

COMUNE DI ROCCAFORTE LIGURE

Lavori di:COMPLETAMENTO MESSA IN SICUREZZA ABITATO FRAZIONE
BORASSI**Oggetto**EL 2:
RELAZIONE SPECIALISTICA DI CALCOLO**Committente:**

Progettista:Ing. Alberto Andrea, Phd.
Corso Roma n°40
Savigliano (CN)**Costruttore carpenteria metallica:**



DATA	CODICE	PROGETTO	ESEGUITO DA	CONTROLLATO APPROVATO
REVISIONE	DATA	OGGETTO		
0_Emissione	-	Relazione specialistica di calcolo		

SOMMARIO

➤	PREMESSA	4
➤	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
➤	DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO	6
➤	INDIVIDUAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO	9
➤	DURABILITA'	11
➤	MATERIALI	15
➤	STATI LIMITE – COMBINAZIONE DELLE AZIONI	17
➤	NORMATIVA SELEZIONATA.....	20

TIPOLOGICO MURO 1

➤	ELEMENTI STRUTTURALI	21
➤	STRATIGRAFIA	22
➤	OPZIONI DI CALCOLO	23
➤	CASI DI CARICO	25
➤	VERIFICHE GEOTECNICHE	25
➤	VERIFICHE STRUTTURALI	26
➤	RIASSUNTO VERIFICHE	35

TIPOLOGICO MURO 2

➤	ELEMENTI STRUTTURALI	36
➤	STRATIGRAFIA	37
➤	OPZIONI DI CALCOLO	38
➤	CASI DI CARICO	40
➤	VERIFICHE GEOTECNICHE	40
➤	VERIFICHE STRUTTURALI	41
➤	RIASSUNTO VERIFICHE	49

TIPOLOGICO MURO 3

➤	ELEMENTI STRUTTURALI	50
➤	STRATIGRAFIA	51
➤	OPZIONI DI CALCOLO	52
➤	CASI DI CARICO	54
➤	VERIFICHE GEOTECNICHE	54
➤	VERIFICHE STRUTTURALI	55
➤	RIASSUNTO VERIFICHE	63

TIPOLOGICO MURO 4

➤ ELEMENTI STRUTTURALI	64
➤ STRATIGRAFIA	65
➤ OPZIONI DI CALCOLO	66
➤ CASI DI CARICO	68
➤ VERIFICHE GEOTECNICHE	68
➤ VERIFICHE STRUTTURALI	69
➤ RIASSUNTO VERIFICHE	80
➤ CONCLUSIONI	81

➤ **PREMESSA**

Il presente elaborato illustra la modellazione ed il calcolo della struttura oggetto di indagine. L'intervento riguarda la messa in sicurezza di alcuni tratti oggetto di dissesto da consolidarsi con opere di muri controterra su micropali di fondazione.

Tutti gli elementi verificati nel presente documento sono presenti negli elaborati grafici relativi. Il complesso degli interventi è sito nel comune di Roccaforte Ligure - Frazione Borassi, in provincia di Alessandria.

Il metodo di calcolo utilizzato è quello semiprobabilistico agli Stati Limite, riportato nell'Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni» di cui al D.M. 17 Gennaio 2018 e Circ. Min. n°7 del 21 Gennaio 2019.

La presente relazione è redatta in accordo a quanto previsto dalla normativa in vigore (capitolo 10 dell'Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni» di cui al D.M. 17 Gennaio 2018).

➤ **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

[1] **D.M. 17 Gennaio 2018**

Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni»

[2] **Circolare 21 Gennaio 2019 n°7**

“ Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018 “;

[3] **UNI EN 206-1**

“ Calcestruzzo - specificazione, prestazione, produzione e conformità “

[4] **UNI ENV 1992-1-1 Eurocodice 2**

“ Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici “;

[5] **D.P.R. 6 Giugno 2001, n° 380**

“ Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia “;

[6] **LEGGE 5 NOVEMBRE 1971 N° 1086**

“Norma per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.”

[7] **UNI-ENV 13670-1**

“ Esecuzione di strutture di calcestruzzo – Requisiti comuni “;

[8] **STC**

“ Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale “;

[9] **STC**

“ Linee guida per la produzione, il trasporto e il controllo del calcestruzzo preconfezionato “;

[10] **PROGETTO CONCRETE**

“ Linee guida per la prescrizione delle opere in cemento armato “ – parte 1 & 2;

➤ DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO

In fase di progettazione strutturale, alla luce dell'Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni», si sono assunti i seguenti parametri di progetto:

STRUTTURA

- VITA NOMINALE

Opera ordinaria

Pertanto si attribuisce, ai sensi del Cap.2 - §2.4.1 : **$V_N = 50$ anni**

- CLASSE D'USO II

Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti

Pertanto si attribuisce, ai sensi del Cap.2 - §2.4.3 : **$C_U = 1.0$**

- PERIODO DI RIFERIMENTO

Valutato in relazione alla vita nominale e il coefficiente d'uso:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1.0 = 50 \text{ anni}$$

6

AZIONE SISMICA

- CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO

Categoria B ed E

- CATEGORIA TOPOGRAFICA

Categoria T1 : “ Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $1 < 15^\circ$ “

- COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

$S_T = 1,00$: “Nessuna ubicazione particolare dell'opera o dell'intervento”

- ZONA SISMICA DEL SITO

ZONA 3

- COORDINATE DEL SITO

Long.= 9.032

Lat.= 44.667

- TIPOLOGIA DI COSTRUZIONE

Struttura in c.a.o.

- TIPOLOGIA DI STRUTTURA

Struttura a pareti

CRITERI DI PROGETTAZIONE E MODELLAZIONE

- CLASSE DI DUTTILITA'

CD"B" , classe di duttilità bassa

- STRUTTURA REGOLARE IN PIANTA
- STRUTTURA REGOLARE IN ELEVAZIONE
- TIPOLOGIA DI FONDAZIONE

Travi continue

- PROGRAMMA DI CALCOLO

DOLMEN 20® Validato e certificato

7

DEFINIZIONE DEL MODELLO DELLA STRUTTURA

Modello F.E.M. realizzato utilizzando elementi Asta (monodimensionali) con sei gradi di libertà per nodo, elementi Barra con tre gradi di libertà per nodo ed elementi bidimensionali con comportamento a piastra con sei gradi di libertà per nodo. Tutti gli elementi finiti sono stati costruiti secondo l'asse dell'elemento strutturale di appartenenza. I carichi e gli eventuali cedimenti o deformazioni impresse vengono applicati su aree di carico opportunamente individuate e ripartiti ai nodi del modello FEM. Attraverso IL PRINCIPIO DEI LAVORI VIRTUALI, si risale agli spostamenti dei nodi stessi sottoposti a carico. L'energia potenziale elastica permette di definire la matrice di rigidezza della struttura in termini quadratici degli spostamenti e quindi di risalire alle forze nodali

degli elementi (sollecitazioni). Quando si utilizzano elementi finiti bidimensionali unitamente ad elementi finiti monodimensionali, particolare attenzione va posta in fase di modellazione al fine di evitare il fenomeno del Drilling (Accoppiamento rotazionale) in modo tale da trasferire correttamente le caratteristiche di sollecitazione flettente che, come soprascritto, si definiscono attraverso i termini rotazionali della matrice di rigidezza globale della struttura (es. dalla platea ai pilastri in elevazione e viceversa).

ANALISI DINAMICA

Il metodo utilizzato nel presente progetto è l'analisi lineare dinamica volta a determinare gli effetti dell'azione sismica sul manufatto. L'equilibrio è trattato dinamicamente modellando l'azione sismica secondo gli spettri di progetto ottenuti dalle calcolazioni effettuate (v. paragrafo successivo). Le risultanze di calcolo, ai fini dell'analisi modale con spettro di risposta hanno fornito gli autovalori del sistema, ovvero i modi di vibrare della struttura. Alla luce di quanto previsto dalle NTC '18, occorre prendere tutti i modi di vibrare che abbiano almeno il 5% di partecipazione modale (cioè che riescano a coinvolgere durante la vibrazione prevista per quel modo almeno il 5% della massa modale di tutta la struttura) per un ottenere almeno l'85% in x e y. Non è stato possibile ottenere la quota di partecipazione modale richiesta in direzione x, data l'elevata rigidezza della struttura in tale direzione. Non è stata contemplata la casistica del sisma verticale in quanto la struttura non ricade nei casi previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni.

8

VERIFICHE DI RESISTENZA (§7.10.6.1)

Sono state eseguite nei confronti dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), appurando che la caratteristica resistente di progetto R_d fosse superiore alla caratteristica agente di progetto E_d .

VERIFICHE NEI CONFRONTI DELLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (§7.10.6.2)

Sono state svolte in termini di contenimento del danno valutando le azioni allo Stato Limite di Danno (SLD) e di mantenimento della funzionalità.

➤ INDIVIDUAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO

Per il calcolo delle sollecitazioni e per le verifiche di resistenza si è fatto ricorso all'elaboratore elettronico utilizzando il programma di calcolo DOLMEN WIN (R), versione 2020, prodotto, distribuito ed assistito dalla CDM DOLMEN srl, con sede in Torino, Via Drovetti 9/F.

Questa procedura è sviluppata in ambiente Windows, è stata scritta utilizzando i linguaggi Fortran e C. DOLMEN WIN permette l'analisi elastica lineare di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà utilizzando un solutore ad elementi finiti. Gli elementi considerati sono la trave, con eventuali svincoli interni o rotazione attorno al proprio asse, ed il guscio, sia rettangolare che triangolare, avente comportamento di membrana e di piastra. I carichi possono essere applicati sia ai nodi, come forze o coppie concentrate, sia sulle travi, come forze distribuite, trapezie, concentrate, come coppie e come distorsioni termiche. I vincoli sono forniti tramite le sei costanti di rigidezza elastica.

A supporto del programma è fornito un ampio manuale d'uso contenente fra l'altro una vasta serie di test di validazione sia su esempi classici di Scienza delle Costruzioni, sia su strutture particolarmente impegnative e reperibili nella bibliografia specializzata.

GRADO DI AFFIDABILITA' DEL CODICE

L' affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza di un'ampia documentazione di supporto, come indicato nel paragrafo precedente. La presenza di un modulo CAD per l'introduzione di dati permette la visualizzazione dettagliata degli elementi introdotti. È possibile inoltre ottenere rappresentazioni grafiche, anche animate, di deformate e sollecitazioni della struttura. Al termine dell'elaborazione viene inoltre valutata la qualità della soluzione, in base all'uguaglianza del lavoro esterno e dell'energia di deformazione.

MOTIVAZIONE DELLA SCELTA DEL CODICE

DOLMEN WIN permette in campo elastico lineare un'analisi dettagliata del comportamento dell'intera struttura, tenendo conto del comportamento irrigidente di setti anche complessi e solai considerati con la loro effettiva rigidezza. È possibile inoltre scegliere il grado di affinamento dell'analisi di elementi complessi utilizzando mesh via via più dettagliate.

ESAME DEI RISULTATI E CONTROLLI DI VALUTAZIONE DEL MODELLO

Il modello di calcolo adottato è da ritenersi appropriato in quanto non sono state riscontrate labilità, le reazioni vincolari equilibrano i carichi applicati, la simmetria di carichi e struttura da' origine a sollecitazioni simmetriche.

GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

L'analisi critica dei risultati e dei parametri di controllo nonché' il confronto con calcolazioni di massima eseguite manualmente porta a confermare la validità dei risultati.

Vita Nominale

Secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni § 2.4.1, la presente opera ha una Vita Nominale di 50 anni. Essa indica il periodo di tempo per il quale la struttura deve poter garantire le caratteristiche e le prestazioni per la quale è stata progettata, eseguendo la sola manutenzione ordinaria.

Classe di esposizione ambientale

Per garantire questa condizione occorre prendere in considerazione il concetto di durabilità delle strutture. È importante precisare che il concetto di durabilità negli ultimi anni ha trovato molto spazio negli studi e nella ricerca degli addetti ai lavori, tanto da produrre documenti molto utili ai fini progettuali, nonché Normative Tecniche che comunque in Italia non hanno carattere cogente. Secondo quanto riportato nella EN 206 – 1 e UNI 11104, le classi di esposizione ambientale adottate sono le seguenti:

FONDAZIONI

XC2 Bagnato, raramente asciutto. Superfici di calcestruzzo a contatto con l'acqua per lungo tempo. Molte fondazioni.

11

Copriferro

Osservando gli elaborati grafici ed utilizzando un calcestruzzo Classe C25/30, si ottiene:

$$C_{\text{nom}} = C_{\text{min}} + \Delta_{\text{toll}} = 30 + 10 = 40 \text{ mm} \quad \text{fondazioni}$$

Dove:

C_{nom} valore del copriferro nominale;

C_{min} valore minimo del copriferro da realizzarsi;

Δ_{toll} tolleranza geometrica e di costruzione da conteggiare per compensare eventuali imprecisioni in fase esecutiva.

Calcestruzzo

Al fine di garantire la durabilità dell'opera, il calcestruzzo dovrà essere prescritto attraverso i seguenti parametri dettagliatamente descritti e classificati all'interno della EN 206 - 1:

Classe di resistenza

Classe di consistenza

Classe di esposizione ambientale

Diametro massimo dell'aggregato

Accorgimenti da adottare per getti in clima rigido

Il clima si definisce freddo quando la temperatura dell'aria è minore di +5°C; in tal caso valgono le disposizioni e prescrizioni della Norma UNI 8981 parte 4ª.

I getti all'esterno dovranno essere sospesi se la temperatura dell'aria è minore di 0°C. Tale limitazione non si applica nel caso di getti in ambiente protetto o nel caso in cui vengano predisposti opportuni accorgimenti, approvati dal Direttore dei Lavori.

Nei periodi invernali si deve particolarmente curare che non si formino blocchi di materiale agglomerato con ghiaccio negli inerti, e particolarmente nella sabbia. A tale scopo si dovranno predisporre opportune protezioni, che potranno comprendere il riscaldamento degli inerti stessi con mezzi idonei.

Prima del getto ci si dovrà assicurare che tutte le superfici a contatto del calcestruzzo siano a temperatura di alcuni gradi sopra lo zero (almeno +5°C).

La neve ed il ghiaccio, se presenti, dovranno essere rimossi dai casseri, dalle armature e dal sottofondo. Per evitare il congelamento tale operazione dovrebbe essere eseguita immediatamente prima del getto.

La temperatura dell'impasto, all'atto della posa in opera, non deve in nessun caso, essere inferiore a 13° C per il getto di sezioni strutturali di spessore minore di 20 cm, e 10° C negli altri casi. Per ottenere tali temperature, occorrerà, se necessario, provvedere al riscaldamento degli inerti e dell'acqua di impasto senza che questa venga a contatto diretto con il cemento, se avente temperatura superiore ai 35° C. In tal caso si adotterà la precauzione di immettere nella betoniera dapprima la sola acqua con gli inerti, aggiungendo poi il cemento quando la temperatura della miscela d'acqua + inerti sarà scesa al di sotto di 35° C.

Durante la stagione fredda occorre mantenere casserati gli elementi strutturali per tener conto del maggior tempo necessario al calcestruzzo per lo sviluppo della resistenza meccanica (almeno 40 Kg/cmq). Fino al momento del disarmo, si deve controllare, per mezzo di termometri introdotti in fori opportunamente predisposti nelle strutture, che la temperatura del conglomerato non scenda al di sotto dei +5° C.

Accorgimenti da adottare per getti in clima caldo

Durante la stagione calda bisognerà particolarmente curare che la temperatura dell'impasto non venga a superare i 35° C. Tale limite potrà essere convenientemente abbassato per getti massivi. Bisognerà a questo scopo impedire l'eccessivo riscaldamento degli aggregati, sia proteggendo opportunamente i depositi, sia mantenendo continuamente umidi gli inerti (in modo che l'evaporazione continua dell'acqua alla superficie degli stessi impedisca il surriscaldamento).

Qualora la temperatura dell'impasto non possa venire mantenuta al di sotto di 35° C, i getti debbono essere sospesi, a meno che non venga aggiunto agli impasti un opportuno ed efficace additivo plastificante-ritardante conformi alle norme UNI EN934 e preventivamente approvato dalla D.L., atto ad eliminare gli inconvenienti dell'elevata temperatura (perdita di consistenza e quindi maggior bisogno di acqua di impasto; acceleramento di presa). Quando la temperatura ambiente risulterà elevata, particolare cura deve essere posta nell'accelerare il tempo intercorrente fra la confezione e la posa in opera dell'impasto. Qualora si usino pompe per il trasporto del conglomerato, tutte le relative tubazioni debbono essere protette dal sovrariscaldamento.

Durante la stagione calda deve essere eseguito un controllo più frequente della consistenza. La stagionatura dei conglomerati deve essere effettuata in ambiente tenuto continuamente umido e protetto da sovra riscaldamento.

Giunti di ripresa

Di norma i getti dovranno essere eseguiti senza soluzione di continuità, in modo da evitare ogni ripresa. Dovranno essere definiti i tempi massimi di ricopertura dei vari strati successivi, così da consentire l'adeguata rifluidificazione e omogeneizzazione della massa di calcestruzzo per mezzo di vibrazione.

Nel caso ciò non fosse possibile, prima di poter effettuare la ripresa la superficie del calcestruzzo indurito dovrà essere accuratamente pulita, lavata, spazzolata e scalfita fino a diventare sufficientemente rugosa, così da garantire una perfetta aderenza con il getto successivo; ciò potrà essere ottenuto anche mediante l'impiego di additivi ritardanti superficiali o di speciali adesivi per riprese di getto.

Tra le successive riprese di getto non ci dovranno essere distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore.

Nelle strutture impermeabili dovrà essere garantita la tenuta d'acqua dei giunti di costruzione anche con mezzi meccanici come water stop, cordoli bentonitici, ecc...

I giunti tra gli elementi di cassaforma dovranno essere realizzati con ogni cura al fine di evitare fuoriuscite di boiacca e creare irregolarità o sbavature.

Stagionatura

Dopo la scasseratura dovranno essere adottati i provvedimenti opportuni al fine di evitare il rapido essiccamento delle superfici ed il loro brusco raffreddamento, consentendo al getto di portare a termine la maturazione in modo ottimale.

I metodi e la durata della stagionatura dovranno essere tali da garantire il raggiungimento della resistenza prescritta in fase progettuale, la durabilità e l'aspetto del calcestruzzo. Particolare cura andrà posta alla limitazione della formazione di fessure o cavillature conseguenti al ritiro per rapida

essiccazione della superficie dei getti o per lo sviluppo di elevati gradienti termici all'interno della struttura.

Tutte le superfici dovranno essere mantenute umide per almeno 48 ore successive al getto, mediante l'utilizzo di prodotti antievaporanti applicati a spruzzo e conformi alle norme UNI, ovvero con continua bagnatura o altri sistemi ritenuti idonei dalla Direzione Lavori.

Disarmo

Il momento della rimozione dei casseri e dei puntelli sarà indicato ed autorizzato dalla Direzione Lavori in relazione alle tensioni che saranno indotte nel calcestruzzo quando i casseri e i puntelli verranno rimossi, alla resistenza del calcestruzzo al momento della rimozione, alle condizioni climatiche ambientali e gli accorgimenti disponibili per proteggere il calcestruzzo dopo la rimozione dei casseri, alla presenza di casseri con angoli rientranti (da rimuovere di regola il più presto possibile, seppure in accordo con altri criteri di disarmo). Il disarmo deve avvenire per gradi ed in modo da evitare azioni dinamiche.

In assenza di indicazioni più accurate, per le operazioni di scasso delle strutture, occorrerà attendere il compimento della fase completa di maturazione dei getti, fissata in 28 giorni consecutivi. Non sono ammissibili deroghe a queste tempistiche salvo approvazione scritta della Direzione Lavori.

Calcestruzzo per fondazioni

Classe di resistenza	C25/30
Classe di consistenza	S4
Classe di esposizione ambientale	XC2
Diametro massimo dell'aggregato	32 mm
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica a 28 gg	$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg	$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_C = 1,5$
Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} = 0,85$
Valore di progetto della resistenza a compressione del calcestruzzo	

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_C = 14 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza media a trazione del calcestruzzo

$$f_{ctm} = 0,30 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 2,6 \text{ N/mm}^2$$

15

Acciaio ordinario per armatura

Tipo B450C

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s = 1,15$
Tensione di snervamento di calcolo	$f_{yd} = 391,3 \text{ N/mm}^2$

Calcestruzzo	Acciaio
- Descrizione = C25/30	- Descrizione = B450C
- $f_{ck} = 249$ [daN/cm ²]	- $E = 2100000$ [daN/cm ²]
- $\gamma_c = 1.5$	- $f_{yk} = 4500$ [daN/cm ²]
- $f_{cd} = 141.1$ [daN/cm ²]	- $f_{tk} = 5175$ [daN/cm ²]
- $E_{cm} = 314471.61$ [daN/cm ²]	- $\epsilon_{yd} = 0.1863$ %
- $\alpha_{cc} = 0.85$	- $\epsilon_{ud} = 6.7500$ %
- $\epsilon_{c2} = 0.2000$ %	- $\gamma_s = 1.15$
- $\epsilon_{cu2} = 0.3500$ %	- $f_{yd} = 3913.04$ [daN/cm ²]
- γ (p.vol.) = 0.0025 [daN/cm ³]	- $f_{ud} = 4439.81$ [daN/cm ²]

Condizioni ambientali (fusto, monte) = ordinario (X0, XC1, XC2, XC3).

Condizioni ambientali (fusto, valle) = ordinario (X0, XC1, XC2, XC3).

Condizioni ambientali (fondazione) = ordinario (X0, XC1, XC2, XC3).

➤ STATI LIMITE – COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Una struttura raggiunge uno stato limite quando cessa di svolgere una o tutte le funzioni per le quali è stata progettata, violando così, in parte o completamente, i requisiti di progetto. In base a tale definizione si opera la distinzione tra **stati limite ultimi**, legati alla capacità della struttura di resistere alle azioni di progetto e **stati limite di esercizio**, corrispondenti all'uso ordinario della struttura e della sua durabilità.

Per ogni stato limite individuato occorre definire una combinazione delle azioni gravanti sull'opera, per la quale vanno calcolati i livelli di sollecitazione degli elementi strutturali con i quali verificare i livelli di soddisfazione dei requisiti richiesti.

Allo SLU il valore caratteristico dei carichi agenti sulla struttura viene moltiplicato per il rispettivo coefficiente parziale di sicurezza maggiore di uno, secondo Tab 2.6.I – NTC 08, così come le resistenze dei materiali che vengono divise per un coefficiente parziale di sicurezza maggiore dell'unità in modo da utilizzare un valore inferiore a scopo cautelativo.

Nella combinazione delle azioni vengono inoltre introdotti dei coefficienti di combinazione ψ , per tener conto della scarsa probabilità che le azioni variabili possano esercitare i loro effetti contemporaneamente con la massima intensità.

Definiti i valori caratteristici delle azioni (analisi dei carichi), le diverse combinazioni delle azioni possono essere rappresentati simbolicamente come segue (simbolo + è sinonimo di “combinato con”).

17

STATO LIMITE ULTIMO

- in situazioni **persistenti o transitorie** si considerano i valori di calcolo delle azioni dominanti e i valori di combinazione delle altre azioni, per cui si ha:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{K,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_G^* G_{K,j}^* + \gamma_P P_K + \gamma_{Q,1} Q_{K1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} \cdot Q_{K,i}$$

nella quale:

$G_{K,j}$: è il valore caratteristico delle azioni permanenti;

$G_{K,j}^*$: è il valore caratteristico delle azioni permanenti di intensità variabile;

P_K : è il valore caratteristico dell'azione di precompressione;

$Q_{K,1}$: è il valore caratteristico dell'azione variabile dominante;

$\psi_{0,i} Q_{K,i}$: è il valore di combinazione delle azioni variabili concomitanti con l'azione dominante.

Si generano così delle combinazioni di carico che considerano di volta in volta un'azione variabile come dominante. Nel caso in esame, vista l'esiguità dei carichi, si considera come azione dominante il sovraccarico accidentale a bordo vasca, ergo un'unica combinazione di carico.

- in situazioni **accidentali** si considerano i valori di calcolo delle azioni permanenti combinate con i valori frequenti dell'azione variabile dominante, con valori quasi permanenti delle altre azioni variabili ed il valore di calcolo di un eventuale azione accidentale.

Ne discende un'espressione del seguente tipo:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gi} G_{Kj} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*} G_{K,j}^* + \gamma_P P_K + \gamma_A A_K + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{K,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{K,i}$$

dove

A_K	valore caratteristico delle azioni accidentali;
$\psi_{1,1} Q_{K,1}$	valore frequente dell'azione dominante;
$\psi_{2,i} Q_{K,i}$	sono i valori quasi permanenti delle azioni variabili concomitanti con l'azione variabile dominante o con l'azione accidentale.

STATO LIMITE DI ESERCIZIO

- combinazione rara:

$$\sum_{j \geq 1} G_{Kj} + \sum_{j \geq 1} G_{K,j}^* + P_K + Q_{K,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} Q_{K,i}$$

- combinazione frequente:

$$\sum_{j \geq 1} G_{Kj} + \sum_{j \geq 1} G_{K,j}^* + P_K + \psi_{1,1} \cdot Q_{K,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{K,i}$$

- combinazione quasi permanente:

$$\sum_{j \geq 1} G_{Kj} + \sum_{j \geq 1} G_{K,j}^* + P_K + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{K,i}$$

COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA UTILIZZATI NELLE VERICHE

(Tab. 2.6.I – NTC '18)

Condizione favorevole

- $\gamma_G=1.3$ per azioni permanenti
- $\gamma_Q=1.5$ per azioni variabili carichi permanenti non strutturali
- $\gamma_Q=1.35$ per azioni dovute ai liquidi contenuti

NOTA: Secondo l'EC1 parte 4 (Azioni su silos e serbatoi) i carichi nei serbatoi (vasche e comunque manufatti destinati al contenimento di liquidi) sono classificati come azioni variabili [EC1-4 2.2], tuttavia l'appendice A suggerisce che "se la profondità massima del liquido e il peso dell'unità di volume del liquido più pesante sono ben definiti, il valore del coefficiente parziale γ può essere ridotto da 1,5, a 1,35" [EC1-4 paragrafo A.2.a].

