

**AUTOSTRADA A2 "MEDITERRANEA"
COLLEGAMENTO PORTO GIOIA TAURO GATE SUD CON
AUTOSTRADA A2 - LOTTO 1 E LOTTO 2**

DG 54/17 LOTTO 1

COD. UC165

PROGETTO DEFINITIVO

COD. UC167

GRUPPO DI PROGETTAZIONE: R.T.I.: INTEGRA CONSORZIO STABILE (capogruppo mandataria)
Prometeoengineering.it S.r.l. - Dott. Geol. Andrea Rondinara

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Prof. Ing. Franco BRAGA (Integra Consorzio Stabile)

CAPOGRUPPO MANDATARIA:



GEOLOGO:
Dott. Geol. A. CANESSA (Prometeoengineering.it S.r.l.)

Direttore Tecnico:
Prof. Ing. Franco Braga

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
Dott. Ing. Alessandro Orsini (Integra Consorzio Stabile)

MANDANTI:



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:
Dott. Ing. Giuseppe Danilo Malgeri

Direttore Tecnico:
Dott. Ing. Alessandro FOCARACCI

Dott. Geol. Andrea Rondinara

**05 - OPERE D'ARTE
05.01 - OPERE D'ARTE MAGGIORI
05.1.1 Galleria artificiale GA.01
Relazione di calcolo galleria - sezione corrente**

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO		T00GA01STRRE01_A			
DPUC0165	LIV. PROG.	CODICE ELAB.	T00GA01STRRE01	A	-
DPUC0167	N. PROG.				
	D				
	21				
A	EMISSIONE	Settembre 2022	Citterio	Salcuni	Focaracci
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Indice

1	INTRODUZIONE	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	5
	CALCESTRUZZO CLASSE C28/35	5
	ACCIAIO PER ARMATURE C.A.	5
	CALCESTRUZZO MAGRO DI SOTTOFONDO C12/15	5
3.1	CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO AI FINI DELLA DURABILITÀ	6
3.2	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE	7
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	8
5	VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	9
5.1	VITA NOMINALE	9
5.2	CLASSE D'USO	9
5.3	PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA	9
6	MODELLAZIONE DI CALCOLO	10
6.1	GENERALITÀ	10
6.2	ASSUNZIONI DI MODELLO	13
7	ANALISI DEI CARICHI	13
7.1	PESO PROPRIO	13
7.2	CARICHI PERMANENTI SU SOLETTA DI BASE	13
7.3	CARICHI STRADALI	13
7.4	CARICO ACCIDENTALE AL PIANO CAMPAGNA	13
7.5	AZIONE SISMICA	13
7.6	COMBINAZIONI DI CARICO	15
8	SEZIONI E FASI ESECUTIVE DI CALCOLO	16
8.1	SEZIONE 1	16
8.2	SEZIONE 2	23
8.3	SEZIONE 3	30
9	RISULTATI DELLE ANALISI	37
9.1	SEZIONE 1	37
9.1.1	INVILUPPO DIAGRAMMA MOMENTO FLETTENTE	38
9.1.2	INVILUPPO DIAGRAMMA TAGLIO	39
9.1.3	INVILUPPO DIAGRAMMA SFORZO NORMALE	40
9.1.4	INVILUPPO SPOSTAMENTO DEI PALI	41
9.2	SEZIONE 2 –	43
9.2.1	INVILUPPO DIAGRAMMA MOMENTO FLETTENTE	44
9.2.2	INVILUPPO DIAGRAMMA TAGLIO	45
9.2.3	INVILUPPO DIAGRAMMA SFORZO NORMALE	46

