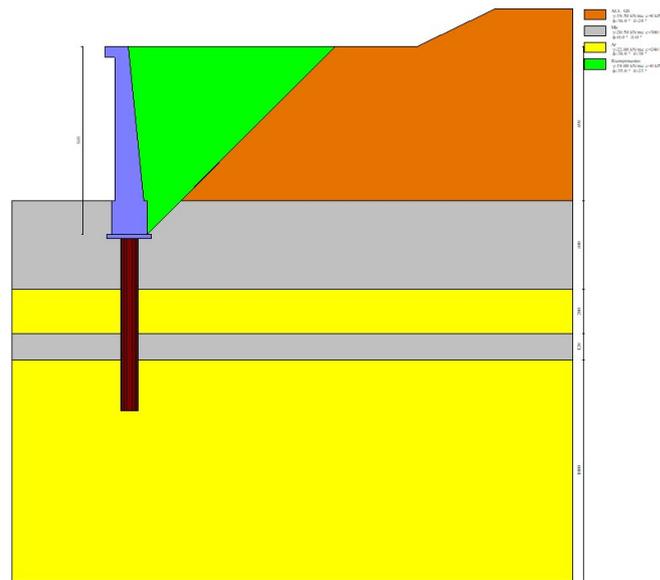


Fig. 6 -

**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

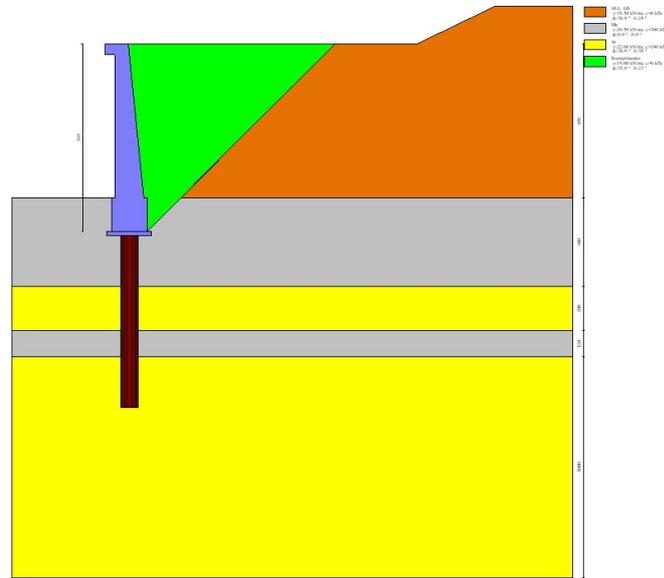


Fig. 7 - (Inviluppo)

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

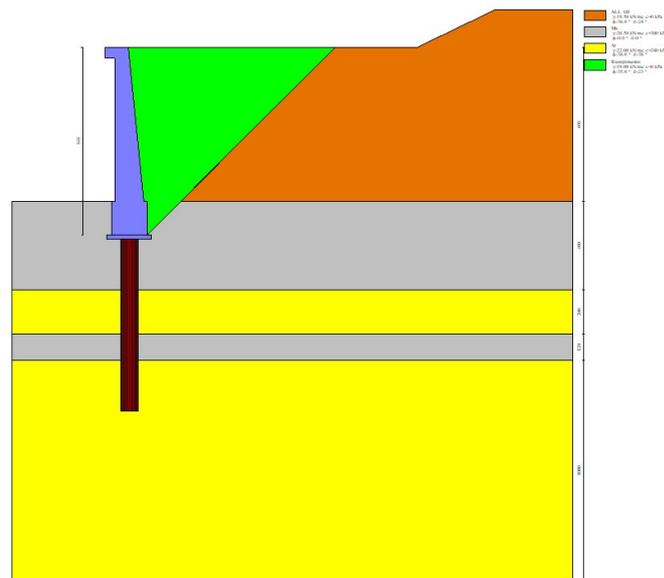


Fig. 8 - (Inviluppo)

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
TRAFFICO STRADALE	1.15	1.00	Sfavorevole

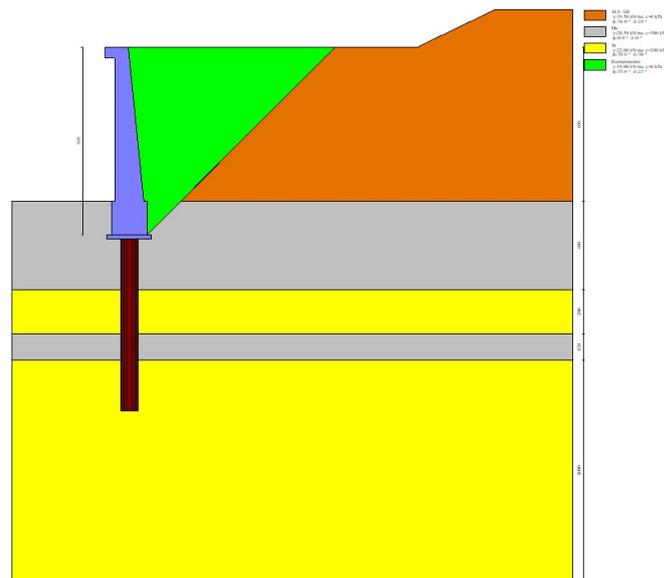


Fig. 9 - (Involuppo)

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

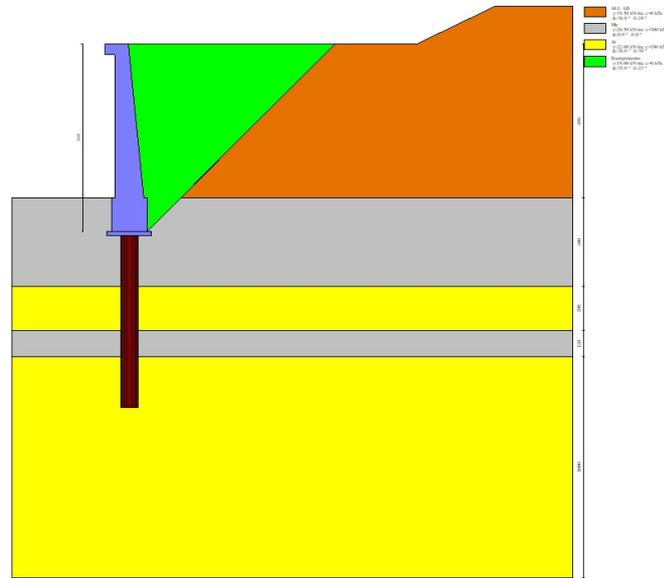


Fig. 10 - (Inviluppo)

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

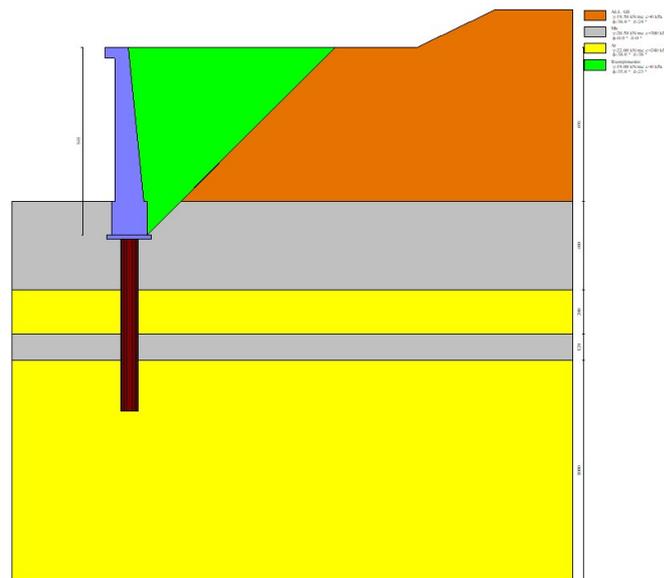


Fig. 11 - (Inviluppo)

Combinazione n° 7 - ECC

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

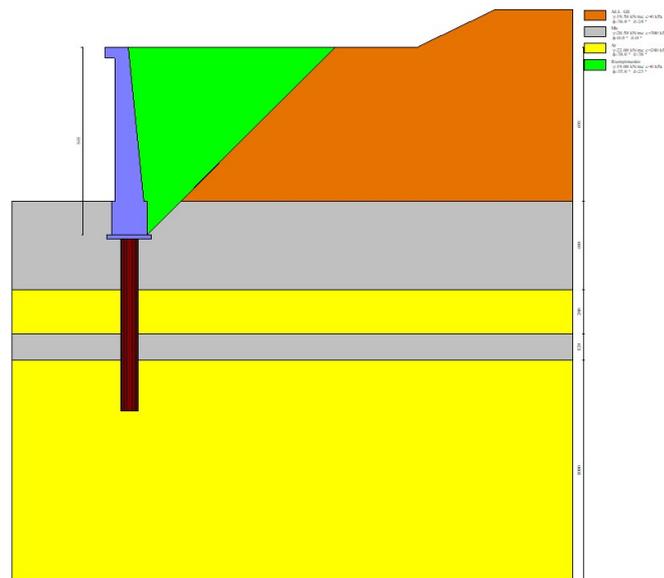


Fig. 12 - (Involuppo)

Combinazione n° 8 - SLER

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

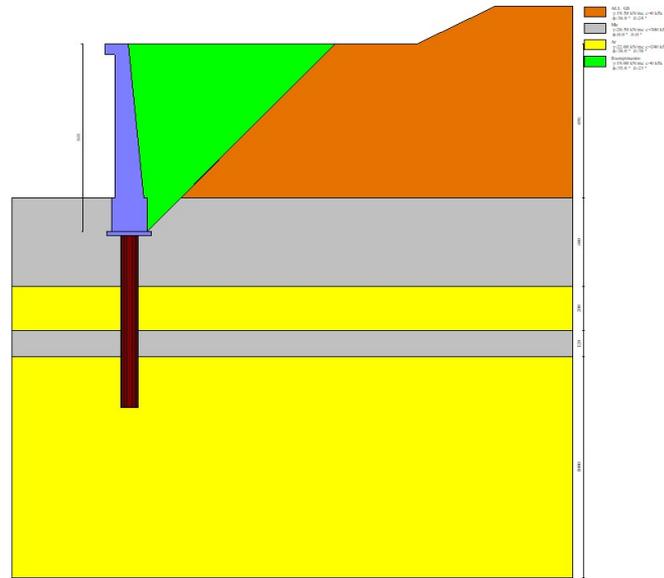


Fig. 13 - (Inviluppo)

Combinazione n° 9 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
TRAFFICO STRADALE	1.00	0.40	Sfavorevole

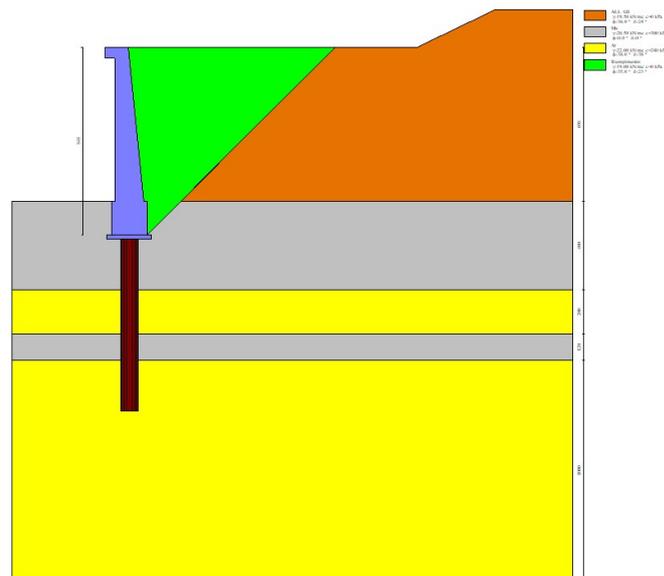


Fig. 14 - (Inviluppo)

Combinazione n° 10 - SLEQ

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

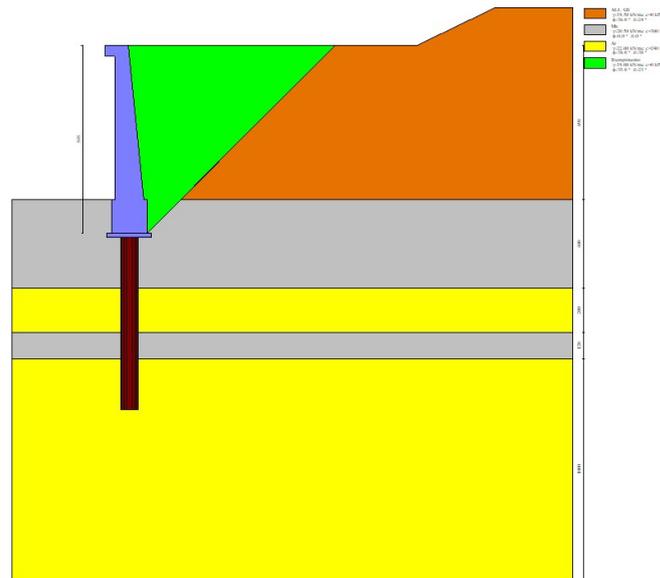


Fig. 15 - (Inviluppo)

## Dati sismici

Comune	Servigliano
Provincia	Ascoli Piceno
Regione	Marche
Latitudine	43.081574
Longitudine	13.493148
Indice punti di interpolazione	23199 - 23421 - 23422 - 23200
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	IV
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	100 anni

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]		2.200	0.930
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]		0.224	0.095
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.478	2.431
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.346	0.314
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.178	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh [%]	kv [%]
Ultimo	0.530	16.799	8.400
Ultimo - Ribaltamento	0.795	25.199	12.599
Esercizio	1.000	13.655	6.827

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

## Opzioni di calcolo

### Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Correzione Incremento Sismico per presenza di falda	NO
Superficie di spinta limitata	NO

### Stabilità globale

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

### Altro

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

### Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	5.00 [cm]

### Opzioni calcolo pali

#### Portanza verticale

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

#### Portanza trasversale

Costante di Winkler: da strato	
Criterio rottura palo-terreno	
- Spostamento limite	Non attivo
- Pressione limite	Brinch-Hansen
- 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]

## Risultati per combinazione

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

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

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	318.33	29.03	278.33	154.48	0.00	-5.75
	Peso/Inerzia muro			0.00	226.53/0.00	-0.08	-4.82
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	66.09/0.00	0.56	-2.68
	Resistenza pali			-372.07			
2	Spinta statica	224.13	29.03	195.97	108.77	0.00	-5.94
	Incremento di spinta sismica		82.26	71.92	39.92	0.00	-5.68
	Peso/Inerzia muro			38.05	226.53/19.03	-0.08	-4.82
	Peso/Inerzia terrapieno			11.10	66.09/5.55	0.56	-2.68
	Resistenza pali			-360.87			
3	Spinta statica	224.13	29.03	195.97	108.77	0.00	-5.94
	Incremento di spinta sismica		54.77	47.89	26.58	0.00	-5.68
	Peso/Inerzia muro			38.05	226.53/-19.03	-0.08	-4.82
	Peso/Inerzia terrapieno			11.10	66.09/-5.55	0.56	-2.68
	Resistenza pali			-360.27			
7	Spinta statica	224.13	29.03	195.97	108.77	0.00	-5.94
	Peso/Inerzia muro			0.00	226.53/0.00	-0.08	-4.82
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	66.09/0.00	0.56	-2.68
	Risultante forze sul muro			100.00	0.00	--	--
	Resistenza pali			-296.66			
8	Spinta statica	255.08	29.03	223.03	123.79	0.00	-5.84
	Peso/Inerzia muro			0.00	226.53/0.00	-0.08	-4.82
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	66.09/0.00	0.56	-2.68
	Resistenza pali			-497.64			
9	Spinta statica	236.38	29.03	206.67	114.71	0.00	-5.90
	Peso/Inerzia muro			0.00	226.53/0.00	-0.08	-4.82
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	66.09/0.00	0.56	-2.68
	Resistenza pali			-506.68			
10	Spinta statica	224.13	29.03	195.97	108.77	0.00	-5.94
	Peso/Inerzia muro			0.00	226.53/0.00	-0.08	-4.82
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	66.09/0.00	0.56	-2.68
	Resistenza pali			-512.58			

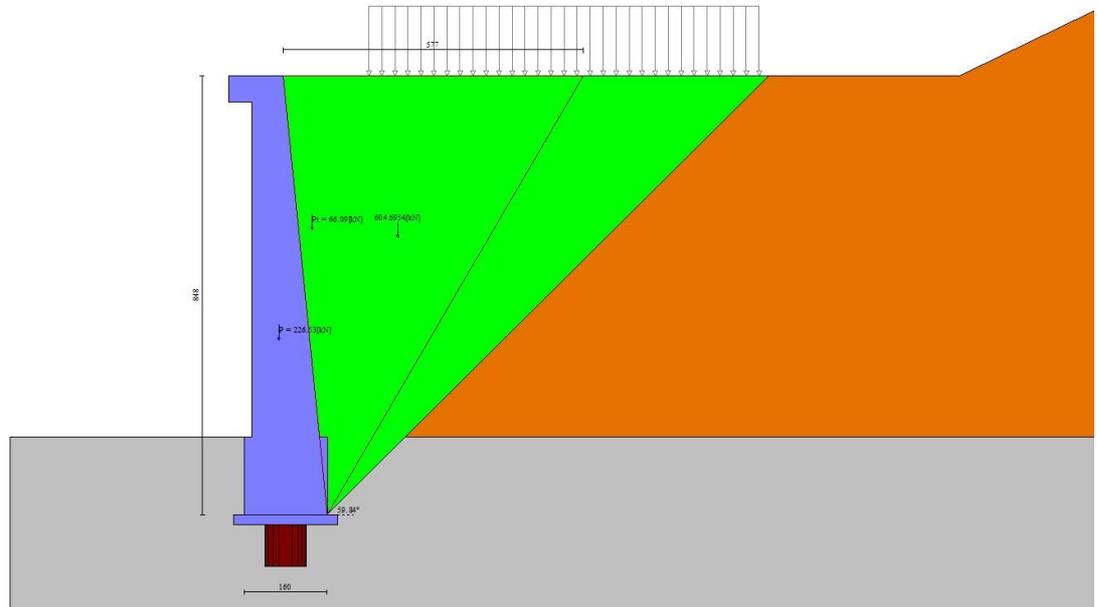


Fig. 16 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

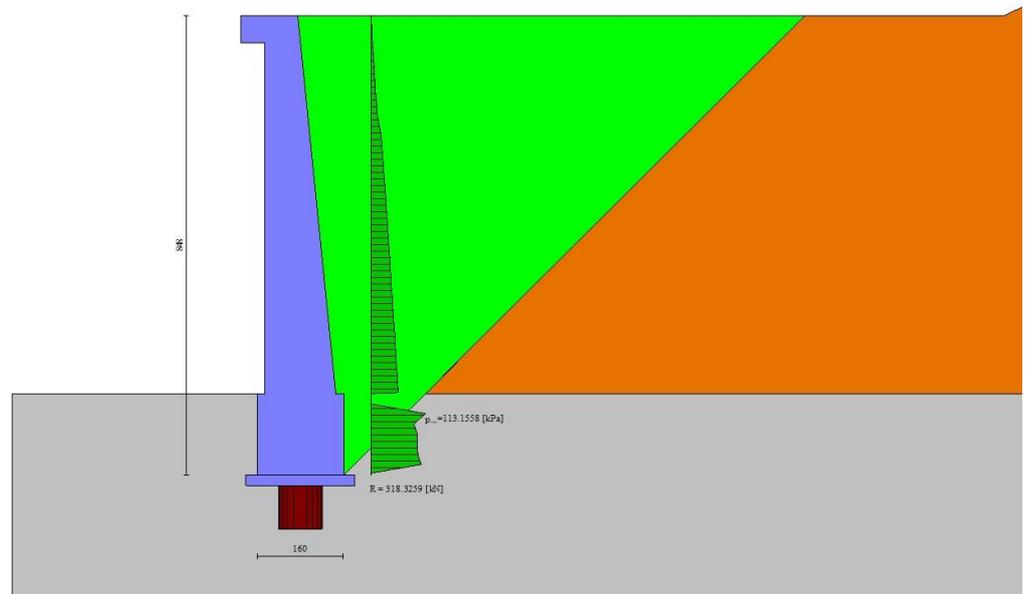


Fig. 17 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

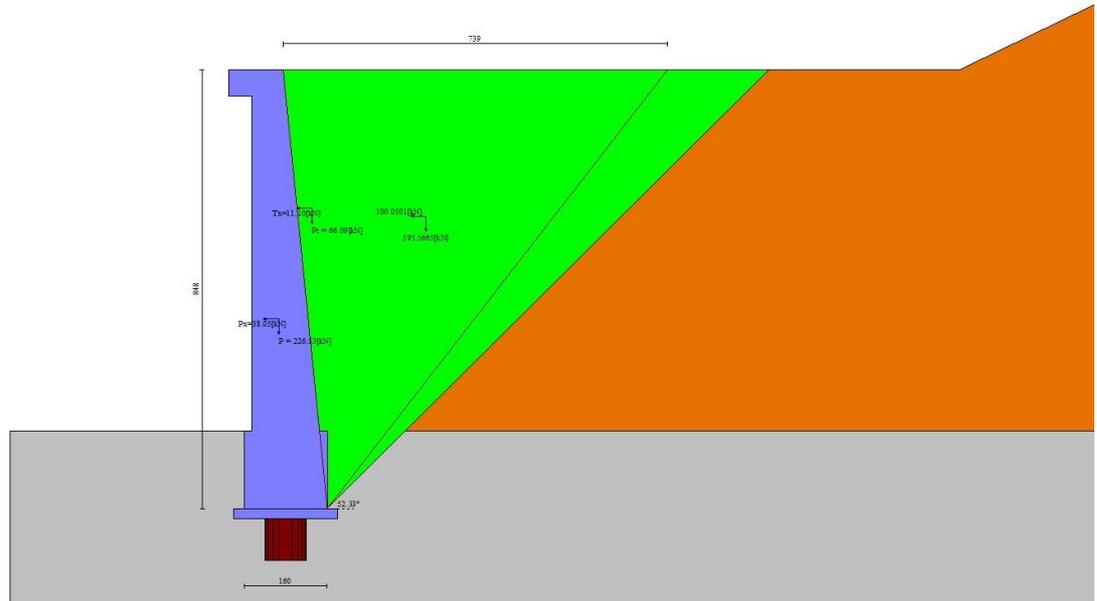


Fig. 18 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

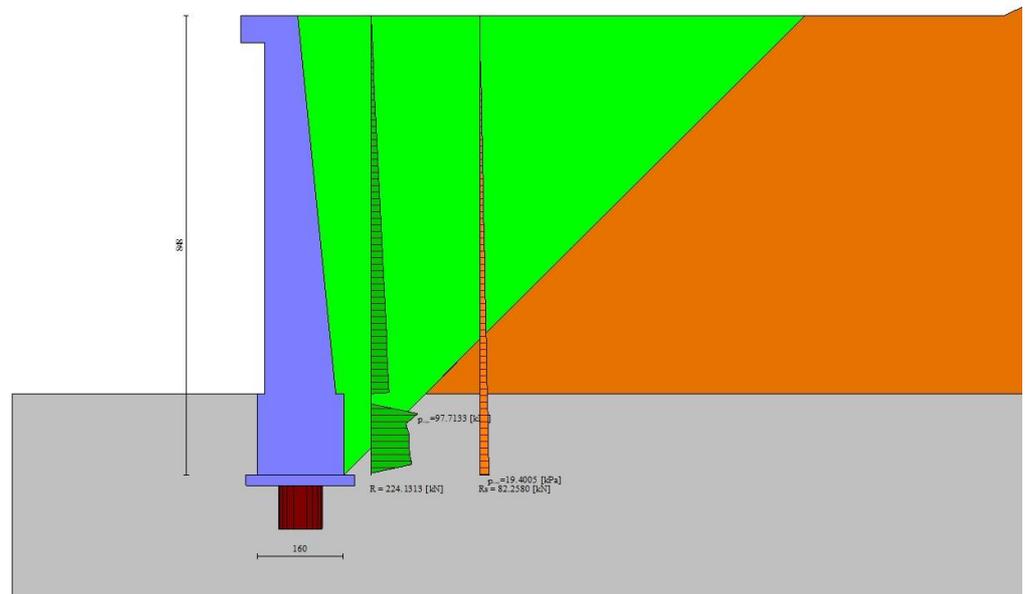


Fig. 19 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

## Risultanti globali

### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
M <sub>r</sub>	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
M <sub>s</sub>	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	M <sub>r</sub> [kNm]	M <sub>s</sub> [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	447.10	278.33	761.11	353.46	1.710
2 - STR (A1-M1-R3)	465.88	317.05	903.13	369.07	1.945
3 - STR (A1-M1-R3)	403.39	293.01	855.82	339.11	2.079
4 - GEO (A2-M2-R2)	416.37	268.59	760.09	330.41	1.830
5 - GEO (A2-M2-R2)	465.88	317.05	903.13	369.07	1.945
6 - GEO (A2-M2-R2)	403.39	293.01	855.82	339.11	2.079
7 - ECC	401.39	295.97	1446.00	18891.34	-42.664
8 - SLER	416.41	223.03	588.76	330.44	1.419
9 - SLEF	407.33	206.67	533.36	323.63	1.313
10 - SLEQ	401.39	195.97	498.00	319.18	1.244