Condizione sfavorevole

- $\gamma_G=1.0$ per azioni permanenti
- $\gamma_Q=0$ per azioni variabili.

COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Tab. 2.5.I – NTC '18

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0i}	Ψ_{1i}	Ψ_{2i}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Le azioni vengono combinate al fine di individuare la condizione più sfavorevole per ogni singolo elemento oggetto di verifica. A partire da tali combinazioni si costruiscono gli involuipi delle sollecitazioni. Il dimensionamento e le verifiche vengono effettuati proprio su questi involuipi, che riportano, sezione per sezione, il massimo ed il minimo valore dell'azione.

COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA PER I MATERIALI

Cap. 11 – NTC '18

Calcestruzzo $\gamma_c = 1,5$

Acciaio per armatura ordinaria $\gamma_s = 1,15$

Riguardo al terreno si sono seguite le disposizioni riportate nel Cap. 6 del D.M. 17 Gennaio 2018.

➤ NORMATIVA SELEZIONATA

E' stata selezionata la normativa "Norme Tecniche per le Costruzioni '18" (NTC 17/01/18: la norma fornisce gli elementi fondamentali della progettazione di costruzioni e di opere di ingegneria civile, occupandosi dei requisiti per la resistenza, la stabilità, la funzionalità e la durabilità delle strutture) con i seguenti coefficienti:

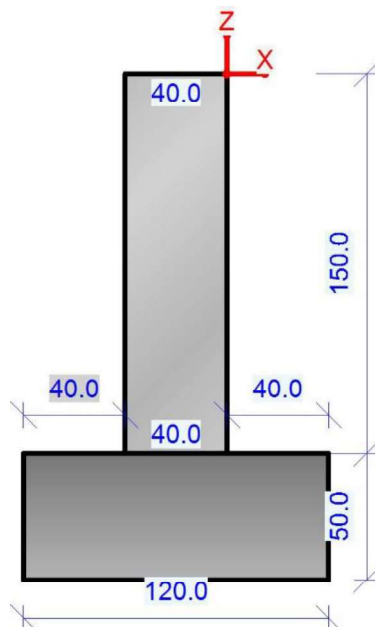
APPROCCIO2

Coeff. sulle azioni	Coeff. proprietà terreno	Coeff. resistenze
- permanenti/favorevole = 1 - permanenti/sfavorevole = 1.3 - permanenti non strutturali/favorevole = 0.8 - permanenti non strutturali/sfavorevole = 1.5 - variabili/favorevole = 0 - variabili/sfavorevole = 1.5	- Coesione = 1 - Angolo di attrito = 1 - Resistenza al taglio non drenata = 1	- Capacità portante = 1.4 - Scorrimento = 1.1 - Resistenza terreno a valle = 1.4 - Ribaltamento = 1.15 - Capacità portante (sisma) = 1.2 - Scorrimento (sisma) = 1 - Resistenza terreno a valle (sisma) = 1.2 - Ribaltamento (sisma) = 1

MURO TIPOLOGICO 1

➤ ELEMENTI STRUTTURALI

MURO E FONDAZIONE



21

PALI

Fila 1:

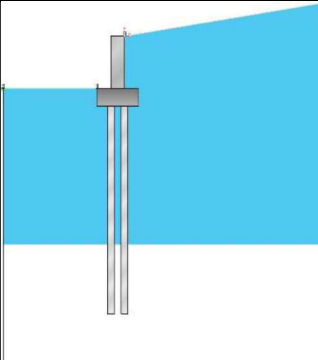
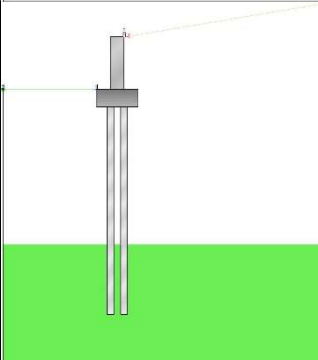
- lunghezza = 600 [cm]
- interasse = 150 [cm]
- scostamento iniziale = 75 [cm]
- dist. bordo fondazione = 40 [cm]
- inclinazione = 0 °
- tipo = micropalo
- vincolo = incastro
- Ø interno micropalo = 14.4 [cm]
- Ø esterno micropalo = 15.2 [cm]
- Ø perforazione = 20 [cm]

Fila 2:

- lunghezza = 600 [cm]
- interasse = 150 [cm]
- scostamento iniziale = 0 [cm]
- dist. bordo fondazione = 80 [cm]
- inclinazione = 0 °
- tipo = micropalo
- vincolo = incastro
- Ø interno micropalo = 14.44 [cm]
- Ø esterno micropalo = 15.2 [cm]
- Ø perforazione = 20 [cm]



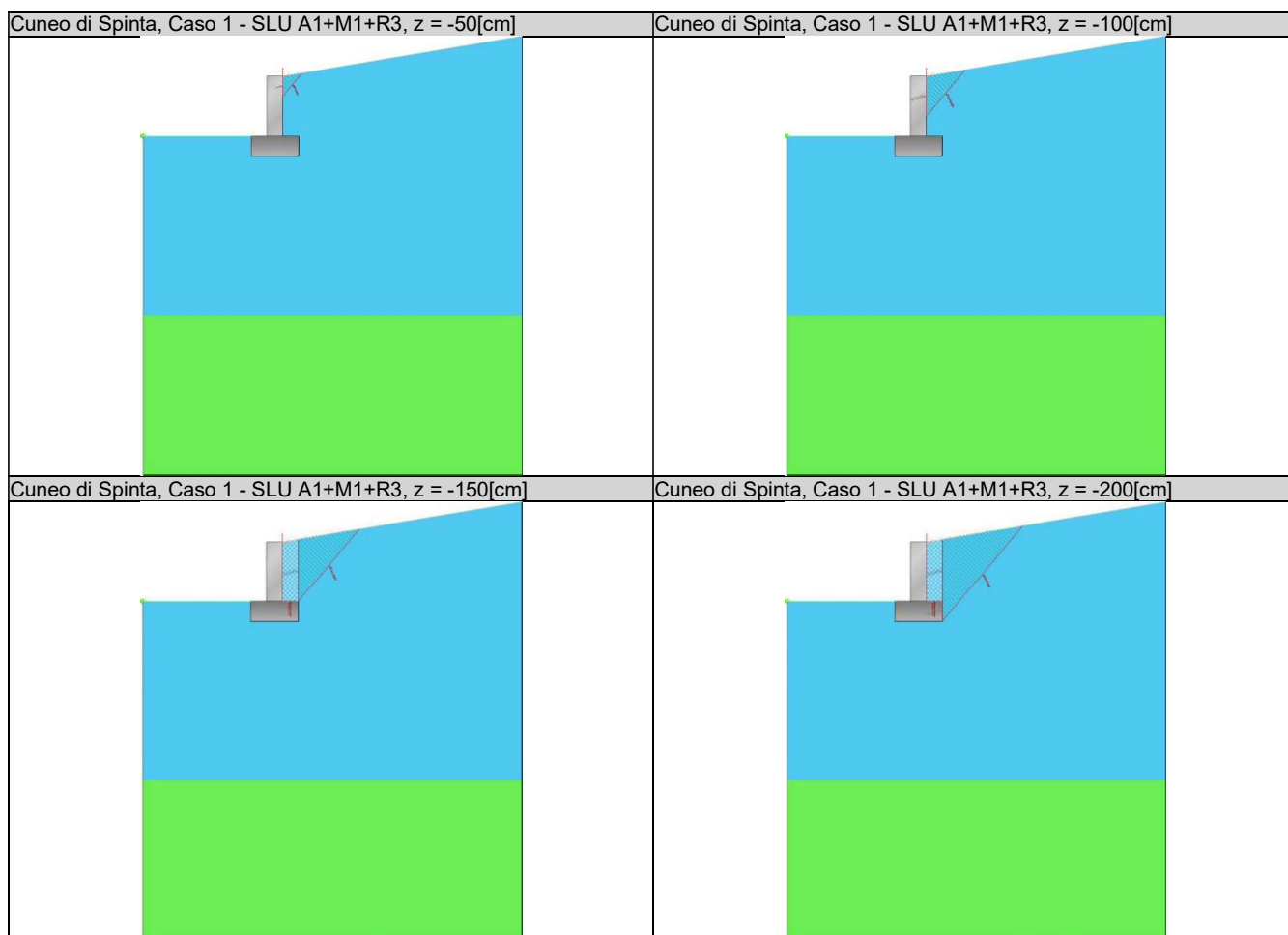
➤ STRATIGRAFIA

strato e terreno	dati inseriti	disegno strato	coord. (x;z)
- 1 - Strato 1 (strato 1) Terreno 1 (non coesivo) (1) $c' = 0$ [daN/cm ²] $\gamma = 0.0019$ [daN/cm ³] $\varphi = 26^\circ$	$h = 0$ $i = 0^\circ$		1 (600;-600)[cm] 2 (600;100)[cm] 3 (0;0)[cm] 4 (0;-150)[cm] 5 (40;-150)[cm] 6 (40;-200)[cm] 7 (-80;-200)[cm] 8 (-80;-150)[cm] 9 (-350;-150)[cm] 10 (-350;-600)[cm] 11 (0;-600)[cm]
- 2 - Strato 2 (strato 2) Terreno 2 (non coesivo) (2a) $c' = 0$ [daN/cm ²] $\gamma = 0.0015$ [daN/cm ³] $\varphi = 32^\circ$	$h = -600$ $i = 0^\circ$		1 (600;-1000)[cm] 2 (600;-600)[cm] 3 (0;-600)[cm] 4 (-350;-600)[cm] 5 (-350;-1000)[cm]

➤ OPZIONI DI CALCOLO

Spinte calcolate con coefficiente di spinta attiva "ka" (si considera che il muro non sia in grado di subire spostamenti). Il calcolo della spinta è svolto secondo il metodo del cuneo di tentativo generalizzato (Rif.: Renato LANCELLOTTA "Geotecnica" (2004) - NAVFAC Design Manual 7.02 (1986)). Il metodo è iterativo e prevede la suddivisione del terreno a monte dell'opera in poligoni semplici definiti dal paramento, dalla successione stratigrafica e dalla superficie di scivolamento di tentativo. La procedura automatica vaglia numerose superfici di scivolamento ad ogni quota di calcolo lungo il paramento, determinando la configurazione che comporta la spinta massima sull'opera.

- Attrito muro terreno / $\delta' = 0.67$
- Aderenza muro terreno / $c' = 0$
- Attrito terreno terreno / $\delta' = 0.67$
- Aderenza terreno terreno / $c' = 0$

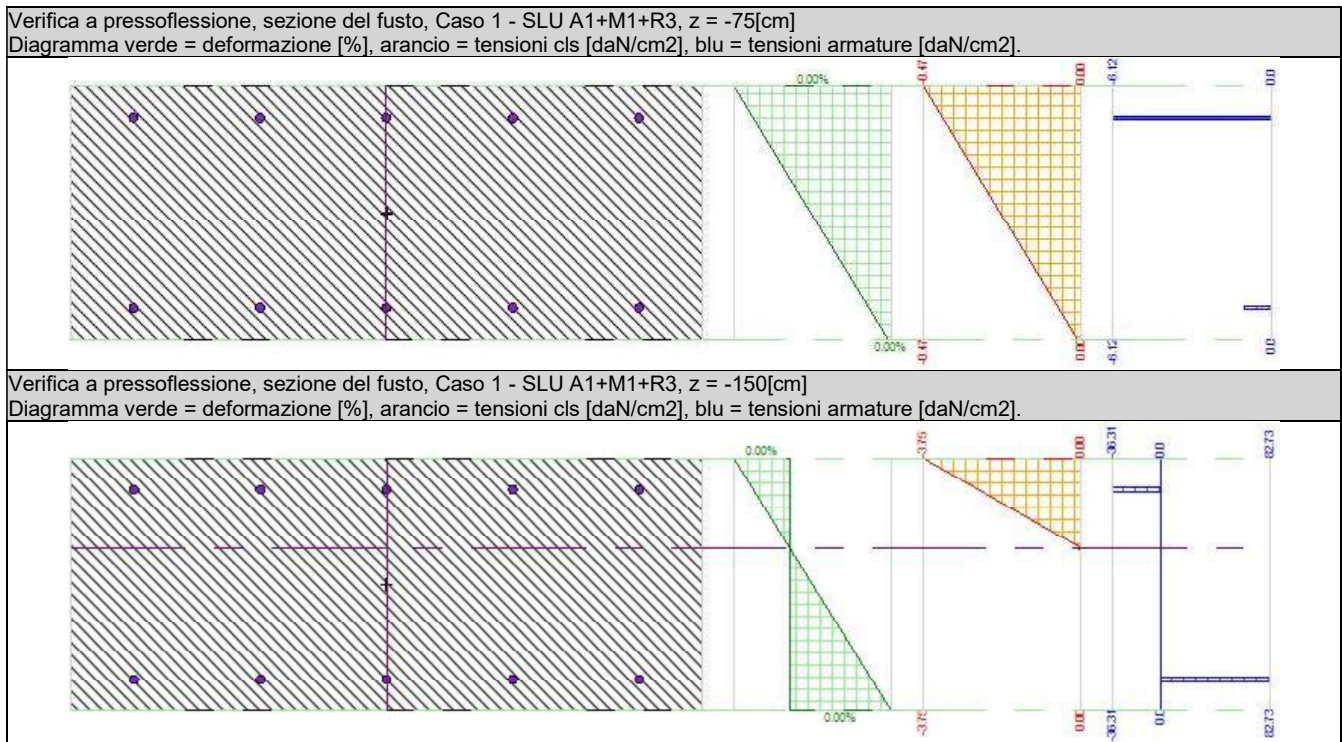


Il calcolo delle sollecitazioni e degli spostamenti dell'opera viene svolto con il metodo degli elementi finiti (FEM). Gli elementi schematizzanti il muro hanno peso e caratteristiche meccaniche proprie dei materiali di cui è costituito. Il terreno spingente (a monte) è rappresentato per mezzo di azioni distribuite applicate sugli elementi. Il terreno di fondazione è rappresentato per mezzo di elementi finiti non-lineari (con parzializzazione), con opportuno coefficiente di reazione alla Winkler in compressione.

- lunghezze aste elevazione = 20 [cm]
- lunghezze aste fondazione = 10 [cm]
- coefficiente di reazione del terreno (Winkler) = 2.7 [daN/cm³]

La verifica delle sezioni in cemento armato viene eseguita a SLU e SLE. La pressoflessione è verificata a SLU con i diagrammi costitutivi parabola-rettangolo (cls) e bilatero (acciaio) [NTC18 4.1.2.1.2]. La resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti è verificata a SLU [NTC18 4.1.2.3.5]. A SLE si verifica lo stato limite di apertura delle fessure [NTC18 4.1.2.2.4], e la tensione massima nei materiali [NTC18 4.1.2.2.5].

- apertura delle fessure: $k_t=0.40$, $k_1=0.80$, $k_2=0.50$, $k_3=3.40$, $k_4=0.43$. interasse barre non limitato.
- lunghezza di ancoraggio, numero di diametri = 20
- lunghezza di ancoraggio, lunghezza minima = 15 [cm]



➤ CASI DI CARICO

caso	coefficienti per i carichi
STR (SLU) descr. = SLU A1+M1+R3 coeff. = 1.3(pp.), 1.3(ter.m.), 1.3(fld.m.)1.3(ter.cs.), 1.3(fld.cs.)	nessun carico
RARA (Caratteristica) descr. = SLE caratteristica (rara) coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	nessun carico
FREQ. (Frequente) descr. = SLE frequente coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	nessun carico
Q.PERM. (Quasi_Perm) descr. = SLE quasi permanente coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	nessun carico

➤ VERIFICHE GEOTECNICHE

Viene valutata la portata di ogni singolo palo :

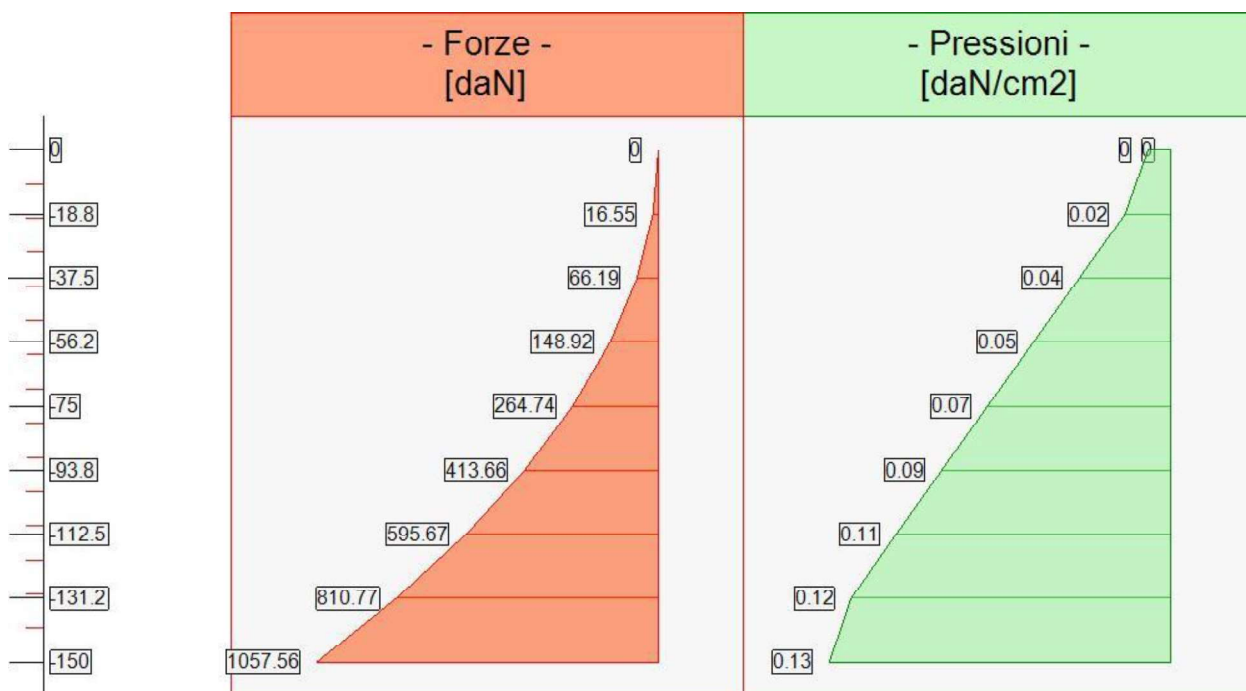
caso di carico	palo (n° fila)	N [daN] -	Qtc [daN] (compressione)	fs >1;<1	Qtt [daN] (trazione)	fs >1;<1	T [daN] -	Rtr [daN] (trasversale)	fs >1;<1
1 - STR (SLU)	1	-6046.52	15205.92	2.51	-9792.62	-	1507.66	30971.28	20.54
1 - STR (SLU)	2	-4198.2	15205.92	3.62	-9792.62	-	1507.66	30971.28	20.54

➤ VERIFICHE STRUTTURALI

DIAGRAMMI DELLE SPINTE E PRESSIONI

Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)

Elevazione		
quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]	Forze [daN]
0	0	0
0	0	0
-18.75	0.02	16.55
-37.5	0.04	66.19
-56.25	0.05	148.92
-75	0.07	264.74
-93.75	0.09	413.66
-112.5	0.11	595.67
-131.25	0.12	810.77
-150	0.13	1057.56

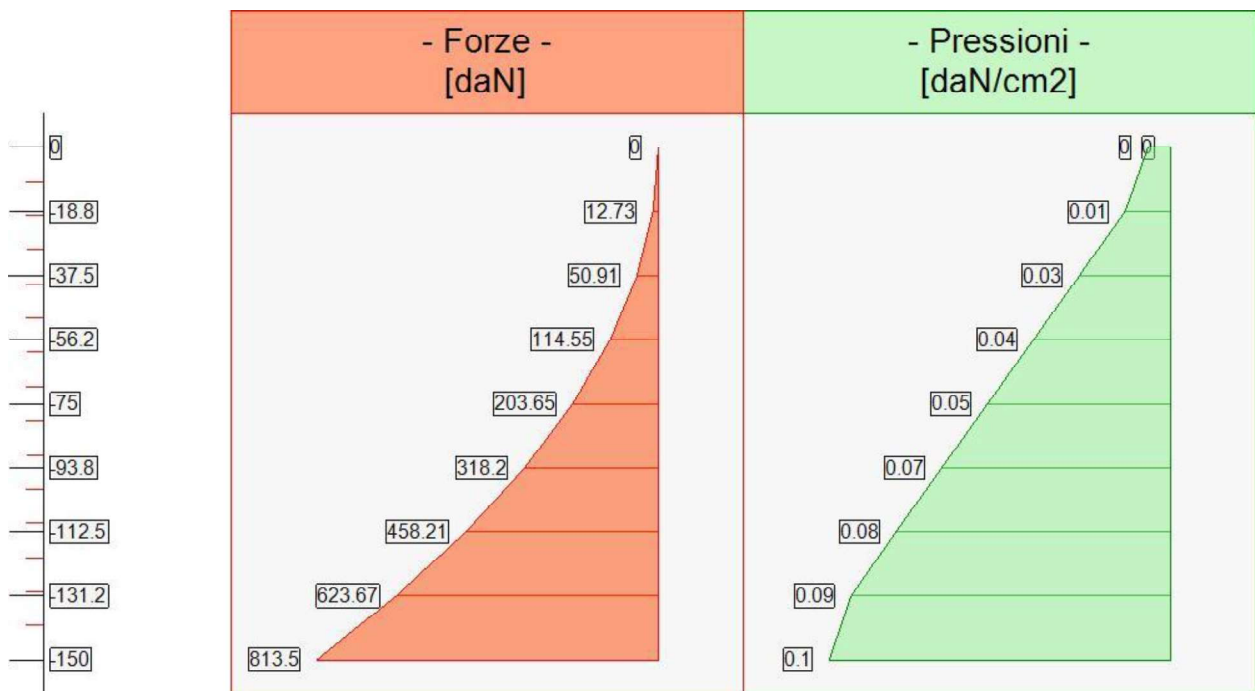


Risultante delle spinte sul muro (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- attacco fusto - fondazione, forza orizzontale = 1057.56 [daN]
- attacco fusto - fondazione, forza verticale = 331.82 [daN]
- altezza totale, forza orizzontale = 2010.21 [daN]
- altezza totale, forza verticale = 630.73 [daN]

Caso 2 (RARA [Caratteristica] - SLE caratteristica (rara))

Elevazione		
quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]	Forze [daN]
0	0	0
0	0	0
-18.75	0.01	12.73
-37.5	0.03	50.91
-56.25	0.04	114.55
-75	0.05	203.65
-93.75	0.07	318.2
-112.5	0.08	458.21
-131.25	0.09	623.67
-150	0.1	813.5

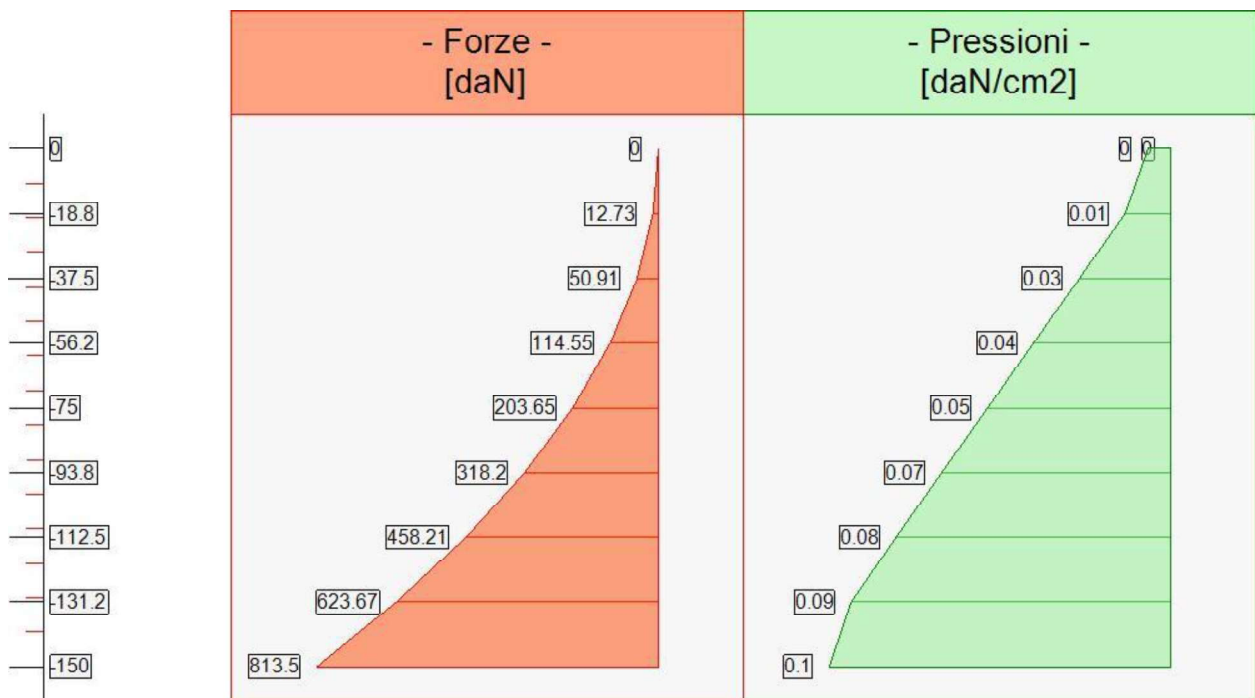


Risultante delle spinte sul muro (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- attacco fusto - fondazione, forza orizzontale = 813.5 [daN]
- attacco fusto - fondazione, forza verticale = 255.25 [daN]
- altezza totale, forza orizzontale = 1546.31 [daN]
- altezza totale, forza verticale = 485.18 [daN]

Caso 3 (FREQ. [Frequente] - SLE frequente)

Elevazione		
quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]	Forze [daN]
0	0	0
0	0	0
-18.75	0.01	12.73
-37.5	0.03	50.91
-56.25	0.04	114.55
-75	0.05	203.65
-93.75	0.07	318.2
-112.5	0.08	458.21
-131.25	0.09	623.67
-150	0.1	813.5