9.2.4	INVILUPPO SPOSTAMENTI DEI PALI	47
9.3	SEZIONE 3 - IN CORRISPONDENZA DELLA FUTURA SEDE SS 18	49
9.3.1	INVILUPPO DIAGRAMMA MOMENTO FLETTENTE	50
9.3.2	INVILUPPO DIAGRAMMA TAGLIO	51
9.3.3	INVILUPPO DIAGRAMMA SFORZO NORMALE	52
9.3.4	INVILUPPO SPOSTAMENTI DEI PALI	53
10	VERIFICHE A FLESSIONE E TAGLIO (SLU), TENSIONI E FESSURAZIONI (SLE) .	55
10.1	VERIFICHE PALI SECANTI LATERALI $\Phi 1200$ – SEZIONE A.....	55
10.2	VERIFICHE PALI SECANTI LATERALI $\Phi 1200$ – SEZIONE B.....	60
10.3	VERIFICHE PALI SECANTI LATERALI $\Phi 1200$ – SEZIONE A.....	65
10.4	VERIFICHE PALI SECANTI LATERALI $\Phi 1200$ – SEZIONE B.....	69
10.5	VERIFICHE PALI SECANTI LATERALI $\Phi 1200$ – SEZIONE A.....	73
10.6	VERIFICHE PALI SECANTI LATERALI $\Phi 1200$ – SEZIONE B.....	78
10.7	VERIFICHE PALI CENTRALI $\Phi 800$	82
10.8	VERIFICA SOLETTA DI COPERTURA	87
10.9	VERIFICA SOLETTA DI FONDO.....	97
11	VERIFICHE DI RESISTENZA ASSIALE DEI PALI DI FONDAZIONE	10
	
2		
11.1	GENERALITÀ SUL CALCOLO DELLA RESISTENZA DEI PALI	
	102	
11.2	VERIFICHE PALI SECANTI LATERALI	
	102	
11.3	VERIFICHE PALI CENTRALI	
	103	

1 INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione sono le verifiche relative alla realizzazione della galleria artificiale stradale a doppia canna.

L'opera in oggetto è ubicata tra le progressive Km. 0+205.03 e Km. 0+684,45, per uno sviluppo complessivo in asse pari a circa 479 m circa.

Dal punto di vista geometrico, la sezione della galleria presenta una larghezza variabile correlata alla presenza delle corsie di uscita (in carreggiata Sud) e di immissione (in carreggiata Nord) verso e da il nuovo svincolo della SS18. Nello specifico la distanza tra i piedritti è variabile da circa 11 m a circa 17 m.

L'opera verrà costruita realizzando dapprima le paratie di pali laterali e la paratia centrale e la soletta di copertura. Lo scavo della galleria avverrà dall'interno delle strutture di sostegno.

Un tratto di circa 30 m verrà realizzato mediante l'infissione a spinta di un manufatto per il sottoattraversamento della sede ferroviaria della Linea Tirrenica Meridionale (doppio binario) per il quale si rimanda alla specifica relazione di calcolo.

In corrispondenza dell'imbocco della galleria lato Sud (lato Autostrada A2) è prevista la realizzazione della nuova sede stradale della SS118, il cui nuovo tracciato verrà deviato sopra la soletta della galleria.

I piedritti laterali della galleria saranno costituiti da pali Ø1200 mm (interasse 1400 mm) e lunghezza 20 m, mentre il piedritto centrale è costituito da pali Ø 800 mm aventi interasse 1000 mm e lunghezza 24 m.

La soletta di copertura è realizzata in calcestruzzo armato gettato in opera con spessore 1.30 m; essa risulta incastrata sui piedritti laterali e continua sul piedritto centrale.

La soletta di fondo è realizzata in calcestruzzo armato gettato in opera con spessore 1.00 m; essa risulta semplicemente appoggiata sui piedritti laterali e centrale.

Per il dimensionamento delle opere sono quindi state analizzate diverse sezioni di calcolo, di seguito elencate in relazione alla suddivisione della galleria in conci come indicato nell'elaborato T00GA01STRPL01:

- Sezione 1: sezione di calcolo in corrispondenza della pk. 0+550 circa, dimensionante per le sezioni dei conci D, E e F;
- Sezione 2: sezione di calcolo in corrispondenza della pk. 0+406 circa, dimensionante per le sezioni dei conci A, B e C;
- Sezione 3: sezione di calcolo in corrispondenza della nuova SS18, dimensionante per il concio I.

- Sezione 4: sezione di calcolo in corrispondenza della pk. 0+600 circa, SS18, dimensionante per il concio H.