## Scarichi in testa ai pali

### Simbologia adottata

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

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	447.10	763.85	-278.32
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	465.88	905.23	-317.04
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	403.39	838.09	-293.01
7 - ECC	1	401.39	1446.61	-295.97
8 - SLER	1	416.41	590.06	-223.03
9 - SLEF	1	407.33	534.25	-206.67
10 - SLEQ	1	401.39	498.61	-195.97

## 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>UPL</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>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		1.337					
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.138					
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.230					
4 - GEO (A2-M2-R2)					6.458		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				7.711		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				8.410		
7 - ECC		1.002	13.065		9.748		

### Verifiche portanza trasversale (scorrimento)

#### Simbologia adottata

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

Ic	Ip	T [kN]	Td [kN]	FS <sub>o</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)	1	-278.32	372.07	1.337
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	-317.04	360.87	1.138
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	-293.01	360.27	1.230
7 - ECC	1	-295.97	296.66	1.002

### Verifiche portanza verticale

#### Simbologia adottata

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

Ic	Ip	N [kN]	Pd [kN]	FS <sub>v</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)	1	447.10	9728.87	21.760
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	465.88	9728.87	20.883
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	403.39	9728.87	24.118
7 - ECC	1	401.39	12007.63	29.915

### 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 [kN]
A	Attrito negativo, espresso in [kN]
W <sub>p</sub>	Peso palo, espresso in [kN]

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> [kN]	P <sub>l</sub> [kN]	A [kN]	W <sub>p</sub> [kN]
1	41.622	41.622	30.144	30.144	--	7603.84 7603.84	9344.87 9344.87	0.00	98.59

### Verifica a ribaltamento

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
M <sub>s</sub>	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
M <sub>r</sub>	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
7 - ECC	18891.34	1446.00	13.065

### 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)	-0.50; 2.00	10.58	6.458
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	0.00; 4.00	12.52	7.711
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	0.00; 4.50	13.02	8.410
7 - ECC	-0.50; 2.00	10.58	9.748

### Dettagli strisce verifiche stabilità

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
Qy	carico sulla striscia espresso in [kN]
Qf	carico acqua sulla striscia espresso in [kN]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
Tx; Ty	Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	13.00	0.00	0.00	9.90 - 0.64	72.935	30.167	0	0.0	
2	33.86	12.29	0.00	0.64	63.407	30.167	0	0.0	
3	47.64	14.72	0.00	0.64	56.399	30.167	0	0.0	
4	58.29	14.72	0.00	0.64	50.538	30.167	0	0.0	
5	66.97	14.72	0.00	0.64	45.343	30.167	0	0.0	
6	74.23	14.72	0.00	0.64	40.593	30.167	0	0.0	
7	80.36	14.72	0.00	0.64	36.163	30.167	0	0.0	
8	85.59	14.72	0.00	0.64	31.972	30.167	0	0.0	
9	90.20	14.72	0.00	0.64	27.965	0.000	214	0.0	
10	94.10	14.72	0.00	0.64	24.103	0.000	214	0.0	
11	97.33	14.72	0.00	0.64	20.355	0.000	214	0.0	
12	99.93	14.72	0.00	0.64	16.697	0.000	214	0.0	
13	101.69	13.04	0.00	0.64	13.107	0.000	214	0.0	
14	102.76	0.00	0.00	0.64	9.569	0.000	214	0.0	
15	114.34	0.00	0.00	0.64	6.068	0.000	214	0.0	
16	131.64	0.00	0.00	0.64	2.589	0.000	214	0.0	
17	65.82	0.00	0.00	0.64	-0.880	0.000	214	0.0	
18	20.47	0.00	0.00	0.64	-4.352	0.000	214	0.0	
19	19.58	0.00	0.00	0.64	-7.840	0.000	214	0.0	
20	18.16	0.00	0.00	0.64	-11.358	0.000	214	0.0	
21	16.19	0.00	0.00	0.64	-14.920	0.000	214	0.0	
22	13.67	0.00	0.00	0.64	-18.543	0.000	214	0.0	
23	10.54	0.00	0.00	0.64	-22.244	0.000	214	0.0	
24	6.78	0.00	0.00	0.64	-26.047	0.000	214	0.0	
25	2.31	0.00	0.00	-6.10 - 0.64	-29.382	0.000	214	0.0	

Resistenza al taglio pali 909.71 [kN]

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	11.72	0.00	0.00	11.87 - 0.72	66.890	36.000	0	0.0	
2	32.03	0.00	0.00	0.72	59.768	36.000	0	0.0	
3	47.43	0.00	0.00	0.72	53.738	36.000	0	0.0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
4	59.88	0.00	0.00	0.72	48.492	36.000	0	0.0	
5	70.10	0.00	0.00	0.72	43.748	36.000	0	0.0	
6	78.73	0.00	0.00	0.72	39.358	36.000	0	0.0	
7	86.11	0.00	0.00	0.72	35.231	36.000	0	0.0	
8	92.43	0.00	0.00	0.72	31.305	36.000	0	0.0	
9	97.91	0.00	0.00	0.72	27.537	0.000	300	0.0	
10	102.72	0.00	0.00	0.72	23.895	0.000	300	0.0	
11	106.75	0.00	0.00	0.72	20.354	0.000	300	0.0	
12	110.04	0.00	0.00	0.72	16.892	0.000	300	0.0	
13	112.64	0.00	0.00	0.72	13.493	0.000	300	0.0	
14	114.46	0.00	0.00	0.72	10.142	0.000	300	0.0	
15	115.28	0.00	0.00	0.72	6.825	0.000	300	0.0	
16	123.87	0.00	0.00	0.72	3.532	0.000	300	0.0	
17	144.70	0.00	0.00	0.72	0.250	0.000	300	0.0	
18	73.87	0.00	0.00	0.72	-3.031	0.000	300	0.0	
19	21.40	0.00	0.00	0.72	-6.322	0.000	300	0.0	
20	19.92	0.00	0.00	0.72	-9.634	0.000	300	0.0	
21	17.82	0.00	0.00	0.72	-12.979	0.000	300	0.0	
22	15.06	0.00	0.00	0.72	-16.370	0.000	300	0.0	
23	11.62	0.00	0.00	0.72	-19.822	0.000	300	0.0	
24	7.46	0.00	0.00	0.72	-23.350	0.000	300	0.0	
25	2.51	0.00	0.00	-6.03 - 0.72	-26.252	0.000	300	0.0	

Resistenza al taglio pali 909.71 [kN]

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	11.60	0.00	0.00	12.23 - 0.74	65.558	36.000	0	0.0	
2	31.92	0.00	0.00	0.74	58.839	36.000	0	0.0	
3	47.64	0.00	0.00	0.74	53.019	36.000	0	0.0	
4	60.47	0.00	0.00	0.74	47.912	36.000	0	0.0	
5	71.12	0.00	0.00	0.74	43.274	36.000	0	0.0	
6	80.08	0.00	0.00	0.74	38.969	36.000	0	0.0	
7	87.76	0.00	0.00	0.74	34.913	36.000	0	0.0	
8	94.34	0.00	0.00	0.74	31.050	36.000	0	0.0	
9	100.04	0.00	0.00	0.74	27.339	0.000	300	0.0	
10	105.06	0.00	0.00	0.74	23.749	0.000	300	0.0	
11	109.27	0.00	0.00	0.74	20.255	0.000	300	0.0	
12	112.72	0.00	0.00	0.74	16.839	0.000	300	0.0	
13	115.46	0.00	0.00	0.74	13.484	0.000	300	0.0	
14	117.43	0.00	0.00	0.74	10.175	0.000	300	0.0	
15	118.33	0.00	0.00	0.74	6.901	0.000	300	0.0	
16	125.99	0.00	0.00	0.74	3.649	0.000	300	0.0	
17	147.50	0.00	0.00	0.74	0.408	0.000	300	0.0	
18	79.36	0.00	0.00	0.74	-2.831	0.000	300	0.0	
19	22.00	0.00	0.00	0.74	-6.079	0.000	300	0.0	
20	20.49	0.00	0.00	0.74	-9.347	0.000	300	0.0	
21	18.34	0.00	0.00	0.74	-12.646	0.000	300	0.0	
22	15.51	0.00	0.00	0.74	-15.988	0.000	300	0.0	
23	11.97	0.00	0.00	0.74	-19.387	0.000	300	0.0	
24	7.68	0.00	0.00	0.74	-22.859	0.000	300	0.0	
25	2.59	0.00	0.00	-6.16 - 0.74	-25.742	0.000	300	0.0	

Resistenza al taglio pali 909.71 [kN]

Combinazione n° 7 - ECC

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	13.00	0.00	0.00	9.90 - 0.64	72.935	36.000	0	0.0	
2	33.86	0.00	0.00	0.64	63.407	36.000	0	0.0	
3	47.64	0.00	0.00	0.64	56.399	36.000	0	0.0	
4	58.29	0.00	0.00	0.64	50.538	36.000	0	0.0	
5	66.97	0.00	0.00	0.64	45.343	36.000	0	0.0	
6	74.23	0.00	0.00	0.64	40.593	36.000	0	0.0	
7	80.36	0.00	0.00	0.64	36.163	36.000	0	0.0	
8	85.59	0.00	0.00	0.64	31.972	36.000	0	0.0	
9	90.20	0.00	0.00	0.64	27.965	0.000	300	0.0	
10	94.10	0.00	0.00	0.64	24.103	0.000	300	0.0	
11	97.33	0.00	0.00	0.64	20.355	0.000	300	0.0	
12	99.93	0.00	0.00	0.64	16.697	0.000	300	0.0	
13	101.69	0.00	0.00	0.64	13.107	0.000	300	0.0	
14	102.76	0.00	0.00	0.64	9.569	0.000	300	0.0	
15	114.34	0.00	0.00	0.64	6.068	0.000	300	0.0	
16	131.64	0.00	0.00	0.64	2.589	0.000	300	0.0	
17	65.82	0.00	0.00	0.64	-0.880	0.000	300	0.0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
18	20.47	0.00	0.00	0.64	-4.352	0.000	300	0.0	
19	19.58	0.00	0.00	0.64	-7.840	0.000	300	0.0	
20	18.16	0.00	0.00	0.64	-11.358	0.000	300	0.0	
21	16.19	0.00	0.00	0.64	-14.920	0.000	300	0.0	
22	13.67	0.00	0.00	0.64	-18.543	0.000	300	0.0	
23	10.54	0.00	0.00	0.64	-22.244	0.000	300	0.0	
24	6.78	0.00	0.00	0.64	-26.047	0.000	300	0.0	
25	2.31	0.00	0.00	-6.10 - 0.64	-29.382	0.000	300	0.0	

Resistenza al taglio pali 909.71 [kN]

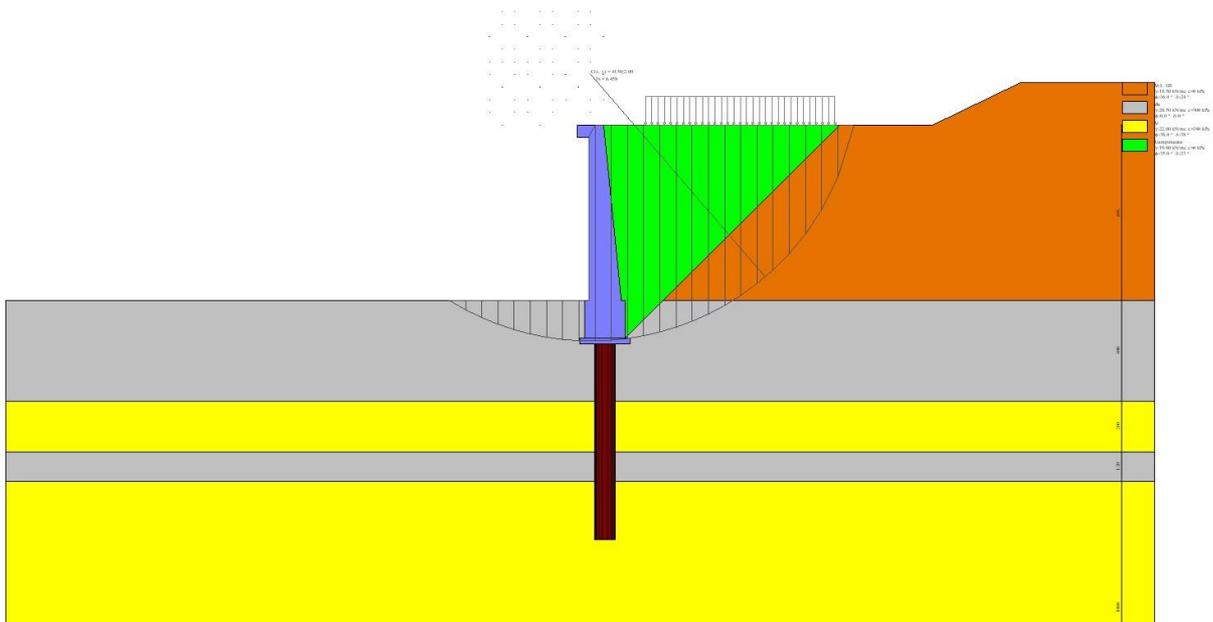


Fig. 20 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

### Cedimenti pali

#### Simbologia adottata

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

Ic	Ip	w [cm]
8	1	0.0263
9	1	0.0257
10	1	0.0253

## Spostamenti

### Simbologia adottata

Cmb Tipo combinazione

#### Modello a blocchi

X Spostamento in direzione X (positivo verso monte), espresso in [cm]  
Y Spostamento in direzione Y (positivo verso l'alto), espresso in [cm]  
Phi Rotazione (positiva antioraria), espresso in [°]

### Spostamenti ottenuti con il modello a blocchi

Cmb	X [cm]	Y [cm]	Phi [°]
1 - STR (A1-M1-R3)	-1.39653	-0.06571	0.16643
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	-1.71268	-0.07512	0.20295
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	-1.54644	-0.06690	0.18397
7 - ECC	-2.66914	-0.09646	0.31568
8 - SLER	-1.04059	-0.05436	0.12469
9 - SLEF	-0.94021	-0.05109	0.11270
10 - SLEQ	-0.87974	-0.04907	0.10542

## Sollecitazioni

### Elementi calcolati a trave

#### Simbologia adottata

n° Indice della sezione

X Posizione della sezione, espresso in [m]

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

T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle

M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

### Elementi calcolati a piastra

#### Simbologia adottata

Mx, My Momenti flettenti, espresso in [kNm]

Mxy Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle

Tx, Ty Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

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

## Paramento

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	5.52	0.00	1.24
2	-0.10	7.01	0.03	1.24
3	-0.20	8.57	0.12	1.24
4	-0.30	10.18	0.28	1.25
5	-0.40	11.85	0.49	1.28
6	-0.50	13.58	0.77	1.32
7	-0.60	15.37	1.11	1.40
8	-0.70	17.22	1.51	1.50
9	-0.80	19.12	1.97	1.64
10	-0.90	21.08	2.49	1.82
11	-1.00	23.11	3.07	2.05
12	-1.10	25.19	3.72	2.34
13	-1.20	27.32	4.42	2.68
14	-1.30	29.52	5.19	3.10
15	-1.40	31.78	6.02	3.58
16	-1.50	34.09	6.91	4.14
17	-1.60	36.46	7.86	4.78
18	-1.70	38.89	8.87	5.52
19	-1.79	41.38	9.94	6.34

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
20	-1.89	43.95	11.13	7.26
21	-1.99	46.64	12.47	8.27
22	-2.09	49.44	13.98	9.39
23	-2.19	52.38	15.68	10.63
24	-2.29	55.41	17.52	12.01
25	-2.39	58.53	19.46	13.56
26	-2.49	61.71	21.49	15.28
27	-2.59	64.97	23.59	17.20
28	-2.69	68.28	25.76	19.30
29	-2.79	71.67	28.00	21.61
30	-2.89	75.11	30.32	24.13
31	-2.99	78.62	32.70	26.86
32	-3.09	82.19	35.15	29.81
33	-3.19	85.82	37.67	32.99
34	-3.29	89.51	40.26	36.41
35	-3.39	93.27	42.91	40.06
36	-3.49	97.08	45.63	43.97
37	-3.59	100.96	48.42	48.12
38	-3.69	104.90	51.27	52.54
39	-3.79	108.90	54.19	57.22
40	-3.89	112.95	57.17	62.18
41	-3.99	117.07	60.21	67.41
42	-4.09	121.25	63.32	72.93
43	-4.19	125.49	66.50	78.74
44	-4.29	129.79	69.73	84.84
45	-4.39	134.14	73.04	91.25
46	-4.49	138.56	76.40	97.96
47	-4.59	143.04	79.83	104.99
48	-4.69	147.57	83.32	112.34
49	-4.79	152.17	86.88	120.01
50	-4.89	156.82	90.49	128.02
51	-4.99	161.54	94.18	136.37
52	-5.09	166.31	97.92	145.05
53	-5.19	171.14	101.73	154.09
54	-5.28	176.04	105.59	163.49
55	-5.38	180.99	109.53	173.24
56	-5.48	186.00	113.52	183.37
57	-5.58	191.06	117.58	193.86
58	-5.68	196.19	121.69	204.74
59	-5.78	201.38	125.87	216.00
60	-5.88	206.62	130.12	227.65
61	-5.98	211.93	134.42	239.70
62	-6.08	217.29	138.79	252.15
63	-6.18	222.71	143.22	265.01
64	-6.28	228.19	147.71	278.28
65	-6.38	233.73	152.26	291.97
66	-6.48	239.33	156.88	306.09
67	-6.58	244.98	161.56	320.64
68	-6.68	250.70	166.30	335.62
69	-6.78	256.47	171.10	351.05
70	-6.88	262.30	175.96	366.93
71	-6.98	268.20	180.88	383.26

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	5.98	0.00	1.35
2	-0.10	7.60	0.28	1.36
3	-0.20	9.29	0.64	1.40
4	-0.30	11.05	1.08	1.47
5	-0.40	12.87	1.59	1.59
6	-0.50	14.75	2.17	1.75
7	-0.60	16.70	2.83	1.97
8	-0.70	18.72	3.56	2.25
9	-0.80	20.80	4.37	2.61
10	-0.90	22.95	5.25	3.04
11	-1.00	25.17	6.21	3.55
12	-1.10	27.45	7.25	4.16
13	-1.20	29.79	8.35	4.86
14	-1.30	32.20	9.54	5.66
15	-1.40	34.68	10.80	6.58
16	-1.50	37.22	12.13	7.62
17	-1.60	39.83	13.54	8.79
18	-1.70	42.50	15.02	10.08
19	-1.79	45.24	16.58	11.52
20	-1.89	48.05	18.21	13.10
21	-1.99	50.92	19.92	14.84
22	-2.09	53.86	21.70	16.74
23	-2.19	56.86	23.56	18.81