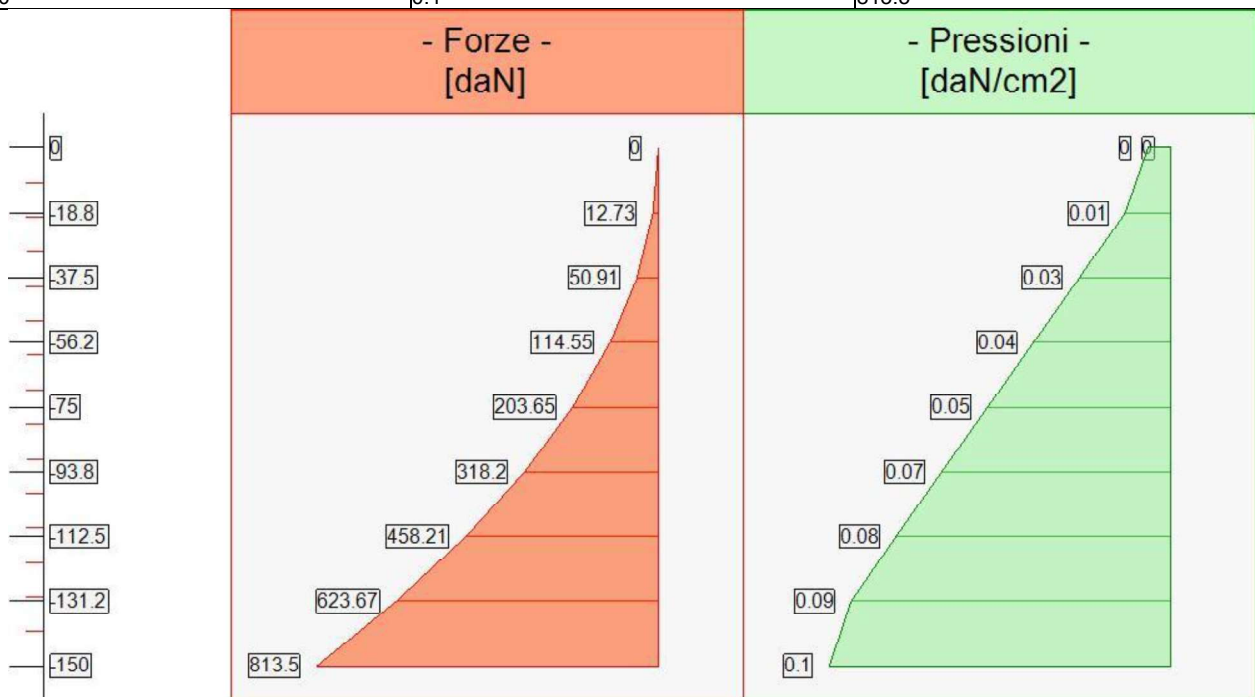


Risultante delle spinte sul muro (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- attacco fusto - fondazione, forza orizzontale = 813.5 [daN]
- attacco fusto - fondazione, forza verticale = 255.25 [daN]
- altezza totale, forza orizzontale = 1546.31 [daN]
- altezza totale, forza verticale = 485.18 [daN]

Caso 4 (Q.PERM. [Quasi Perm] - SLE quasi permanente)

Elevazione		
quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]	Forze [daN]
0	0	0
0	0	0
-18.75	0.01	12.73
-37.5	0.03	50.91
-56.25	0.04	114.55
-75	0.05	203.65
-93.75	0.07	318.2
-112.5	0.08	458.21
-131.25	0.09	623.67
-150	0.1	813.5



Risultante delle spinte sul muro (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- attacco fusto - fondazione, forza orizzontale = 813.5 [daN]
- attacco fusto - fondazione, forza verticale = 255.25 [daN]
- altezza totale, forza orizzontale = 1546.31 [daN]
- altezza totale, forza verticale = 485.18 [daN]

DIAGRAMMI DI SFORZO NORMALE / TAGLIO / MOMENTO

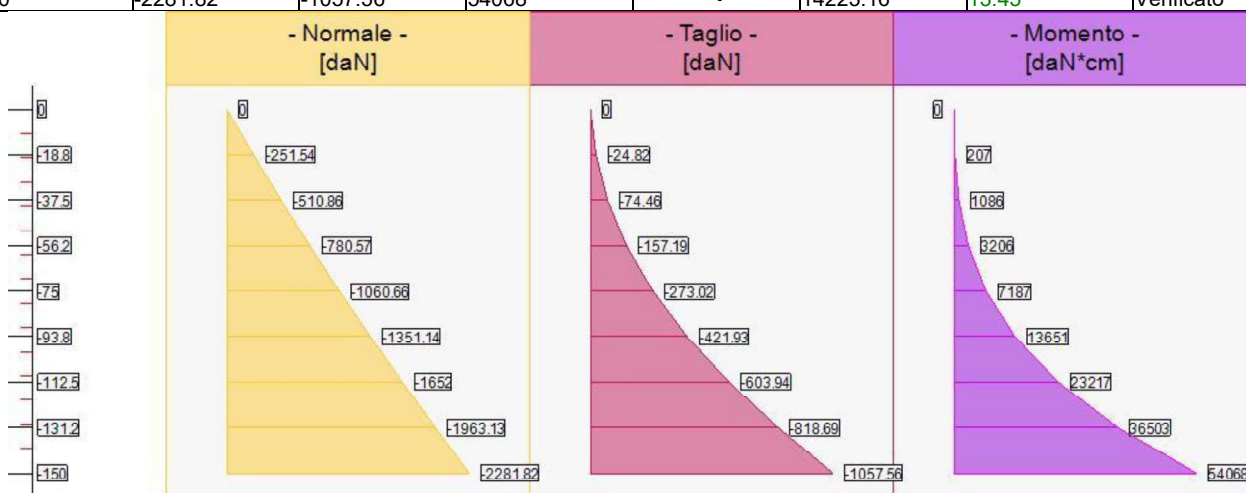
Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)

Elevazione, presso-flessione

quota [cm]	Normale [daN]	Taglio [daN]	Momento [daN*cm]	•	Mom.Res.POS [daN*cm]	Mom.Res.NEG [daN*cm]	FS >1/<1	-
-18.75	-251.54	-24.82	207	•	1111973	-1111973	> 100	Verificato
-37.5	-510.86	-74.46	1086	•	1115892	-1115892	> 100	Verificato
-56.25	-780.57	-157.19	3206	•	1119968	-1119968	> 100	Verificato
-75	-1060.66	-273.02	7187	•	2066536	-2066536	> 100	Verificato
-93.75	-1351.14	-421.93	13651	•	2070791	-2070791	> 100	Verificato
-112.5	-1652	-603.94	23217	•	2075200	-2075200	89.38	Verificato
-131.25	-1963.13	-818.69	36503	•	1137834	-1137834	31.17	Verificato
-150	-2281.82	-1057.56	54068	•	1142650	-1142650	21.13	Verificato

Elevazione, taglio

quota [cm]	Normale [daN]	Taglio [daN]	Momento [daN*cm]	•	Tag.Res. [daN]	FS >1/<1	-
-18.75	-251.54	-24.82	207	•	14223.16	> 100	Verificato
-37.5	-510.86	-74.46	1086	•	14223.16	> 100	Verificato
-56.25	-780.57	-157.19	3206	•	14223.16	90.48	Verificato
-75	-1060.66	-273.02	7187	•	16377.54	59.99	Verificato
-93.75	-1351.14	-421.93	13651	•	16377.54	38.82	Verificato
-112.5	-1652	-603.94	23217	•	16377.54	27.12	Verificato
-131.25	-1963.13	-818.69	36503	•	14223.16	17.37	Verificato
-150	-2281.82	-1057.56	54068	•	14223.16	13.45	Verificato



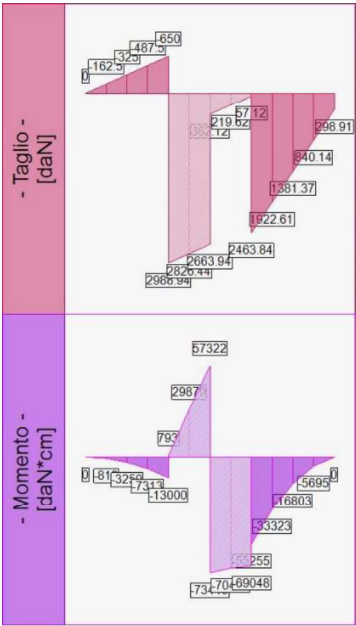
Fondazione, flessione

quota [cm]	Taglio [daN]	Momento [daN*cm]	•	Mom.Res.POS [daN*cm]	Mom.Res.NEG [daN*cm]	FS >1/<1	-
-70	-162.5	-813	•	1450554.4	-1450554.4	> 100	Verificato
-60	-325	-3250	•	1450554.4	-1450554.4	> 100	Verificato
-50	-487.5	-7313	•	1450554.4	-1450554.4	> 100	Verificato
-40	-650	-13000	•	1450554.4	-1450554.4	> 100	Verificato
-40	2988.94	793	•	1470388.4	-1470388.4	> 100	Verificato
0	57.12	-69048	•	1449518.6	-1449518.6	20.99	Verificato
0	2463.84	-55255	•	1469353.5	-1469353.5	26.59	Verificato
10	1922.61	-33323	•	1469353.5	-1469353.5	44.09	Verificato
20	1381.37	-16803	•	1469353.5	-1469353.5	87.45	Verificato
30	840.14	-5695	•	1469353.5	-1469353.5	> 100	Verificato

Fondazione, taglio

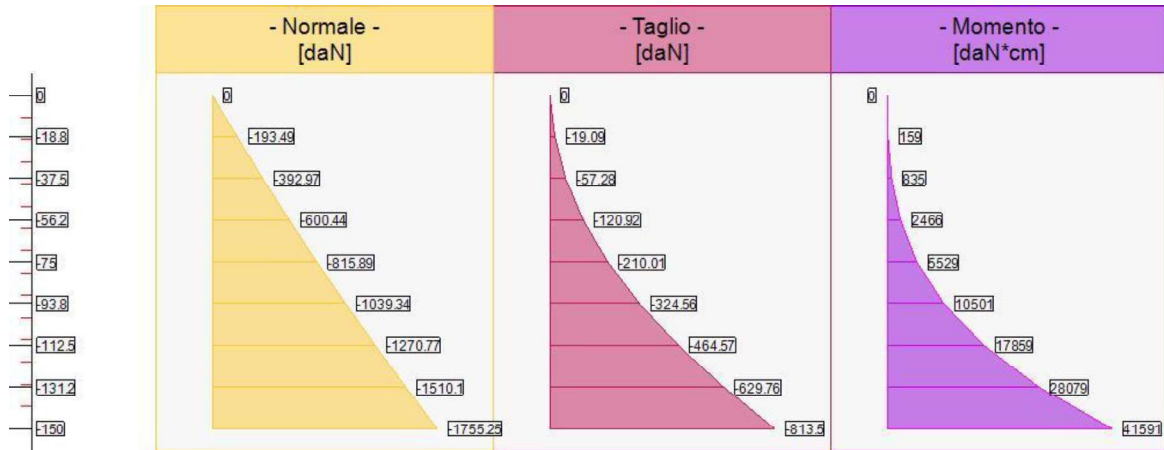
quota [cm]	Taglio [daN]	Momento [daN*cm]	•	Tag.Res. [daN]	FS >1/<1	-
-70	-162.5	-813	•	16910.4	> 100	Verificato
-60	-325	-3250	•	16910.4	52.03	Verificato
-50	-487.5	-7313	•	16910.4	34.69	Verificato
-40	-650	-13000	•	16910.4	26.02	Verificato
-40	2988.94	793	•	16910.4	5.66	Verificato
0	57.12	-69048	•	16910.4	> 100	Verificato

0	2463.84	-55255	•	16910.4	6.86	Verificato
10	1922.61	-33323	•	16910.4	8.8	Verificato
20	1381.37	-16803	•	16910.4	12.24	Verificato
30	840.14	-5695	•	16910.4	20.13	Verificato

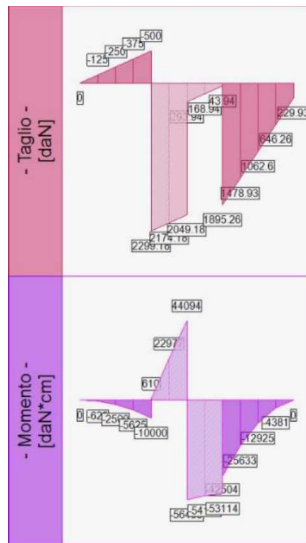


Caso 2 (RARA [Caratteristica] - SLE caratteristica (rara))

Elevazione, tensioni di esercizio cls, tensioni di esercizio acciaio, apertura fessure							
quota [cm]	Tensione Cls [daN/cm ²]	FS >1/<1	Tensione Acc [daN/cm ²]	FS >1/<1	Fessure [cm]	FS >1/<1	-
-18.75	0.05	> 100	0.75	> 100	0	-	Verificato
-37.5	0.12	> 100	1.72	> 100	0	-	Verificato
-56.25	0.23	> 100	3.09	> 100	0	-	Verificato
-75	0.36	> 100	4.74	> 100	0	-	Verificato
-93.75	0.59	> 100	7.42	> 100	0	-	Verificato
-112.5	0.96	> 100	11.53	> 100	0	-	Verificato
-131.25	1.85	80.94	28.59	> 100	0	-	Verificato
-150	2.89	51.78	63.64	56.57	0	-	Verificato

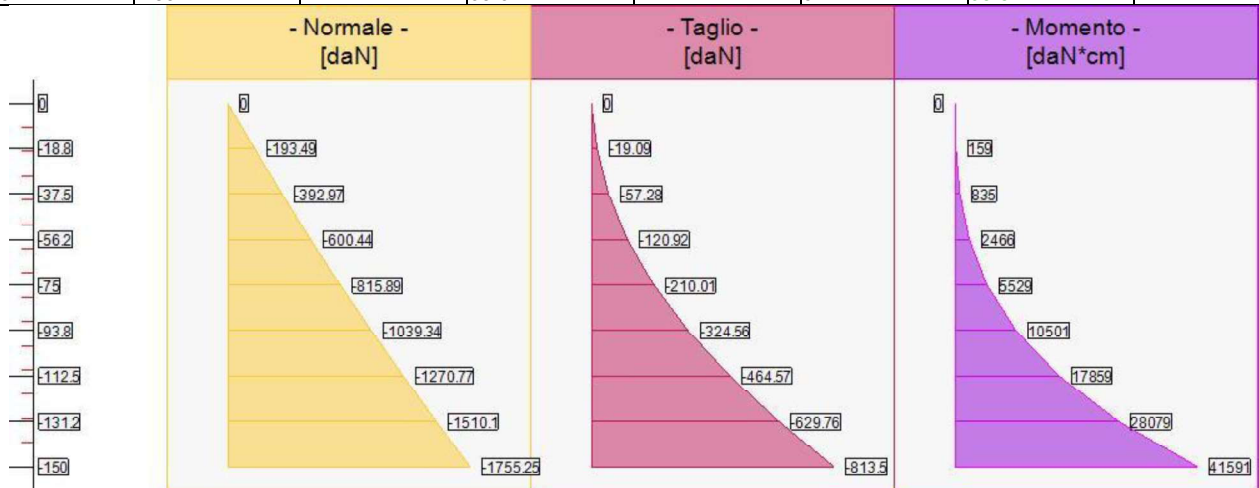


Fondazione, tensioni di esercizio cls, tensioni di esercizio acciaio					
quota [cm]	Tensione Cls [daN/cm ²]	FS >1/<1	Tensione Acc [daN/cm ²]	FS >1/<1	-
-70	0.03	> 100	1.94	> 100	Verificato
-60	0.12	> 100	7.75	> 100	Verificato
-50	0.28	> 100	17.44	> 100	Verificato
-40	0.5	> 100	31.01	> 100	Verificato
-40	0.5	> 100	31.01	> 100	Verificato
0	2.63	56.71	164.7	21.86	Verificato
0	2.63	56.71	164.7	21.86	Verificato
10	1.27	> 100	79.49	45.29	Verificato
20	0.64	> 100	40.08	89.82	Verificato
30	0.22	> 100	13.59	> 100	Verificato



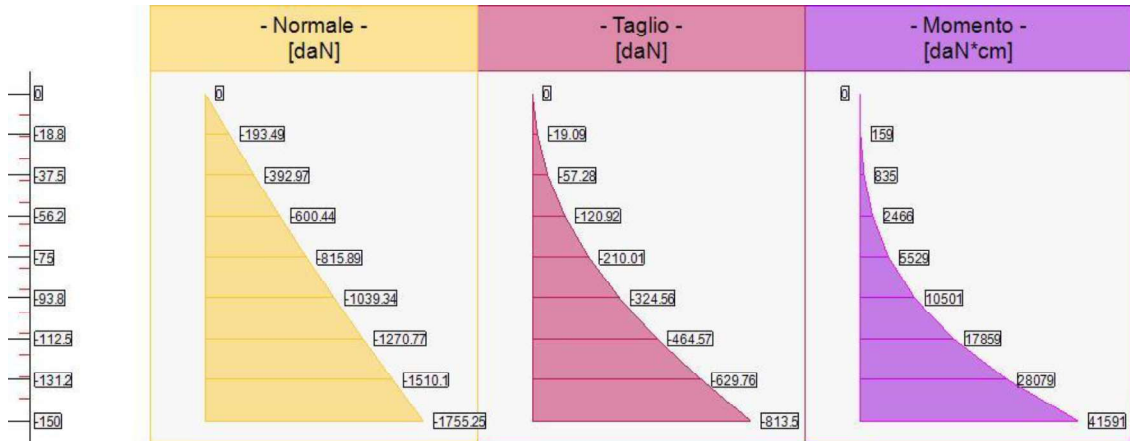
Caso 3 (FREQ. [Frequente] - SLE frequente)

Elevazione, tensioni di esercizio cls, tensioni di esercizio acciaio, apertura fessure							
quota [cm]	Tensione Cls [daN/cm ²]	FS >1/<1	Tensione Acc [daN/cm ²]	FS >1/<1	Fessure [cm]	FS >1/<1	- -
-18.75	0.05	-	0.75	-	0	> 100	Verificato
-37.5	0.12	-	1.72	-	0	> 100	Verificato
-56.25	0.23	-	3.09	-	0	> 100	Verificato
-75	0.36	-	4.74	-	0	> 100	Verificato
-93.75	0.59	-	7.42	-	0	> 100	Verificato
-112.5	0.96	-	11.53	-	0	> 100	Verificato
-131.25	1.85	-	28.59	-	0	> 100	Verificato
-150	2.89	-	63.64	-	0	65.51	Verificato

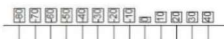
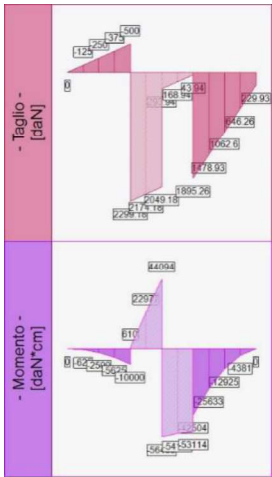


Caso 4 (Q.PERM. [Quasi Perm] - SLE quasi permanente)

Elevazione, tensioni di esercizio cls, tensioni di esercizio acciaio, apertura fessure							
quota [cm]	Tensione Cls [daN/cm ²]	FS >1/<1	Tensione Acc [daN/cm ²]	FS >1/<1	Fessure [cm]	FS >1/<1	- -
-18.75	0.05	> 100	0.75	-	0	> 100	Verificato
-37.5	0.12	> 100	1.72	-	0	> 100	Verificato
-56.25	0.23	> 100	3.09	-	0	> 100	Verificato
-75	0.36	> 100	4.74	-	0	> 100	Verificato
-93.75	0.59	> 100	7.42	-	0	> 100	Verificato
-112.5	0.96	> 100	11.53	-	0	> 100	Verificato
-131.25	1.85	60.7	28.59	-	0	> 100	Verificato
-150	2.89	38.83	63.64	-	0	49.13	Verificato



Fondazione, tensioni di esercizio cls, tensioni di esercizio acciaio					
quota [cm]	Tensione Cls [daN/cm ²]	FS >1/<1	Tensione Acc [daN/cm ²]	FS >1/<1	- -
-70	0.03	> 100	1.94	-	Verificato
-60	0.12	> 100	7.75	-	Verificato
-50	0.28	> 100	17.44	-	Verificato
-40	0.5	> 100	31.01	-	Verificato
-40	0.5	> 100	31.01	-	Verificato
0	2.63	42.54	164.7	-	Verificato
0	2.63	42.54	164.7	-	Verificato
10	1.27	88.14	79.49	-	Verificato
20	0.64	> 100	40.08	-	Verificato
30	0.22	> 100	13.59	-	Verificato



AZIONI IN TESTA AI PALI

palo	N[daN]	T [daN]	M [daN*cm]
1	5458.41	1507.66	-20690
2	3610.09	1507.66	-20690

➤ RIASSUNTO VERIFICHE

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva con i fattori di sicurezza minimi (= rapporto R_d/E_d o C_d/E_d) calcolati per tutte le verifiche.

La verifica si intende superata se il valore del rapporto è maggiore o uguale a 1.0. Le caselle con i trattini indicano che la verifica corrispondente non va svolta per il relativo Caso di Carico.

caso di carico	resistenza assiale	resistenza trasversale	stabilità globale	FS strutturale Fusto(pre- sso- flessione)	FS strutturale Fusto(tagli- o)	FS strutturale Fusto(ten- sione cls)	FS strutturale Fusto(ten- sione acciaio)	FS strutturale Fusto(ape- rtura fessure)	FS strutturale Fondazion- e(flession- e)	FS strutturale Fondazion- e(taglio)	FS strutturale Fondazion- e(tensione cls)	FS strutturale Fondazion- e(tensione acciaio)
1 - STR(SLU)	2.51	20.54	---	21.13	13.45	---	---	---	20.99	5.66	---	---
2 RARA(RARA)	---	---	---	---	---	51.78	56.57	---	---	---	56.71	21.86
3 FREQ.(FREQU- ENTE)	---	---	---	---	---	---	---	65.51	---	---	---	---
4 Q.PERM.(QUASI- PERM)	---	---	---	---	---	38.83	---	49.13	---	---	42.54	---

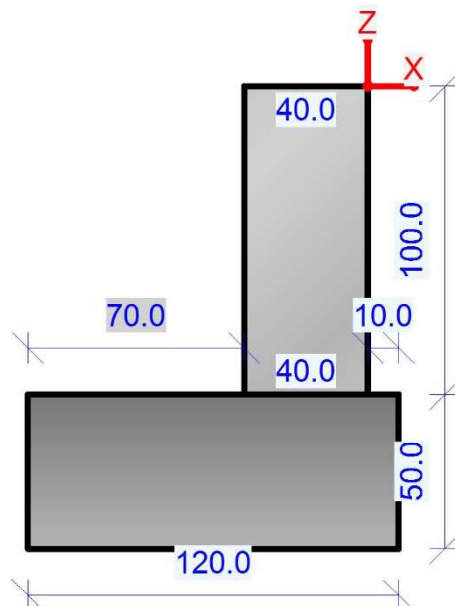
Muro Verificato!