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La presente relazione è stata redatta in osservanza delle seguenti Normative:

- Legge 05/01/1971 n.1086 Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
- Legge 02/02/1974 n. 64 Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- DM 17/01/2018 Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 21/01/2019 n. 7, C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'"Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 17/01/2018
- UNI EN 1992-1-1:2004 (Eurocodice 2 – Parte 1-1) - Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 206:2016 Calcestruzzo – Specificazione, prestazione e conformità
- UNI 11104:2016 Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità –
- Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Con riferimento alle normative citate, le strutture sono state verificate utilizzando il metodo di calcolo agli stati limite, adottando i seguenti parametri di resistenza dei materiali:

CALCESTRUZZO CLASSE C28/35

- Resistenza a compressione cubica $R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a compressione cilindrica caratteristica: $f_{ck} = 28 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza cilindrica media: $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 36 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione: $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \times 24.9 / 1.5 = 15.87 \text{ N/mm}^2$
- Modulo di elasticità: $E_{cm} = 22000 [(f_{ck} + 8) / 10]^{0.3} = 32308 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione semplice media: $f_{ctm} = 0.3 \times f_{ck}^{2/3} = 2.77 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione semplice: $f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 1.94 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione semplice di calcolo: $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.29 \text{ N/mm}^2$
- Tensione limite di esercizio (comb. Rare): $f_{ck} \times 0.6 = 16.80 \text{ N/mm}^2$
- Tensione limite di esercizio (comb. Quasi perm.): $f_{ck} \times 0.45 = 12.60 \text{ N/mm}^2$

ACCIAIO PER ARMATURE C.A.

- Tipo B450C controllato in stabilimento, di tipo saldabile.
- Tensione caratteristica di rottura: $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo acciaio: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 450 / 1.15 = 391.3 \text{ N/mm}^2$
- Tensione limite di esercizio (comb. Rara) = $\sigma_{sR} = f_{yk} \times 0.8 = 360 \text{ N/mm}^2$
- Copriferro minimo (amb. Aggressivo): $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 50 \text{ mm}$
- Copriferro minimo pali (contro terra): $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 75 \text{ mm}$

CALCESTRUZZO MAGRO DI SOTTOFONDO C12/15

- Tipo di cemento: CEM I=V
- Contenuto minimo di cemento: 150 kg/m^3
- Classe C12/15

3.1 CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO AI FINI DELLA DURABILITÀ

Al fine di valutare le caratteristiche vincolanti delle miscele di calcestruzzo nei confronti della durabilità viene fatto riferimento alle norme UNI EN 206 e UNI 11104.

Di seguito viene riportata la classe di esposizione che risulta vincolante ai fini delle caratteristiche della miscela. Inoltre, sono riportati la classe di resistenza, la dimensione massima degli aggregati, la classe di consistenza ed il copriferro minimo delle armature secondo Circ. 21/01/2019 n°7 § C4.1.6.1.3, tenuto anche conto della Vita Nominale dell'opera VN = 50 anni:

Calcestruzzo S5 per pali:

- Classe di esposizione ambientale: XC2
- Classe di resistenza caratteristica a compressione: C28/35
- Dimensione max aggregati: 16 mm
- Classe di scorrimento: SF1
- Copriferro minimo (da baricentro barre): 70 mm

Calcestruzzo soletta di base:

- Classe di esposizione ambientale: XC2
- Classe di resistenza caratteristica a compressione: C32/40
- Dimensione max aggregati: 25 mm
- Classe di consistenza: S4
- Copriferro minimo: 50 mm

Calcestruzzo cordoli, soletta di copertura, pareti di rivestimento:

- Classe di esposizione ambientale: XC4, XD1
- Classe di resistenza caratteristica a compressione: C32/40
- Dimensione max aggregati: 25 mm
- Classe di consistenza: S4
- Copriferro minimo: 50 mm

3.2 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature, sono suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato dalla Tab. 4.1.III delle NTC2018:

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Condizioni ordinarie per le verifiche a fessurazione degli elementi strutturali non ispezionabili e/o controterra: pali, soletta di base.