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
24	-2.29	59.93	25.49	21.05
25	-2.39	63.06	27.50	23.47
26	-2.49	66.26	29.58	26.09
27	-2.59	69.53	31.73	28.89
28	-2.69	72.86	33.97	31.91
29	-2.79	76.25	36.27	35.13
30	-2.89	79.71	38.66	38.57
31	-2.99	83.24	41.11	42.23
32	-3.09	86.84	43.64	46.13
33	-3.19	90.50	46.25	50.26
34	-3.29	94.22	48.93	54.64
35	-3.39	98.01	51.69	59.27
36	-3.49	101.87	54.52	64.16
37	-3.59	105.79	57.43	69.31
38	-3.69	109.78	60.41	74.74
39	-3.79	113.83	63.46	80.45
40	-3.89	117.95	66.59	86.45
41	-3.99	122.13	69.80	92.74
42	-4.09	126.39	73.08	99.33
43	-4.19	130.70	76.44	106.23
44	-4.29	135.08	79.87	113.45
45	-4.39	139.53	83.37	120.98
46	-4.49	144.04	86.95	128.85
47	-4.59	148.62	90.61	137.06
48	-4.69	153.27	94.34	145.60
49	-4.79	157.98	98.15	154.50
50	-4.89	162.75	102.03	163.76
51	-4.99	167.60	105.98	173.38
52	-5.09	172.50	110.01	183.37
53	-5.19	177.48	114.12	193.74
54	-5.28	182.52	118.30	204.49
55	-5.38	187.62	122.55	215.64
56	-5.48	192.79	126.88	227.19
57	-5.58	198.03	131.29	239.14
58	-5.68	203.33	135.77	251.51
59	-5.78	208.69	140.32	264.30
60	-5.88	214.13	144.95	277.51
61	-5.98	219.63	149.66	291.16
62	-6.08	225.19	154.44	305.25
63	-6.18	230.82	159.29	319.79
64	-6.28	236.52	164.22	334.79
65	-6.38	242.28	169.22	350.25
66	-6.48	248.10	174.30	366.18
67	-6.58	254.00	179.46	382.58
68	-6.68	259.96	184.69	399.47
69	-6.78	265.98	189.99	416.85
70	-6.88	272.07	195.37	434.73
71	-6.98	278.23	200.82	453.11

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	5.52	0.00	1.24
2	-0.10	6.89	0.28	1.25
3	-0.20	8.32	0.63	1.29
4	-0.30	9.81	1.05	1.36
5	-0.40	11.35	1.53	1.47
6	-0.50	12.96	2.08	1.63
7	-0.60	14.62	2.70	1.84
8	-0.70	16.33	3.39	2.11
9	-0.80	18.11	4.14	2.44
10	-0.90	19.94	4.96	2.85
11	-1.00	21.83	5.85	3.33
12	-1.10	23.78	6.81	3.90
13	-1.20	25.79	7.83	4.56
14	-1.30	27.85	8.93	5.31
15	-1.40	29.97	10.09	6.17
16	-1.50	32.15	11.32	7.13
17	-1.60	34.39	12.61	8.21
18	-1.70	36.68	13.97	9.42
19	-1.79	39.03	15.41	10.75
20	-1.89	41.44	16.90	12.22
21	-1.99	43.91	18.47	13.82
22	-2.09	46.43	20.11	15.58
23	-2.19	49.02	21.81	17.49
24	-2.29	51.65	23.58	19.56
25	-2.39	54.35	25.42	21.79
26	-2.49	57.11	27.32	24.20
27	-2.59	59.92	29.29	26.79

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
28	-2.69	62.79	31.33	29.56
29	-2.79	65.72	33.44	32.52
30	-2.89	68.70	35.62	35.69
31	-2.99	71.74	37.86	39.05
32	-3.09	74.84	40.17	42.63
33	-3.19	78.00	42.55	46.43
34	-3.29	81.22	45.00	50.44
35	-3.39	84.49	47.51	54.69
36	-3.49	87.82	50.10	59.17
37	-3.59	91.21	52.75	63.90
38	-3.69	94.66	55.46	68.87
39	-3.79	98.16	58.25	74.10
40	-3.89	101.72	61.10	79.60
41	-3.99	105.34	64.02	85.35
42	-4.09	109.01	67.01	91.39
43	-4.19	112.75	70.07	97.70
44	-4.29	116.54	73.19	104.30
45	-4.39	120.39	76.38	111.19
46	-4.49	124.30	79.64	118.39
47	-4.59	128.26	82.97	125.88
48	-4.69	132.28	86.36	133.69
49	-4.79	136.36	89.83	141.82
50	-4.89	140.50	93.36	150.28
51	-4.99	144.69	96.95	159.06
52	-5.09	148.94	100.62	168.18
53	-5.19	153.25	104.35	177.65
54	-5.28	157.62	108.15	187.46
55	-5.38	162.05	112.02	197.64
56	-5.48	166.53	115.96	208.17
57	-5.58	171.07	119.96	219.08
58	-5.68	175.67	124.03	230.36
59	-5.78	180.32	128.17	242.02
60	-5.88	185.04	132.38	254.07
61	-5.98	189.81	136.66	266.51
62	-6.08	194.63	141.00	279.35
63	-6.18	199.52	145.41	292.61
64	-6.28	204.46	149.89	306.27
65	-6.38	209.46	154.43	320.36
66	-6.48	214.52	159.05	334.87
67	-6.58	219.64	163.73	349.81
68	-6.68	224.81	168.48	365.19
69	-6.78	230.04	173.29	381.02
70	-6.88	235.33	178.18	397.30
71	-6.98	240.68	183.13	414.03

Combinazione n° 7 - ECC

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	5.52	100.00	101.24
2	-0.10	7.01	100.02	111.21
3	-0.20	8.55	100.10	121.19
4	-0.30	10.15	100.21	131.17
5	-0.40	11.79	100.38	141.17
6	-0.50	13.48	100.59	151.18
7	-0.60	15.23	100.85	161.22
8	-0.70	17.02	101.16	171.28
9	-0.80	18.87	101.51	181.37
10	-0.90	20.77	101.91	191.50
11	-1.00	22.71	102.36	201.67
12	-1.10	24.71	102.86	211.88
13	-1.20	26.76	103.40	222.14
14	-1.30	28.86	103.99	232.45
15	-1.40	31.00	104.63	242.82
16	-1.50	33.20	105.31	253.25
17	-1.60	35.45	106.04	263.74
18	-1.70	37.75	106.82	274.31
19	-1.79	40.11	107.65	284.95
20	-1.89	42.51	108.52	295.67
21	-1.99	44.96	109.44	306.48
22	-2.09	47.46	110.41	317.37
23	-2.19	50.01	111.42	328.35
24	-2.29	52.62	112.49	339.44
25	-2.39	55.27	113.60	350.62
26	-2.49	57.98	114.75	361.91
27	-2.59	60.73	115.96	373.31
28	-2.69	63.54	117.21	384.82
29	-2.79	66.39	118.50	396.46
30	-2.89	69.30	119.85	408.22
31	-2.99	72.26	121.24	420.10

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
32	-3.09	75.27	122.68	432.12
33	-3.19	78.33	124.17	444.28
34	-3.29	81.43	125.70	456.57
35	-3.39	84.59	127.28	469.01
36	-3.49	87.80	128.91	481.61
37	-3.59	91.06	130.59	494.35
38	-3.69	94.37	132.31	507.26
39	-3.79	97.74	134.08	520.33
40	-3.89	101.15	135.90	533.57
41	-3.99	104.61	137.76	546.98
42	-4.09	108.12	139.67	560.57
43	-4.19	111.69	141.63	574.34
44	-4.29	115.30	143.64	588.29
45	-4.39	118.97	145.69	602.44
46	-4.49	122.68	147.79	616.77
47	-4.59	126.45	149.94	631.31
48	-4.69	130.26	152.13	646.06
49	-4.79	134.13	154.37	661.01
50	-4.89	138.05	156.66	676.17
51	-4.99	142.02	159.00	691.55
52	-5.09	146.03	161.38	707.15
53	-5.19	150.10	163.81	722.97
54	-5.28	154.22	166.29	739.03
55	-5.38	158.39	168.82	755.32
56	-5.48	162.61	171.39	771.85
57	-5.58	166.88	174.01	788.62
58	-5.68	171.21	176.67	805.64
59	-5.78	175.58	179.39	822.92
60	-5.88	180.00	182.15	840.45
61	-5.98	184.47	184.96	858.24
62	-6.08	189.00	187.81	876.30
63	-6.18	193.57	190.72	894.62
64	-6.28	198.20	193.67	913.23
65	-6.38	202.87	196.66	932.11
66	-6.48	207.60	199.71	951.27
67	-6.58	212.37	202.80	970.72
68	-6.68	217.20	205.94	990.46
69	-6.78	222.08	209.12	1010.51
70	-6.88	227.00	212.36	1030.85
71	-6.98	231.98	215.64	1051.49

Combinazione n° 8 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	5.52	0.00	1.24
2	-0.10	7.01	0.02	1.24
3	-0.20	8.55	0.10	1.25
4	-0.30	10.15	0.21	1.26
5	-0.40	11.79	0.38	1.28
6	-0.50	13.48	0.59	1.33
7	-0.60	15.23	0.85	1.39
8	-0.70	17.02	1.16	1.48
9	-0.80	18.87	1.51	1.60
10	-0.90	20.77	1.91	1.76
11	-1.00	22.71	2.36	1.95
12	-1.10	24.71	2.86	2.19
13	-1.20	26.76	3.40	2.48
14	-1.30	28.86	3.99	2.82
15	-1.40	31.00	4.63	3.22
16	-1.50	33.20	5.31	3.68
17	-1.60	35.45	6.04	4.20
18	-1.70	37.75	6.82	4.80
19	-1.79	40.11	7.65	5.47
20	-1.89	42.53	8.55	6.21
21	-1.99	45.03	9.57	7.03
22	-2.09	47.63	10.72	7.93
23	-2.19	50.34	12.01	8.92
24	-2.29	53.13	13.41	10.03
25	-2.39	55.99	14.88	11.26
26	-2.49	58.91	16.43	12.64
27	-2.59	61.88	18.03	14.15
28	-2.69	64.91	19.68	15.82
29	-2.79	68.00	21.40	17.64
30	-2.89	71.14	23.16	19.62
31	-2.99	74.33	24.98	21.78
32	-3.09	77.58	26.85	24.10
33	-3.19	80.88	28.77	26.60
34	-3.29	84.23	30.75	29.28
35	-3.39	87.64	32.77	32.14

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
36	-3.49	91.10	34.85	35.20
37	-3.59	94.61	36.97	38.45
38	-3.69	98.17	39.15	41.91
39	-3.79	101.79	41.38	45.57
40	-3.89	105.45	43.65	49.44
41	-3.99	109.17	45.98	53.53
42	-4.09	112.94	48.35	57.83
43	-4.19	116.76	50.78	62.36
44	-4.29	120.64	53.25	67.12
45	-4.39	124.56	55.77	72.12
46	-4.49	128.54	58.35	77.35
47	-4.59	132.57	60.97	82.83
48	-4.69	136.65	63.63	88.55
49	-4.79	140.78	66.35	94.52
50	-4.89	144.96	69.12	100.76
51	-4.99	149.19	71.93	107.25
52	-5.09	153.48	74.79	114.01
53	-5.19	157.81	77.70	121.04
54	-5.28	162.20	80.66	128.34
55	-5.38	166.63	83.66	135.93
56	-5.48	171.12	86.72	143.80
57	-5.58	175.66	89.82	151.95
58	-5.68	180.25	92.97	160.41
59	-5.78	184.89	96.17	169.15
60	-5.88	189.58	99.41	178.20
61	-5.98	194.32	102.71	187.56
62	-6.08	199.12	106.05	197.23
63	-6.18	203.96	109.44	207.21
64	-6.28	208.86	112.87	217.51
65	-6.38	213.80	116.36	228.14
66	-6.48	218.80	119.89	239.10
67	-6.58	223.84	123.47	250.39
68	-6.68	228.94	127.09	262.02
69	-6.78	234.09	130.77	273.99
70	-6.88	239.29	134.49	286.31
71	-6.98	244.54	138.26	298.98

Combinazione n° 9 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	5.52	0.00	1.24
2	-0.10	7.01	0.02	1.24
3	-0.20	8.55	0.10	1.25
4	-0.30	10.15	0.21	1.26
5	-0.40	11.79	0.38	1.28
6	-0.50	13.48	0.59	1.33
7	-0.60	15.23	0.85	1.39
8	-0.70	17.02	1.16	1.48
9	-0.80	18.87	1.51	1.60
10	-0.90	20.77	1.91	1.76
11	-1.00	22.71	2.36	1.95
12	-1.10	24.71	2.86	2.19
13	-1.20	26.76	3.40	2.48
14	-1.30	28.86	3.99	2.82
15	-1.40	31.00	4.63	3.22
16	-1.50	33.20	5.31	3.68
17	-1.60	35.45	6.04	4.20
18	-1.70	37.75	6.82	4.80
19	-1.79	40.11	7.65	5.47
20	-1.89	42.51	8.52	6.22
21	-1.99	44.96	9.44	7.05
22	-2.09	47.47	10.42	7.97
23	-2.19	50.04	11.47	8.98
24	-2.29	52.68	12.60	10.08
25	-2.39	55.40	13.82	11.28
26	-2.49	58.18	15.12	12.59
27	-2.59	61.03	16.49	14.03
28	-2.69	63.93	17.91	15.59
29	-2.79	66.88	19.39	17.29
30	-2.89	69.89	20.91	19.12
31	-2.99	72.95	22.48	21.10
32	-3.09	76.06	24.11	23.23
33	-3.19	79.22	25.78	25.52
34	-3.29	82.43	27.50	27.96
35	-3.39	85.69	29.26	30.57
36	-3.49	89.01	31.08	33.34
37	-3.59	92.37	32.94	36.28
38	-3.69	95.79	34.85	39.41
39	-3.79	99.25	36.81	42.71

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
40	-3.89	102.77	38.82	46.20
41	-3.99	106.34	40.87	49.88
42	-4.09	109.96	42.98	53.75
43	-4.19	113.63	45.13	57.83
44	-4.29	117.35	47.33	62.10
45	-4.39	121.12	49.57	66.59
46	-4.49	124.94	51.87	71.29
47	-4.59	128.82	54.21	76.20
48	-4.69	132.74	56.60	81.34
49	-4.79	136.72	59.03	86.70
50	-4.89	140.74	61.51	92.29
51	-4.99	144.82	64.05	98.12
52	-5.09	148.94	66.62	104.19
53	-5.19	153.12	69.25	110.50
54	-5.28	157.35	71.92	117.06
55	-5.38	161.63	74.64	123.88
56	-5.48	165.96	77.41	130.95
57	-5.58	170.34	80.23	138.28
58	-5.68	174.77	83.09	145.88
59	-5.78	179.25	86.00	153.75
60	-5.88	183.78	88.96	161.89
61	-5.98	188.36	91.96	170.32
62	-6.08	192.99	95.01	179.03
63	-6.18	197.68	98.11	188.02
64	-6.28	202.41	101.26	197.31
65	-6.38	207.20	104.45	206.90
66	-6.48	212.03	107.70	216.79
67	-6.58	216.92	110.98	226.99
68	-6.68	221.85	114.32	237.49
69	-6.78	226.84	117.70	248.32
70	-6.88	231.88	121.13	259.46
71	-6.98	236.96	124.61	270.92

Combinazione n° 10 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	5.52	0.00	1.24
2	-0.10	7.01	0.02	1.24
3	-0.20	8.55	0.10	1.25
4	-0.30	10.15	0.21	1.26
5	-0.40	11.79	0.38	1.28
6	-0.50	13.48	0.59	1.33
7	-0.60	15.23	0.85	1.39
8	-0.70	17.02	1.16	1.48
9	-0.80	18.87	1.51	1.60
10	-0.90	20.77	1.91	1.76
11	-1.00	22.71	2.36	1.95
12	-1.10	24.71	2.86	2.19
13	-1.20	26.76	3.40	2.48
14	-1.30	28.86	3.99	2.82
15	-1.40	31.00	4.63	3.22
16	-1.50	33.20	5.31	3.68
17	-1.60	35.45	6.04	4.20
18	-1.70	37.75	6.82	4.80
19	-1.79	40.11	7.65	5.47
20	-1.89	42.51	8.52	6.22
21	-1.99	44.96	9.44	7.05
22	-2.09	47.46	10.41	7.97
23	-2.19	50.01	11.42	8.98
24	-2.29	52.62	12.49	10.09
25	-2.39	55.27	13.60	11.31
26	-2.49	57.98	14.75	12.62
27	-2.59	60.73	15.96	14.05
28	-2.69	63.54	17.21	15.60
29	-2.79	66.39	18.50	17.26
30	-2.89	69.30	19.85	19.04
31	-2.99	72.26	21.24	20.96
32	-3.09	75.27	22.68	23.01
33	-3.19	78.33	24.17	25.19
34	-3.29	81.43	25.70	27.51
35	-3.39	84.59	27.28	29.99
36	-3.49	87.80	28.91	32.61
37	-3.59	91.06	30.59	35.38
38	-3.69	94.37	32.31	38.32
39	-3.79	97.74	34.08	41.42
40	-3.89	101.15	35.90	44.68
41	-3.99	104.61	37.76	48.12
42	-4.09	108.12	39.67	51.74
43	-4.19	111.69	41.63	55.54

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
44	-4.29	115.30	43.64	59.52
45	-4.39	118.97	45.69	63.69
46	-4.49	122.68	47.79	68.06
47	-4.59	126.45	49.94	72.63
48	-4.69	130.26	52.13	77.40
49	-4.79	134.13	54.37	82.38
50	-4.89	138.05	56.66	87.57
51	-4.99	142.02	59.00	92.98
52	-5.09	146.03	61.38	98.60
53	-5.19	150.10	63.81	104.46
54	-5.28	154.22	66.29	110.54
55	-5.38	158.39	68.82	116.86
56	-5.48	162.61	71.39	123.42
57	-5.58	166.88	74.01	130.22
58	-5.68	171.21	76.67	137.27
59	-5.78	175.58	79.39	144.58
60	-5.88	180.00	82.15	152.13
61	-5.98	184.47	84.96	159.95
62	-6.08	189.00	87.81	168.04
63	-6.18	193.57	90.72	176.40
64	-6.28	198.20	93.67	185.03
65	-6.38	202.87	96.66	193.93
66	-6.48	207.60	99.71	203.13
67	-6.58	212.37	102.80	212.61
68	-6.68	217.20	105.94	222.38
69	-6.78	222.08	109.12	232.45
70	-6.88	227.00	112.36	242.82
71	-6.98	231.98	115.64	253.49

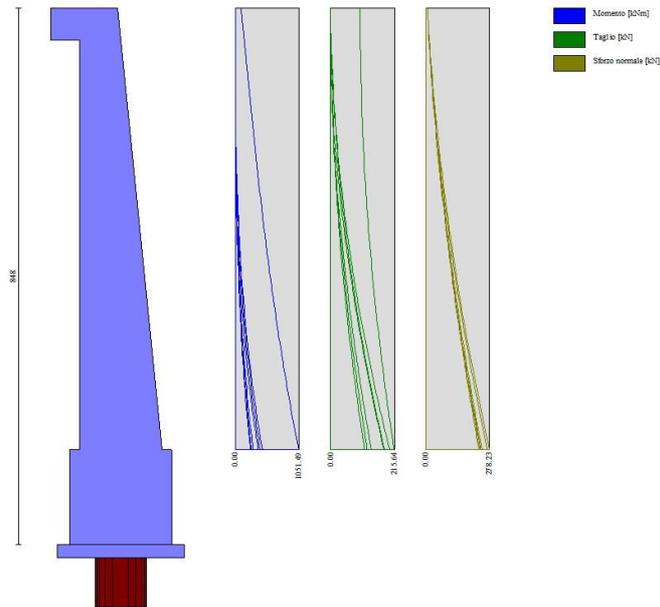


Fig. 21 - Paramento (Inviluppo)

### Mensola valle

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.05	0.00	0.00	0.00
2	-0.96	0.00	1.10	0.05
3	-0.87	0.00	2.21	0.20
4	-0.78	0.00	3.31	0.45

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
5	-0.69	0.00	4.41	0.79
6	-0.60	0.00	5.52	1.24

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.05	0.00	0.00	0.00
2	-0.96	0.00	1.20	0.05
3	-0.87	0.00	2.39	0.22
4	-0.78	0.00	3.59	0.48
5	-0.69	0.00	4.78	0.86
6	-0.60	0.00	5.98	1.35

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.05	0.00	0.00	0.00
2	-0.96	0.00	1.10	0.05
3	-0.87	0.00	2.21	0.20
4	-0.78	0.00	3.31	0.45
5	-0.69	0.00	4.41	0.79
6	-0.60	0.00	5.52	1.24

Combinazione n° 7 - ECC

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.05	0.00	0.00	0.00
2	-0.96	0.00	1.10	0.05
3	-0.87	0.00	2.21	0.20
4	-0.78	0.00	3.31	0.45
5	-0.69	0.00	4.41	0.79
6	-0.60	0.00	5.52	1.24

Combinazione n° 8 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.05	0.00	0.00	0.00
2	-0.96	0.00	1.10	0.05
3	-0.87	0.00	2.21	0.20
4	-0.78	0.00	3.31	0.45
5	-0.69	0.00	4.41	0.79
6	-0.60	0.00	5.52	1.24

Combinazione n° 9 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.05	0.00	0.00	0.00
2	-0.96	0.00	1.10	0.05
3	-0.87	0.00	2.21	0.20
4	-0.78	0.00	3.31	0.45
5	-0.69	0.00	4.41	0.79
6	-0.60	0.00	5.52	1.24

Combinazione n° 10 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.05	0.00	0.00	0.00
2	-0.96	0.00	1.10	0.05
3	-0.87	0.00	2.21	0.20
4	-0.78	0.00	3.31	0.45
5	-0.69	0.00	4.41	0.79
6	-0.60	0.00	5.52	1.24

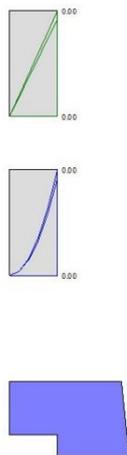


Fig. 22 - Mensola valle (Inviluppo)