[Verifiche Superate]

MURO TIPOLOGICO 2

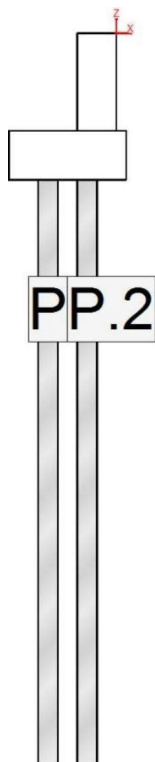
➤ ELEMENTI STRUTTURALI

MURO E FONDAZIONE



36

PALI



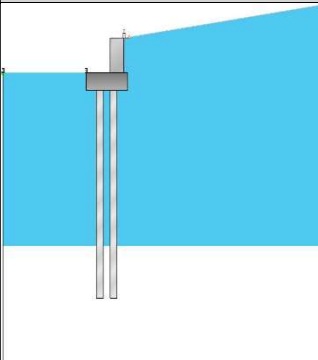
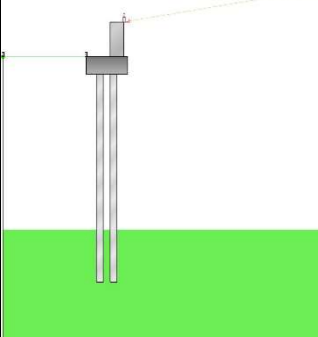
Fila 1:

- lunghezza = 600 [cm]
- interasse = 150 [cm]
- scostamento iniziale = 75 [cm]
- dist. bordo fondazione = 40 [cm]
- inclinazione = 0 °
- tipo = micropalo
- vincolo = incastro
- Ø interno micropalo = 14.4 [cm]
- Ø esterno micropalo = 15.2 [cm]
- Ø perforazione = 20 [cm]

Fila 2:

- lunghezza = 600 [cm]
- interasse = 150 [cm]
- scostamento iniziale = 0 [cm]
- dist. bordo fondazione = 80 [cm]
- inclinazione = 0 °
- tipo = micropalo
- vincolo = incastro
- Ø interno micropalo = 14.44 [cm]
- Ø esterno micropalo = 15.2 [cm]
- Ø perforazione = 20 [cm]

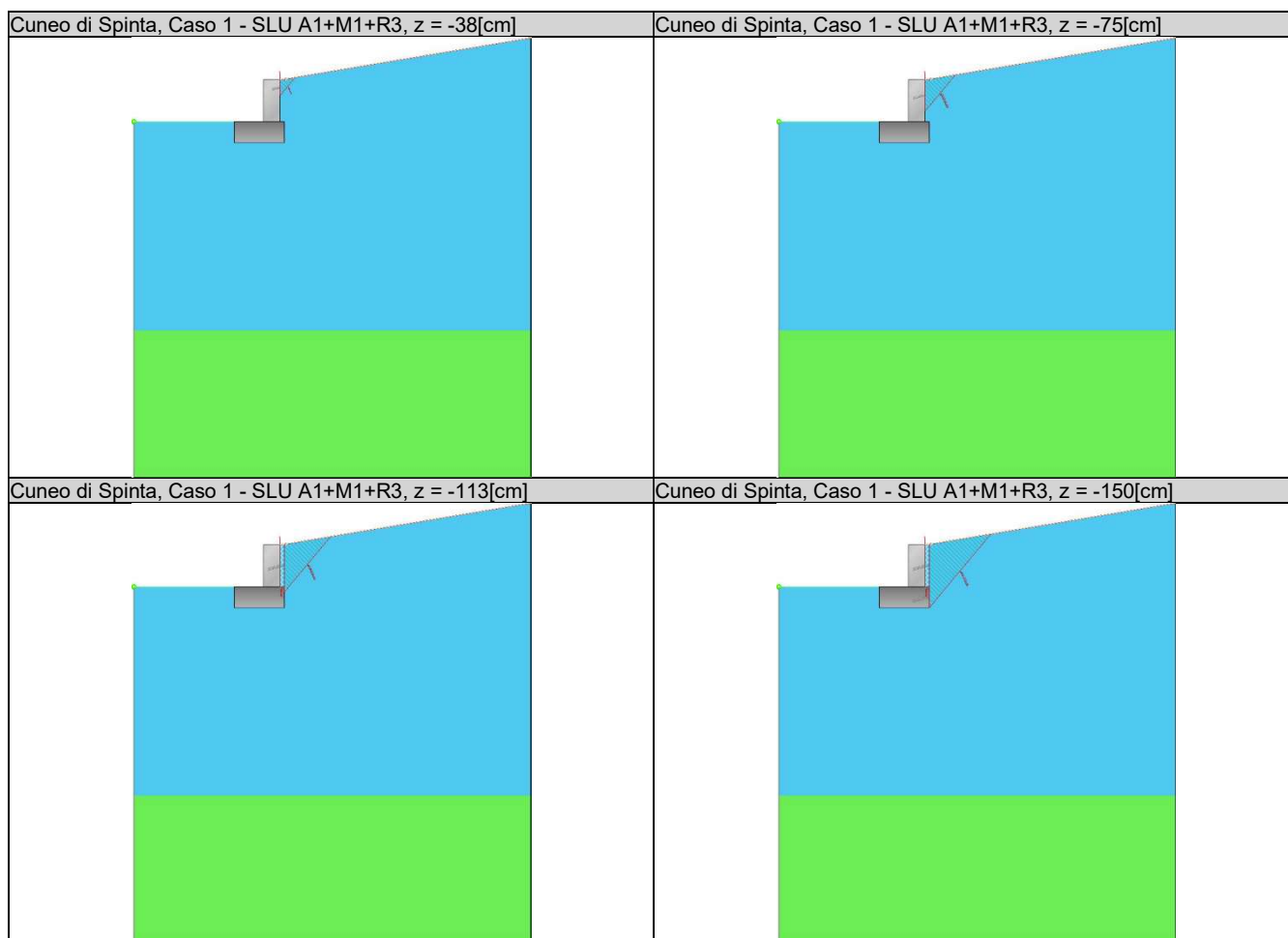
➤ STRATIGRAFIA

strato e terreno	dati inseriti	disegno strato	coord. (x;z)
- 1 - Strato 1 (strato 1) Terreno 1 (non coesivo) (1) $c' = 0$ [daN/cm ²] $\gamma = 0.0019$ [daN/cm ³] $\varphi = 26^\circ$	$h = 0$ $i = 0^\circ$		1 (600;-600)[cm] 2 (600;100)[cm] 3 (0;0)[cm] 4 (0;-100)[cm] 5 (10;-100)[cm] 6 (10;-150)[cm] 7 (-110;-150)[cm] 8 (-110;-100)[cm] 9 (-350;-100)[cm] 10 (-350;-600)[cm] 11 (0;-600)[cm]
- 2 - Strato 2 (strato 2) Terreno 2 (non coesivo) (2a) $c' = 0$ [daN/cm ²] $\gamma = 0.0015$ [daN/cm ³] $\varphi = 32^\circ$	$h = -600$ $i = 0^\circ$		1 (600;-950)[cm] 2 (600;-600)[cm] 3 (0;-600)[cm] 4 (-350;-600)[cm] 5 (-350;-950)[cm]

➤ OPZIONI DI CALCOLO

Spinte calcolate con coefficiente di spinta attiva "ka" (si considera che il muro non sia in grado di subire spostamenti). Il calcolo della spinta è svolto secondo il metodo del cuneo di tentativo generalizzato (Rif.: Renato LANCELLOTTA "Geotecnica" (2004) - NAVFAC Design Manual 7.02 (1986)). Il metodo è iterativo e prevede la suddivisione del terreno a monte dell'opera in poligoni semplici definiti dal paramento, dalla successione stratigrafica e dalla superficie di scivolamento di tentativo. La procedura automatica vaglia numerose superfici di scivolamento ad ogni quota di calcolo lungo il paramento, determinando la configurazione che comporta la spinta massima sull'opera.

- Attrito muro terreno / $\delta' = 0.67$
- Aderenza muro terreno / $c' = 0$
- Attrito terreno terreno / $\delta' = 0.67$
- Aderenza terreno terreno / $c' = 0$

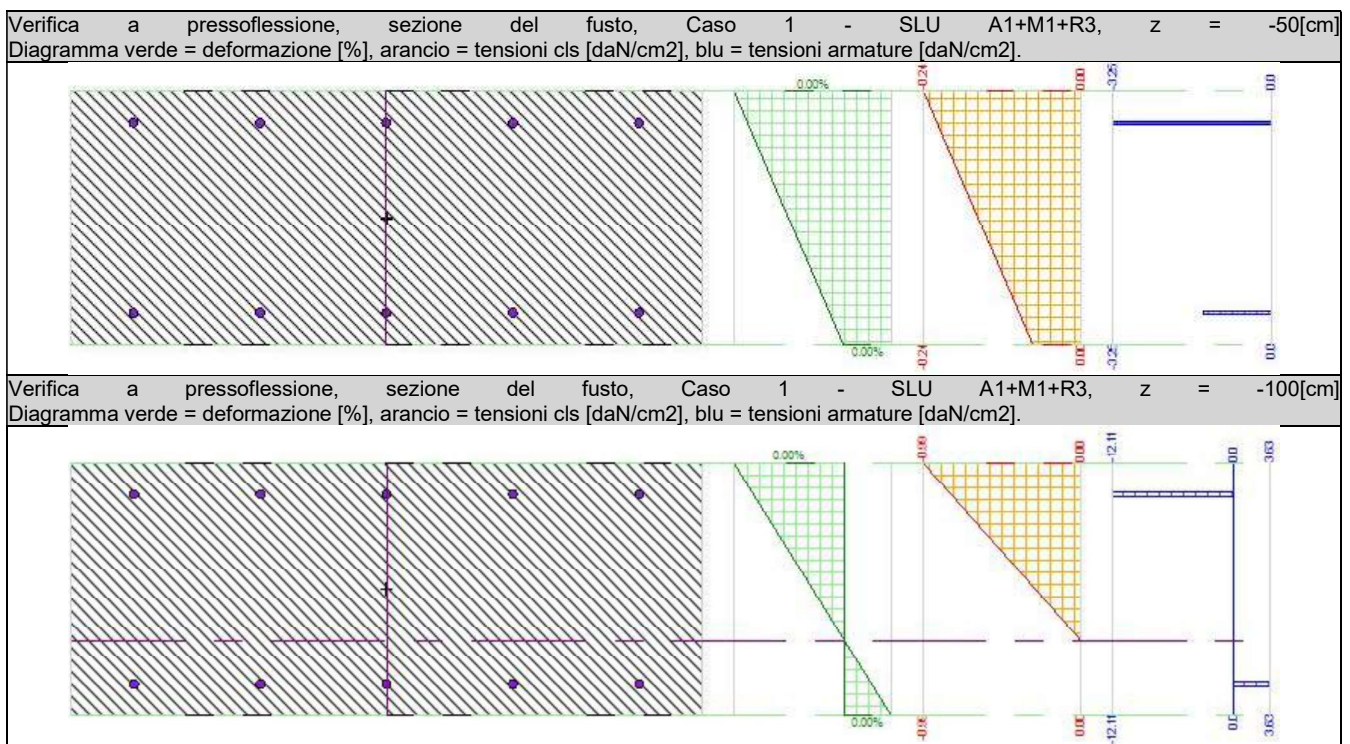


Il calcolo delle sollecitazioni e degli spostamenti dell'opera viene svolto con il metodo degli elementi finiti (FEM). Gli elementi schematizzanti il muro hanno peso e caratteristiche meccaniche proprie dei materiali di cui è costituito. Il terreno spingente (a monte) è rappresentato per mezzo di azioni distribuite applicate sugli elementi. Il terreno di fondazione è rappresentato per mezzo di elementi finiti non-lineari (con parzializzazione), con opportuno coefficiente di reazione alla Winkler in compressione.

- lunghezze aste elevazione = 20 [cm]
- lunghezze aste fondazione = 10 [cm]
- coefficiente di reazione del terreno (Winkler) = 2.7 [daN/cm³]

La verifica delle sezioni in cemento armato viene eseguita a SLU e SLE. La pressoflessione è verificata a SLU con i diagrammi costitutivi parabola-rettangolo (cls) e bilatero (acciaio) [NTC18 4.1.2.1.2]. La resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti è verificata a SLU [NTC18 4.1.2.3.5]. A SLE si verifica lo stato limite di apertura delle fessure [NTC18 4.1.2.2.4], e la tensione massima nei materiali [NTC18 4.1.2.2.5].

- apertura delle fessure: $k_t=0.40$, $k_1=0.80$, $k_2=0.50$, $k_3=3.40$, $k_4=0.43$. interasse barre non limitato.
- lunghezza di ancoraggio, numero di diametri = 20
- lunghezza di ancoraggio, lunghezza minima = 15 [cm]



➤ CASI DI CARICO

caso	coefficienti per i carichi
STR (SLU) descr. = SLU A1+M1+R3 coeff. = 1.3(pp.), 1.3(ter.m.), 1.3(fld.m.)1.3(ter.cs.), 1.3(fld.cs.)	nessun carico
RARA (Caratteristica) descr. = SLE caratteristica (rara) coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	nessun carico
FREQ. (Frequente) descr. = SLE frequente coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	nessun carico
Q.PERM. (Quasi_Perm) descr. = SLE quasi permanente coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	nessun carico

➤ VERIFICHE GEOTECNICHE

Viene valutata la portata di ogni singolo palo :

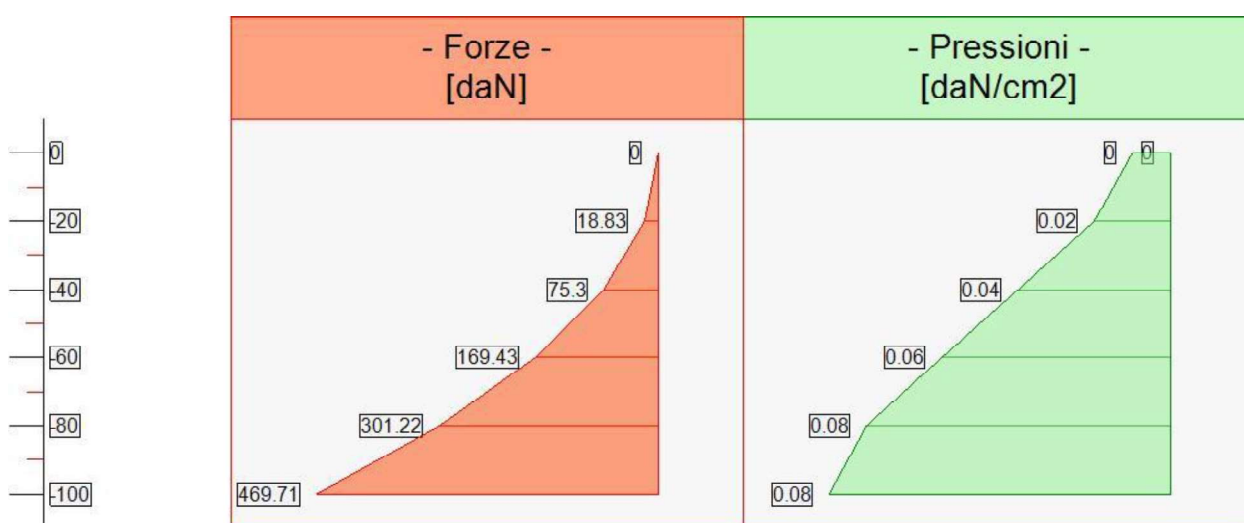
caso di carico	palo (n° fila)	N [daN] -	Qtc [daN] (compressione)	fs >1;<1	Qtt [daN] (trazione)	fs >1;<1	T [daN] -	Rtr [daN] (trasversale)	fs >1;<1
1 - STR (SLU)	1	-3230.46	9946.84	3.08	-6405.76	-	811.77	30430.91	37.49
1 - STR (SLU)	2	-3703.87	9946.84	2.69	-6405.76	-	812.18	30430.91	37.47

➤ VERIFICHE STRUTTURALI

DIAGRAMMI DELLE SPINTE E PRESSIONI

Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)

Elevazione		
quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]	Forze [daN]
0	0	0
0	0	0
-20	0.02	18.83
-40	0.04	75.3
-60	0.06	169.43
-80	0.08	301.22
-100	0.08	469.71

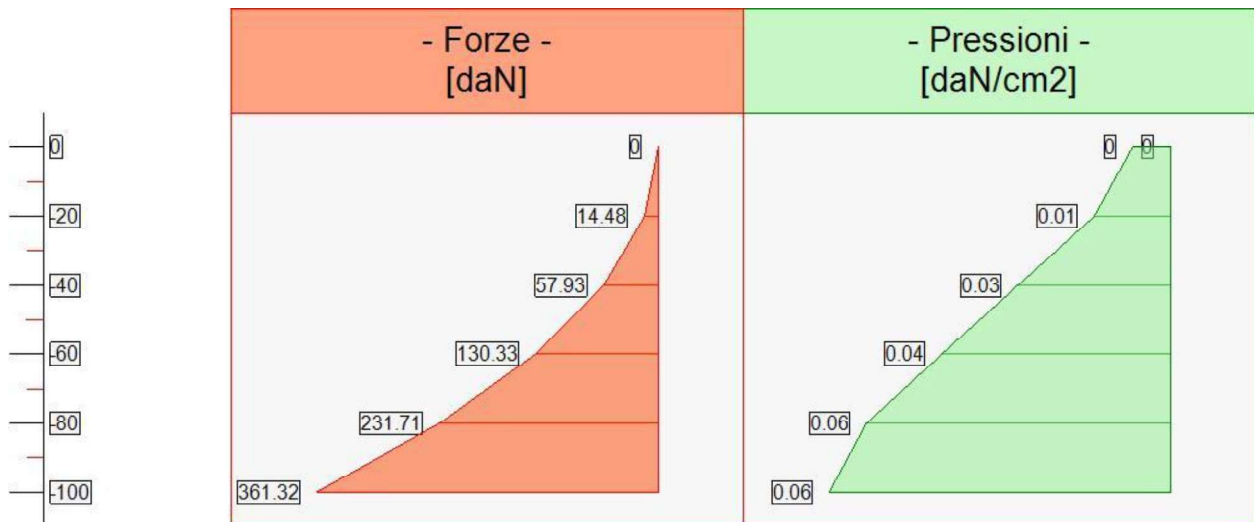


Risultante delle spinte sul muro (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- attacco fusto - fondazione, forza orizzontale = 469.71 [daN]
- attacco fusto - fondazione, forza verticale = 147.38 [daN]
- altezza totale, forza orizzontale = 1082.63 [daN]
- altezza totale, forza verticale = 339.69 [daN]

Caso 2 (RARA [Caratteristica] - SLE caratteristica (rara))

Elevazione		
quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]	Forze [daN]
0	0	0
0	0	0
-20	0.01	14.48
-40	0.03	57.93
-60	0.04	130.33
-80	0.06	231.71
-100	0.06	361.32

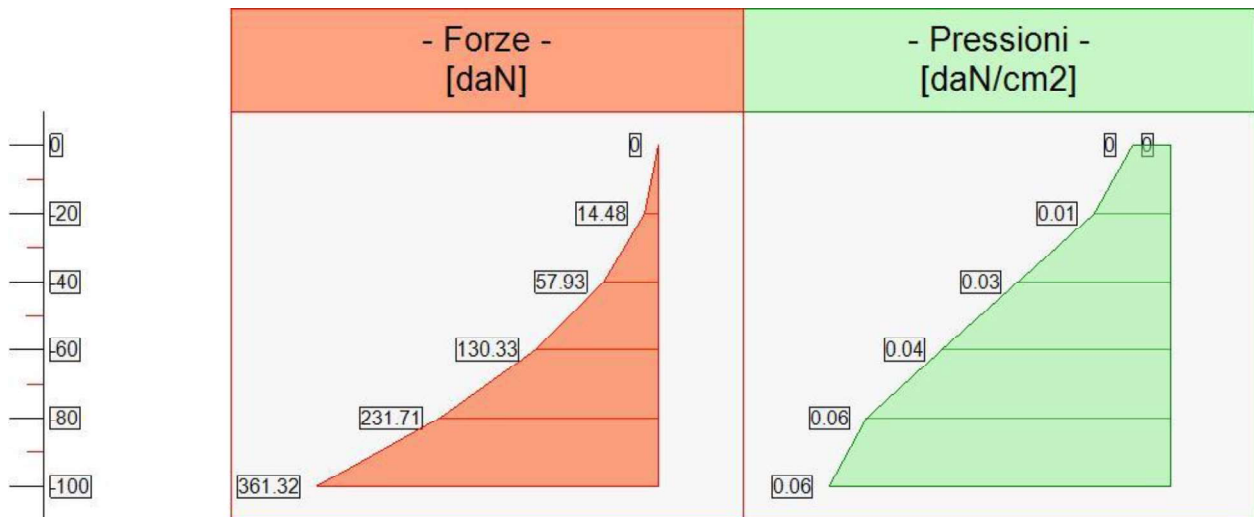


Risultante delle spinte sul muro (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- attacco fusto - fondazione, forza orizzontale = 361.32 [daN]
- attacco fusto - fondazione, forza verticale = 113.37 [daN]
- altezza totale, forza orizzontale = 832.79 [daN]
- altezza totale, forza verticale = 261.3 [daN]

Caso 3 (FREQ. [Frequente] - SLE frequente)

Elevazione		
quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]	Forze [daN]
0	0	0
0	0	0
-20	0.01	14.48
-40	0.03	57.93
-60	0.04	130.33
-80	0.06	231.71
-100	0.06	361.32

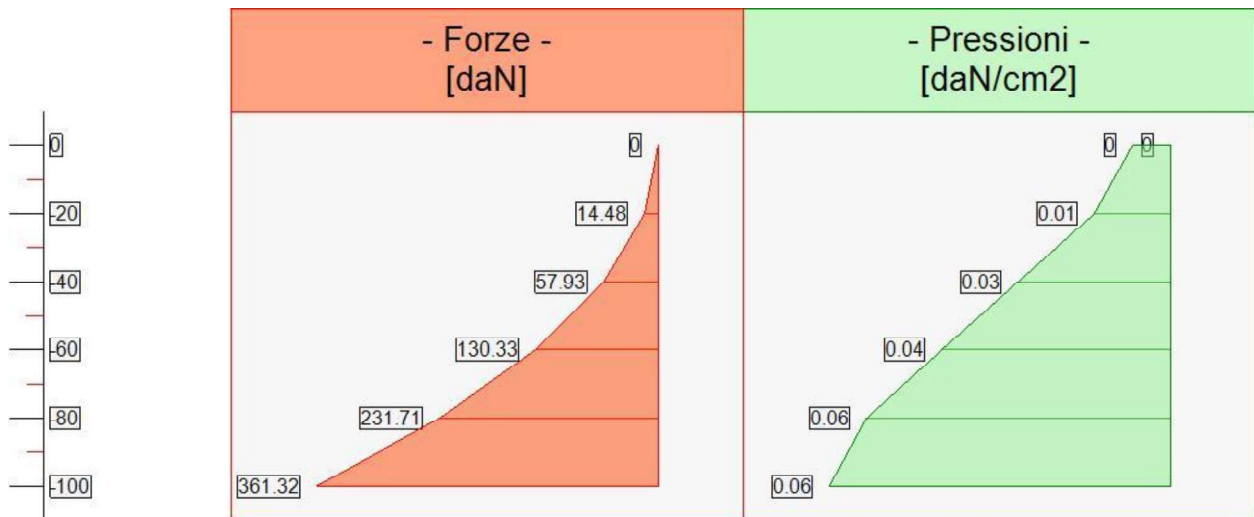


Risultante delle spinte sul muro (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- attacco fusto - fondazione, forza orizzontale = 361.32 [daN]
- attacco fusto - fondazione, forza verticale = 113.37 [daN]
- altezza totale, forza orizzontale = 832.79 [daN]
- altezza totale, forza verticale = 261.3 [daN]

Caso 4 (Q.PERM. [Quasi Perm] - SLE quasi permanente)

Elevazione		
quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]	Forze [daN]
0	0	0
0	0	0
-20	0.01	14.48
-40	0.03	57.93
-60	0.04	130.33
-80	0.06	231.71
-100	0.06	361.32



Risultante delle spinte sul muro (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

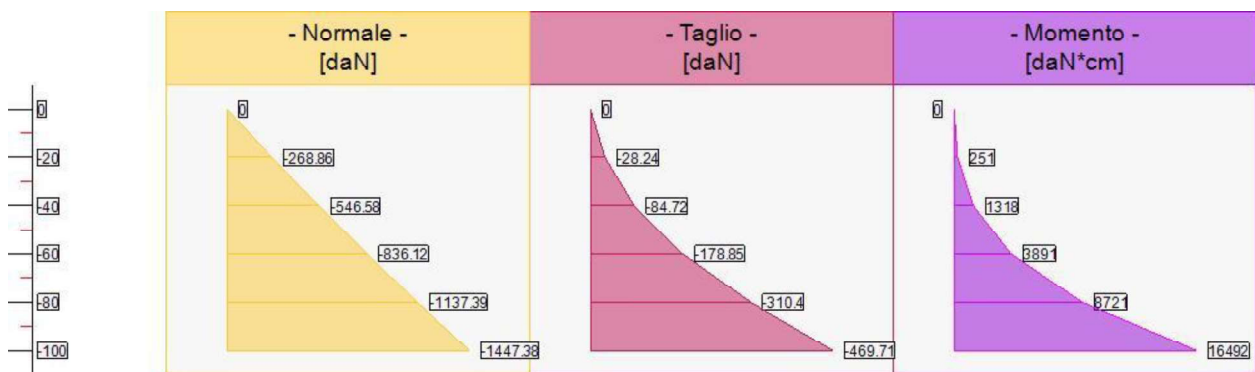
- attacco fusto - fondazione, forza orizzontale = 361.32 [daN]
- attacco fusto - fondazione, forza verticale = 113.37 [daN]
- altezza totale, forza orizzontale = 832.79 [daN]
- altezza totale, forza verticale = 261.3 [daN]

DIAGRAMMI DI SFORZO NORMALE / TAGLIO / MOMENTO

Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)

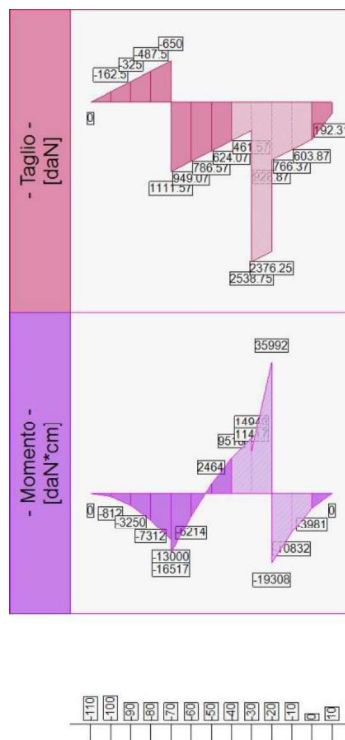
Elevazione, presso-flessione								
quota [cm]	Normale [daN]	Taglio [daN]	Momento [daN*cm]	•	Mom.Res.POS [daN*cm]	Mom.Res.NEG [daN*cm]	FS >1/<1	-
-20	-268.86	-28.24	251	•	2054934	-2054934	> 100	Verificato
-40	-546.58	-84.72	1318	•	2059005	-2059005	> 100	Verificato
-60	-836.12	-178.85	3891	•	2063245	-2063245	> 100	Verificato
-80	-1137.39	-310.4	8721	•	1125359	-1125359	> 100	Verificato
-100	-1447.38	-469.71	16492	•	1130042	-1130042	68.52	Verificato

Elevazione, taglio							
quota [cm]	Normale [daN]	Taglio [daN]	Momento [daN*cm]	•	Tag.Res. [daN]	FS >1/<1	-
-20	-268.86	-28.24	251	•	16377.54	> 100	Verificato
-40	-546.58	-84.72	1318	•	16377.54	> 100	Verificato
-60	-836.12	-178.85	3891	•	16377.54	91.57	Verificato
-80	-1137.39	-310.4	8721	•	14223.16	45.82	Verificato
-100	-1447.38	-469.71	16492	•	14223.16	30.28	Verificato



Fondazione, flessione							
quota [cm]	Taglio [daN]	Momento [daN*cm]	•	Mom.Res.POS [daN*cm]	Mom.Res.NEG [daN*cm]	FS >1/<1	-
-100	-162.5	-812	•	1450554.4	-1450554.4	> 100	Verificato
-90	-325	-3250	•	1450554.4	-1450554.4	> 100	Verificato
-80	-487.5	-7312	•	1450554.4	-1450554.4	> 100	Verificato
-70	-650	-13000	•	1450554.4	-1450554.4	> 100	Verificato
-70	1111.57	-16517	•	1461234.5	-1461234.5	88.47	Verificato
-60	949.07	-6214	•	1461234.5	-1461234.5	> 100	Verificato
-50	786.57	2464	•	1461234.5	-1461234.5	> 100	Verificato
-40	624.07	9518	•	1461234.5	-1461234.5	> 100	Verificato
0	603.87	-3981	•	1462650.8	-1462650.8	> 100	Verificato