Pertanto, nel caso in esame si ha:

- Verifiche a fessurazione -- condizioni ambientali ordinarie -- Armatura poco sensibile:
- Combinazione di azioni frequente (rara Gr.4): $w_k \leq w_3 = 0.4 \text{ mm}$
- Combinazione di azioni quasi permanente: $w_k \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$

Condizioni aggressive per le verifiche a fessurazione della soletta di copertura, cordoli in testa ai pali, pareti di rivestimento.

Pertanto, nel caso in esame si ha:

- Verifiche a fessurazione – condizioni ambientali aggressive – Armatura poco sensibile:
- Combinazione di azioni frequente (rara Gr.4): $w_k \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$
- Combinazione di azioni quasi permanente: $w_k \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Seguono i parametri geotecnici caratteristici assunti, in armonia con la Relazione Geotecnica e relativi elaborati grafici.

Unità A – Terreni di riporto, da p.c. a 1,5 m di profondità:

- peso per unità di volume del terreno: $Y = 20 \text{ kN/m}^3$
- peso efficace del terreno sotto falda: $Y' = 10 \text{ kN/m}^3$
- angolo di attrito interno: $\phi = 30^\circ$
- coesione drenata: $c' = 0 \text{ kPa}$
- modulo di deformazione: $E' = 30 \text{ Mpa}$
- coefficiente di Poisson: $\nu = 0.30$
- permeabilità: $k = 10^{-4} \div 10^{-7} \text{ m/s}$

Unità B – Sabbie mediamente consistenti, da 1,5m di profondità:

- peso per unità di volume del terreno: $Y = 21 \text{ kN/m}^3$
- peso efficace del terreno sotto falda: $Y' = 11 \text{ kN/m}^3$
- angolo di attrito interno: $\phi = 35^\circ$
- coesione drenata: $c' = 0 \text{ kPa}$
- modulo di deformazione: $E' = 70 \text{ Mpa}$
- coefficiente di Poisson: $\nu = 0.40$
- permeabilità: $k = 10^{-4} \div 10^{-7} \text{ m/s}$

In accordo alle letture piezometriche e alla carta idrogeologica allegata al progetto, si considera che il livello di falda sia situato a profondità superiori a quelle di interesse per le opere in progetto.

5 VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

5.1 VITA NOMINALE

La vita nominale di un'opera strutturale, così come definita al punto 2.4.1 del DM 17/01/2018, è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. Nel caso in oggetto, l'opera ricade nella definizione di "Costruzioni con livelli di prestazioni elevati".

La vita nominale viene pertanto assunta: $VN = 50$ anni.

5.2 CLASSE D'USO

Il DM 17/01/2018 al punto 2.4.2. attribuisce alle costruzioni, in funzione della loro destinazione d'uso e quindi delle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso in conseguenza di un evento sismico, diverse classi d'uso. Nel caso in oggetto si fa riferimento alla Classe IV: "Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, ecc."

Il coefficiente d'uso risulta pertanto: $CU = 2$.

5.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU .

Si ottiene pertanto il periodo di riferimento: $VR = VN \times CU = 50 \times 2 = 100$ anni

6 MODELLAZIONE DI CALCOLO

6.1 GENERALITÀ

La modellazione geotecnica strutturale è stata sviluppata utilizzando il programma Plaxis. 2D vers. 2019, sviluppato dalla Delft University of Technology & Plaxis bv, Olanda, in grado di simulare il comportamento del terreno come un continuo consentendo, altresì, la valutazione delle sollecitazioni e delle deformazioni nelle opere provvisorie d'imbocco.

Il problema in stato di deformazione piana viene studiato costruendo un modello agli elementi finiti, specificando le proprietà dei materiali e le condizioni al contorno. Il modello in stato piano può essere adoperato nel caso in cui la geometria sia riconducibile a una sezione trasversale (nel piano x,y) che si ripete in modo più o meno uniforme nella direzione ad essa normale (direzione z) per una lunghezza significativa.