## Sollecitazioni pali

### Simbologia adottata

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

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

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	447.10	11147.30	-278.32	-483.69	763.85	1327.49
7	0.48	441.36	10785.35	14.23	-182.13	833.83	1495.81
26	2.00	423.19	9639.17	324.24	584.46	490.34	1087.72
73	5.76	347.44	5931.15	-0.14	20.14	-19.03	-30.00
101	8.00	244.82	2856.53	-0.83	-2.01	0.00	0.00

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

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	465.88	11616.94	-317.04	-469.13	905.23	1339.45
8	0.56	458.72	11194.64	34.60	-113.20	994.95	1513.63
27	2.08	439.29	10048.38	388.24	593.66	573.02	1027.89
74	5.84	357.05	6211.24	-1.25	12.15	-22.53	-31.92
101	8.00	253.24	3048.25	-1.03	-1.97	0.00	0.00

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

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	403.39	10054.50	-293.01	-468.36	838.09	1339.63
7	0.48	398.58	9692.55	6.15	-165.00	915.00	1500.17
26	2.00	383.37	8546.37	356.23	586.24	543.73	1073.81
74	5.84	314.57	5057.75	-2.10	12.08	-20.83	-31.93
101	8.00	225.21	2482.16	-0.92	-1.97	0.00	0.00

**Combinazione n° 7 - ECC**

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	401.39	10004.50	-295.97	-296.66	1446.61	1450.00
7	0.48	396.63	9642.55	5.15	5.95	1524.93	1528.30
27	2.08	380.76	8436.05	594.42	595.69	892.93	894.13
74	5.84	313.21	5026.40	-0.47	-0.53	-34.23	-34.32
101	8.00	224.31	2466.78	-1.62	-1.62	0.00	0.00

**Combinazione n° 8 - SLER**

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	416.41	10380.02	-223.03	-497.64	590.06	1316.58
7	0.48	411.33	10018.05	29.44	-194.44	637.34	1491.22
25	1.92	396.08	8932.15	247.03	571.66	383.44	1141.25
73	5.76	326.34	5368.46	-1.09	21.19	-14.71	-29.67
101	8.00	231.05	2585.53	-0.60	-2.03	0.00	0.00

**Combinazione n° 9 - SLEF**

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	407.33	10153.04	-206.67	-506.68	534.25	1309.74
7	0.48	402.44	9791.09	27.64	-203.93	576.74	1488.82
25	1.92	387.78	8705.22	223.52	570.01	346.38	1149.24
73	5.76	320.10	5217.55	-1.04	22.18	-13.32	-29.39
101	8.00	226.97	2512.85	-0.55	-2.05	0.00	0.00

**Combinazione n° 10 - SLEQ**

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	401.39	10004.49	-195.97	-512.58	498.61	1304.17
7	0.48	396.63	9642.54	24.96	-209.41	538.89	1485.98
25	1.92	382.34	8556.70	208.86	568.65	324.17	1152.24
73	5.76	316.02	5121.88	-0.93	22.66	-12.44	-29.22
101	8.00	224.31	2466.77	-0.51	-2.06	0.00	0.00

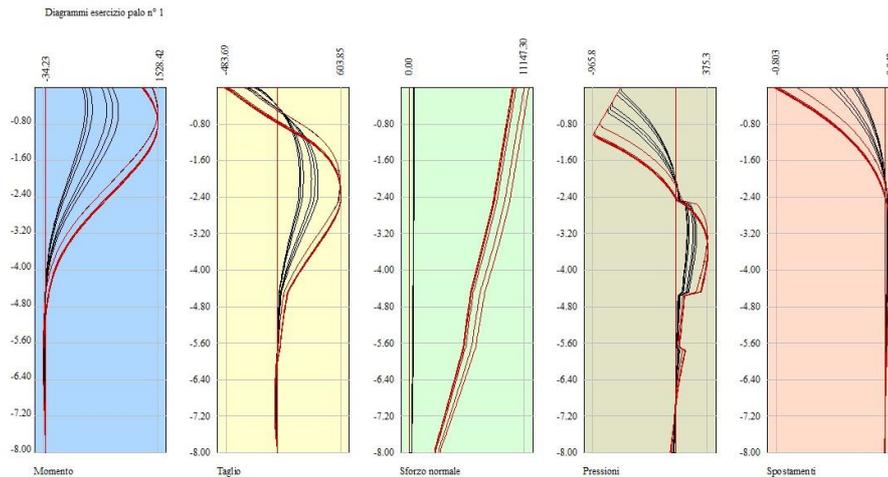


Fig. 28 - Sollecitazioni palo (Palo n° 1) (Inviluppo)

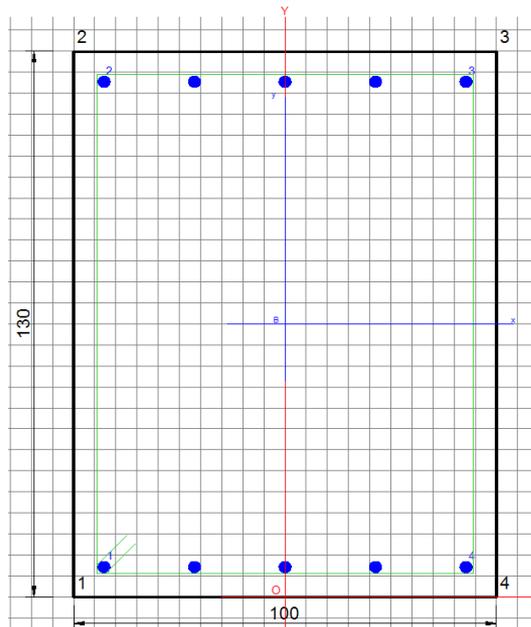
## Verifiche strutturali

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali del paramento in c.a. soggetto a pressoflessione e a taglio condotte mediante l'ausilio del software RC-SEC.

## Paramento

SOLLECITAZIONI PARAMENTO pk 0+848			
	N max [KN]	M max [KNm]	T max [KN]
SLU	268.2	383.26	180.88
ECC	231.98	1051.49	215.64
SLE RARA	244.54	298.98	-
SLV+	278.23	453.11	200.82
SLV-	240.68	414.03	183.13

- Calcestruzzo classe C32/40
- Acciaio di armatura in tondi classe B450C
- Copriferro: 5 cm
- Armature di pressoflessione: Ø24/20 fibre tese + Ø24/20 fibre compresse
- Armature di taglio: 2spilli Ø10/20 al metro lineare (10 spilli al m<sup>2</sup>) (minimi di normativa 9 legature ogni m<sup>2</sup>)
- FS pressoflessione min. = 1.14
- FS taglio min. = 4.27
- Apertura fessure  $w = 0.106$  mm



## VERIFICA SLU/SLE

### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.4 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	18.3 MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa

Resist. ultima di progetto ftd:	391.3	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Calcestruzzo:	C32/40	
N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	130.0
3	50.0	130.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	-42.8	7.2	24
2	-42.8	122.8	24
3	42.8	122.8	24
4	42.8	7.2	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N° Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N° Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N° Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N° Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			
N° Gen.	N° Barra Ini.	N° Barra Fin.	N° Barre	Ø
1	1	4	3	24
2	2	3	3	24

#### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	10	mm
Passo staffe:	20.0	cm

#### Indicazione Barre Longitudinali di risvolto per ogni staffa:

N° Staffa	Barra	Barra	Barra	Barra
1	1	2	3	4

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N° Comb.	N	Mx	Vy
----------	---	----	----

1	268.20	383.26	180.88
2	231.98	1051.49	215.64

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	244.54	298.98	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	19.0 cm
Copriferro netto minimo staffe:	5.0 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	268.20	383.26	268.29	1224.58	3.20	45.2(39.0)
2	S	231.98	1051.49	232.10	1203.50	1.14	45.2(39.0)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-50.0	130.0	0.00007	-42.8	122.8	-0.05492	-42.8	7.2
2	0.00350	-50.0	130.0	0.00003	-42.8	122.8	-0.05568	-42.8	7.2

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) § 4.1.2.1.2.1 NTC: deve essere < 0.45  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000475758	-0.058348550	----	----
2	0.000000000	0.000481949	-0.059153357	----	----

#### VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 10 mm  
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved Taglio di progetto [kN] =  $V_y$  ortogonale all'asse neutro  
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
La resistenza dei pilastri è calcolata assumendo il valore di z (coppia interna)  
I pesi della media sono le lunghezze delle strisce.(Sono escluse le strisce totalmente non compresse).  
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	180.88	3927.66	920.88	127.1   119.9	100.0	2.500	1.011	1.5	7.9(0.0)
2	S	215.64	3923.14	921.17	127.1   119.9	100.0	2.500	1.009	1.8	7.9(0.0)

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.89	-50.0	130.0	-66.8	0.0	7.2	1800	22.6

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
Ver. Esito della verifica  
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2) / (2 * e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00036	0.00000	0.500	24.0	60	0.00020 (0.00020)	529	0.106 (0.20)	1210.39	0.00

## VERIFICA SLV

### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.4 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8 MPa
Resis. media a trazione fctm:	3.10 MPa	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Calcestruzzo:	C32/40	
N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	130.0
3	50.0	130.0
4	50.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
----------	--------	--------	-----------

1	-42.8	7.2	24
2	-42.8	122.8	24
3	42.8	122.8	24
4	42.8	7.2	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	24
2	2	3	3	24

#### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	10 mm
Passo staffe:	20.0 cm

#### Indicazione Barre Longitudinali di risvolto per ogni staffa:

N°Staffa	Barra	Barra	Barra	Barra
1	1	2	3	4

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	278.23	453.11	200.82
2	240.68	414.03	183.13

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	19.0 cm
Copriferro netto minimo staffe:	5.0 cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
--------	-----	---	----	-------	--------	----------	-----------

1	S	278.23	453.11	278.21	1173.25	2.59	45.2(39.0)
2	S	240.68	414.03	240.59	1153.15	2.79	45.2(39.0)

**METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE**

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00048	-50.0	130.0	0.00034	-42.8	122.8	-0.00196	-42.8	7.2
2	0.00047	-50.0	130.0	0.00033	-42.8	122.8	-0.00196	-42.8	7.2

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000019855	-0.002099454	----	----
2	0.000000000	0.000019778	-0.002098902	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:	10 mm
Passo staffe:	20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = $V_y$ ortogonale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d   z	Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro   Braccio coppia interna [cm] La resistenza dei pilastri è calcolata assumendo il valore di z (coppia interna)) I pesi della media sono le lunghezze delle strisce.(Sono escluse le strisce totalmente non compresse).
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm <sup>2</sup> /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm <sup>2</sup> /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

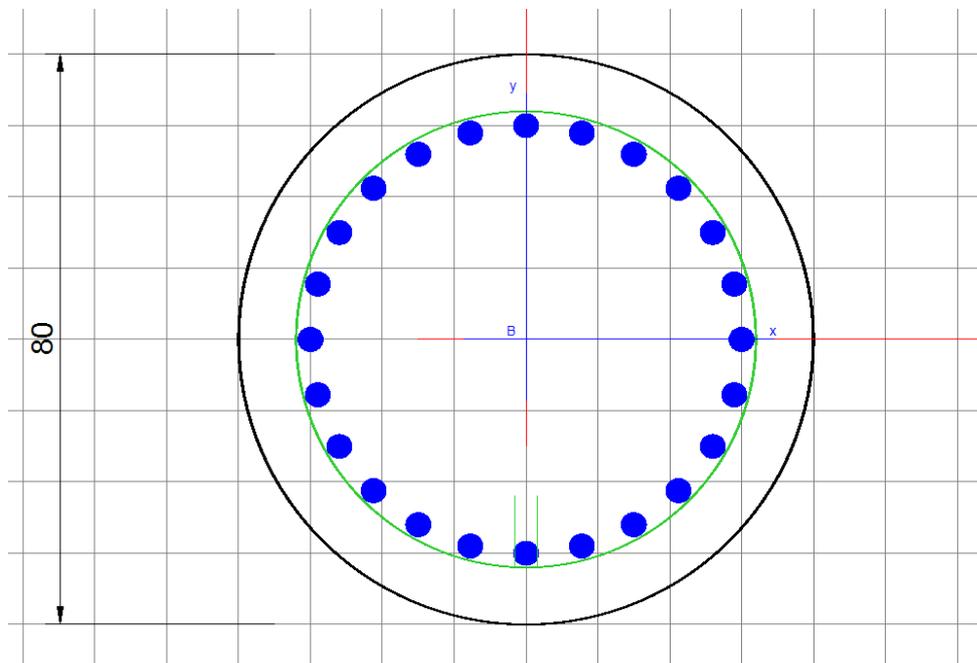
N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	200.82	3707.61	868.94	122.8   113.1	100.0	2.500	1.011	1.8	7.9(0.0)
2	S	183.13	3706.98	870.11	122.8   113.2	100.0	2.500	1.010	1.7	7.9(0.0)

## Pali $\Phi 800/1000$ L=8m

SOLLECITAZIONI PALI pk 0+848			
	N [KN] (*)	M max [KNm]	T max [KN]
SLU	441.36	833.83	324.24
ECC	396.63	1524.93	594.42
SLE RARA	411.33	637.34	-
SLV+	458.72	994.95	388.24
SLV-	398.58	915	356.23

(\*) Sforzo normale in corrispondenza di Mmax

- Calcestruzzo classe C25/30
- Acciaio di armatura in tondi classe B450C
- Copriferro: 7.5 cm
- Armature di pressoflessione: 24 $\Phi$ 30
- Armature di taglio: spirale  $\Phi$ 10/10
- FS pressoflessione min. = 1.04
- FS taglio min. = 1.26
- Apertura fessure  $w = 0.285$  mm < 0.3mm



## VERIFICA SLU/SLE

### DATI GENERALI SEZIONE CIRCOLARE DI PALO IN C.A.

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di Palo
Forma della sezione:	Circolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resistenza compress. di progetto fcd:	14.16 MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	7.08 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.56 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	15.0 MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 * \beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$ :	0.50
Comb.Rare - Sf Limite:	360.0 MPa	

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	80.0	cm
Barre circonferenza:	24Ø30	(169.6 cm <sup>2</sup> )
Coprif.(dal baric. barre):	10.0	cm

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT	Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	441.36	833.83	324.24	0.00
2	396.63	1524.93	594.42	0.00

### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	411.33	637.34

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.5	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	4.8	cm
Interferro massimo barre longitudinali:	0.0	cm [deve essere < 30.0]
Copriferro netto minimo staffe:	7.5	cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
As Tot. Area complessiva armature long. pilastro [cm<sup>2</sup>]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	441.36	833.83	441.44	1590.18	1.907	9.3	---	---	169.6 (15.1)
2	S	396.63	1524.93	396.46	1585.32	1.040	9.5	---	---	169.6 (15.1)

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	40.0	0.00236	30.0	-0.00448	-30.0
2	0.00350	40.0	0.00235	30.0	-0.00453	-30.0

### ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe/legature:	10	mm
Passo staffe:	10.0	cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
N.Bracci staffe:	2	
Area staffe/m :	15.7	cm <sup>2</sup> /m [Area Staffe Minima NTC = 2.3 cm <sup>2</sup> /m]

### VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vrd	Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw z	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro   Braccio coppia interna
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm <sup>2</sup> /m]

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	bw z	Ctg	Acw	ASt
1	S	324.24	910.87	748.30	72.1 48.7	2.500	1.062	6.8
2	S	594.42	907.01	749.37	72.2 48.8	2.500	1.056	12.5

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	11.39	-40.0	0.00	40.0	-184.6	30.0	25.0	1762	63.6	----

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2)in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00118	0.00085		0.50	0.60	0.000661 (0.000554)	430	0.285 (990.00)	216.53

## VERIFICA SLV

### DATI GENERALI SEZIONE CIRCOLARE DI PALO IN C.A.

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di Palo
Forma della sezione:	Circolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante

Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
Riferimento alla sismicità: Comb. non sismiche

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resistenza compress. di progetto fcd:	14.16 MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	7.08 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.56 MPa	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	80.0	cm
Barre circonferenza:	24Ø30	(169.6 cm <sup>2</sup> )
Coprif.(dal baric. barre):	10.0	cm

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT	Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	458.72	994.95	388.24	0.00
2	398.58	915.00	356.23	0.00

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.5	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	4.8	cm
Interferro massimo barre longitudinali:	0.0	cm [deve essere < 30.0]
Copriferro netto minimo staffe:	7.5	cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re	Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1.000$

Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
As Tot. Area complessiva armature long. pilastro [cm<sup>2</sup>]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	458.72	994.95			1.229	6.2	---	---	169.6 (15.1)
2	S	398.58	915.00			1.326	6.5	---	---	169.6 (15.1)

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00182	40.0	0.00128	30.0	-0.00196	-30.0
2	0.00180	40.0	0.00126	30.0	-0.00196	-30.0

### ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe/legature: 10 mm  
Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 24.0 cm]  
N.Bracci staffe: 2  
Area staffe/m : 15.7 cm<sup>2</sup>/m [Area Staffe Minima NTC = 2.4 cm<sup>2</sup>/m]

### VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata  
Ved Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)  
Vrd Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]  
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]  
bw|z Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Braccio coppia interna  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm<sup>2</sup>/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	bw z	Ctg	Acw	ASt
1	S	388.24	888.07	731.01	71.8 47.6	2.500	1.064	8.3
2	S	356.23	882.78	732.24	71.9 47.7	2.500	1.056	7.6

## ANALISI MURO PK 0+868

### Dati

#### Materiali

##### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<b>Calcestruzzo armato</b>	
C	Classe di resistenza del cls
N / E	Calcestruzzo Nuovo o Esistente
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
f <sub>cm</sub>	Resistenza caratteristica media 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	N / E	C	A	$\gamma$ [kN/mc]	R <sub>ck</sub> / f <sub>cm</sub> [kPa]	E [kPa]	$\nu$	n	ntc
1	C25/30 PALI E FONDAZIONI	N E	C25/30	B450C	24.5170	30000 0	31447048 31447048	0.30	15.00	0.50
4	C32/40	N E	C32/40	B450C	24.5170	40000 0	33642648 0	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub> [kPa]	f <sub>uk</sub> [kPa]	f <sub>ym</sub> [kPa]
B450C	450000	540000	450000

#### 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 [kN]

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

#### Geometria profilo terreno a monte del muro

##### Simbologia adottata

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

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

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0.00	0.00	0.000
2	13.00	0.00	0.000
3	16.50	1.70	25.907
4	20.00	1.70	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 15.000 [°]

## Geometria muro

### *Geometria paramento e fondazione*

Lunghezza muro 1.00 [m]

#### Paramento

Materiale C32/40  
Altezza paramento 6.98 [m]  
Altezza paramento libero 6.98 [m]  
Spessore in sommità 0.60 [m]  
Spessore all'attacco con la fondazione 1.30 [m]  
Inclinazione paramento esterno 0.00 [°]  
Inclinazione paramento interno 5.70 [°]

#### Mensola di marciapiede

Posizione rispetto alla testa del muro 0.00 [m]  
Lunghezza 0.45 [m]  
Spessore all'estremità libera 0.50 [m]  
Spessore all'incastro 0.50 [m]

#### Fondazione

Materiale C25/30 PALI E FONDAZIONI  
Lunghezza mensola di valle 0.15 [m]  
Lunghezza mensola di monte 0.15 [m]  
Lunghezza totale 1.60 [m]  
Inclinazione piano di posa 0.00 [°]  
Spessore 1.50 [m]  
Spessore magrone 0.20 [m]

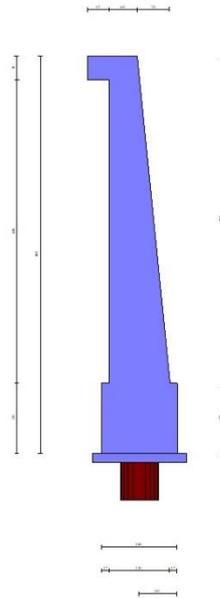


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

### 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	Tipologia palo	0.80	1.00	0.01	1	80.00	4.00	0.00	Centrati

501 pali - Ordinata fila  $y = 0.80$  m  
 $D = 80.00$  cm -  $L = 4.00$  m -  $I = 0.00^\circ$

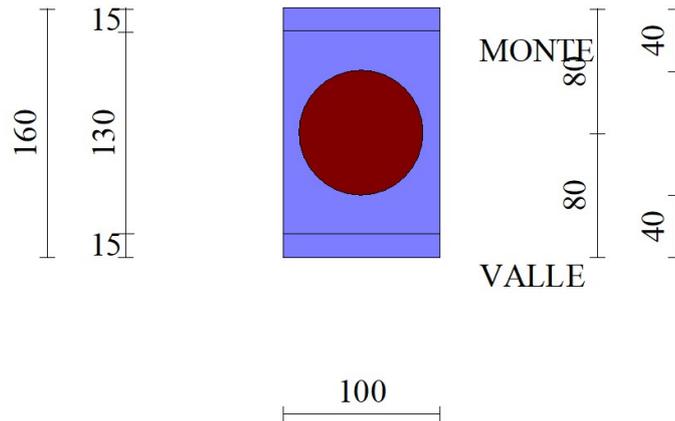


Fig. 2 - Pianta pali

## Descrizione terreni

### Parametri di resistenza

#### Simbologia adottata

$n^\circ$	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma^s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
$c$	Coesione espressa in [kPa]
$c_a$	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
<b>Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix</b>	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
$\tau_l$	Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

$n^\circ$	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma^s$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	$c$ [kPa]	$c_a$ [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]	
1	ALL_GS	19.5000	19.5000	36.000	24.000	0	0	1.000		0 (CAR)
				36.000	24.000	0	0			0 (MIN)
				36.000	24.000	0	0			0 (MED)
2	Riempimento	19.0000	19.0000	35.000	23.330	0	0	1.000		0 (CAR)
				35.000	23.333	0	0			0 (MIN)
				35.000	23.333	0	0			0 (MED)
3	Ar	22.0000	22.0000	38.000	38.000	240	240	1.000		0 (CAR)
				38.000	38.000	240	240			0 (MIN)
				38.000	38.000	240	240			0 (MED)
4	Ma	20.5000	20.5000	0.000	0.000	300	300	1.000		0 (CAR)
				0.000	0.000	300	300			0 (MIN)
				0.000	0.000	300	300			0 (MED)