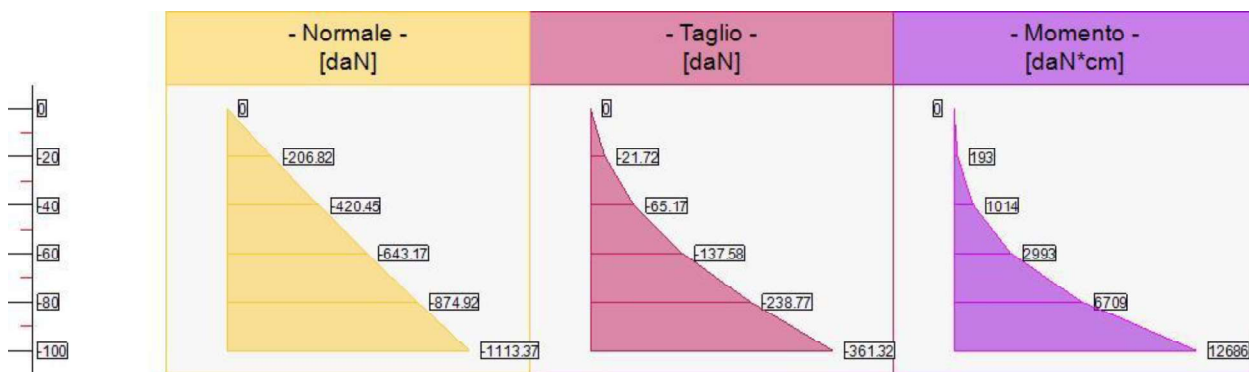
Fondazione, taglio						
quota [cm]	Taglio [daN]	Momento [daN*cm]	•	Tag.Res. [daN]	FS >1/<1	-
-100	-162.5	-812	•	16910.4	> 100	Verificato
-90	-325	-3250	•	16910.4	52.03	Verificato
-80	-487.5	-7312	•	16910.4	34.69	Verificato
-70	-650	-13000	•	16910.4	26.02	Verificato
-70	1111.57	-16517	•	16910.4	15.21	Verificato
-60	949.07	-6214	•	16910.4	17.82	Verificato
-50	786.57	2464	•	16910.4	21.5	Verificato
-40	624.07	9518	•	16910.4	27.1	Verificato
0	603.87	-3981	•	16910.4	28	Verificato



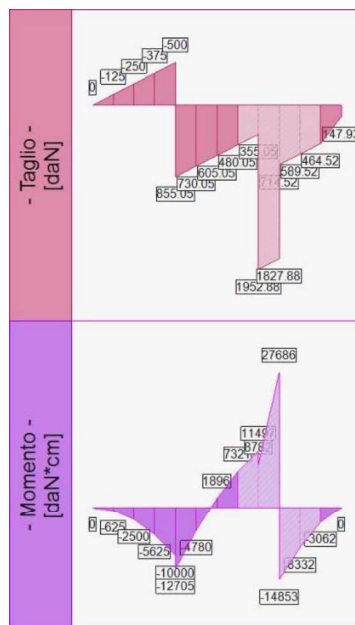
Caso 2 (RARA [Caratteristica] - SLE caratteristica (rara))

Elevazione, tensioni di esercizio cls, tensioni di esercizio acciaio, apertura fessure							
quota [cm]	Tensione Cls [daN/cm ²]	FS >1/<1	Tensione Acc [daN/cm ²]	FS >1/<1	Fessure [cm]	FS >1/<1	-
-20	0.05	> 100	0.77	> 100	0	-	Verificato
-40	0.13	> 100	1.79	> 100	0	-	Verificato
-60	0.24	> 100	3.25	> 100	0	-	Verificato
-80	0.44	> 100	5.72	> 100	0	-	Verificato
-100	0.76	> 100	9.37	> 100	0	-	Verificato

46



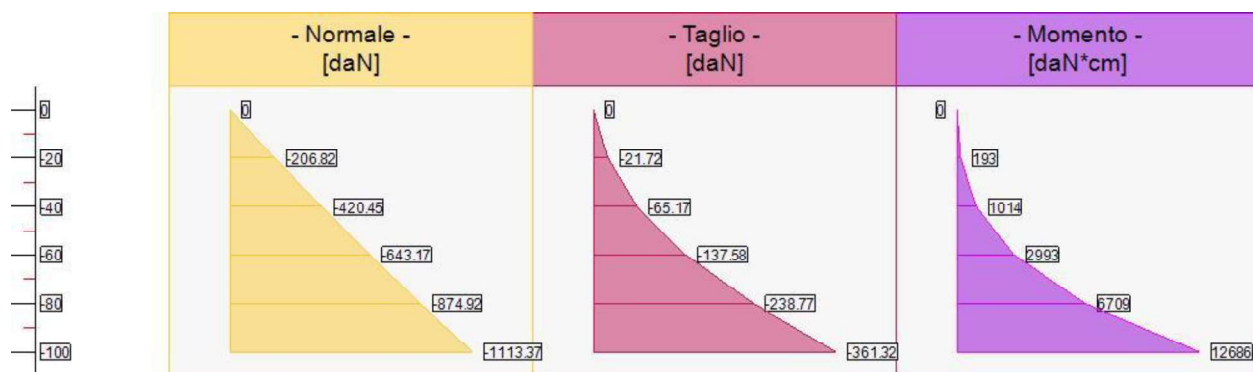
Fondazione, tensioni di esercizio cls, tensioni di esercizio acciaio					
quota [cm]	Tensione Cls [daN/cm ²]	FS >1/<1	Tensione Acc [daN/cm ²]	FS >1/<1	-
-100	0.03	> 100	1.94	> 100	Verificato
-90	0.12	> 100	7.75	> 100	Verificato
-80	0.28	> 100	17.44	> 100	Verificato
-70	0.5	> 100	31.01	> 100	Verificato
-70	0.5	> 100	31.01	> 100	Verificato
-60	0.24	> 100	14.82	> 100	Verificato
-50	0.09	> 100	5.88	> 100	Verificato
-40	0.36	> 100	22.7	> 100	Verificato
0	0.15	> 100	9.5	> 100	Verificato



Caso 3 (FREQ. [Frequente] - SLE frequente)

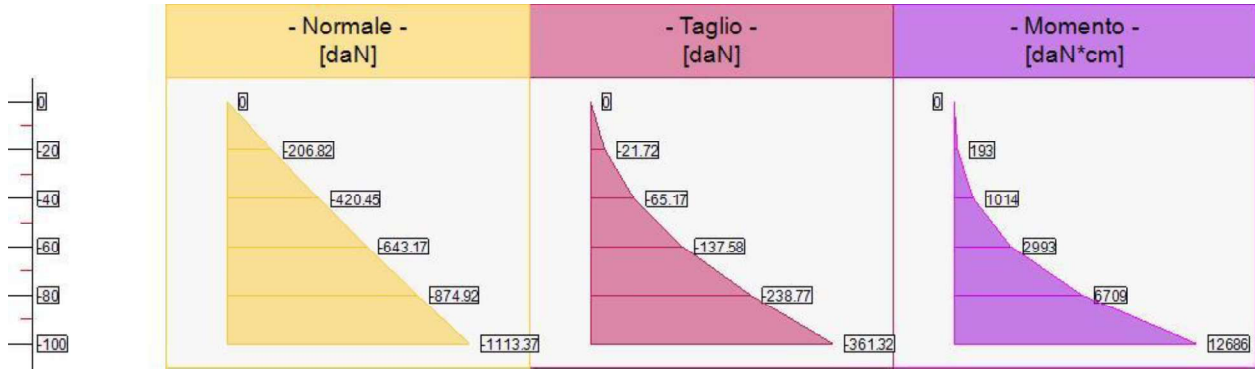
Elevazione, tensioni di esercizio cls, tensioni di esercizio acciaio, apertura fessure							
quota [cm]	Tensione Cls [daN/cm ²]	FS >1/<1	Tensione Acc [daN/cm ²]	FS >1/<1	Fessure [cm]	FS >1/<1	-
-20	0.05	-	0.77	-	0	> 100	Verificato
-40	0.13	-	1.79	-	0	> 100	Verificato
-60	0.24	-	3.25	-	0	> 100	Verificato
-80	0.44	-	5.72	-	0	> 100	Verificato
-100	0.76	-	9.37	-	0	> 100	Verificato

47

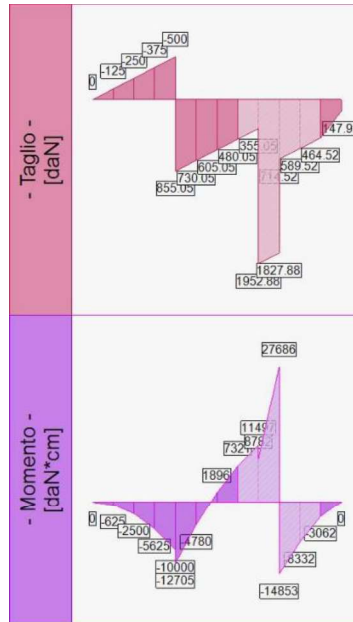


Caso 4 (Q.PERM. [Quasi Perm] - SLE quasi permanente)

Elevazione, tensioni di esercizio cls, tensioni di esercizio acciaio, apertura fessure							
quota [cm]	Tensione Cls [daN/cm ²]	FS >1/<1	Tensione Acc [daN/cm ²]	FS >1/<1	Fessure [cm]	FS >1/<1	- -
-20	0.05	> 100	0.77	-	0	> 100	Verificato
-40	0.13	> 100	1.79	-	0	> 100	Verificato
-60	0.24	> 100	3.25	-	0	> 100	Verificato
-80	0.44	> 100	5.72	-	0	> 100	Verificato
-100	0.76	> 100	9.37	-	0	> 100	Verificato



Fondazione, tensioni di esercizio cls, tensioni di esercizio acciaio					
quota [cm]	Tensione Cls [daN/cm ²]	FS >1/<1	Tensione Acc [daN/cm ²]	FS >1/<1	- -
-100	0.03	> 100	1.94	-	Verificato
-90	0.12	> 100	7.75	-	Verificato
-80	0.28	> 100	17.44	-	Verificato
-70	0.5	> 100	31.01	-	Verificato
-70	0.5	> 100	31.01	-	Verificato
-60	0.24	> 100	14.82	-	Verificato
-50	0.09	> 100	5.88	-	Verificato
-40	0.36	> 100	22.7	-	Verificato
0	0.15	> 100	9.5	-	Verificato



AZIONI IN TESTA AI PALI

palo	N[daN]	T [daN]	M [daN*cm]
1	2642.36	811.77	5276
2	3115.77	812.18	5293

➤ RIASSUNTO VERIFICHE

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva con i fattori di sicurezza minimi (= rapporto R_d/E_d o C_d/E_d) calcolati per tutte le verifiche.

La verifica si intende superata se il valore del rapporto è maggiore o uguale a 1.0.

Le caselle con i trattini indicano che la verifica corrispondente non va svolta per il relativo Caso di Carico.

caso di carico	resistenza assiale	resistenza trasversale	stabilità globale	FS strutturale Fusto(pre- sso- flessione)	FS strutturale Fusto(tagli- o)	FS strutturale Fusto(ten- sione cls)	FS strutturale Fusto(ten- sione acciaio)	FS strutturale Fusto(ape- rtura fessure)	FS strutturale Fondazion- e(flession- e)	FS strutturale Fondazion- e(taglio)	FS strutturale Fondazion- e(tensione cls)	FS strutturale Fondazion- e(tensione acciaio)
1 - STR(SLU)	2.69	37.47	---	68.52	30.28	---	---	---	88.47	15.21	---	---
2 RARA(RARA)	---	---	---	---	---	100	100	---	---	---	100	100
3 FREQ.(FREQU- ENTE)	---	---	---	---	---	---	---	100	---	---	---	---
4 Q.PERM.(QU- ASI_PERM)	---	---	---	---	---	100	---	100	---	---	100	---

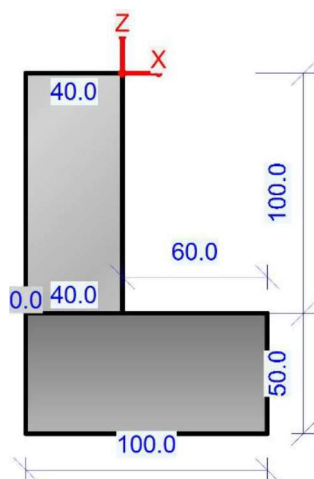
Muro Verificato!

[Verifiche Superate]

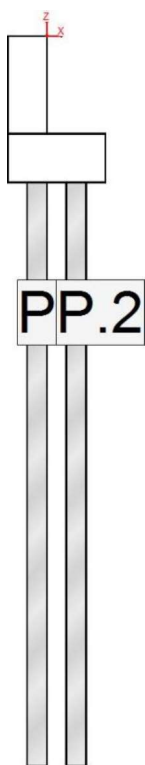
MURO TIPOLOGICO 3

➤ ELEMENTI STRUTTURALI

MURO E FONDAZIONE



PALI



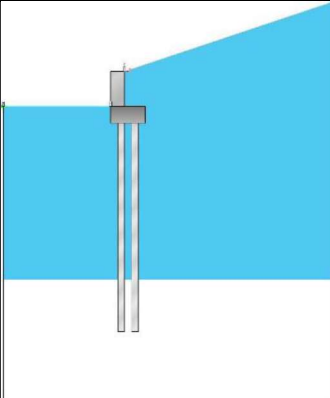
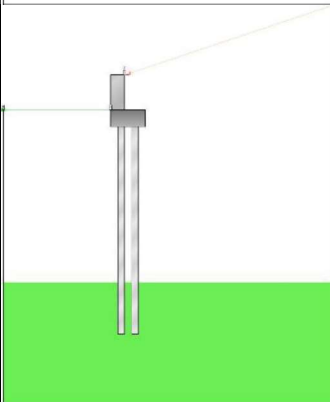
Fila 1:

- lunghezza = 600 [cm]
- interasse = 150 [cm]
- scostamento iniziale = 75 [cm]
- dist. bordo fondazione = 30 [cm]
- inclinazione = 0 °
- tipo = micropalo
- vincolo = incastro
- Ø interno micropalo = 14.4 [cm]
- Ø esterno micropalo = 15.2 [cm]
- Ø perforazione = 20 [cm]

Fila 2:

- lunghezza = 600 [cm]
- interasse = 150 [cm]
- scostamento iniziale = 0 [cm]
- dist. bordo fondazione = 70 [cm]
- inclinazione = 0 °
- tipo = micropalo
- vincolo = incastro
- Ø interno micropalo = 14.44 [cm]
- Ø esterno micropalo = 15.2 [cm]
- Ø perforazione = 20 [cm]

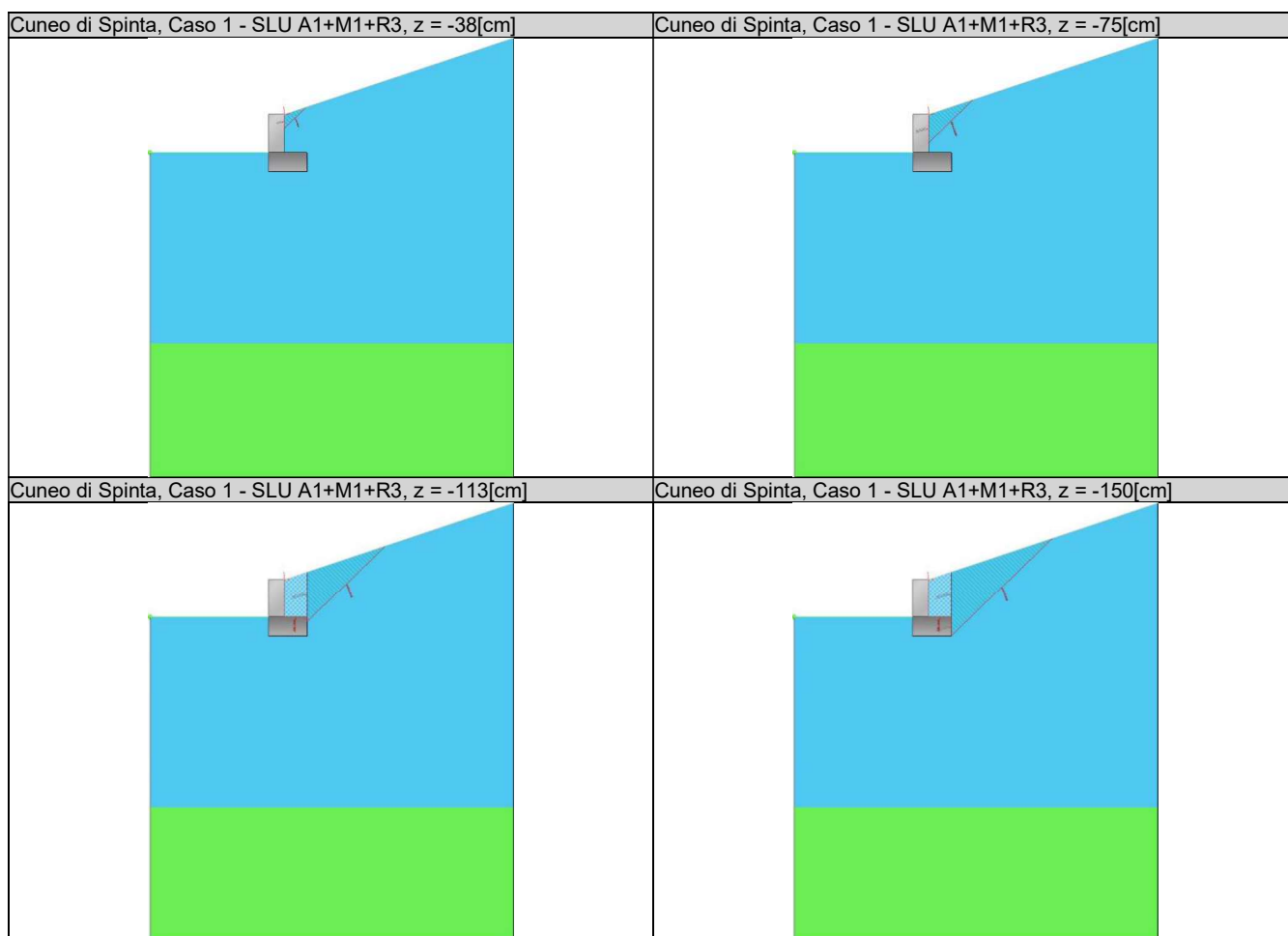
➤ STRATIGRAFIA

strato e terreno	dati inseriti	disegno strato	coord. (x;z)
- 1 - Strato 1 (strato 1) Terreno 1 (non coesivo) (1) $c' = 0$ [daN/cm ²] $\gamma = 0.0019$ [daN/cm ³] $\varphi = 26^\circ$	$h = 0$ $i = 0^\circ$		1 (600;-600)[cm] 2 (600;200)[cm] 3 (0;0)[cm] 4 (0;-100)[cm] 5 (60;-100)[cm] 6 (60;-150)[cm] 7 (-40;-150)[cm] 8 (-40;-100)[cm] 9 (-350;-100)[cm] 10 (-350;-600)[cm] 11 (0;-600)[cm]
- 2 - Strato 2 (strato 2) Terreno 2 (non coesivo) (2a) $c' = 0$ [daN/cm ²] $\gamma = 0.0015$ [daN/cm ³] $\varphi = 32^\circ$	$h = -600$ $i = 0^\circ$		1 (600;-950)[cm] 2 (600;-600)[cm] 3 (0;-600)[cm] 4 (-350;-600)[cm] 5 (-350;-950)[cm]

➤ OPZIONI DI CALCOLO

Spinte calcolate con coefficiente di spinta attiva "ka" (si considera che il muro non sia in grado di subire spostamenti). Il calcolo della spinta è svolto secondo il metodo del cuneo di tentativo generalizzato (Rif.: Renato LANCELLOTTA "Geotecnica" (2004) - NAVFAC Design Manual 7.02 (1986)). Il metodo è iterativo e prevede la suddivisione del terreno a monte dell'opera in poligoni semplici definiti dal paramento, dalla successione stratigrafica e dalla superficie di scivolamento di tentativo. La procedura automatica vaglia numerose superfici di scivolamento ad ogni quota di calcolo lungo il paramento, determinando la configurazione che comporta la spinta massima sull'opera.

- Attrito muro terreno / $\phi' = 0.67$
- Aderenza muro terreno / $c' = 0$
- Attrito terreno terreno / $\phi' = 0.67$
- Aderenza terreno terreno / $c' = 0$

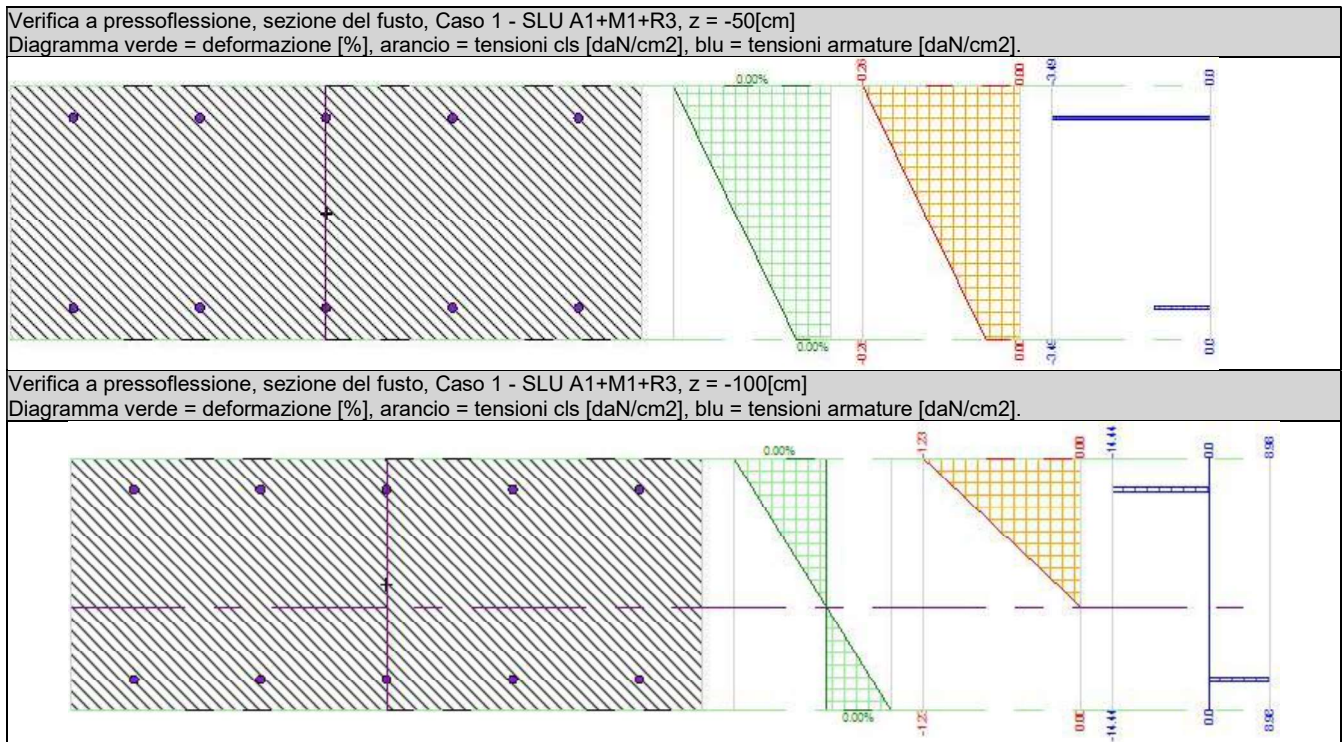


Il calcolo delle sollecitazioni e degli spostamenti dell'opera viene svolto con il metodo degli elementi finiti (FEM). Gli elementi schematizzanti il muro hanno peso e caratteristiche meccaniche proprie dei materiali di cui è costituito. Il terreno spingente (a monte) è rappresentato per mezzo di azioni distribuite applicate sugli elementi. Il terreno di fondazione è rappresentato per mezzo di elementi finiti non-lineari (con parzializzazione), con opportuno coefficiente di reazione alla Winkler in compressione.

- lunghezze aste elevazione = 20 [cm]
- lunghezze aste fondazione = 10 [cm]
- coefficiente di reazione del terreno (Winkler) = 2.7 [daN/cm³]

La verifica delle sezioni in cemento armato viene eseguita a SLU e SLE. La pressoflessione è verificata a SLU con i diagrammi costitutivi parabola-rettangolo (cls) e bilatero (acciaio) [NTC18 4.1.2.1.2]. La resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti è verificata a SLU [NTC18 4.1.2.3.5]. A SLE si verifica lo stato limite di apertura delle fessure [NTC18 4.1.2.2.4], e la tensione massima nei materiali [NTC18 4.1.2.2.5].