## Stratigrafia

#### Simbologia adottata

$n^\circ$	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]	α [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kwt [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	6.98	0.000	ALL_GS	0.000	0.000	0.000	3.800	1.000	---	---
2	7.26	0.000	Ar	0.000	0.000	91.062	4.200	1.000	---	---

Terreno di riempimento: Riempimento  
Inclinazione riempimento (rispetto alla verticale): 45.00 [°]

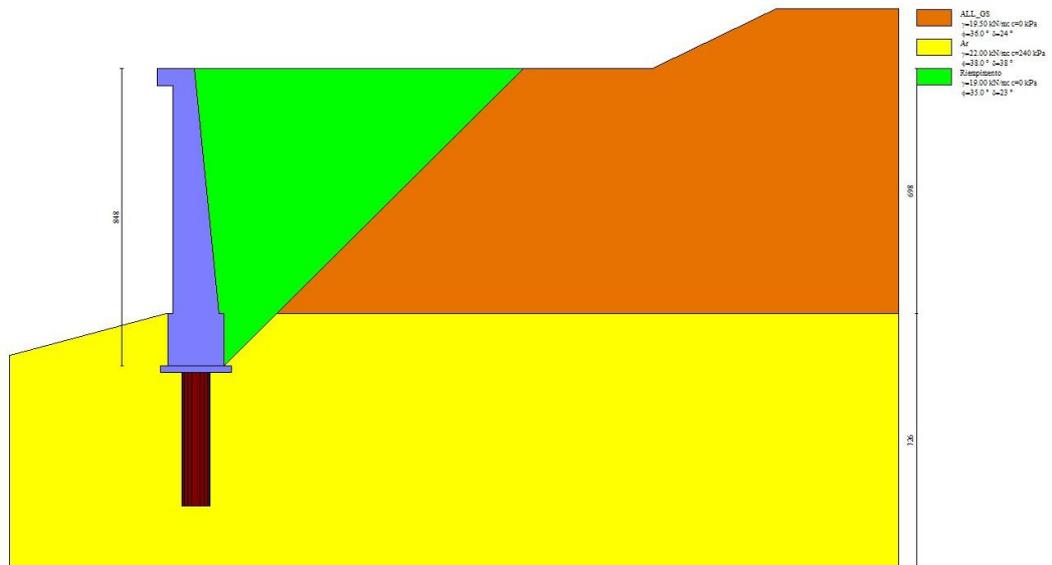


Fig. 3 - Stratigrafia

## Condizioni di carico

### Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]  
Fx Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]  
Fy Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]  
M Momento espresso in [kNm]  
Xi Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]  
Xf Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]  
Qi Intensità del carico per x=Xi espressa in [kN]  
Qf Intensità del carico per x=Xf espressa in [kN]

### Condizione n° 1 (TRAFFICO STRADALE) - VARIABILE TF

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=0.40 - \Psi_1=0.40 - \Psi_2=0.00$

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN]	Qf [kN]
1	Distribuito					1.65	9.15	20.0000	20.0000

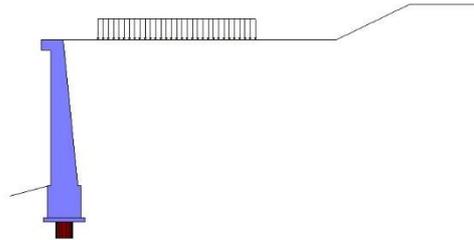


Fig. 4 - Carichi sul terreno

Condizione n° 2 (URTO) - ECCEZIONALE

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN]	Qf [kN]
1	Concentrato	Paramento	0.00; 0.00	100.0000	0.0000	100.0000				



Fig. 5 - Carichi sul muro

## Normativa

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

Coef. 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	$\gamma_r$	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 10  
 $\zeta_3=1.40$   $\zeta_4=1.21$

## 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  $\gamma_Q$ , 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
TRAFFICO STRADALE	1.35	1.00	Sfavorevole

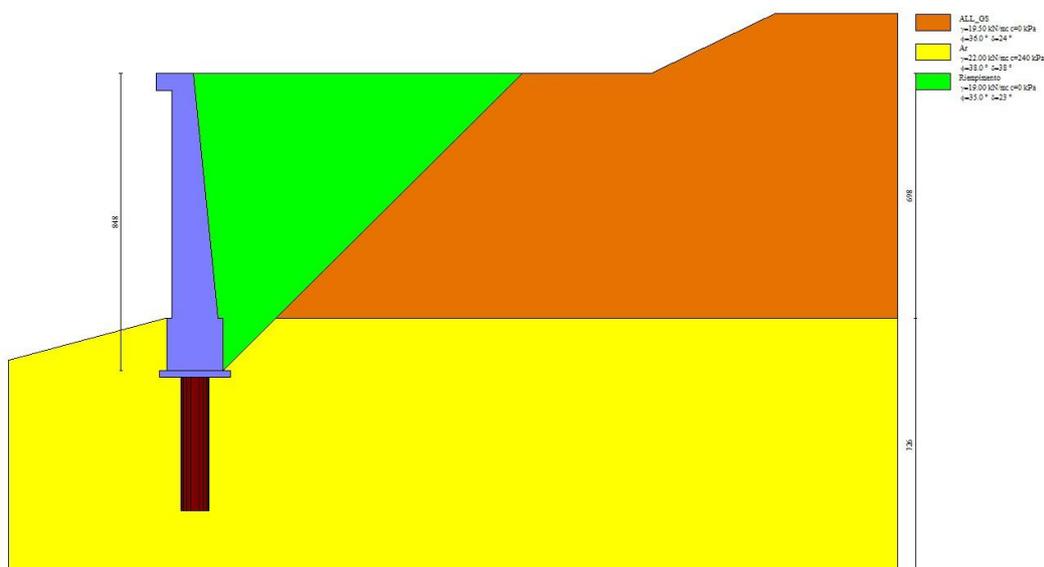


Fig. 6 -

**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

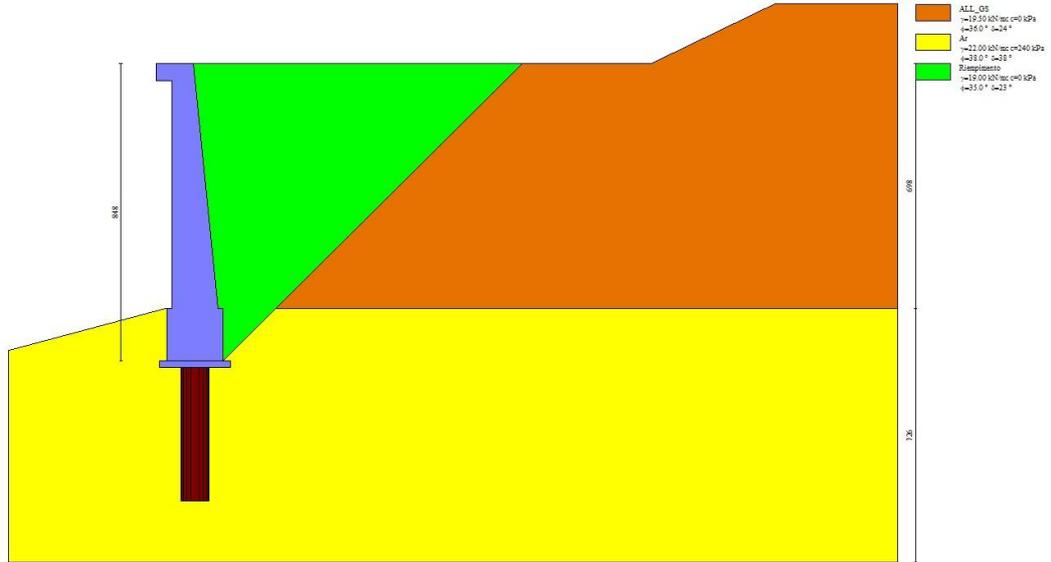


Fig. 7 - (Inviluppo)

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

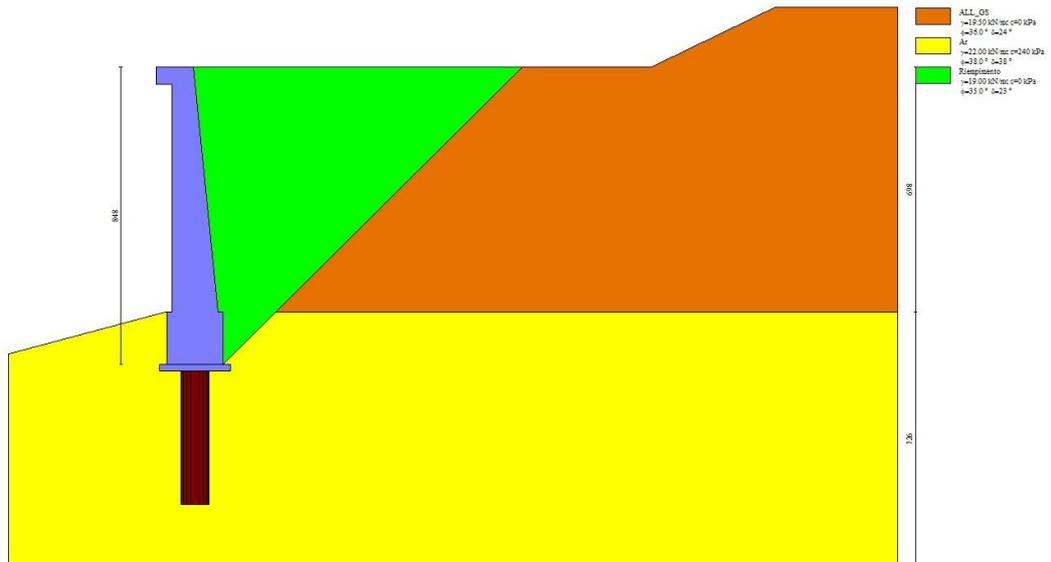


Fig. 8 - (Inviluppo)

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
TRAFFICO STRADALE	1.15	1.00	Sfavorevole

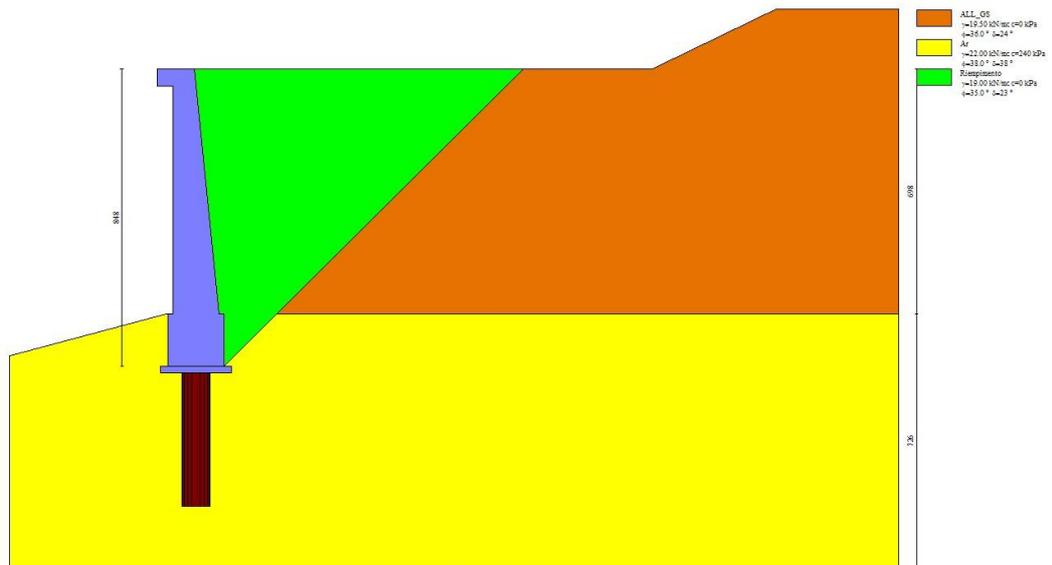


Fig. 9 - (Inviluppo)

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

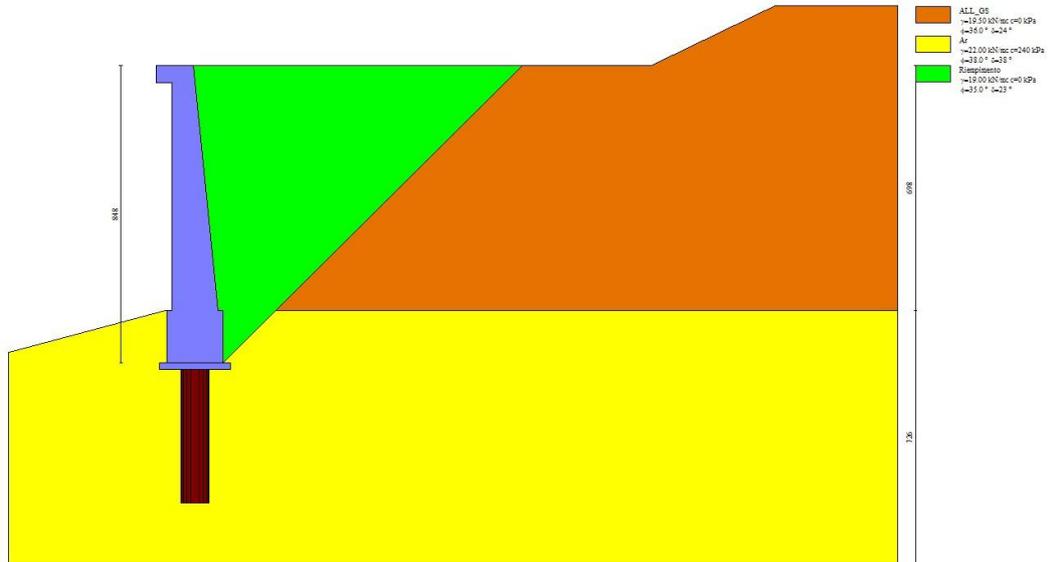


Fig. 10 - (Inviluppo)

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

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

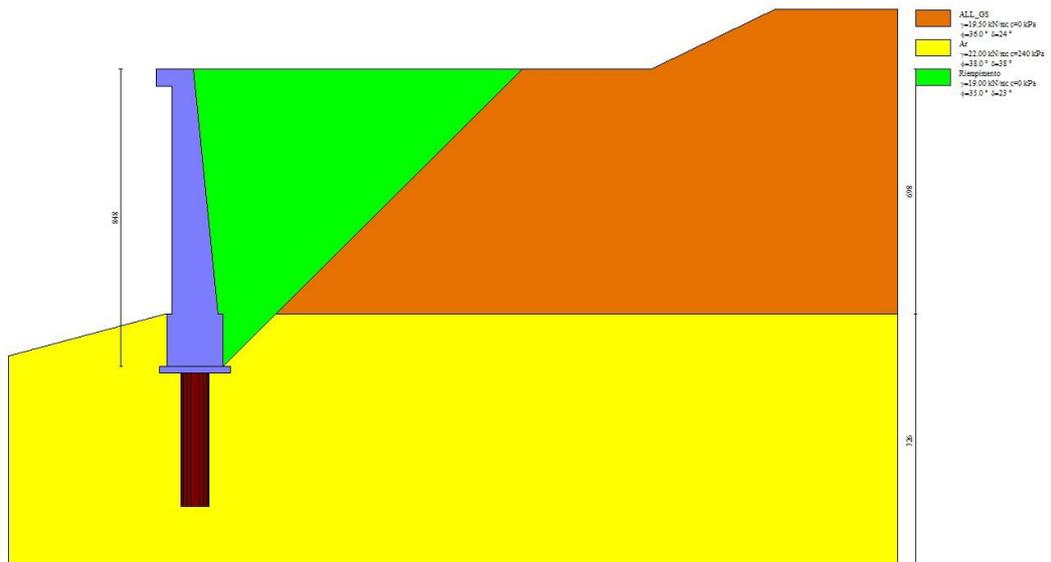


Fig. 11 - (Inviluppo)

Combinazione n° 7 - ECC

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

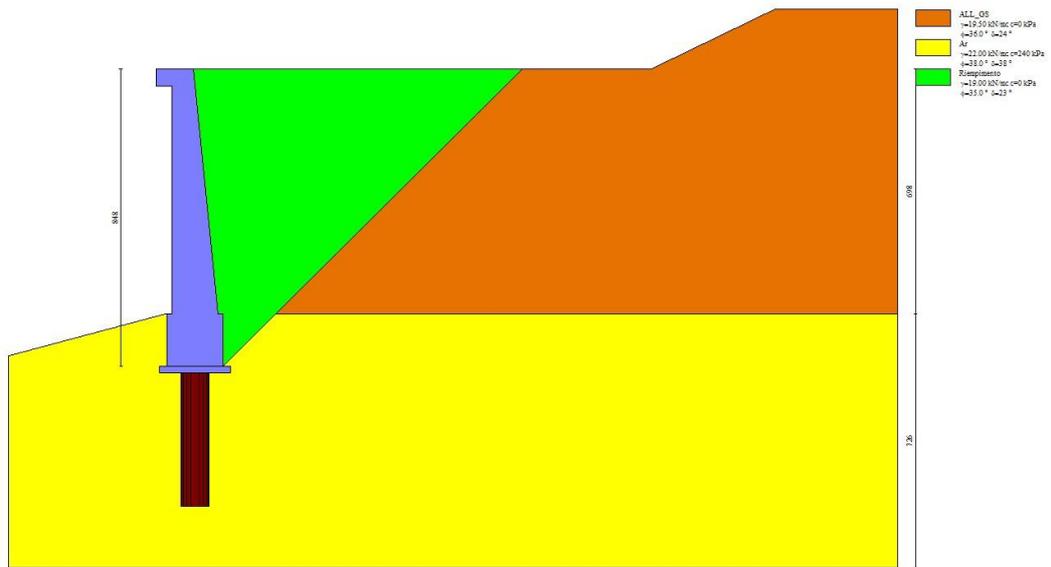


Fig. 12 - (Involuppo)

Combinazione n° 8 - SLER

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

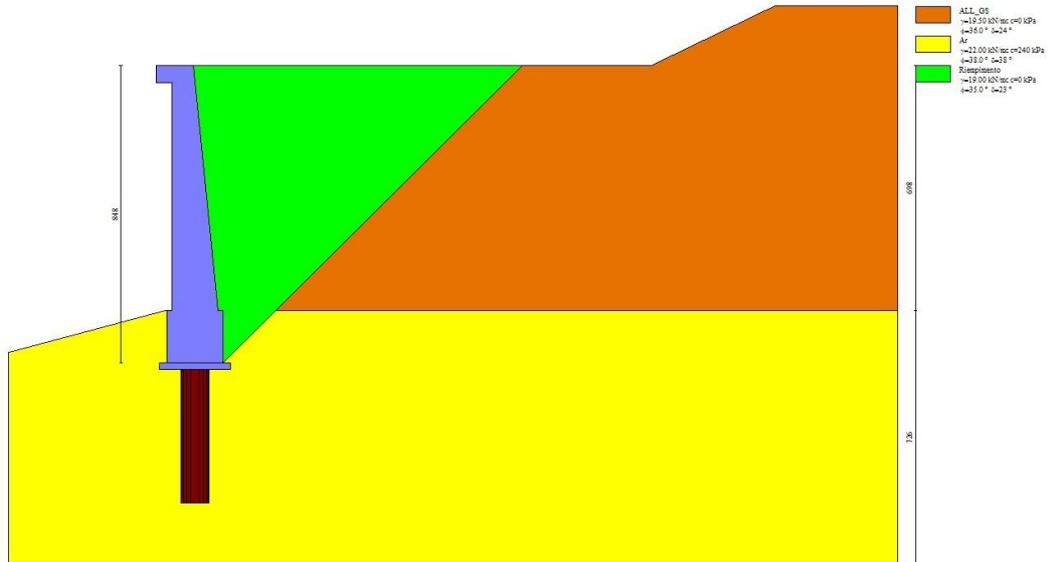


Fig. 13 - (Inviluppo)

Combinazione n° 9 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
TRAFFICO STRADALE	1.00	0.40	Sfavorevole

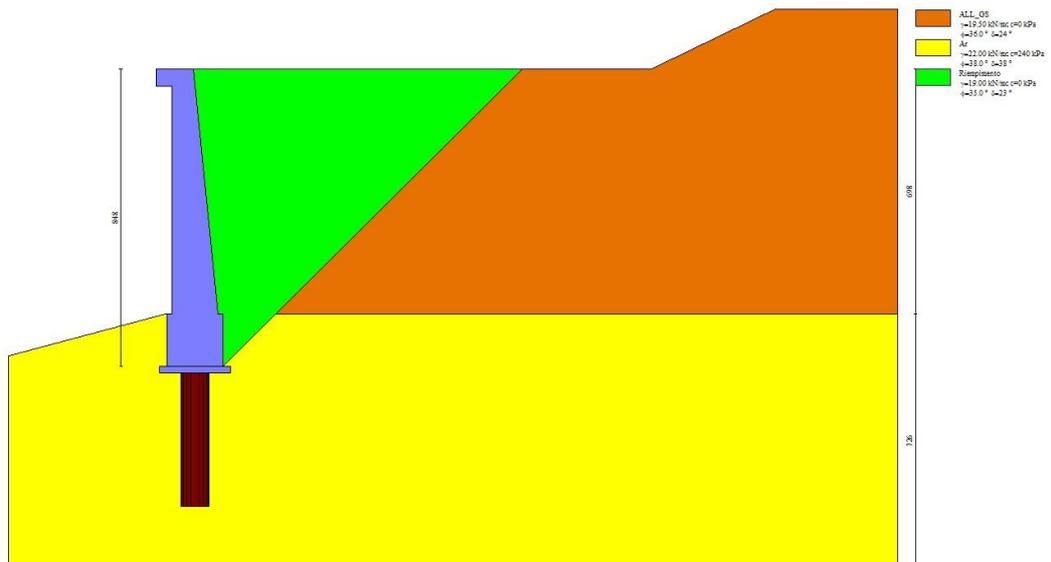


Fig. 14 - (Inviluppo)

Combinazione n° 10 - SLEQ

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

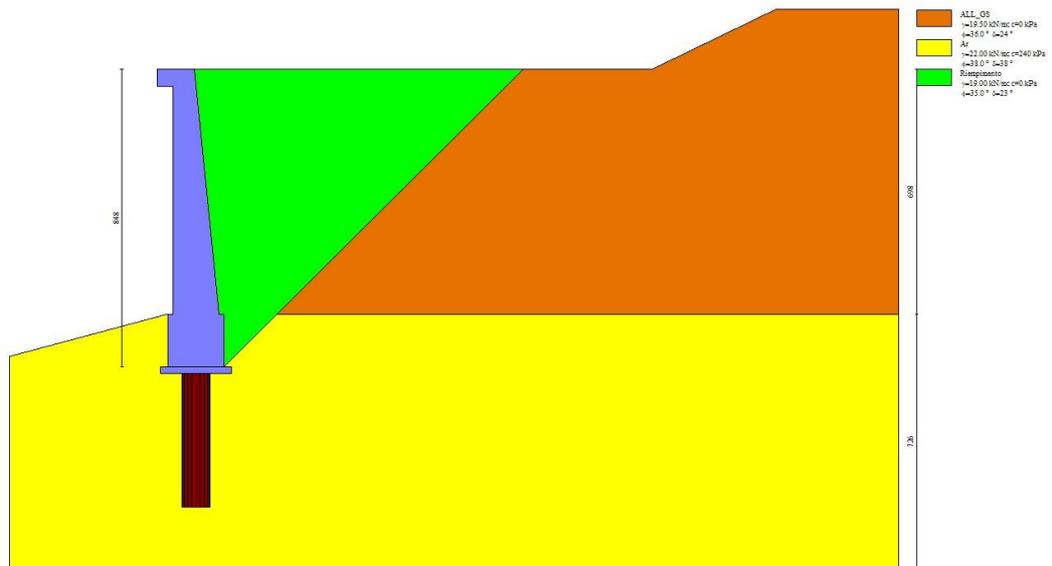


Fig. 15 - (Inviluppo)

## Dati sismici

Comune	Servigliano
Provincia	Ascoli Piceno
Regione	Marche
Latitudine	43.081574
Longitudine	13.493148
Indice punti di interpolazione	23199 - 23421 - 23422 - 23200
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	IV
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	100 anni

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	$[\text{m/s}^2]$		2.200	0.930
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]		0.224	0.095
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.478	2.431
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.346	0.314
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.178	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh [%]	kv [%]
Ultimo	0.530	16.799	8.400
Ultimo - Ribaltamento	0.795	25.199	12.599
Esercizio	1.000	13.655	6.827

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

## Opzioni di calcolo

### Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Correzione Incremento Sismico per presenza di falda	NO
Superficie di spinta limitata	NO

### Stabilità globale

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

### Altro

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

### Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	5.00 [cm]

### Opzioni calcolo pali

#### Portanza verticale

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

#### Portanza trasversale

Costante di Winkler: da strato	
Criterio rottura palo-terreno	
- Spostamento limite	Non attivo
- Pressione limite	Brinch-Hansen
- 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]

## Risultati per combinazione

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

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

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	324.39	29.03	283.63	157.42	0.00	-5.80
	Peso/Inerzia muro			0.00	226.53/0.00	-0.08	-4.82
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	66.09/0.00	0.56	-2.68
	Resistenza pali			-416.15			
2	Spinta statica	225.07	29.03	196.79	109.23	0.00	-5.98
	Incremento di spinta sismica		87.30	76.33	42.36	0.00	-5.68
	Peso/Inerzia muro			38.05	226.53/19.03	-0.08	-4.82
	Peso/Inerzia terrapieno			11.10	66.09/5.55	0.56	-2.68
3	Spinta statica	225.07	29.03	196.79	109.23	0.00	-5.98
	Incremento di spinta sismica		58.01	50.72	28.15	0.00	-5.68
	Peso/Inerzia muro			38.05	226.53/-19.03	-0.08	-4.82
	Peso/Inerzia terrapieno			11.10	66.09/-5.55	0.56	-2.68
7	Spinta statica	225.07	29.03	196.79	109.23	0.00	-5.98
	Peso/Inerzia muro			0.00	226.53/0.00	-0.08	-4.82
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	66.09/0.00	0.56	-2.68
	Risultante forze sul muro			100.00	0.00	--	--
8	Spinta statica	257.55	29.03	225.18	124.99	0.00	-5.88
	Peso/Inerzia muro			0.00	226.53/0.00	-0.08	-4.82
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	66.09/0.00	0.56	-2.68
	Resistenza pali			-556.45			
9	Spinta statica	237.98	29.03	208.08	115.49	0.00	-5.94
	Peso/Inerzia muro			0.00	226.53/0.00	-0.08	-4.82
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	66.09/0.00	0.56	-2.68
	Resistenza pali			-567.99			
10	Spinta statica	225.07	29.03	196.79	109.23	0.00	-5.98
	Peso/Inerzia muro			0.00	226.53/0.00	-0.08	-4.82
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	66.09/0.00	0.56	-2.68
	Resistenza pali			-575.84			

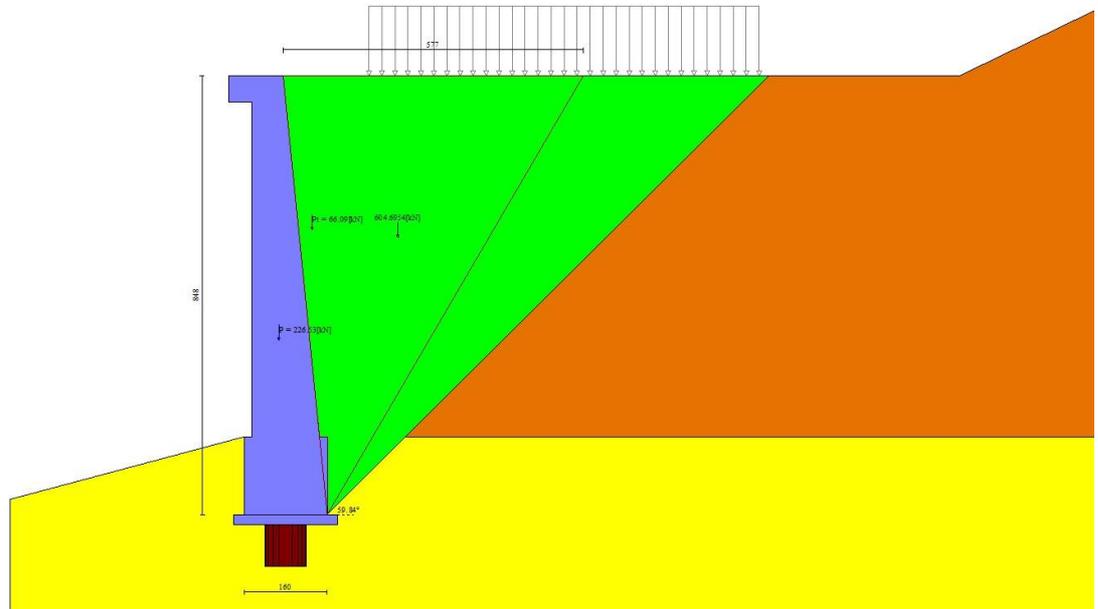


Fig. 16 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

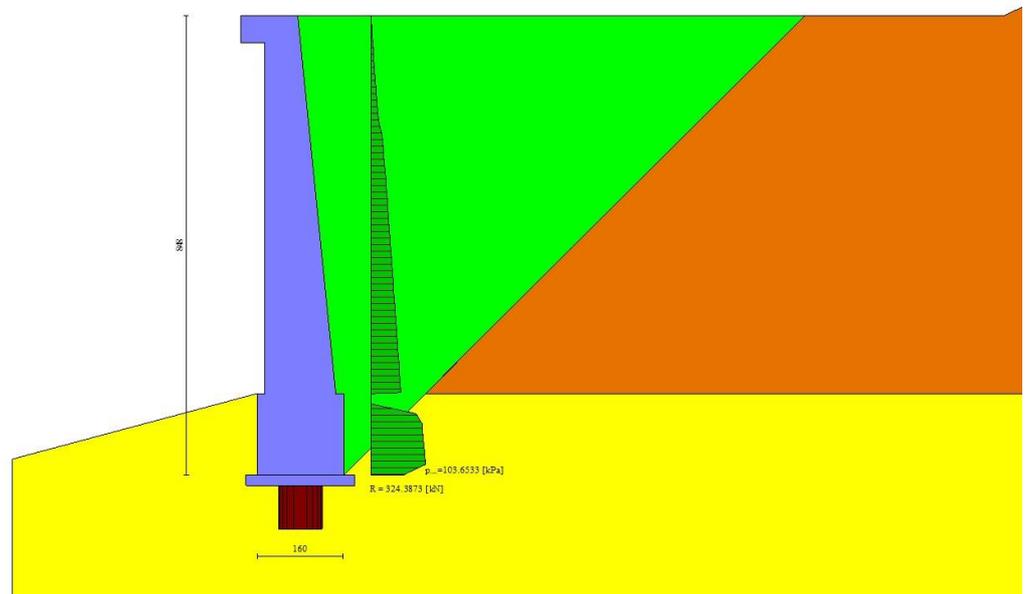


Fig. 17 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

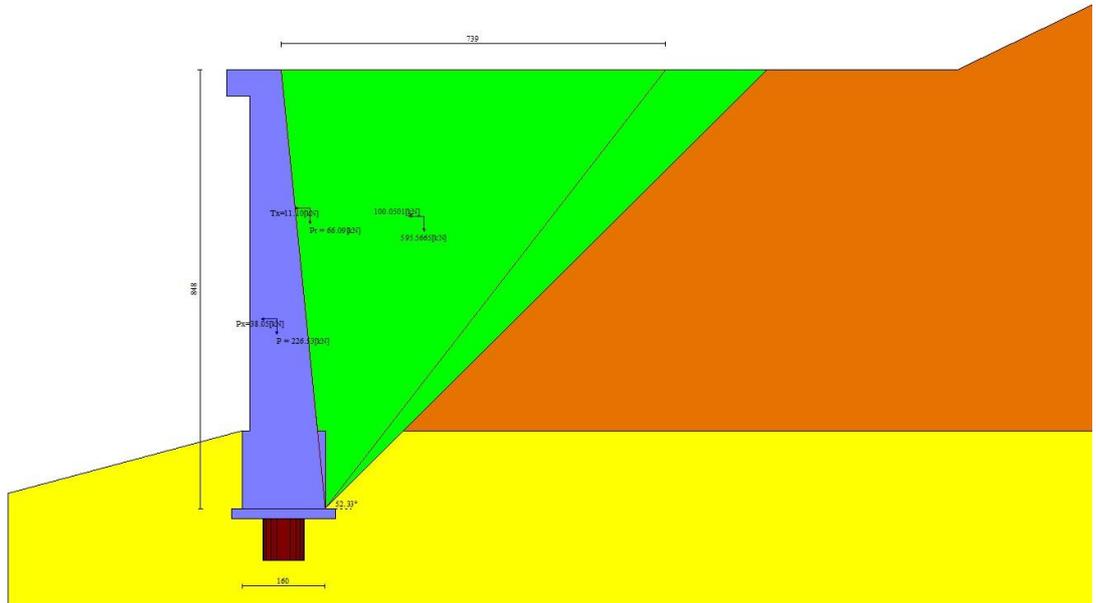


Fig. 18 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

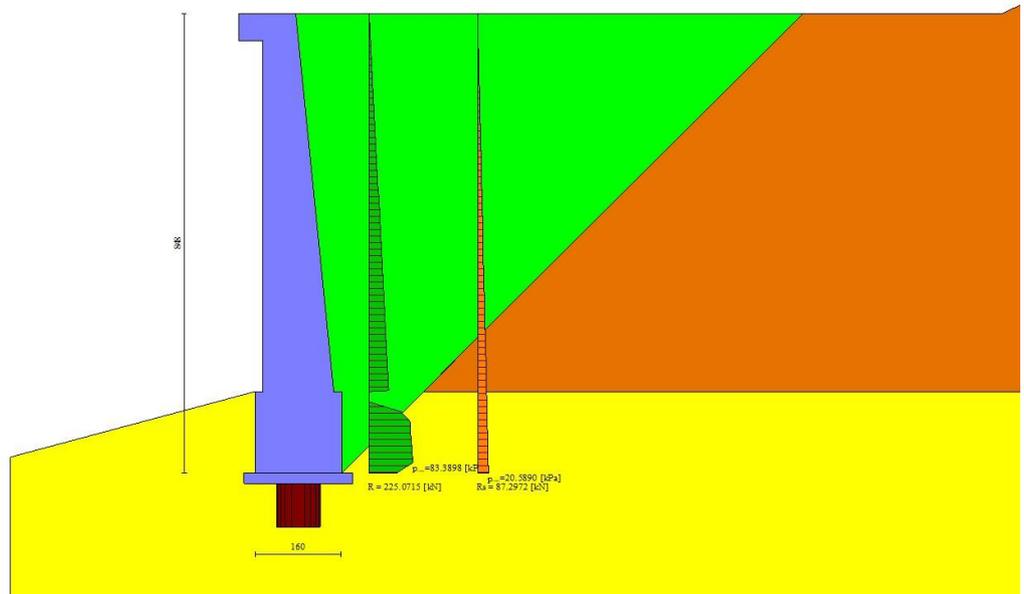


Fig. 19 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

## Risultanti globali

### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
M <sub>r</sub>	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
M <sub>s</sub>	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	M <sub>r</sub> [kNm]	M <sub>s</sub> [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	450.04	283.63	758.84	355.67	1.694
2 - STR (A1-M1-R3)	468.79	322.28	910.24	371.25	1.948
3 - STR (A1-M1-R3)	405.42	296.67	858.54	340.63	2.076
4 - GEO (A2-M2-R2)	421.01	278.67	761.46	333.90	1.814
5 - GEO (A2-M2-R2)	468.79	322.28	910.24	371.25	1.948
6 - GEO (A2-M2-R2)	405.42	296.67	858.54	340.63	2.076
7 - ECC	401.84	296.79	1440.79	11724.82	-24.794
8 - SLER	417.60	225.18	584.95	331.34	1.406
9 - SLEF	408.11	208.08	528.78	324.22	1.300
10 - SLEQ	401.84	196.79	492.79	319.52	1.230

## Scarichi in testa ai pali

### Simbologia adottata

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

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	450.04	761.72	-283.63
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	468.79	912.47	-322.28
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	405.42	840.90	-296.67
7 - ECC	1	401.84	1441.41	-296.79
8 - SLER	1	417.60	586.31	-225.18
9 - SLEF	1	408.11	529.70	-208.08
10 - SLEQ	1	401.84	493.41	-196.79

## 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>UPL</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>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		1.467					
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.231					
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.335					
4 - GEO (A2-M2-R2)					5.833		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				6.115		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				6.479		
7 - ECC		1.042	8.138		7.808		

### Verifiche portanza trasversale (scorrimento)

#### Simbologia adottata

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

Ic	Ip	T [kN]	Td [kN]	FS <sub>o</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)	1	-283.63	416.15	1.467
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	-322.28	396.65	1.231
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	-296.67	396.16	1.335
7 - ECC	1	-296.79	309.31	1.042

### Verifiche portanza verticale

#### Simbologia adottata

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

Ic	Ip	N [kN]	Pd [kN]	FS <sub>v</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)	1	450.04	5805.00	12.899
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	468.79	5805.00	12.383
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	405.42	5805.00	14.319
7 - ECC	1	401.84	7373.98	18.351

### 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 [kN]
A	Attrito negativo, espresso in [kN]
W <sub>p</sub>	Peso palo, espresso in [kN]

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> [kN]	P <sub>l</sub> [kN]	A [kN]	W <sub>p</sub> [kN]
1	42.768	42.768	30.947	30.947	--	6528.35 6528.35	3864.23 3864.23	0.00	49.29

### Verifica a ribaltamento

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
M <sub>s</sub>	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
M <sub>r</sub>	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
7 - ECC	11724.82	1440.79	8.138

### 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	17.58	5.833
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-4.00; 4.50	17.46	6.115
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-4.00; 4.50	17.46	6.479
7 - ECC	-4.50; 4.50	17.58	7.808

### Dettagli strisce verifiche stabilità

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
Qy	carico sulla striscia espresso in [kN]
Qf	carico acqua sulla striscia espresso in [kN]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
Tx; Ty	Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	29.50	0.00	0.00	12.50 - 1.05	69.986	30.167	0	0.0	
2	78.85	0.00	0.00	1.05	61.571	30.167	0	0.0	
3	114.05	0.00	0.00	1.05	54.991	30.167	0	0.0	
4	142.00	19.47	0.00	1.05	49.379	30.167	0	0.0	
5	166.97	24.15	0.00	1.05	44.356	32.007	192	0.0	
6	188.35	24.15	0.00	1.05	39.737	32.007	192	0.0	
7	206.50	24.15	0.00	1.05	35.412	32.007	192	0.0	
8	221.94	24.15	0.00	1.05	31.309	32.007	192	0.0	
9	235.04	24.15	0.00	1.05	27.379	32.007	192	0.0	
10	245.92	24.15	0.00	1.05	23.584	32.007	192	0.0	
11	252.92	8.15	0.00	1.05	19.897	32.007	192	0.0	
12	318.23	0.00	0.00	1.05	16.295	32.007	192	0.0	
13	115.96	0.00	0.00	1.05	12.757	32.007	192	0.0	
14	129.67	0.00	0.00	1.05	9.269	32.007	192	0.0	
15	126.38	0.00	0.00	1.05	5.815	32.007	192	0.0	
16	121.63	0.00	0.00	1.05	2.382	32.007	192	0.0	
17	115.41	0.00	0.00	1.05	-1.042	32.007	192	0.0	
18	107.75	0.00	0.00	1.05	-4.470	32.007	192	0.0	
19	98.62	0.00	0.00	1.05	-7.914	32.007	192	0.0	
20	87.99	0.00	0.00	1.05	-11.387	32.007	192	0.0	
21	75.83	0.00	0.00	1.05	-14.904	32.007	192	0.0	
22	62.05	0.00	0.00	1.05	-18.479	32.007	192	0.0	
23	46.57	0.00	0.00	1.05	-22.131	32.007	192	0.0	
24	29.26	0.00	0.00	1.05	-25.880	32.007	192	0.0	
25	9.95	0.00	0.00	-13.74 - 1.05	-29.352	32.007	192	0.0	

Resistenza al taglio pali 0.00 [kN]

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	29.04	0.00	0.00	12.88 - 1.04	69.892	36.000	0	0.0	
2	77.66	0.00	0.00	1.04	61.496	36.000	0	0.0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
3	112.38	0.00	0.00	1.04	54.919	36.000	0	0.0	
4	140.05	0.00	0.00	1.04	49.306	36.000	0	0.0	
5	164.64	0.00	0.00	1.04	44.282	38.000	240	0.0	
6	185.74	0.00	0.00	1.04	39.661	38.000	240	0.0	
7	203.64	0.00	0.00	1.04	35.333	38.000	240	0.0	
8	218.87	0.00	0.00	1.04	31.227	38.000	240	0.0	
9	231.78	0.00	0.00	1.04	27.294	38.000	240	0.0	
10	242.64	0.00	0.00	1.04	23.496	38.000	240	0.0	
11	250.49	0.00	0.00	1.04	19.805	38.000	240	0.0	
12	256.37	0.00	0.00	1.04	16.198	38.000	240	0.0	
13	286.01	0.00	0.00	1.04	12.656	38.000	240	0.0	
14	129.11	0.00	0.00	1.04	9.163	38.000	240	0.0	
15	125.78	0.00	0.00	1.04	5.704	38.000	240	0.0	
16	121.03	0.00	0.00	1.04	2.266	38.000	240	0.0	
17	114.83	0.00	0.00	1.04	-1.164	38.000	240	0.0	
18	107.19	0.00	0.00	1.04	-4.598	38.000	240	0.0	
19	98.10	0.00	0.00	1.04	-8.049	38.000	240	0.0	
20	87.53	0.00	0.00	1.04	-11.529	38.000	240	0.0	
21	75.43	0.00	0.00	1.04	-15.053	38.000	240	0.0	
22	61.73	0.00	0.00	1.04	-18.637	38.000	240	0.0	
23	46.34	0.00	0.00	1.04	-22.299	38.000	240	0.0	
24	29.13	0.00	0.00	1.04	-26.060	38.000	240	0.0	
25	9.92	0.00	0.00	-13.23 - 1.04	-29.580	38.000	240	0.0	

Resistenza al taglio pali 0.00 [kN]

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	29.04	0.00	0.00	12.88 - 1.04	69.892	36.000	0	0.0	
2	77.66	0.00	0.00	1.04	61.496	36.000	0	0.0	
3	112.38	0.00	0.00	1.04	54.919	36.000	0	0.0	
4	140.05	0.00	0.00	1.04	49.306	36.000	0	0.0	
5	164.64	0.00	0.00	1.04	44.282	38.000	240	0.0	
6	185.74	0.00	0.00	1.04	39.661	38.000	240	0.0	
7	203.64	0.00	0.00	1.04	35.333	38.000	240	0.0	
8	218.87	0.00	0.00	1.04	31.227	38.000	240	0.0	
9	231.78	0.00	0.00	1.04	27.294	38.000	240	0.0	
10	242.64	0.00	0.00	1.04	23.496	38.000	240	0.0	
11	250.49	0.00	0.00	1.04	19.805	38.000	240	0.0	
12	256.37	0.00	0.00	1.04	16.198	38.000	240	0.0	
13	286.01	0.00	0.00	1.04	12.656	38.000	240	0.0	
14	129.11	0.00	0.00	1.04	9.163	38.000	240	0.0	
15	125.78	0.00	0.00	1.04	5.704	38.000	240	0.0	
16	121.03	0.00	0.00	1.04	2.266	38.000	240	0.0	
17	114.83	0.00	0.00	1.04	-1.164	38.000	240	0.0	
18	107.19	0.00	0.00	1.04	-4.598	38.000	240	0.0	
19	98.10	0.00	0.00	1.04	-8.049	38.000	240	0.0	
20	87.53	0.00	0.00	1.04	-11.529	38.000	240	0.0	
21	75.43	0.00	0.00	1.04	-15.053	38.000	240	0.0	
22	61.73	0.00	0.00	1.04	-18.637	38.000	240	0.0	
23	46.34	0.00	0.00	1.04	-22.299	38.000	240	0.0	
24	29.13	0.00	0.00	1.04	-26.060	38.000	240	0.0	
25	9.92	0.00	0.00	-13.23 - 1.04	-29.580	38.000	240	0.0	