- apertura delle fessure: $k_t=0.40$, $k_1=0.80$, $k_2=0.50$, $k_3=3.40$, $k_4=0.43$. interasse barre non limitato.
- lunghezza di ancoraggio, numero di diametri = 20
- lunghezza di ancoraggio, lunghezza minima = 15 [cm]



➤ CASI DI CARICO

caso	coefficienti per i carichi
STR (SLU) descr. = SLU A1+M1+R3 coeff. = 1.3(pp.), 1.3(ter.m.), 1.3(fld.m.)1.3(ter.cs.), 1.3(fld.cs.)	nessun carico
RARA (Caratteristica) descr. = SLE caratteristica (rara) coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	nessun carico
FREQ. (Frequente) descr. = SLE frequente coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	nessun carico
Q.PERM. (Quasi_Perm) descr. = SLE quasi permanente coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	nessun carico

➤ VERIFICHE GEOTECNICHE

Viene valutata la portata di ogni singolo palo :

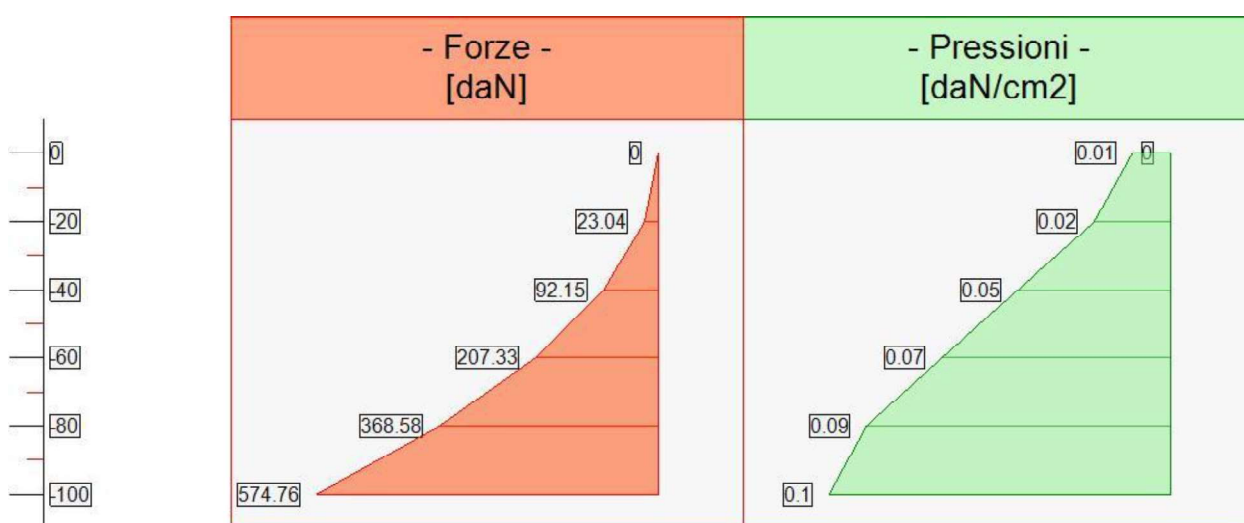
caso di carico	palo (n° fila)	N [daN] -	Qtc [daN] (compressione)	fs >1;<1	Qtt [daN] (trazione)	fs >1;<1	T [daN] -	Rtr [daN] (trasversale)	fs >1;<1
1 - STR (SLU)	1	-5651.18	9946.84	1.76	-6405.76	-	1248.19	30430.91	24.38
1 - STR (SLU)	2	-3141.17	9946.84	3.17	-6405.76	-	1248.38	30430.91	24.38

➤ VERIFICHE STRUTTURALI

DIAGRAMMI DELLE SPINTE E PRESSIONI

Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)

Elevazione		
quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]	Forze [daN]
0	0	0
0	0.01	0
-20	0.02	23.04
-40	0.05	92.15
-60	0.07	207.33
-80	0.09	368.58
-100	0.1	574.76

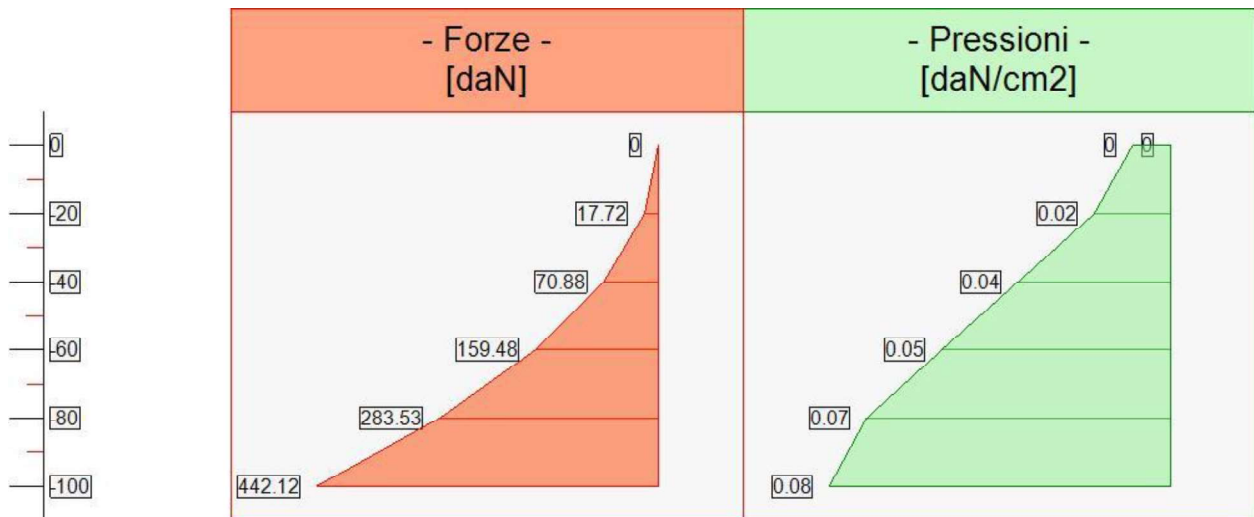


Risultante delle spinte sul muro (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- attacco fusto - fondazione, forza orizzontale = 574.76 [daN]
- attacco fusto - fondazione, forza verticale = 180.34 [daN]
- altezza totale, forza orizzontale = 1664.38 [daN]
- altezza totale, forza verticale = 522.22 [daN]

Caso 2 (RARA [Caratteristica] - SLE caratteristica (rara))

Elevazione		
quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]	Forze [daN]
0	0	0
0	0	0
-20	0.02	17.72
-40	0.04	70.88
-60	0.05	159.48
-80	0.07	283.53
-100	0.08	442.12



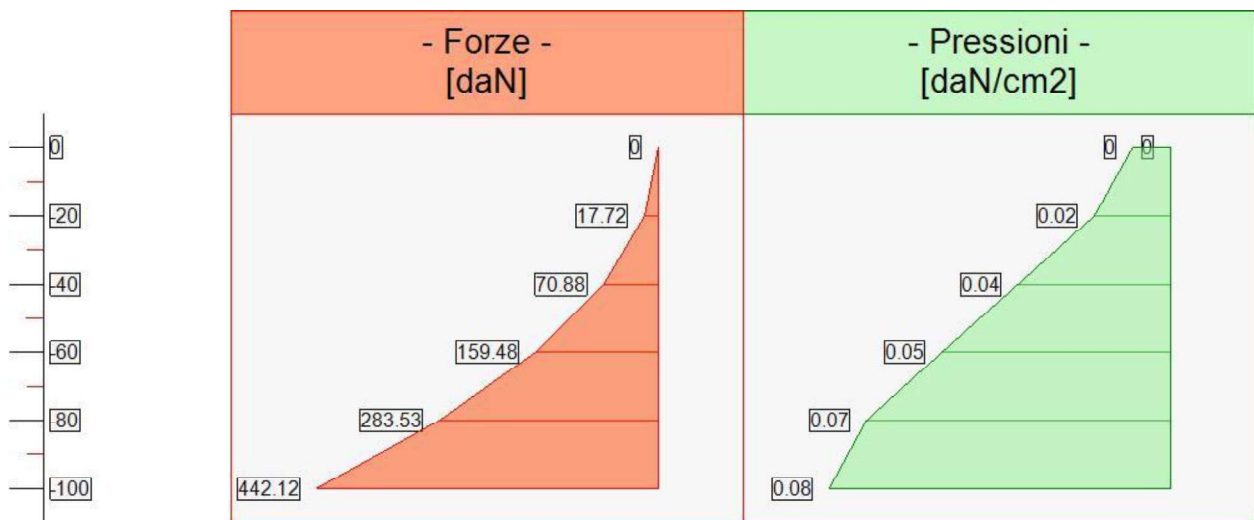
Risultante delle spinte sul muro (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

56

- attacco fusto - fondazione, forza orizzontale = 442.12 [daN]
- attacco fusto - fondazione, forza verticale = 138.72 [daN]
- altezza totale, forza orizzontale = 1280.3 [daN]
- altezza totale, forza verticale = 401.71 [daN]

Caso 3 (FREQ. [Frequente] - SLE frequente)

Elevazione		
quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]	Forze [daN]
0	0	0
0	0	0
-20	0.02	17.72
-40	0.04	70.88
-60	0.05	159.48
-80	0.07	283.53
-100	0.08	442.12

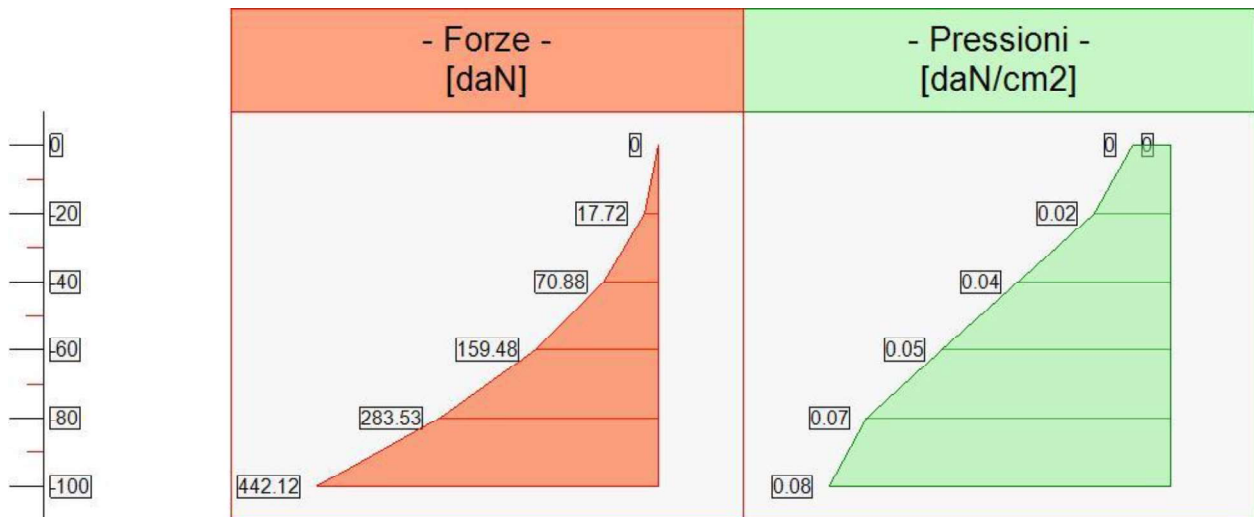


Risultante delle spinte sul muro (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- attacco fusto - fondazione, forza orizzontale = 442.12 [daN]
- attacco fusto - fondazione, forza verticale = 138.72 [daN]
- altezza totale, forza orizzontale = 1280.3 [daN]
- altezza totale, forza verticale = 401.71 [daN]

Caso 4 (Q.PERM. [Quasi Perm] - SLE quasi permanente)

Elevazione		
quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]	Forze [daN]
0	0	0
0	0	0
-20	0.02	17.72
-40	0.04	70.88
-60	0.05	159.48
-80	0.07	283.53
-100	0.08	442.12



Risultante delle spinte sul muro (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

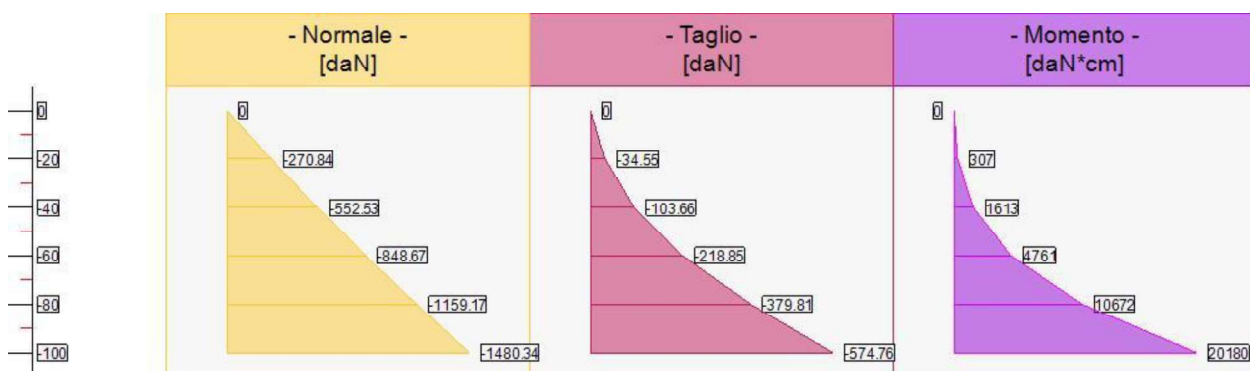
- attacco fusto - fondazione, forza orizzontale = 442.12 [daN]
- attacco fusto - fondazione, forza verticale = 138.72 [daN]
- altezza totale, forza orizzontale = 1280.3 [daN]
- altezza totale, forza verticale = 401.71 [daN]

DIAGRAMMI DI SFORZO NORMALE / TAGLIO / MOMENTO

Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)

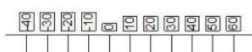
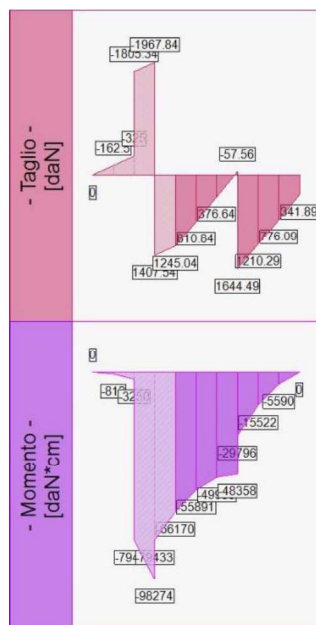
Elevazione, presso-flessione								
quota [cm]	Normale [daN]	Taglio [daN]	Momento [daN*cm]	•	Mom.Res.POS [daN*cm]	Mom.Res.NEG [daN*cm]	FS >1/<1	-
-20	-270.84	-34.55	307	•	2054964	-2054964	> 100	Verificato
-40	-552.53	-103.66	1613	•	2059090	-2059090	> 100	Verificato
-60	-848.67	-218.85	4761	•	2063430	-2063430	> 100	Verificato
-80	-1159.17	-379.81	10672	•	1125688	-1125688	> 100	Verificato
-100	-1480.34	-574.76	20180	•	1130541	-1130541	56.02	Verificato

Elevazione, taglio							
quota [cm]	Normale [daN]	Taglio [daN]	Momento [daN*cm]	•	Tag.Res. [daN]	FS >1/<1	-
-20	-270.84	-34.55	307	•	16377.54	> 100	Verificato
-40	-552.53	-103.66	1613	•	16377.54	> 100	Verificato
-60	-848.67	-218.85	4761	•	16377.54	74.84	Verificato
-80	-1159.17	-379.81	10672	•	14223.16	37.45	Verificato
-100	-1480.34	-574.76	20180	•	14223.16	24.75	Verificato



Fondazione, flessione							
quota [cm]	Taglio [daN]	Momento [daN*cm]	•	Mom.Res.POS [daN*cm]	Mom.Res.NEG [daN*cm]	FS >1/<1	-
0	1245.04	-66170	•	1455634.1	-1455634.1	22	Verificato
10	810.84	-55891	•	1455634.1	-1455634.1	26.04	Verificato
20	376.64	-49953	•	1455634.1	-1455634.1	29.14	Verificato
30	-57.56	-48358	•	1455634.1	-1455634.1	30.1	Verificato
30	1644.49	-29796	•	1472058.2	-1472058.2	49.41	Verificato
40	1210.29	-15522	•	1472058.2	-1472058.2	94.84	Verificato
50	776.09	-5590	•	1472058.2	-1472058.2	> 100	Verificato

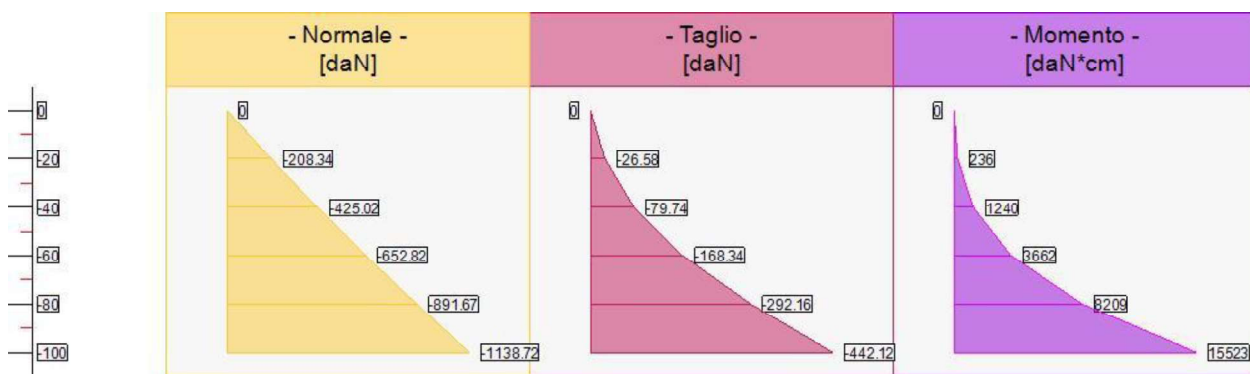
Fondazione, taglio						
quota [cm]	Taglio [daN]	Momento [daN*cm]	•	Tag.Res.	FS	-
			•	[daN]	>1/<1	-
0	1245.04	-66170	•	16910.4	13.58	Verificato
10	810.84	-55891	•	16910.4	20.86	Verificato
20	376.64	-49953	•	16910.4	44.9	Verificato
30	-57.56	-48358	•	16910.4	> 100	Verificato
30	1644.49	-29796	•	16910.4	10.28	Verificato
40	1210.29	-15522	•	16910.4	13.97	Verificato
50	776.09	-5590	•	16910.4	21.79	Verificato



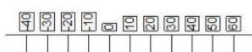
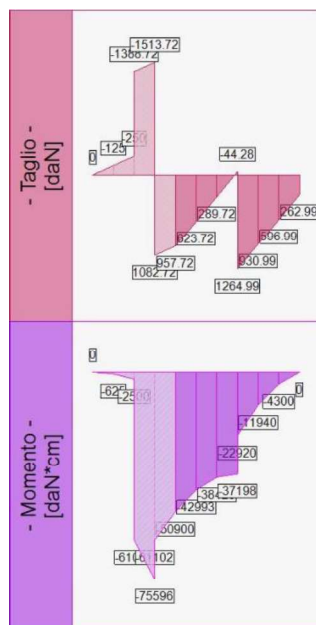
Caso 2 (RARA [Caratteristica] - SLE caratteristica (rara))

Elevazione, tensioni di esercizio cls, tensioni di esercizio acciaio, apertura fessure							
quota [cm]	Tensione Cls [daN/cm ²]	FS >1/<1	Tensione Acc [daN/cm ²]	FS >1/<1	Fessure [cm]	FS >1/<1	-
-20	0.05	> 100	0.79	> 100	0	-	Verificato
-40	0.14	> 100	1.88	> 100	0	-	Verificato
-60	0.26	> 100	3.52	> 100	0	-	Verificato
-80	0.51	> 100	6.45	> 100	0	-	Verificato
-100	0.95	> 100	11.17	> 100	0	-	Verificato

60



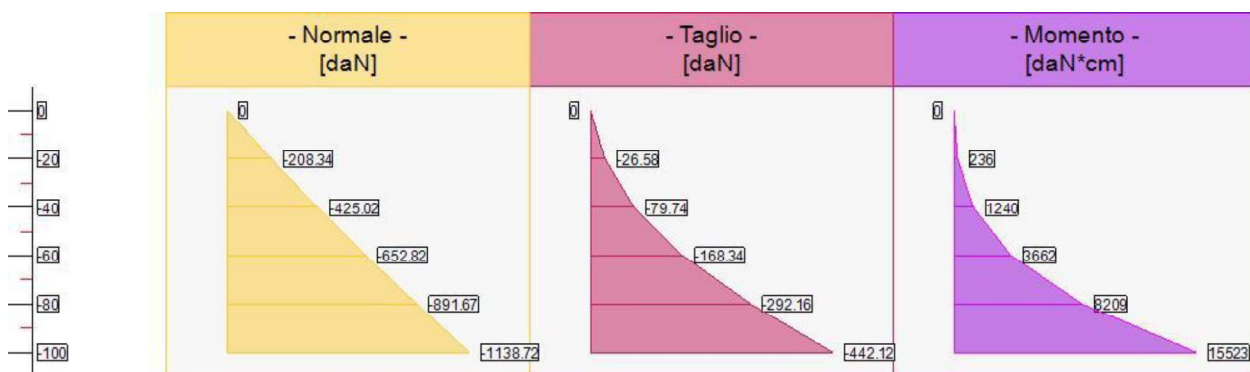
Fondazione, tensioni di esercizio cls, tensioni di esercizio acciaio					
quota [cm]	Tensione Cls [daN/cm ²]	FS >1/<1	Tensione Acc [daN/cm ²]	FS >1/<1	-
0	2.52	59.18	157.84	22.81	Verificato
10	2.13	70.06	133.32	27	Verificato
20	1.91	78.39	119.16	30.21	Verificato
30	1.84	80.98	115.35	31.21	Verificato
30	1.84	80.98	115.35	31.21	Verificato
40	0.59	> 100	37.02	97.23	Verificato
50	0.21	> 100	13.33	> 100	Verificato



Caso 3 (FREQ. [Frequente] - SLE frequente)

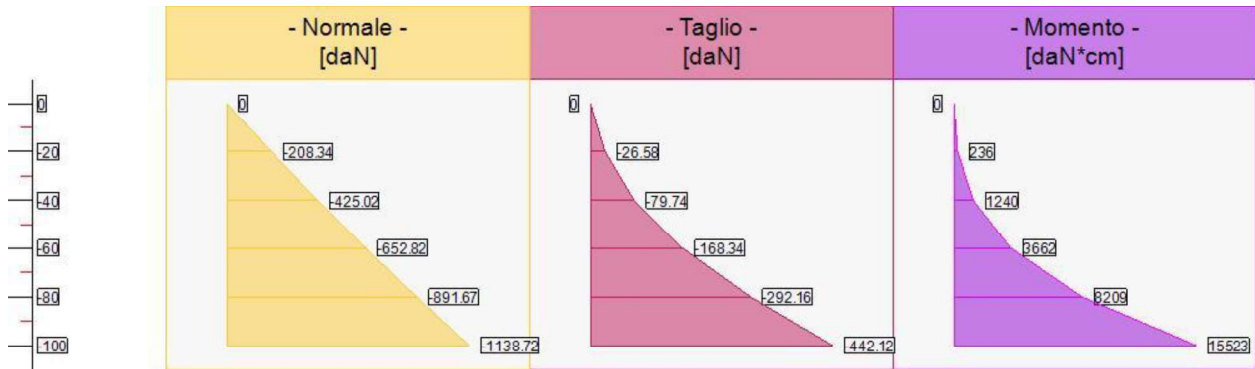
Elevazione, tensioni di esercizio cls, tensioni di esercizio acciaio, apertura fessure							
quota [cm]	Tensione Cls [daN/cm ²]	FS >1/<1	Tensione Acc [daN/cm ²]	FS >1/<1	Fessure [cm]	FS >1/<1	-
-20	0.05	-	0.79	-	0	> 100	Verificato
-40	0.14	-	1.88	-	0	> 100	Verificato
-60	0.26	-	3.52	-	0	> 100	Verificato
-80	0.51	-	6.45	-	0	> 100	Verificato
-100	0.95	-	11.17	-	0	> 100	Verificato

61

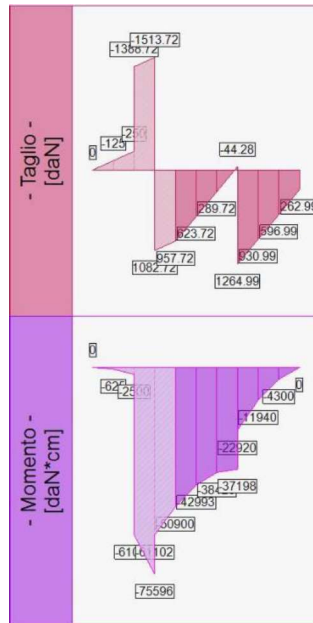


Caso 4 (Q.PERM. [Quasi Perm] - SLE quasi permanente)

Elevazione, tensioni di esercizio cls, tensioni di esercizio acciaio, apertura fessure							
quota [cm]	Tensione Cls [daN/cm ²]	FS >1/<1	Tensione Acc [daN/cm ²]	FS >1/<1	Fessure [cm]	FS >1/<1	- -
-20	0.05	> 100	0.79	-	0	> 100	Verificato
-40	0.14	> 100	1.88	-	0	> 100	Verificato
-60	0.26	> 100	3.52	-	0	> 100	Verificato
-80	0.51	> 100	6.45	-	0	> 100	Verificato
-100	0.95	> 100	11.17	-	0	> 100	Verificato



Fondazione, tensioni di esercizio cls, tensioni di esercizio acciaio					
quota [cm]	Tensione Cls [daN/cm ²]	FS >1/<1	Tensione Acc [daN/cm ²]	FS >1/<1	- -
0	2.52	44.39	157.84	-	Verificato
10	2.13	52.55	133.32	-	Verificato
20	1.91	58.79	119.16	-	Verificato
30	1.84	60.73	115.35	-	Verificato
30	1.84	60.73	115.35	-	Verificato
40	0.59	> 100	37.02	-	Verificato
50	0.21	> 100	13.33	-	Verificato



AZIONI IN TESTA AI PALI

palo	N[daN]	T [daN]	M [daN*cm]
1	5063.07	1248.19	-28262
2	2553.06	1248.38	-27843

➤ RIASSUNTO VERIFICHE

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva con i fattori di sicurezza minimi (= rapporto R_d/E_d o C_d/E_d) calcolati per tutte le verifiche.

La verifica si intende superata se il valore del rapporto è maggiore o uguale a 1.0.

Le caselle con i trattini indicano che la verifica corrispondente non va svolta per il relativo Caso di Carico.

caso di carico	resistenza assiale	resistenza trasversale	stabilità globale	FS strutturale Fusto(pre- sso- flessione)	FS strutturale Fusto(tagli- o)	FS strutturale Fusto(ten- sione cls)	FS strutturale Fusto(ten- sione acciaio)	FS strutturale Fusto(ape- rtura fessure)	FS strutturale Fondazion- e(flession- e)	FS strutturale Fondazion- e(taglio)	FS strutturale Fondazion- e(tensione cls)	FS strutturale Fondazion- e(tensione acciaio)
1 - STR(SLU)	1.76	24.38	---	56.02	24.75	---	---	---	22	10.28	---	---
2 RARA(RARA)	---	---	---	---	---	100	100	---	---	---	59.18	22.81
3 FREQ.(FREQU- ENTE)	---	---	---	---	---	---	---	100	---	---	---	---
4 Q.PERM.(QU- ASI PERM)	---	---	---	---	---	100	---	100	---	---	44.39	---

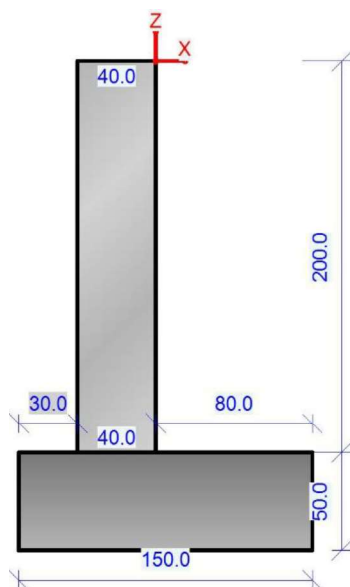
Muro Verificato!