Resistenza al taglio pali 0.00 [kN]

Combinazione n° 7 - ECC

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	29.50	0.00	0.00	12.50 - 1.05	69.986	36.000	0	0.0	
2	78.85	0.00	0.00	1.05	61.571	36.000	0	0.0	
3	114.05	0.00	0.00	1.05	54.991	36.000	0	0.0	
4	142.00	0.00	0.00	1.05	49.379	36.000	0	0.0	
5	166.97	0.00	0.00	1.05	44.356	38.000	240	0.0	
6	188.35	0.00	0.00	1.05	39.737	38.000	240	0.0	
7	206.50	0.00	0.00	1.05	35.412	38.000	240	0.0	
8	221.94	0.00	0.00	1.05	31.309	38.000	240	0.0	
9	235.04	0.00	0.00	1.05	27.379	38.000	240	0.0	
10	245.92	0.00	0.00	1.05	23.584	38.000	240	0.0	
11	252.92	0.00	0.00	1.05	19.897	38.000	240	0.0	
12	318.23	0.00	0.00	1.05	16.295	38.000	240	0.0	
13	115.96	0.00	0.00	1.05	12.757	38.000	240	0.0	
14	129.67	0.00	0.00	1.05	9.269	38.000	240	0.0	
15	126.38	0.00	0.00	1.05	5.815	38.000	240	0.0	
16	121.63	0.00	0.00	1.05	2.382	38.000	240	0.0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
17	115.41	0.00	0.00	1.05	-1.042	38.000	240	0.0	
18	107.75	0.00	0.00	1.05	-4.470	38.000	240	0.0	
19	98.62	0.00	0.00	1.05	-7.914	38.000	240	0.0	
20	87.99	0.00	0.00	1.05	-11.387	38.000	240	0.0	
21	75.83	0.00	0.00	1.05	-14.904	38.000	240	0.0	
22	62.05	0.00	0.00	1.05	-18.479	38.000	240	0.0	
23	46.57	0.00	0.00	1.05	-22.131	38.000	240	0.0	
24	29.26	0.00	0.00	1.05	-25.880	38.000	240	0.0	
25	9.95	0.00	0.00	-13.74 - 1.05	-29.352	38.000	240	0.0	

Resistenza al taglio pali 0.00 [kN]

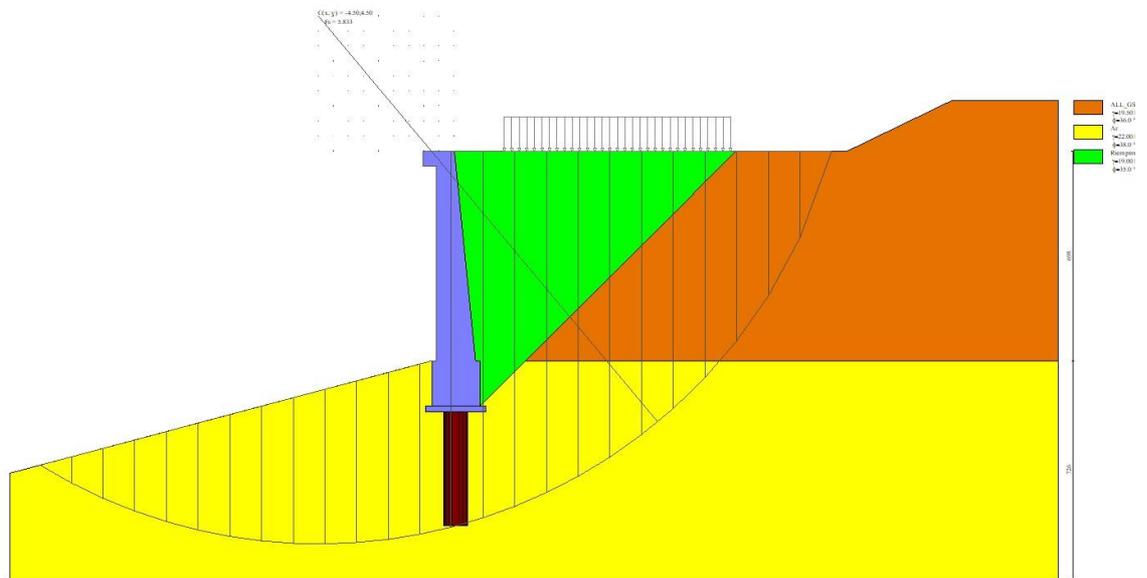


Fig. 20 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

## Cedimenti pali

### Simbologia adottata

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

Ic	Ip	w [cm]
8	1	0.0355
9	1	0.0347
10	1	0.0342

## Spostamenti

### Simbologia adottata

Cmb Tipo combinazione

#### Modello a blocchi

X Spostamento in direzione X (positivo verso monte), espresso in [cm]  
Y Spostamento in direzione Y (positivo verso l'alto), espresso in [cm]  
Phi Rotazione (positiva antioraria), espresso in [°]

### Spostamenti ottenuti con il modello a blocchi

Cmb	X [cm]	Y [cm]	Phi [°]
1 - STR (A1-M1-R3)	-0.95060	-0.06569	0.12155
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	-1.12550	-0.07237	0.14411
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	-1.03698	-0.06442	0.13278
7 - ECC	-1.61990	-0.08148	0.20983
8 - SLER	-0.73690	-0.05675	0.09415
9 - SLEF	-0.66926	-0.05399	0.08545
10 - SLEQ	-0.62566	-0.05219	0.07985

## Sollecitazioni

### Elementi calcolati a trave

#### Simbologia adottata

n° Indice della sezione

X Posizione della sezione, espresso in [m]

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

T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle

M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

### Elementi calcolati a piastra

#### Simbologia adottata

Mx, My Momenti flettenti, espresso in [kNm]

Mxy Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle

Tx, Ty Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

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

## Paramento

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	5.52	0.00	1.24
2	-0.10	7.01	0.03	1.24
3	-0.20	8.57	0.12	1.24
4	-0.30	10.18	0.28	1.25
5	-0.40	11.85	0.49	1.28
6	-0.50	13.58	0.77	1.32
7	-0.60	15.37	1.11	1.40
8	-0.70	17.22	1.51	1.50
9	-0.80	19.12	1.97	1.64
10	-0.90	21.08	2.49	1.82
11	-1.00	23.11	3.07	2.05
12	-1.10	25.19	3.72	2.34
13	-1.20	27.32	4.42	2.68
14	-1.30	29.52	5.19	3.10
15	-1.40	31.78	6.02	3.58
16	-1.50	34.09	6.91	4.14
17	-1.60	36.46	7.86	4.78
18	-1.70	38.89	8.87	5.52
19	-1.79	41.38	9.94	6.34

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
20	-1.89	43.95	11.13	7.26
21	-1.99	46.64	12.47	8.27
22	-2.09	49.44	13.98	9.39
23	-2.19	52.38	15.68	10.63
24	-2.29	55.41	17.52	12.01
25	-2.39	58.53	19.46	13.56
26	-2.49	61.71	21.49	15.28
27	-2.59	64.97	23.59	17.20
28	-2.69	68.28	25.76	19.30
29	-2.79	71.67	28.00	21.61
30	-2.89	75.11	30.32	24.13
31	-2.99	78.62	32.70	26.86
32	-3.09	82.19	35.15	29.81
33	-3.19	85.82	37.67	32.99
34	-3.29	89.51	40.26	36.41
35	-3.39	93.27	42.91	40.06
36	-3.49	97.08	45.63	43.97
37	-3.59	100.96	48.42	48.12
38	-3.69	104.90	51.27	52.54
39	-3.79	108.90	54.19	57.22
40	-3.89	112.95	57.17	62.18
41	-3.99	117.07	60.21	67.41
42	-4.09	121.25	63.32	72.93
43	-4.19	125.49	66.50	78.74
44	-4.29	129.79	69.73	84.84
45	-4.39	134.14	73.04	91.25
46	-4.49	138.56	76.40	97.96
47	-4.59	143.04	79.83	104.99
48	-4.69	147.57	83.32	112.34
49	-4.79	152.17	86.88	120.01
50	-4.89	156.82	90.49	128.02
51	-4.99	161.54	94.18	136.37
52	-5.09	166.31	97.92	145.05
53	-5.19	171.14	101.73	154.09
54	-5.28	176.04	105.59	163.49
55	-5.38	180.99	109.53	173.24
56	-5.48	186.00	113.52	183.37
57	-5.58	191.06	117.58	193.86
58	-5.68	196.19	121.69	204.74
59	-5.78	201.38	125.87	216.00
60	-5.88	206.62	130.12	227.65
61	-5.98	211.93	134.42	239.70
62	-6.08	217.29	138.79	252.15
63	-6.18	222.71	143.22	265.01
64	-6.28	228.19	147.71	278.28
65	-6.38	233.73	152.26	291.97
66	-6.48	239.33	156.88	306.09
67	-6.58	244.98	161.56	320.64
68	-6.68	250.70	166.30	335.62
69	-6.78	256.47	171.10	351.05
70	-6.88	262.30	175.96	366.93
71	-6.98	268.20	180.88	383.26

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	5.98	0.00	1.35
2	-0.10	7.60	0.28	1.36
3	-0.20	9.29	0.64	1.40
4	-0.30	11.05	1.08	1.47
5	-0.40	12.87	1.59	1.59
6	-0.50	14.75	2.17	1.75
7	-0.60	16.70	2.83	1.97
8	-0.70	18.72	3.56	2.25
9	-0.80	20.80	4.37	2.61
10	-0.90	22.95	5.25	3.04
11	-1.00	25.17	6.21	3.55
12	-1.10	27.45	7.25	4.16
13	-1.20	29.79	8.35	4.86
14	-1.30	32.20	9.54	5.66
15	-1.40	34.68	10.80	6.58
16	-1.50	37.22	12.13	7.62
17	-1.60	39.83	13.54	8.79
18	-1.70	42.50	15.02	10.08
19	-1.79	45.24	16.58	11.52
20	-1.89	48.05	18.21	13.10
21	-1.99	50.92	19.92	14.84
22	-2.09	53.86	21.70	16.74
23	-2.19	56.86	23.56	18.81

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
24	-2.29	59.93	25.49	21.05
25	-2.39	63.06	27.50	23.47
26	-2.49	66.26	29.58	26.09
27	-2.59	69.53	31.73	28.89
28	-2.69	72.86	33.97	31.91
29	-2.79	76.25	36.27	35.13
30	-2.89	79.71	38.66	38.57
31	-2.99	83.24	41.11	42.23
32	-3.09	86.84	43.64	46.13
33	-3.19	90.50	46.25	50.26
34	-3.29	94.22	48.93	54.64
35	-3.39	98.01	51.69	59.27
36	-3.49	101.87	54.52	64.16
37	-3.59	105.79	57.43	69.31
38	-3.69	109.78	60.41	74.74
39	-3.79	113.83	63.46	80.45
40	-3.89	117.95	66.59	86.45
41	-3.99	122.13	69.80	92.74
42	-4.09	126.39	73.08	99.33
43	-4.19	130.70	76.44	106.23
44	-4.29	135.08	79.87	113.45
45	-4.39	139.53	83.37	120.98
46	-4.49	144.04	86.95	128.85
47	-4.59	148.62	90.61	137.06
48	-4.69	153.27	94.34	145.60
49	-4.79	157.98	98.15	154.50
50	-4.89	162.75	102.03	163.76
51	-4.99	167.60	105.98	173.38
52	-5.09	172.50	110.01	183.37
53	-5.19	177.48	114.12	193.74
54	-5.28	182.52	118.30	204.49
55	-5.38	187.62	122.55	215.64
56	-5.48	192.79	126.88	227.19
57	-5.58	198.03	131.29	239.14
58	-5.68	203.33	135.77	251.51
59	-5.78	208.69	140.32	264.30
60	-5.88	214.13	144.95	277.51
61	-5.98	219.63	149.66	291.16
62	-6.08	225.19	154.44	305.25
63	-6.18	230.82	159.29	319.79
64	-6.28	236.52	164.22	334.79
65	-6.38	242.28	169.22	350.25
66	-6.48	248.10	174.30	366.18
67	-6.58	254.00	179.46	382.58
68	-6.68	259.96	184.69	399.47
69	-6.78	265.98	189.99	416.85
70	-6.88	272.07	195.37	434.73
71	-6.98	278.23	200.82	453.11

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	5.52	0.00	1.24
2	-0.10	6.89	0.28	1.25
3	-0.20	8.32	0.63	1.29
4	-0.30	9.81	1.05	1.36
5	-0.40	11.35	1.53	1.47
6	-0.50	12.96	2.08	1.63
7	-0.60	14.62	2.70	1.84
8	-0.70	16.33	3.39	2.11
9	-0.80	18.11	4.14	2.44
10	-0.90	19.94	4.96	2.85
11	-1.00	21.83	5.85	3.33
12	-1.10	23.78	6.81	3.90
13	-1.20	25.79	7.83	4.56
14	-1.30	27.85	8.93	5.31
15	-1.40	29.97	10.09	6.17
16	-1.50	32.15	11.32	7.13
17	-1.60	34.39	12.61	8.21
18	-1.70	36.68	13.97	9.42
19	-1.79	39.03	15.41	10.75
20	-1.89	41.44	16.90	12.22
21	-1.99	43.91	18.47	13.82
22	-2.09	46.43	20.11	15.58
23	-2.19	49.02	21.81	17.49
24	-2.29	51.65	23.58	19.56
25	-2.39	54.35	25.42	21.79
26	-2.49	57.11	27.32	24.20
27	-2.59	59.92	29.29	26.79

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
28	-2.69	62.79	31.33	29.56
29	-2.79	65.72	33.44	32.52
30	-2.89	68.70	35.62	35.69
31	-2.99	71.74	37.86	39.05
32	-3.09	74.84	40.17	42.63
33	-3.19	78.00	42.55	46.43
34	-3.29	81.22	45.00	50.44
35	-3.39	84.49	47.51	54.69
36	-3.49	87.82	50.10	59.17
37	-3.59	91.21	52.75	63.90
38	-3.69	94.66	55.46	68.87
39	-3.79	98.16	58.25	74.10
40	-3.89	101.72	61.10	79.60
41	-3.99	105.34	64.02	85.35
42	-4.09	109.01	67.01	91.39
43	-4.19	112.75	70.07	97.70
44	-4.29	116.54	73.19	104.30
45	-4.39	120.39	76.38	111.19
46	-4.49	124.30	79.64	118.39
47	-4.59	128.26	82.97	125.88
48	-4.69	132.28	86.36	133.69
49	-4.79	136.36	89.83	141.82
50	-4.89	140.50	93.36	150.28
51	-4.99	144.69	96.95	159.06
52	-5.09	148.94	100.62	168.18
53	-5.19	153.25	104.35	177.65
54	-5.28	157.62	108.15	187.46
55	-5.38	162.05	112.02	197.64
56	-5.48	166.53	115.96	208.17
57	-5.58	171.07	119.96	219.08
58	-5.68	175.67	124.03	230.36
59	-5.78	180.32	128.17	242.02
60	-5.88	185.04	132.38	254.07
61	-5.98	189.81	136.66	266.51
62	-6.08	194.63	141.00	279.35
63	-6.18	199.52	145.41	292.61
64	-6.28	204.46	149.89	306.27
65	-6.38	209.46	154.43	320.36
66	-6.48	214.52	159.05	334.87
67	-6.58	219.64	163.73	349.81
68	-6.68	224.81	168.48	365.19
69	-6.78	230.04	173.29	381.02
70	-6.88	235.33	178.18	397.30
71	-6.98	240.68	183.13	414.03

Combinazione n° 7 - ECC

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	5.52	100.00	101.24
2	-0.10	7.01	100.02	111.21
3	-0.20	8.55	100.10	121.19
4	-0.30	10.15	100.21	131.17
5	-0.40	11.79	100.38	141.17
6	-0.50	13.48	100.59	151.18
7	-0.60	15.23	100.85	161.22
8	-0.70	17.02	101.16	171.28
9	-0.80	18.87	101.51	181.37
10	-0.90	20.77	101.91	191.50
11	-1.00	22.71	102.36	201.67
12	-1.10	24.71	102.86	211.88
13	-1.20	26.76	103.40	222.14
14	-1.30	28.86	103.99	232.45
15	-1.40	31.00	104.63	242.82
16	-1.50	33.20	105.31	253.25
17	-1.60	35.45	106.04	263.74
18	-1.70	37.75	106.82	274.31
19	-1.79	40.11	107.65	284.95
20	-1.89	42.51	108.52	295.67
21	-1.99	44.96	109.44	306.48
22	-2.09	47.46	110.41	317.37
23	-2.19	50.01	111.42	328.35
24	-2.29	52.62	112.49	339.44
25	-2.39	55.27	113.60	350.62
26	-2.49	57.98	114.75	361.91
27	-2.59	60.73	115.96	373.31
28	-2.69	63.54	117.21	384.82
29	-2.79	66.39	118.50	396.46
30	-2.89	69.30	119.85	408.22
31	-2.99	72.26	121.24	420.10

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
32	-3.09	75.27	122.68	432.12
33	-3.19	78.33	124.17	444.28
34	-3.29	81.43	125.70	456.57
35	-3.39	84.59	127.28	469.01
36	-3.49	87.80	128.91	481.61
37	-3.59	91.06	130.59	494.35
38	-3.69	94.37	132.31	507.26
39	-3.79	97.74	134.08	520.33
40	-3.89	101.15	135.90	533.57
41	-3.99	104.61	137.76	546.98
42	-4.09	108.12	139.67	560.57
43	-4.19	111.69	141.63	574.34
44	-4.29	115.30	143.64	588.29
45	-4.39	118.97	145.69	602.44
46	-4.49	122.68	147.79	616.77
47	-4.59	126.45	149.94	631.31
48	-4.69	130.26	152.13	646.06
49	-4.79	134.13	154.37	661.01
50	-4.89	138.05	156.66	676.17
51	-4.99	142.02	159.00	691.55
52	-5.09	146.03	161.38	707.15
53	-5.19	150.10	163.81	722.97
54	-5.28	154.22	166.29	739.03
55	-5.38	158.39	168.82	755.32
56	-5.48	162.61	171.39	771.85
57	-5.58	166.88	174.01	788.62
58	-5.68	171.21	176.67	805.64
59	-5.78	175.58	179.39	822.92
60	-5.88	180.00	182.15	840.45
61	-5.98	184.47	184.96	858.24
62	-6.08	189.00	187.81	876.30
63	-6.18	193.57	190.72	894.62
64	-6.28	198.20	193.67	913.23
65	-6.38	202.87	196.66	932.11
66	-6.48	207.60	199.71	951.27
67	-6.58	212.37	202.80	970.72
68	-6.68	217.20	205.94	990.46
69	-6.78	222.08	209.12	1010.51
70	-6.88	227.00	212.36	1030.85
71	-6.98	231.98	215.64	1051.49

Combinazione n° 8 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	5.52	0.00	1.24
2	-0.10	7.01	0.02	1.24
3	-0.20	8.55	0.10	1.25
4	-0.30	10.15	0.21	1.26
5	-0.40	11.79	0.38	1.28
6	-0.50	13.48	0.59	1.33
7	-0.60	15.23	0.85	1.39
8	-0.70	17.02	1.16	1.48
9	-0.80	18.87	1.51	1.60
10	-0.90	20.77	1.91	1.76
11	-1.00	22.71	2.36	1.95
12	-1.10	24.71	2.86	2.19
13	-1.20	26.76	3.40	2.48
14	-1.30	28.86	3.99	2.82
15	-1.40	31.00	4.63	3.22
16	-1.50	33.20	5.31	3.68
17	-1.60	35.45	6.04	4.20
18	-1.70	37.75	6.82	4.80
19	-1.79	40.11	7.65	5.47
20	-1.89	42.53	8.55	6.21
21	-1.99	45.03	9.57	7.03
22	-2.09	47.63	10.72	7.93
23	-2.19	50.34	12.01	8.92
24	-2.29	53.13	13.41	10.03
25	-2.39	55.99	14.88	11.26
26	-2.49	58.91	16.43	12.64
27	-2.59	61.88	18.03	14.15
28	-2.69	64.91	19.68	15.82
29	-2.79	68.00	21.40	17.64
30	-2.89	71.14	23.16	19.62
31	-2.99	74.33	24.98	21.78
32	-3.09	77.58	26.85	24.10
33	-3.19	80.88	28.77	26.60
34	-3.29	84.23	30.75	29.28
35	-3.39	87.64	32.77	32.14

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
36	-3.49	91.10	34.85	35.20
37	-3.59	94.61	36.97	38.45
38	-3.69	98.17	39.15	41.91
39	-3.79	101.79	41.38	45.57
40	-3.89	105.45	43.65	49.44
41	-3.99	109.17	45.98	53.53
42	-4.09	112.94	48.35	57.83
43	-4.19	116.76	50.78	62.36
44	-4.29	120.64	53.25	67.12
45	-4.39	124.56	55.77	72.12
46	-4.49	128.54	58.35	77.35
47	-4.59	132.57	60.97	82.83
48	-4.69	136.65	63.63	88.55
49	-4.79	140.78	66.35	94.52
50	-4.89	144.96	69.12	100.76
51	-4.99	149.19	71.93	107.25
52	-5.09	153.48	74.79	114.01
53	-5.19	157.81	77.70	121.04
54	-5.28	162.20	80.66	128.34
55	-5.38	166.63	83.66	135.93
56	-5.48	171.12	86.72	143.80
57	-5.58	175.66	89.82	151.95
58	-5.68	180.25	92.97	160.41
59	-5.78	184.89	96.17	169.15
60	-5.88	189.58	99.41	178.20
61	-5.98	194.32	102.71	187.56
62	-6.08	199.12	106.05	197.23
63	-6.18	203.96	109.44	207.21
64	-6.28	208.86	112.87	217.51
65	-6.38	213.80	116.36	228.14
66	-6.48	218.80	119.89	239.10
67	-6.58	223.84	123.47	250.39
68	-6.68	228.94	127.09	262.02
69	-6.78	234.09	130.77	273.99
70	-6.88	239.29	134.49	286.31
71	-6.98	244.54	138.26	298.98

Combinazione n° 9 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	5.52	0.00	1.24
2	-0.10	7.01	0.02	1.24
3	-0.20	8.55	0.10	1.25
4	-0.30	10.15	0.21	1.26
5	-0.40	11.79	0.38	1.28
6	-0.50	13.48	0.59	1.33
7	-0.60	15.23	0.85	1.39
8	-0.70	17.02	1.16	1.48
9	-0.80	18.87	1.51	1.60
10	-0.90	20.77	1.91	1.76
11	-1.00	22.71	2.36	1.95
12	-1.10	24.71	2.86	2.19
13	-1.20	26.76	3.40	2.48
14	-1.30	28.86	3.99	2.82
15	-1.40	31.00	4.63	3.22
16	-1.50	33.20	5.31	3.68
17	-1.60	35.45	6.04	4.20
18	-1.70	37.75	6.82	4.80
19	-1.79	40.11	7.65	5.47
20	-1.89	42.51	8.52	6.22
21	-1.99	44.96	9.44	7.05
22	-2.09	47.47	10.42	7.97
23	-2.19	50.04	11.47	8.98
24	-2.29	52.68	12.60	10.08
25	-2.39	55.40	13.82	11.28
26	-2.49	58.18	15.12	12.59
27	-2.59	61.03	16.49	14.03
28	-2.69	63.93	17.91	15.59
29	-2.79	66.88	19.39	17.29
30	-2.89	69.89	20.91	19.12
31	-2.99	72.95	22.48	21.10
32	-3.09	76.06	24.11	23.23
33	-3.19	79.22	25.78	25.52
34	-3.29	82.43	27.50	27.96
35	-3.39	85.69	29.26	30.57
36	-3.49	89.01	31.08	33.34
37	-3.59	92.37	32.94	36.28
38	-3.69	95.79	34.85	39.41
39	-3.79	99.25	36.81	42.71

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
40	-3.89	102.77	38.82	46.20
41	-3.99	106.34	40.87	49.88
42	-4.09	109.96	42.98	53.75
43	-4.19	113.63	45.13	57.83
44	-4.29	117.35	47.33	62.10
45	-4.39	121.12	49.57	66.59
46	-4.49	124.94	51.87	71.29
47	-4.59	128.82	54.21	76.20
48	-4.69	132.74	56.60	81.34
49	-4.79	136.72	59.03	86.70
50	-4.89	140.74	61.51	92.29
51	-4.99	144.82	64.05	98.12
52	-5.09	148.94	66.62	104.19
53	-5.19	153.12	69.25	110.50
54	-5.28	157.35	71.92	117.06
55	-5.38	161.63	74.64	123.88
56	-5.48	165.96	77.41	130.95
57	-5.58	170.34	80.23	138.28
58	-5.68	174.77	83.09	145.88
59	-5.78	179.25	86.00	153.75
60	-5.88	183.78	88.96	161.89
61	-5.98	188.36	91.96	170.32
62	-6.08	192.99	95.01	179.03
63	-6.18	197.68	98.11	188.02
64	-6.28	202.41	101.26	197.31
65	-6.38	207.20	104.45	206.90
66	-6.48	212.03	107.70	216.79
67	-6.58	216.92	110.98	226.99
68	-6.68	221.85	114.32	237.49
69	-6.78	226.84	117.70	248.32
70	-6.88	231.88	121.13	259.46
71	-6.98	236.96	124.61	270.92

Combinazione n° 10 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	5.52	0.00	1.24
2	-0.10	7.01	0.02	1.24
3	-0.20	8.55	0.10	1.25
4	-0.30	10.15	0.21	1.26
5	-0.40	11.79	0.38	1.28
6	-0.50	13.48	0.59	1.33
7	-0.60	15.23	0.85	1.39
8	-0.70	17.02	1.16	1.48
9	-0.80	18.87	1.51	1.60
10	-0.90	20.77	1.91	1.76
11	-1.00	22.71	2.36	1.95
12	-1.10	24.71	2.86	2.19
13	-1.20	26.76	3.40	2.48
14	-1.30	28.86	3.99	2.82
15	-1.40	31.00	4.63	3.22
16	-1.50	33.20	5.31	3.68
17	-1.60	35.45	6.04	4.20
18	-1.70	37.75	6.82	4.80
19	-1.79	40.11	7.65	5.47
20	-1.89	42.51	8.52	6.22
21	-1.99	44.96	9.44	7.05
22	-2.09	47.46	10.41	7.97
23	-2.19	50.01	11.42	8.98
24	-2.29	52.62	12.49	10.09
25	-2.39	55.27	13.60	11.31
26	-2.49	57.98	14.75	12.62
27	-2.59	60.73	15.96	14.05
28	-2.69	63.54	17.21	15.60
29	-2.79	66.39	18.50	17.26
30	-2.89	69.30	19.85	19.04
31	-2.99	72.26	21.24	20.96
32	-3.09	75.27	22.68	23.01
33	-3.19	78.33	24.17	25.19
34	-3.29	81.43	25.70	27.51
35	-3.39	84.59	27.28	29.99
36	-3.49	87.80	28.91	32.61
37	-3.59	91.06	30.59	35.38
38	-3.69	94.37	32.31	38.32
39	-3.79	97.74	34.08	41.42
40	-3.89	101.15	35.90	44.68
41	-3.99	104.61	37.76	48.12
42	-4.09	108.12	39.67	51.74
43	-4.19	111.69	41.63	55.54

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
44	-4.29	115.30	43.64	59.52
45	-4.39	118.97	45.69	63.69
46	-4.49	122.68	47.79	68.06
47	-4.59	126.45	49.94	72.63
48	-4.69	130.26	52.13	77.40
49	-4.79	134.13	54.37	82.38
50	-4.89	138.05	56.66	87.57
51	-4.99	142.02	59.00	92.98
52	-5.09	146.03	61.38	98.60
53	-5.19	150.10	63.81	104.46
54	-5.28	154.22	66.29	110.54
55	-5.38	158.39	68.82	116.86
56	-5.48	162.61	71.39	123.42
57	-5.58	166.88	74.01	130.22
58	-5.68	171.21	76.67	137.27
59	-5.78	175.58	79.39	144.58
60	-5.88	180.00	82.15	152.13
61	-5.98	184.47	84.96	159.95
62	-6.08	189.00	87.81	168.04
63	-6.18	193.57	90.72	176.40
64	-6.28	198.20	93.67	185.03
65	-6.38	202.87	96.66	193.93
66	-6.48	207.60	99.71	203.13
67	-6.58	212.37	102.80	212.61
68	-6.68	217.20	105.94	222.38
69	-6.78	222.08	109.12	232.45
70	-6.88	227.00	112.36	242.82
71	-6.98	231.98	115.64	253.49

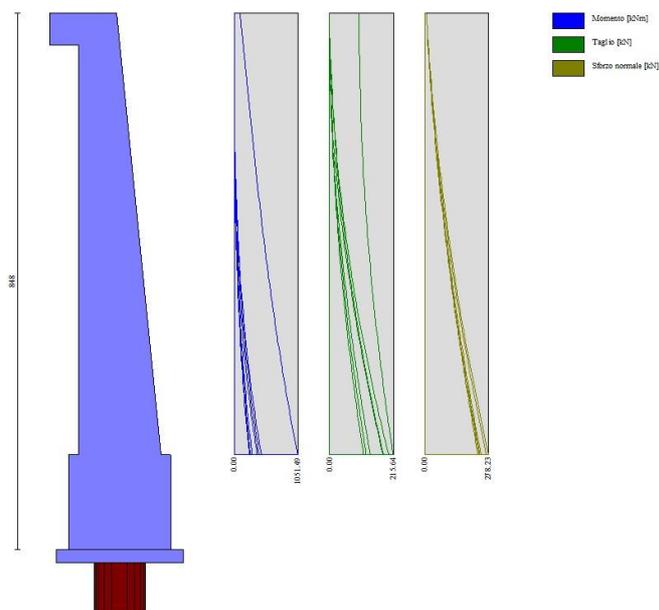


Fig. 21 - Paramento (Inviluppo)

*Mensola valle*

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.05	0.00	0.00	0.00
2	-0.96	0.00	1.10	0.05
3	-0.87	0.00	2.21	0.20
4	-0.78	0.00	3.31	0.45

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
5	-0.69	0.00	4.41	0.79
6	-0.60	0.00	5.52	1.24

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.05	0.00	0.00	0.00
2	-0.96	0.00	1.20	0.05
3	-0.87	0.00	2.39	0.22
4	-0.78	0.00	3.59	0.48
5	-0.69	0.00	4.78	0.86
6	-0.60	0.00	5.98	1.35

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.05	0.00	0.00	0.00
2	-0.96	0.00	1.10	0.05
3	-0.87	0.00	2.21	0.20
4	-0.78	0.00	3.31	0.45
5	-0.69	0.00	4.41	0.79
6	-0.60	0.00	5.52	1.24

Combinazione n° 7 - ECC

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.05	0.00	0.00	0.00
2	-0.96	0.00	1.10	0.05
3	-0.87	0.00	2.21	0.20
4	-0.78	0.00	3.31	0.45
5	-0.69	0.00	4.41	0.79
6	-0.60	0.00	5.52	1.24

Combinazione n° 8 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.05	0.00	0.00	0.00
2	-0.96	0.00	1.10	0.05
3	-0.87	0.00	2.21	0.20
4	-0.78	0.00	3.31	0.45
5	-0.69	0.00	4.41	0.79
6	-0.60	0.00	5.52	1.24

Combinazione n° 9 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.05	0.00	0.00	0.00
2	-0.96	0.00	1.10	0.05
3	-0.87	0.00	2.21	0.20
4	-0.78	0.00	3.31	0.45
5	-0.69	0.00	4.41	0.79
6	-0.60	0.00	5.52	1.24

Combinazione n° 10 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.05	0.00	0.00	0.00
2	-0.96	0.00	1.10	0.05
3	-0.87	0.00	2.21	0.20
4	-0.78	0.00	3.31	0.45
5	-0.69	0.00	4.41	0.79
6	-0.60	0.00	5.52	1.24

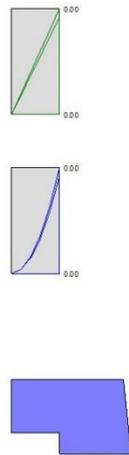


Fig. 22 - Mensola valle (Inviluppo)

## Sollecitazioni pali

### Simbologia adottata

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

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

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	450.04	10380.36	-283.63	-541.00	761.72	1452.92
8	0.28	445.03	10203.34	23.17	23.65	797.87	1528.40
34	1.32	420.46	9421.29	373.28	715.49	525.73	1016.10
101	4.00	313.67	6554.73	2.10	4.14	0.00	0.00

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

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	468.79	10380.52	-322.28	-515.64	912.47	1459.96
8	0.28	463.46	10203.50	38.23	44.09	951.85	1528.45
34	1.32	437.48	9421.46	445.10	715.09	622.57	1007.24
101	4.00	325.45	6554.93	2.45	4.03	0.00	0.00

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

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	405.42	10123.36	-296.67	-515.00	840.90	1459.76
8	0.28	401.17	9946.32	35.43	43.30	877.12	1528.45
34	1.32	379.93	9164.15	410.15	715.10	573.60	1007.58
101	4.00	285.64	6297.17	2.26	4.04	0.00	0.00

### Combinazione n° 7 - ECC

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	401.84	10033.94	-296.79	-309.31	1441.41	1502.22
5	0.16	399.52	9934.51	16.79	14.79	1465.68	1527.94
31	1.20	379.54	9174.99	682.14	711.15	979.26	1022.05
101	4.00	283.39	6207.75	3.08	3.22	0.00	0.00

Combinazione n° 8 - SLER

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	417.60	10375.80	-225.18	-556.45	586.31	1448.83
8	0.28	413.15	10198.75	13.72	12.07	615.69	1528.31
34	1.32	391.00	9416.59	288.13	715.69	407.49	1021.09
101	4.00	293.29	6549.63	1.65	4.20	0.00	0.00

Combinazione n° 9 - SLEF

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	408.11	10190.61	-208.08	-567.99	529.70	1445.92
8	0.28	403.81	10013.57	9.62	3.50	557.28	1528.37
34	1.32	382.37	9231.40	260.86	715.90	370.06	1024.85
101	4.00	287.33	6364.42	1.51	4.25	0.00	0.00

Combinazione n° 10 - SLEQ

n°	Y [m]	N [kN]	Nr [kN]	T [kN]	Tr [kN]	M [kNm]	Mr [kNm]
1	0.00	401.84	10034.01	-196.79	-575.84	493.41	1443.81
8	0.28	397.65	9856.96	7.18	-2.49	519.77	1528.33
34	1.32	376.69	9074.79	243.34	716.00	345.93	1027.43
101	4.00	283.39	6207.82	1.41	4.28	0.00	0.00

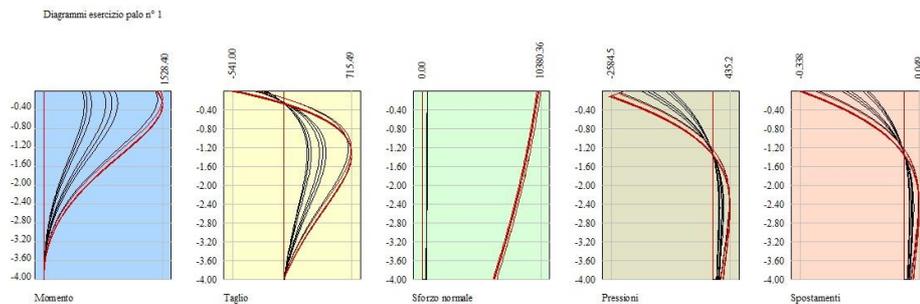


Fig. 28 - Sollecitazioni palo (Palo n° 1) (Inviluppo)

## Verifiche strutturali

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali del paramento in c.a. soggetto a pressoflessione e a taglio condotte mediante l'ausilio del software RC-SEC.

## Paramento

SOLLECITAZIONI PARAMENTO pk 0+848			
	N max [KN]	M max [KNm]	T max [KN]
SLU	268.2	383.26	180.88
ECC	231.98	1051.49	215.64
SLE RARA	244.54	298.98	-
SLV+	278.23	453.11	200.82
SLV-	240.68	414.03	183.13

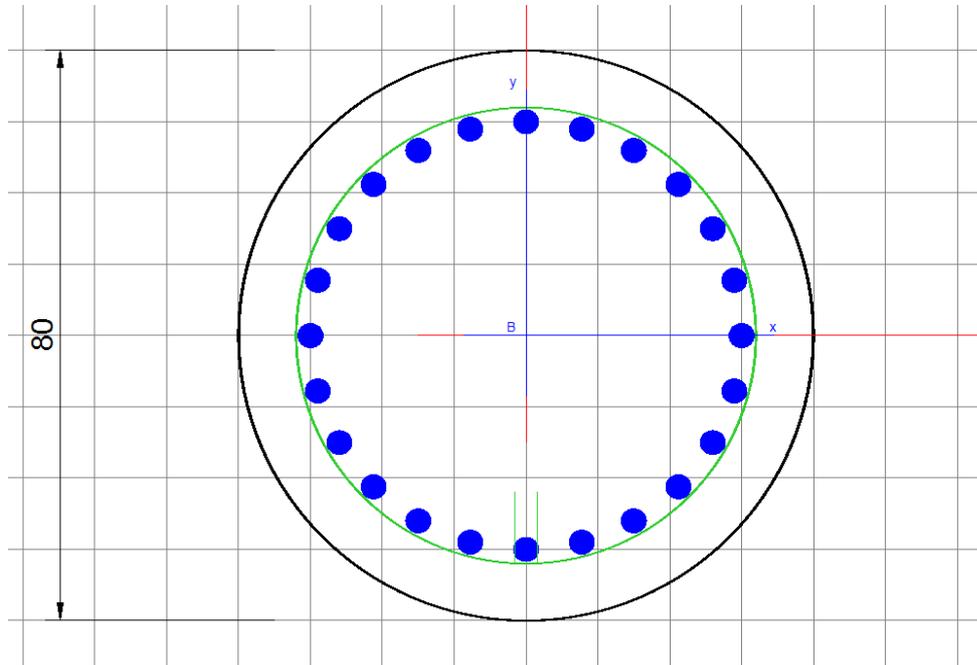
Le sollecitazioni sono le stesse del caso precedente, pertanto, l'armatura è la medesima.

## Pali $\Phi 800/1000$ L=4m

SOLLECITAZIONI PALI pk 0+868			
	N [KN] (*)	M max [KNm]	T max [KN]
SLU	445.03	797.87	373.28
ECC	399.52	1465.68	682.14
SLE RARA	413.15	615.69	-
SLV+	463.46	951.85	445.1
SLV-	401.17	877.12	410.15

(\*) Sforzo normale in corrispondenza di Mmax

- Calcestruzzo classe C25/30
- Acciaio di armatura in tondi classe B450C
- Copriferro: 7.5 cm
- Armature di pressoflessione: 24 $\Phi$ 30
- Armature di taglio: spirale  $\Phi$ 10/10
- FS pressoflessione min. = 1.08
- FS taglio min. = 1.1
- Apertura fessure  $w = 0.269$  mm < 0.3mm



## VERIFICA SLU/SLE

### DATI GENERALI SEZIONE CIRCOLARE DI PALO IN C.A.

Descrizione Sezione:	Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	Sezione predefinita di Palo
Tipologia sezione:	Circolare
Forma della sezione:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Moderat. aggressive
Condizioni Ambientali:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Comb. non sismiche
Riferimento alla sismicità:	

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

<b>CALCESTRUZZO -</b>	Classe:	C25/30
	Resistenza compress. di progetto fcd:	14.16 MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	7.08 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.56 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	15.0 MPa

**ACCIAIO -** Tipo: B450C

Resist. caratt. a snervamento $f_{yk}$ :	450.0	MPa
Resist. caratt. a rottura $f_{tk}$ :	450.0	MPa
Resist. a snerv. di progetto $f_{yd}$ :	391.3	MPa
Resist. ultima di progetto $f_{td}$ :	391.3	MPa
Deform. ultima di progetto $E_{pu}$ :	0.068	
Modulo Elastico $E_f$ :	200000.0	MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 * \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$ :	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	360.0	MPa

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	80.0	cm
Barre circonferenza:	24Ø30	(169.6 cm <sup>2</sup> )
Coprif.(dal baric. barre):	10.0	cm

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	445.03	797.87	373.28	0.00
2	399.52	1465.68	682.14	0.00

### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	413.15	615.69

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.5	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	4.8	cm
Interferro massimo barre longitudinali:	0.0	cm [deve essere < 0.0]
Copriferro netto minimo staffe:	7.5	cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata	
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)	
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico	
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)	
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico	
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1.000$	
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.	
As Tot.	Area complessiva armature long. pilastro [cm <sup>2</sup> ]. (tra parentesi l'area minima di normativa)	

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
--------	-----	---	----	------	-------	----------	----	-----	--------	---------

1	S	445.03	797.87	445.19	1590.50	1.993	9.3	---	---	169.6 (15.1)
2	S	399.52	1465.68	399.53	1585.70	1.082	9.5	---	---	169.6 (15.1)

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	40.0	0.00236	30.0	-0.00448	-30.0
2	0.00350	40.0	0.00235	30.0	-0.00453	-30.0

### ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe/legature:	10	mm	
Passo staffe:	10.0	cm	[Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
N.Bracci staffe:	2		
Area staffe/m :	15.7	cm <sup>2</sup> /m	[Area Staffe Minima NTC = 2.3 cm <sup>2</sup> /m]

### VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vrd	Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw z	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro   Braccio coppia interna
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm <sup>2</sup> /m]

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	bw z	Ctg	Acw	ASt
1	S	373.28	911.20	748.22	72.1 48.7	2.500	1.063	7.8
2	S	682.14	907.25	749.30	72.2 48.8	2.500	1.056	14.3

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	11.01	-40.0	0.00	40.0	-177.3	30.0	25.0	1762	63.6	----

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 * e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00113	0.00083		0.50	0.60	0.000625 (0.000532)	430	0.269 (990.00)	217.15

## VERIFICA SLV

### DATI GENERALI SEZIONE CIRCOLARE DI PALO IN C.A.

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di Palo
Forma della sezione:	Circolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resistenza compress. di progetto fcd:	14.16 MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	7.08 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.56 MPa	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	80.0	cm
Barre circonferenza:	24Ø30	(169.6 cm <sup>2</sup> )
Coprif.(dal baric. barre):	10.0	cm

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	463.46	951.85	445.10	0.00
2	401.17	877.12	410.15	0.00

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.5	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	4.8	cm
Interferro massimo barre longitudinali:	0.0	cm [deve essere < 0.0]
Copriferro netto minimo staffe:	7.5	cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	463.46	951.85			1.286	6.2	---	---	169.6 (15.1)
2	S	401.17	877.12			1.383	6.4	---	---	169.6 (15.1)

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00183	40.0	0.00128	30.0	-0.00196	-30.0
2	0.00180	40.0	0.00126	30.0	-0.00196	-30.0

### ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe/legature:	10	mm
Passo staffe:	10.0	cm [Passo massimo di normativa = 24.0 cm]

N.Bracci staffe: 2  
Area staffe/m : 15.7 cm<sup>2</sup>/m [Area Staffe Minima NTC = 2.4 cm<sup>2</sup>/m]

### VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata  
Ved Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)  
Vrd Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]  
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]  
bw|z Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Braccio coppia interna  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
ASt Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm<sup>2</sup>/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	bw z	Ctg	Acw	ASt
1	S	445.10	888.48	730.91	71.8 47.6	2.500	1.065	9.6
2	S	410.15	883.01	732.19	71.9 47.6	2.500	1.056	8.8