[Verifiche Superate]

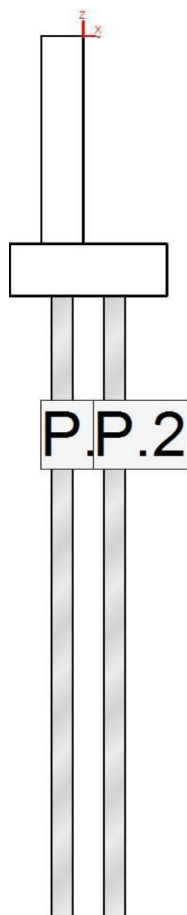
MURO TIPOLOGICO 4

➤ ELEMENTI STRUTTURALI

MURO E FONDAZIONE



PALI



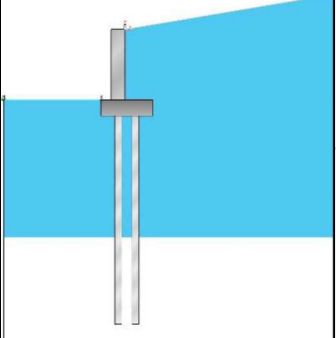
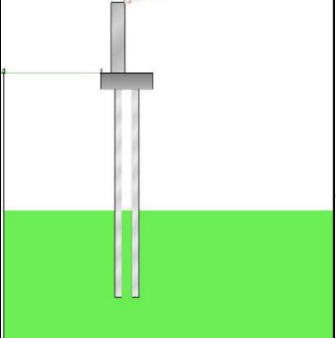
Fila 1:

- lunghezza = 600 [cm]
- interasse = 150 [cm]
- scostamento iniziale = 75 [cm]
- dist. bordo fondazione = 50 [cm]
- inclinazione = 0 °
- tipo = micropalo
- vincolo = incastro
- Ø interno micropalo = 14.4 [cm]
- Ø esterno micropalo = 15.2 [cm]
- Ø perforazione = 20 [cm]

Fila 2:

- lunghezza = 600 [cm]
- interasse = 150 [cm]
- scostamento iniziale = 0 [cm]
- dist. bordo fondazione = 100 [cm]
- inclinazione = 0 °
- tipo = micropalo
- vincolo = incastro
- Ø interno micropalo = 14.44 [cm]
- Ø esterno micropalo = 15.2 [cm]
- Ø perforazione = 20 [cm]

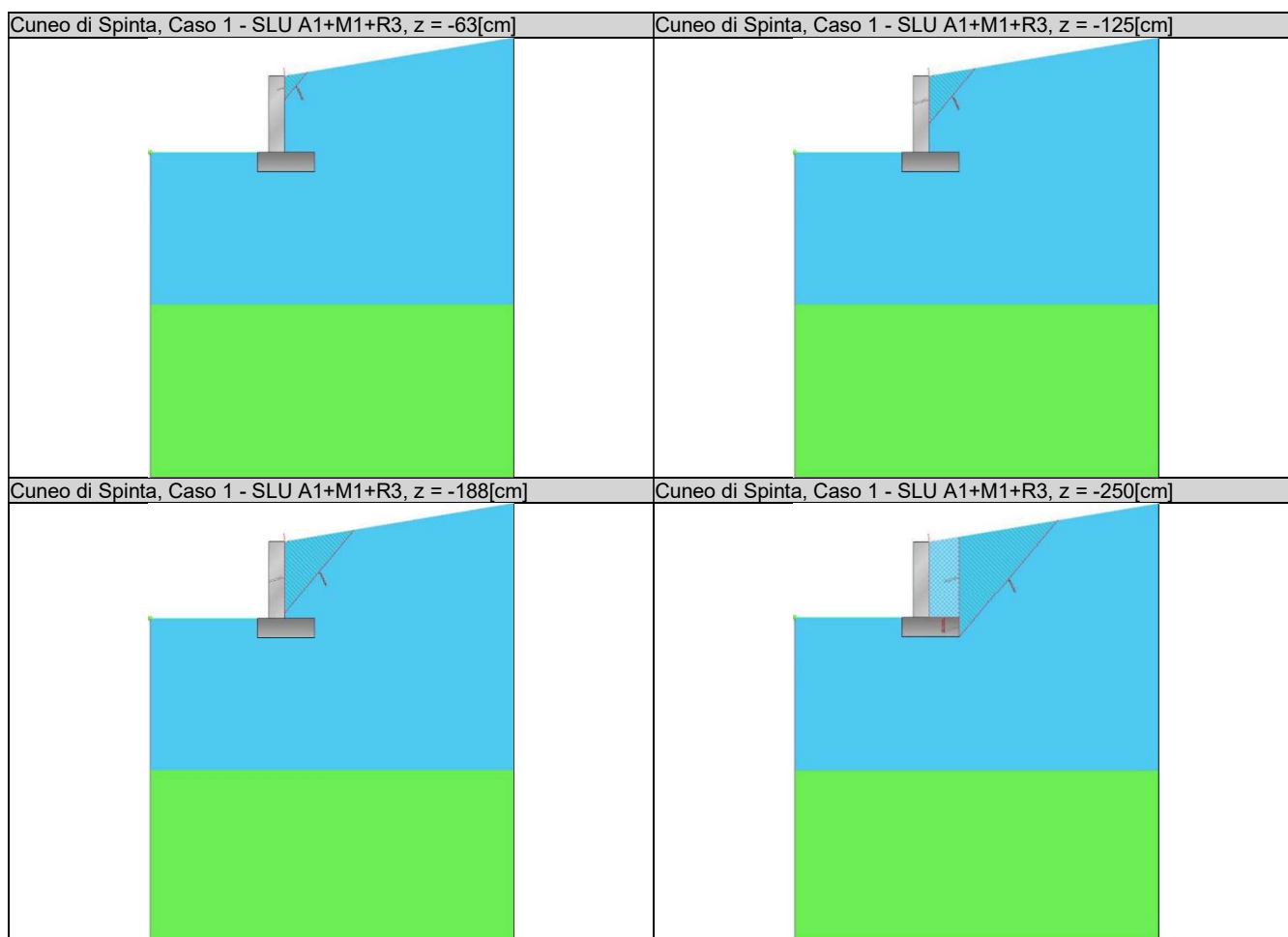
➤ STRATIGRAFIA

strato e terreno	dati inseriti	disegno strato	coord. (x;z)
- 1 - Strato 1 (strato 1) Terreno 1 (non coesivo) (1) $c' = 0$ [daN/cm ²] $\gamma = 0.0019$ [daN/cm ³] $\varphi = 26^\circ$	$h = 0$ $i = 0^\circ$		1 (600;-600)[cm] 2 (600;100)[cm] 3 (0;0)[cm] 4 (0;-200)[cm] 5 (80;-200)[cm] 6 (80;-250)[cm] 7 (-70;-250)[cm] 8 (-70;-200)[cm] 9 (-350;-200)[cm] 10 (-350;-600)[cm] 11 (0;-600)[cm]
- 2 - Strato 2 (strato 2) Terreno 2 (non coesivo) (2a) $c' = 0$ [daN/cm ²] $\gamma = 0.0015$ [daN/cm ³] $\varphi = 32^\circ$	$h = -600$ $i = 0^\circ$		1 (600;-1050)[cm] 2 (600;-600)[cm] 3 (0;-600)[cm] 4 (-350;-600)[cm] 5 (-350;-1050)[cm]

➤ OPZIONI DI CALCOLO

Spinte calcolate con coefficiente di spinta attiva "ka" (si considera che il muro non sia in grado di subire spostamenti). Il calcolo della spinta è svolto secondo il metodo del cuneo di tentativo generalizzato (Rif.: Renato LANCELLOTTA "Geotecnica" (2004) - NAVFAC Design Manual 7.02 (1986)). Il metodo è iterativo e prevede la suddivisione del terreno a monte dell'opera in poligoni semplici definiti dal paramento, dalla successione stratigrafica e dalla superficie di scivolamento di tentativo. La procedura automatica vaglia numerose superfici di scivolamento ad ogni quota di calcolo lungo il paramento, determinando la configurazione che comporta la spinta massima sull'opera.

- Attrito muro terreno / $\phi' = 0.67$
- Aderenza muro terreno / $c' = 0$
- Attrito terreno terreno / $\phi' = 0.67$
- Aderenza terreno terreno / $c' = 0$



Il calcolo delle sollecitazioni e degli spostamenti dell'opera viene svolto con il metodo degli elementi finiti (FEM). Gli elementi schematizzanti il muro hanno peso e caratteristiche meccaniche proprie dei materiali di cui è costituito. Il terreno spingente (a monte) è rappresentato per mezzo di azioni distribuite applicate sugli elementi. Il terreno di fondazione è rappresentato per mezzo di elementi finiti non-lineari (con parzializzazione), con opportuno coefficiente di reazione alla Winkler in compressione.

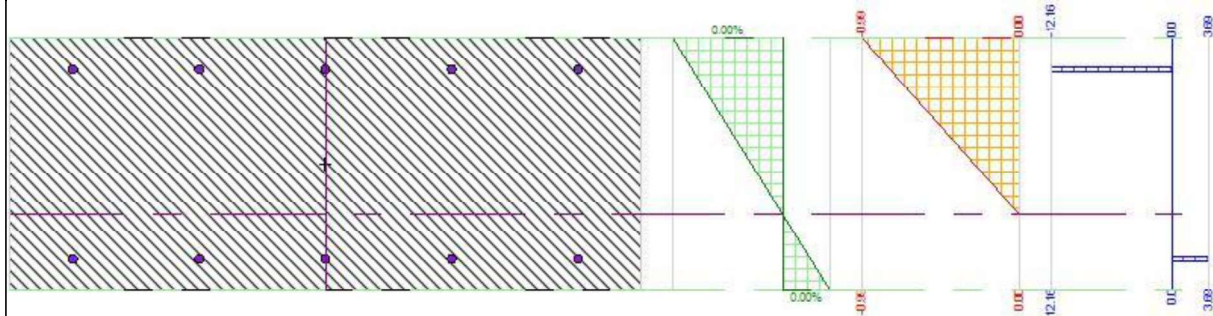
- lunghezze aste elevazione = 20 [cm]
- lunghezze aste fondazione = 10 [cm]
- coefficiente di reazione del terreno (Winkler) = 2.7 [daN/cm³]

La verifica delle sezioni in cemento armato viene eseguita a SLU e SLE. La pressoflessione è verificata a SLU con i diagrammi costitutivi parabola-rettangolo (cls) e bilatero (acciaio) [NTC18 4.1.2.1.2]. La resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti è verificata a SLU [NTC18 4.1.2.3.5]. A SLE si verifica lo stato limite di apertura delle fessure [NTC18 4.1.2.2.4], e la tensione massima nei materiali [NTC18 4.1.2.2.5].

- apertura delle fessure: $k_t=0.40$, $k_1=0.80$, $k_2=0.50$, $k_3=3.40$, $k_4=0.43$. interasse barre non limitato.
- lunghezza di ancoraggio, numero di diametri = 20
- lunghezza di ancoraggio, lunghezza minima = 15 [cm]

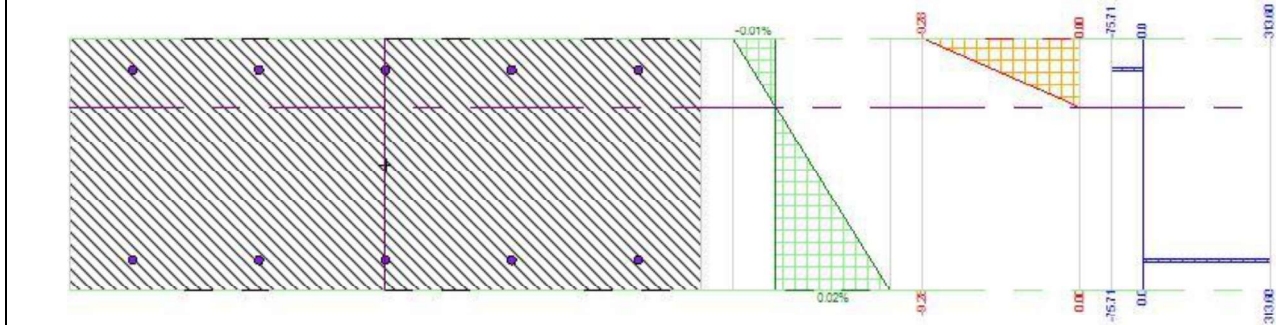
Verifica a pressoflessione, sezione del fusto, Caso 1 - SLU A1+M1+R3, z = -100[cm]

Diagramma verde = deformazione [%], arancio = tensioni cls [daN/cm²], blu = tensioni armature [daN/cm²].



Verifica a pressoflessione, sezione del fusto, Caso 1 - SLU A1+M1+R3, z = -200[cm]

Diagramma verde = deformazione [%], arancio = tensioni cls [daN/cm²], blu = tensioni armature [daN/cm²].



➤ CASI DI CARICO

caso	coefficienti per i carichi
STR (SLU) descr. = SLU A1+M1+R3 coeff. = 1.3(pp.), 1.3(ter.m.), 1.3(fld.m.)1.3(ter.cs.), 1.3(fld.cs.)	nessun carico
RARA (Caratteristica) descr. = SLE caratteristica (rara) coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	nessun carico
FREQ. (Frequente) descr. = SLE frequente coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	nessun carico
Q.PERM. (Quasi_Perm) descr. = SLE quasi permanente coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	nessun carico

➤ VERIFICHE GEOTECNICHE

Viene valutata la portata di ogni singolo palo :

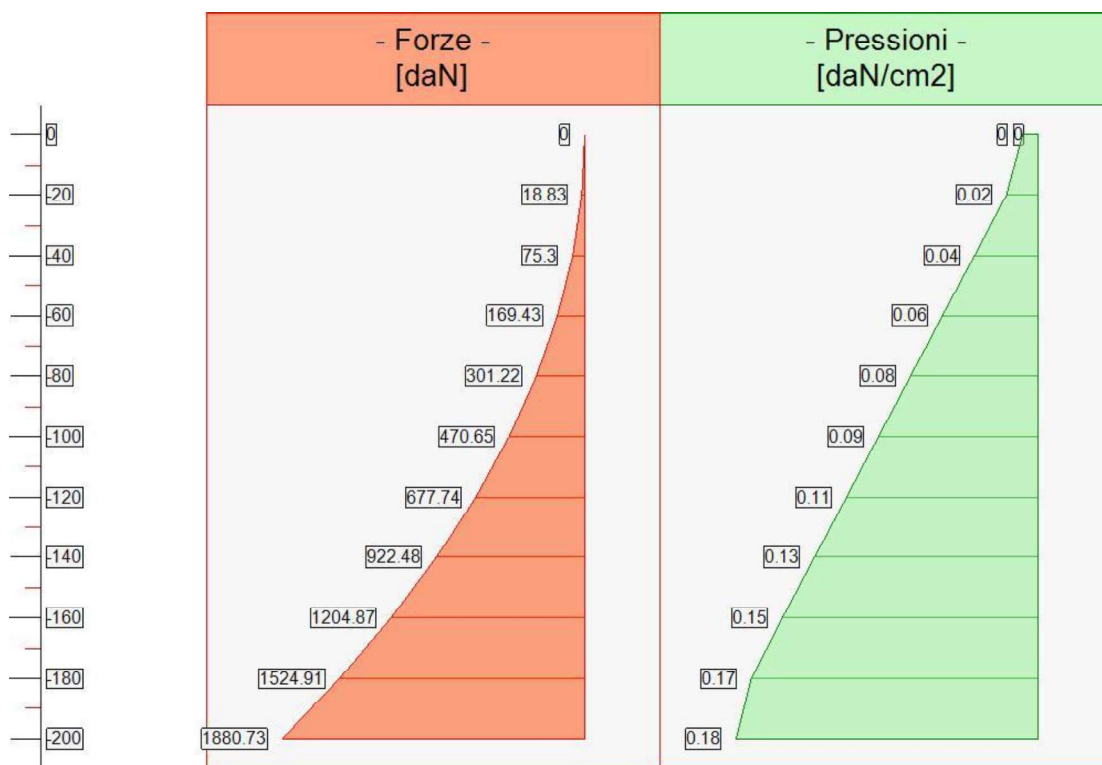
caso di carico	palo (n° fila)	N [daN] -	Qtc [daN] (compressione)	fs >1;<1	Qtt [daN] (trazione)	fs >1;<1	T [daN] -	Rtr [daN] (trasversale)	fs >1;<1
1 - STR (SLU)	1	-11001.09	21466.01	1.95	-13824.11	-	2447.88	31333.87	12.8
1 - STR (SLU)	2	-5393.02	21466.01	3.98	-13824.11	-	2447.69	31333.87	12.8

➤ VERIFICHE STRUTTURALI

DIAGRAMMI DELLE SPINTE E PRESSIONI

Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)

Elevazione		
quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]	Forze [daN]
0	0	0
0	0	0
-20	0.02	18.83
-40	0.04	75.3
-60	0.06	169.43
-80	0.08	301.22
-100	0.09	470.65
-120	0.11	677.74
-140	0.13	922.48
-160	0.15	1204.87
-180	0.17	1524.91
-200	0.18	1880.73

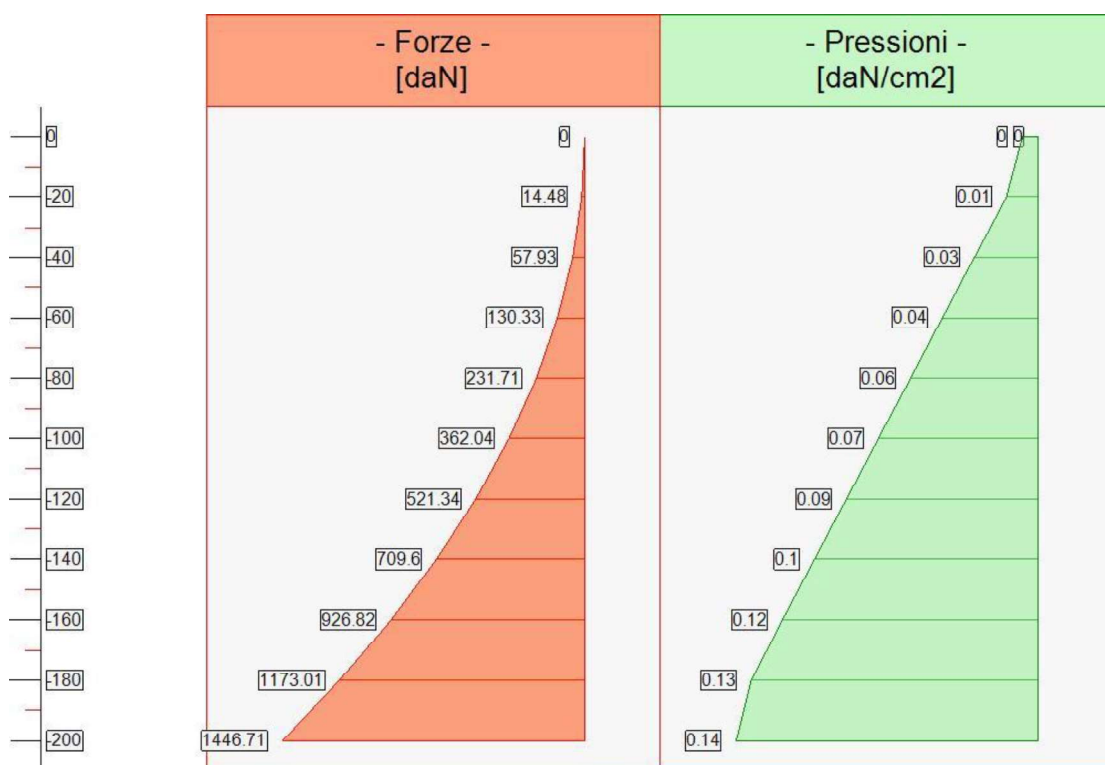


Risultante delle spinte sul muro (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- attacco fusto - fondazione, forza orizzontale = 1880.73 [daN]
- attacco fusto - fondazione, forza verticale = 590.1 [daN]
- altezza totale, forza orizzontale = 3263.71 [daN]
- altezza totale, forza verticale = 1024.04 [daN]

Caso 2 (RARA [Caratteristica] - SLE caratteristica (rara))

Elevazione		
quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]	Forze [daN]
0	0	0
0	0	0
-20	0.01	14.48
-40	0.03	57.93
-60	0.04	130.33
-80	0.06	231.71
-100	0.07	362.04
-120	0.09	521.34
-140	0.1	709.6
-160	0.12	926.82
-180	0.13	1173.01
-200	0.14	1446.71

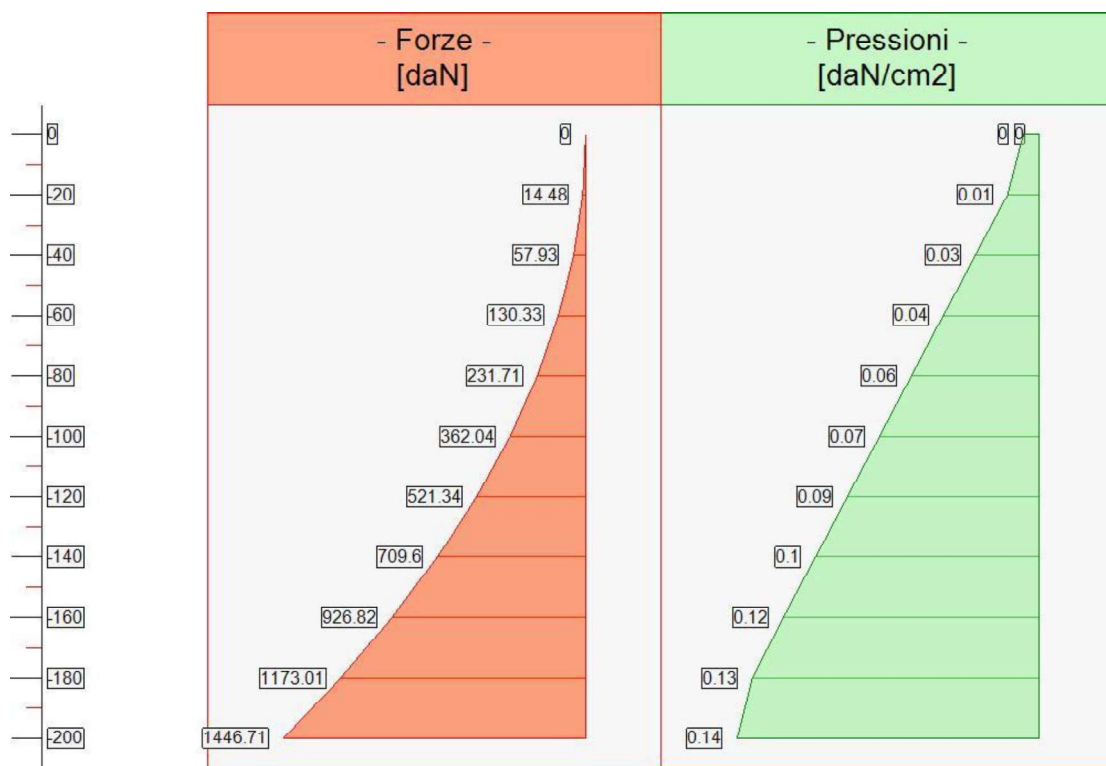


Risultante delle spinte sul muro (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- attacco fusto - fondazione, forza orizzontale = 1446.71 [daN]
- attacco fusto - fondazione, forza verticale = 453.93 [daN]
- altezza totale, forza orizzontale = 2510.55 [daN]
- altezza totale, forza verticale = 787.72 [daN]

Caso 3 (FREQ. [Frequente] - SLE frequente)

Elevazione		
quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]	Forze [daN]
0	0	0
0	0	0
-20	0.01	14.48
-40	0.03	57.93
-60	0.04	130.33
-80	0.06	231.71
-100	0.07	362.04
-120	0.09	521.34
-140	0.1	709.6
-160	0.12	926.82
-180	0.13	1173.01
-200	0.14	1446.71

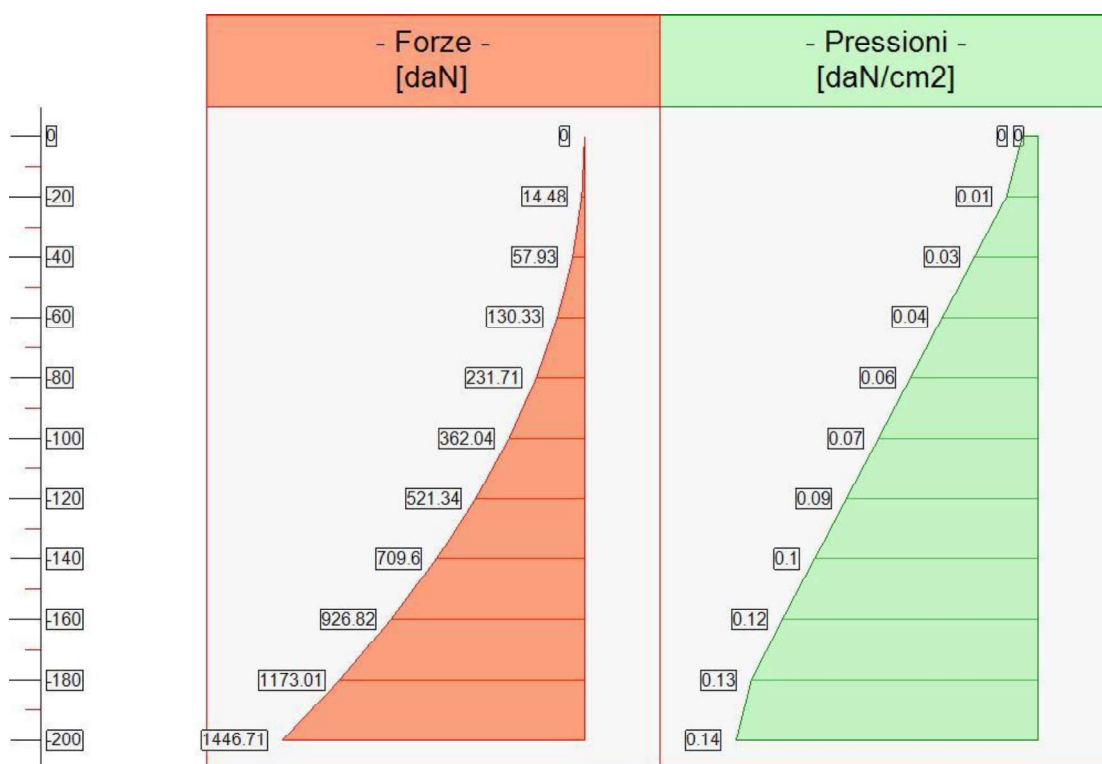


Risultante delle spinte sul muro (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- attacco fusto - fondazione, forza orizzontale = 1446.71 [daN]
- attacco fusto - fondazione, forza verticale = 453.93 [daN]
- altezza totale, forza orizzontale = 2510.55 [daN]
- altezza totale, forza verticale = 787.72 [daN]

Caso 4 (Q.PERM. [Quasi Perm] - SLE quasi permanente)

Elevazione		
quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]	Forze [daN]
0	0	0
0	0	0
-20	0.01	14.48
-40	0.03	57.93
-60	0.04	130.33
-80	0.06	231.71
-100	0.07	362.04
-120	0.09	521.34
-140	0.1	709.6
-160	0.12	926.82
-180	0.13	1173.01
-200	0.14	1446.71



Risultante delle spinte sul muro (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- attacco fusto - fondazione, forza orizzontale = 1446.71 [daN]
- attacco fusto - fondazione, forza verticale = 453.93 [daN]
- altezza totale, forza orizzontale = 2510.55 [daN]
- altezza totale, forza verticale = 787.72 [daN]

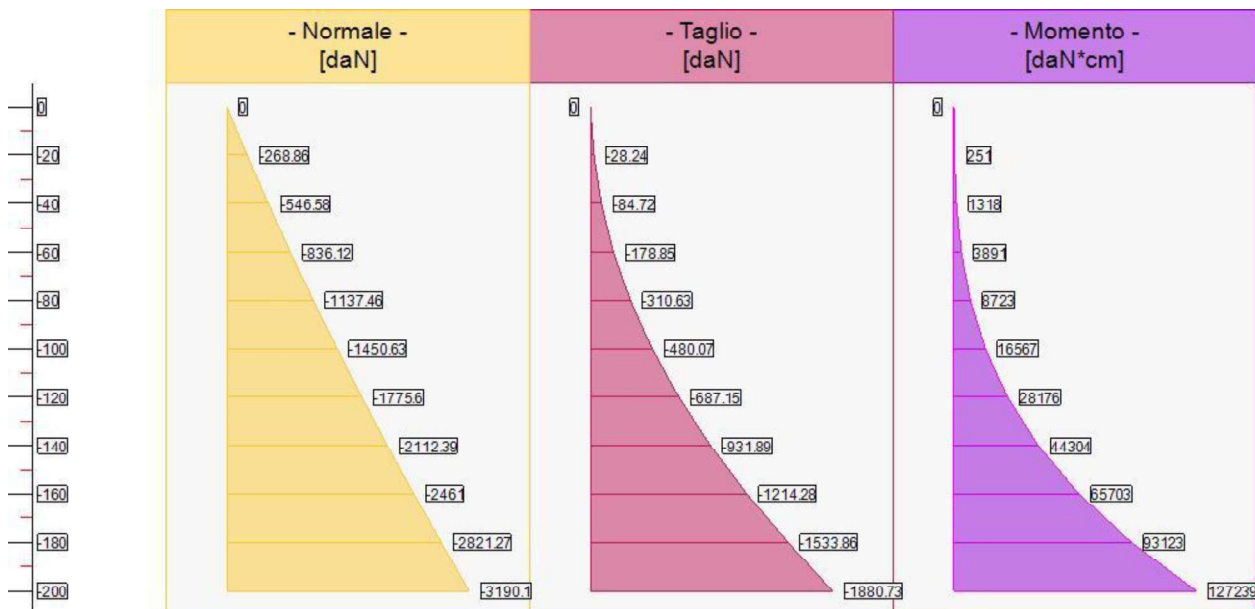
DIAGRAMMI DI SFORZO NORMALE / TAGLIO / MOMENTO

Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)

Elevazione, presso-flessione								
quota [cm]	Normale [daN]	Taglio [daN]	Momento [daN*cm]	•	Mom.Res.POS [daN*cm]	Mom.Res.NEG [daN*cm]	FS >1/<1	-
-20	-268.86	-28.24	251	•	1112235	-1112235	> 100	Verificato
-40	-546.58	-84.72	1318	•	1116432	-1116432	> 100	Verificato
-60	-836.12	-178.85	3891	•	1120808	-1120808	> 100	Verificato
-80	-1137.46	-310.63	8723	•	1125359	-1125359	> 100	Verificato
-100	-1450.63	-480.07	16567	•	1130091	-1130091	68.21	Verificato
-120	-1775.6	-687.15	28176	•	2077010	-2077010	73.71	Verificato
-140	-2112.39	-931.89	44304	•	2081941	-2081941	46.99	Verificato
-160	-2461	-1214.28	65703	•	2087047	-2087047	31.76	Verificato
-180	-2821.27	-1533.86	93123	•	1150800	-1150800	12.36	Verificato
-200	-3190.1	-1880.73	127239	•	1156373	-1156373	9.09	Verificato

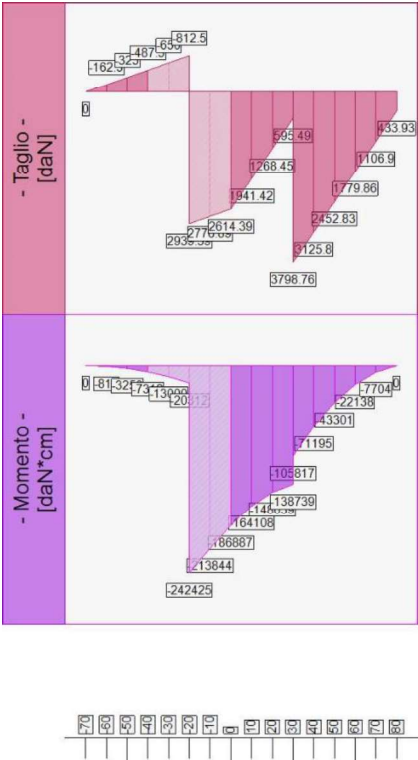
Elevazione, taglio							
quota [cm]	Normale [daN]	Taglio [daN]	Momento [daN*cm]	• •	Tag.Res. [daN]	FS >1/<1	- -
-20	-268.86	-28.24	251	•	14223.16	> 100	Verificato
-40	-546.58	-84.72	1318	•	14223.16	> 100	Verificato
-60	-836.12	-178.85	3891	•	14223.16	79.53	Verificato
-80	-1137.46	-310.63	8723	•	14223.16	45.79	Verificato
-100	-1450.63	-480.07	16567	•	14223.16	29.63	Verificato
-120	-1775.6	-687.15	28176	•	16377.54	23.83	Verificato
-140	-2112.39	-931.89	44304	•	16377.54	17.57	Verificato
-160	-2461	-1214.28	65703	•	16377.54	13.49	Verificato
-180	-2821.27	-1533.86	93123	•	14223.16	9.27	Verificato
-200	-3190.1	-1880.73	127239	•	14223.16	7.56	Verificato

73



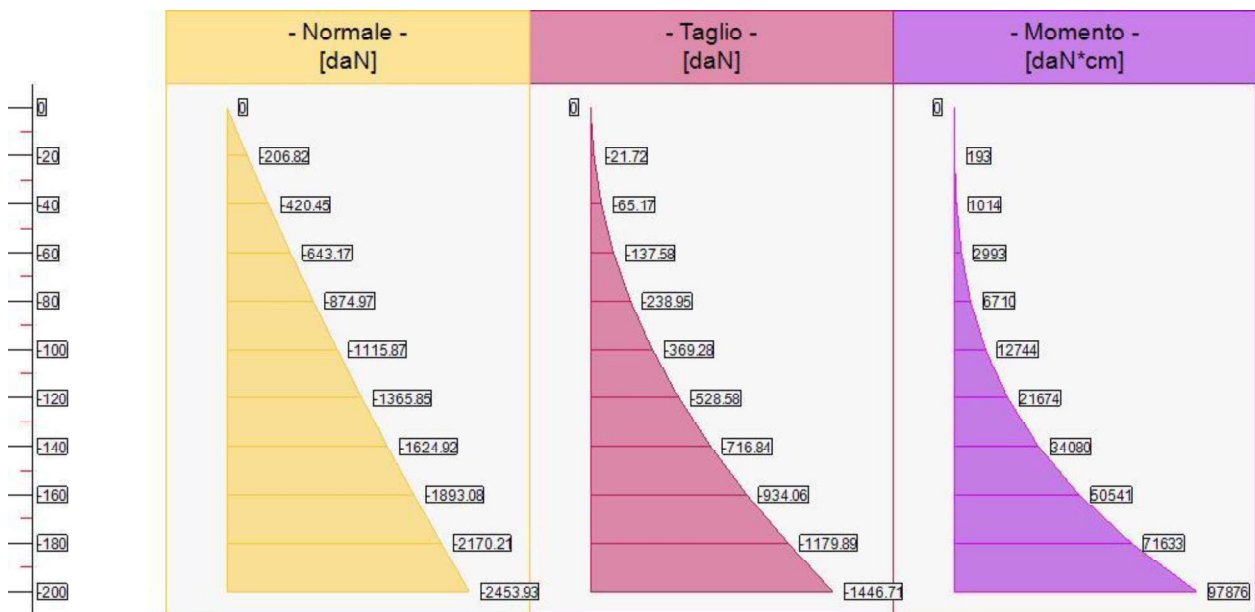
Fondazione, flessione							
quota [cm]	Taglio [daN]	Momento [daN*cm]	•	Mom.Res.POS [daN*cm]	Mom.Res.NEG [daN*cm]	FS	-
-60	-162.5	-812	•	1450554.4	-1450554.4	> 100	Verificato
-50	-325	-3250	•	1450554.4	-1450554.4	> 100	Verificato
-40	-487.5	-7312	•	1450554.4	-1450554.4	> 100	Verificato
0	2614.39	-186887	•	1445645.3	-1445645.3	7.74	Verificato
10	1941.42	-164108	•	1445645.3	-1445645.3	8.81	Verificato
20	1268.45	-148059	•	1445645.3	-1445645.3	9.76	Verificato
30	595.49	-138739	•	1445645.3	-1445645.3	10.42	Verificato
30	3798.76	-105817	•	1477845.8	-1477845.8	13.97	Verificato
40	3125.8	-71195	•	1477845.8	-1477845.8	20.76	Verificato
50	2452.83	-43301	•	1477845.8	-1477845.8	34.13	Verificato
60	1779.86	-22138	•	1477845.8	-1477845.8	66.76	Verificato
70	1106.9	-7704	•	1477845.8	-1477845.8	> 100	Verificato

Fondazione, taglio						
quota	Taglio	Momento	•	Tag.Res.	FS	-
[cm]	[daN]	[daN*cm]	•	[daN]	>1/<1	-
-60	-162.5	-812	•	16910.4	> 100	Verificato
-50	-325	-3250	•	16910.4	52.03	Verificato
-40	-487.5	-7312	•	16910.4	34.69	Verificato
0	2614.39	-186887	•	16910.4	6.47	Verificato
10	1941.42	-164108	•	16910.4	8.71	Verificato
20	1268.45	-148059	•	16910.4	13.33	Verificato
30	595.49	-138739	•	16910.4	28.4	Verificato
30	3798.76	-105817	•	16910.4	4.45	Verificato
40	3125.8	-71195	•	16910.4	5.41	Verificato
50	2452.83	-43301	•	16910.4	6.89	Verificato
60	1779.86	-22138	•	16910.4	9.5	Verificato
70	1106.9	-7704	•	16910.4	15.28	Verificato



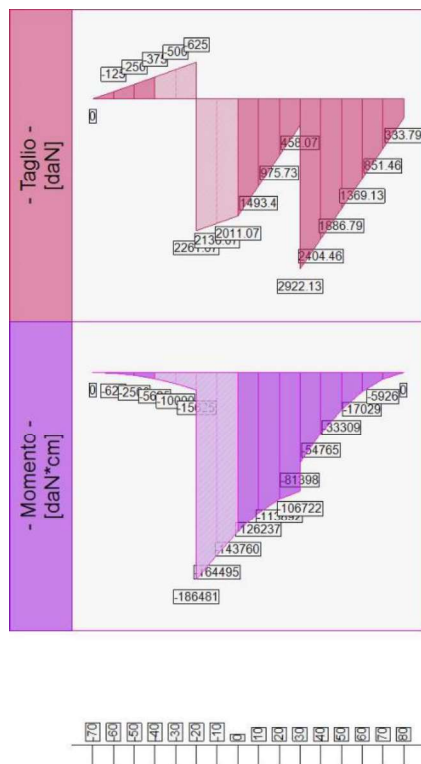
Caso 2 (RARA [Caratteristica] - SLE caratteristica (rara))

Elevazione, tensioni di esercizio cls, tensioni di esercizio acciaio, apertura fessure							
quota [cm]	Tensione Cls [daN/cm ²]	FS >1/<1	Tensione Acc [daN/cm ²]	FS >1/<1	Fessure [cm]	FS >1/<1	- -
-20	0.06	> 100	0.81	> 100	0	-	Verificato
-40	0.13	> 100	1.89	> 100	0	-	Verificato
-60	0.26	> 100	3.45	> 100	0	-	Verificato
-80	0.44	> 100	5.72	> 100	0	-	Verificato
-100	0.76	> 100	9.41	> 100	0	-	Verificato
-120	1.17	> 100	13.67	> 100	0	-	Verificato
-140	1.87	79.95	25.25	> 100	0	-	Verificato
-160	2.8	53.42	49.62	72.54	0	-	Verificato
-180	5.19	28.77	154.82	23.25	0	-	Verificato
-200	7.19	20.77	241	14.94	0	-	Verificato



75

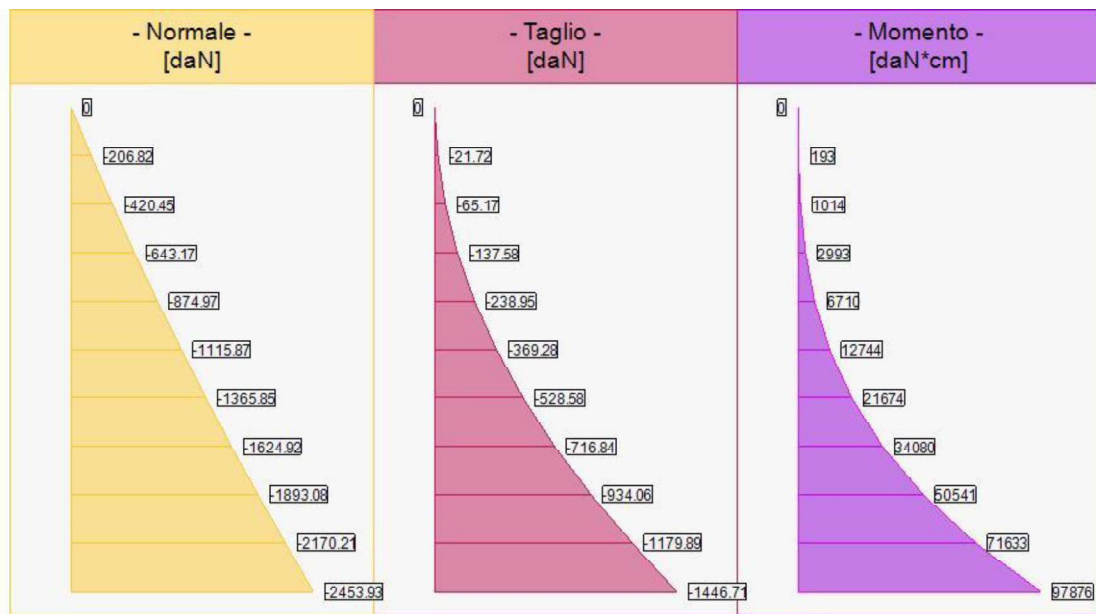
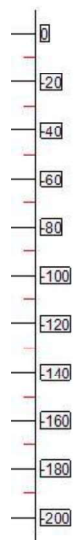
Fondazione, tensioni di esercizio cls, tensioni di esercizio acciaio					
quota [cm]	Tensione Cls [daN/cm ²]	FS >1/<1	Tensione Acc [daN/cm ²]	FS >1/<1	- -
-60	0.03	> 100	1.94	> 100	Verificato
-50	0.12	> 100	7.75	> 100	Verificato
-40	0.28	> 100	17.44	> 100	Verificato
0	7.13	20.95	445.79	8.08	Verificato
10	6.26	23.86	391.45	9.2	Verificato
20	5.65	26.45	353.17	10.19	Verificato
30	5.29	28.23	330.94	10.88	Verificato
30	5.29	28.23	330.94	10.88	Verificato
40	2.72	55	169.82	21.2	Verificato
50	1.65	90.43	103.29	34.85	Verificato
60	0.84	> 100	52.81	68.17	Verificato
70	0.29	> 100	18.38	> 100	Verificato



Caso 3 (FREQ. [Frequente] - SLE frequente)

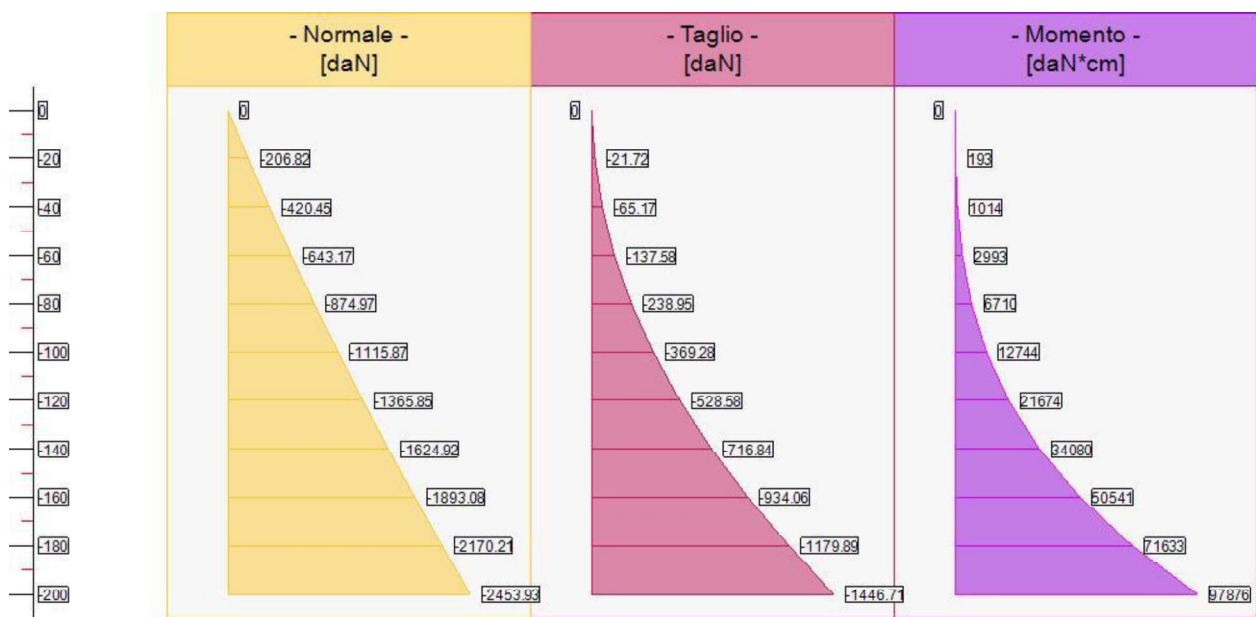
76

Elevazione, tensioni di esercizio cls, tensioni di esercizio acciaio, apertura fessure							
quota [cm]	Tensione Cls [daN/cm ²]	FS >1/<1	Tensione Acc [daN/cm ²]	FS >1/<1	Fessure [cm]	FS >1/<1	- -
-20	0.06	-	0.81	-	0	> 100	Verificato
-40	0.13	-	1.89	-	0	> 100	Verificato
-60	0.26	-	3.45	-	0	> 100	Verificato
-80	0.44	-	5.72	-	0	> 100	Verificato
-100	0.76	-	9.41	-	0	> 100	Verificato
-120	1.17	-	13.67	-	0	> 100	Verificato
-140	1.87	-	25.25	-	0	> 100	Verificato
-160	2.8	-	49.62	-	0	90.55	Verificato
-180	5.19	-	154.82	-	0	24.59	Verificato
-200	7.19	-	241	-	0	15.32	Verificato

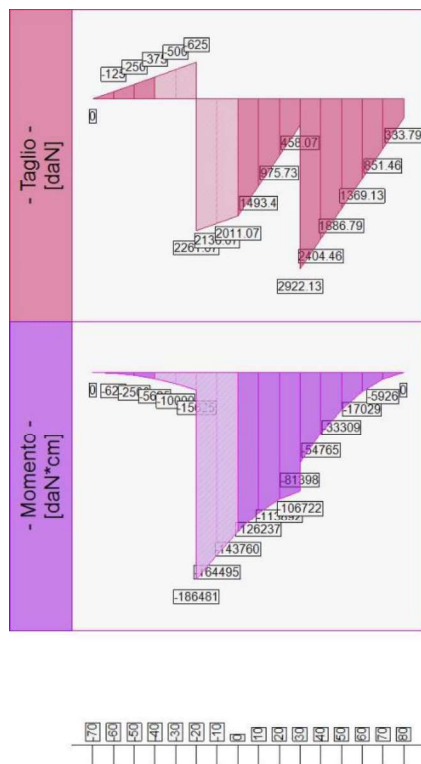


Caso 4 (Q.PERM. [Quasi Perm] - SLE quasi permanente)

Elevazione, tensioni di esercizio cls, tensioni di esercizio acciaio, apertura fessure							
quota [cm]	Tensione Cls [daN/cm ²]	FS >1/<1	Tensione Acc [daN/cm ²]	FS >1/<1	Fessure [cm]	FS >1/<1	- -
-20	0.06	> 100	0.81	-	0	> 100	Verificato
-40	0.13	> 100	1.89	-	0	> 100	Verificato
-60	0.26	> 100	3.45	-	0	> 100	Verificato
-80	0.44	> 100	5.72	-	0	> 100	Verificato
-100	0.76	> 100	9.41	-	0	> 100	Verificato
-120	1.17	95.65	13.67	-	0	> 100	Verificato
-140	1.87	59.96	25.25	-	0	> 100	Verificato
-160	2.8	40.06	49.62	-	0	67.91	Verificato
-180	5.19	21.58	154.82	-	0	18.44	Verificato
-200	7.19	15.58	241	-	0	11.49	Verificato



Fondazione, tensioni di esercizio cls, tensioni di esercizio acciaio					
quota [cm]	Tensione Cls [daN/cm ²]	FS >1/<1	Tensione Acc [daN/cm ²]	FS >1/<1	- -
-60	0.03	> 100	1.94	-	Verificato
-50	0.12	> 100	7.75	-	Verificato
-40	0.28	> 100	17.44	-	Verificato
0	7.13	15.72	445.79	-	Verificato
10	6.26	17.9	391.45	-	Verificato
20	5.65	19.84	353.17	-	Verificato
30	5.29	21.17	330.94	-	Verificato
30	5.29	21.17	330.94	-	Verificato
40	2.72	41.25	169.82	-	Verificato
50	1.65	67.83	103.29	-	Verificato
60	0.84	> 100	52.81	-	Verificato
70	0.29	> 100	18.38	-	Verificato



AZIONI IN TESTA AI PALI

palo	N[daN]	T [daN]	M [daN*cm]
1	10412.99	2447.88	-50606
2	4804.92	2447.69	-49383

➤ RIASSUNTO VERIFICHE

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva con i fattori di sicurezza minimi (= rapporto R_d/E_d o C_d/E_d) calcolati per tutte le verifiche.

La verifica si intende superata se il valore del rapporto è maggiore o uguale a 1.0.

Le caselle con i trattini indicano che la verifica corrispondente non va svolta per il relativo Caso di Carico.

caso di carico	resistenza assiale	resistenza trasversale	stabilità globale	FS strutturale Fusto(pre- sso- flessione)	FS strutturale Fusto(tagli- o)	FS strutturale Fusto(ten- sione cls)	FS strutturale Fusto(ten- sione acciaio)	FS strutturale Fusto(ape- rtura fessure)	FS strutturale Fondazion- e(flession- e)	FS strutturale Fondazion- e(taglio)	FS strutturale Fondazion- e(tensione cls)	FS strutturale Fondazion- e(tensione acciaio)
1 - STR(SLU)	1.95	12.8	---	9.09	7.56	---	---	---	7.74	4.45	---	---
2 RARA(RARA)	---	---	---	---	---	20.77	14.94	---	---	---	20.95	8.08
3 FREQ.(FREQU- ENTE)	---	---	---	---	---	---	---	15.32	---	---	---	---
4 Q.PERM.(QU- ASI_PERM)	---	---	---	---	---	15.58	---	11.49	---	---	15.72	---

Muro Verificato!

[Verifiche Superate]

➤ CONCLUSIONI

L'analisi condotta ha portato alla luce le risultanze di calcolo relative alle fondazione delle strutture in oggetto. Le calcolazioni hanno messo in evidenza gli stati tensionali a cui tutti gli elementi di fondazione sono sottoposti. Alla luce delle calcolazioni e delle verifiche effettuate gli elementi di fondazione considerati rispettano i limiti imposti dalle normative vigenti e gli stati tensionali e deformativi rispettano i modelli costitutivi dei materiali considerati.