L'interazione tra terreno e struttura può essere simulata per mezzo di elementi interfaccia che consentono di modellare un comportamento intermedio tra un contatto perfettamente liscio ed un contatto perfettamente scabro. La scabrezza dell'interazione è modellata mediante un opportuno valore del fattore di riduzione della resistenza all'interfaccia (R_{inter}). Questo fattore mette in relazione la resistenza all'interfaccia (attrito e adesione con il muro) con quella del terreno (angolo di resistenza a taglio e coesione).

Il comportamento tenso-deformativo dei terreni può essere modellato per mezzo di vari legami costitutivi:

- **Modello Linear elastic (Elastico lineare):** Questo modello rappresenta la legge di Hooke dell'elasticità isotropa lineare. Il modello richiede due parametri di rigidità elastici, che sono il modulo di Young E , ed il coefficiente di Poisson ν . Il modello elastico lineare è molto limitato nei riguardi della simulazione del comportamento del terreno; è utilizzato principalmente per simulare strutture rigide nel terreno.
- **Modello Mohr-Coulomb:** Questo modello viene utilizzato come una prima approssimazione del comportamento del terreno in generale. Il modello richiede cinque parametri, che sono il modulo di Young E , il coefficiente di Poisson ν , la coesione c , l'angolo di attrito ϕ , e l'angolo di dilatanza ψ .
- **Modello Hardening Soil (Terreno incrudente):** È un modello elastoplastico incrudente che riproduce in condizioni di primo carico triassiale un legame tensioni deformazioni di tipo iperbolico. L'incrudimento è funzione sia delle deformazioni distorsionali plastiche sia delle deformazioni volumetriche plastiche. Il modello è quindi in grado di simulare, tra l'altro, la riduzione irreversibile di volume di un terreno sottoposto a compressione lungo percorsi di carico proporzionali (e.g. carico isotropo, edometrico) a partire da una condizione di normal-

consolidazione. Questo modello di 'secondo livello' può essere utilizzato per simulare il comportamento sia di sabbie e di ghiaie sia di terreni più compressibili come argille e limi.

I parametri del modello in PLAXIS sono intesi a rappresentare la risposta del terreno in termini di tensioni efficaci, e cioè la relazione tra le tensioni e le deformazioni associate allo scheletro solido del terreno. Per consentire di tenere conto, nella risposta del terreno, dell'interazione acqua-scheletro solido, è possibile scegliere tra tre tipi di comportamento:

- **Drained behaviour (Comportamento drenato):** non vengono generate sovrappressioni neutre. Questo è il caso di terreni asciutti ed anche il caso in cui sia possibile un rapido drenaggio per l'elevata permeabilità dei terreni (sabbie) e/o per la bassa velocità di applicazione dei carichi. Questa scelta può anche essere utilizzata per simulare il comportamento del terreno a lungo termine senza la necessità di modellare l'esatta storia delle sollecitazioni in condizioni non drenate e della consolidazione.
- **Undrained behaviour (Comportamento non drenato):** viene utilizzato per simulare la generazione di sovrappressioni neutre in condizioni di flusso idraulico impedito. Tali condizioni possono verificarsi per la bassa permeabilità dei terreni (argille) e/o per l'elevata velocità di applicazione dei carichi. Oltre alla rigidità ed alla resistenza dello scheletro solido del terreno, PLAXIS aggiunge un modulo di compressibilità volumetrica per l'acqua e distingue tra tensioni totali, tensioni efficaci e sovrappressioni neutre:

$$\text{Tensioni totali: } \Delta p = K_u \Delta \epsilon_v$$

$$\text{Tensioni efficaci: } \Delta p' = (1 - B) \Delta p = K' \Delta \epsilon_v$$

$$\text{Sovrappressioni neutre: } \Delta p_w = B \Delta p = K_w / n \Delta \epsilon_v$$

dove

- Δp è un incremento della tensione totale media
- $\Delta p'$ è un incremento della tensione efficace media
- Δp_w è un incremento della sovrappressione neutra
- B è il parametro di Skempton, che mette in relazione l'incremento della tensione totale media con l'incremento delle sovrappressioni neutre
- K_u è il modulo di rigidità volumetrica non drenato
- K' è il modulo di rigidità volumetrica dello scheletro solido del terreno
- K_w è il modulo di rigidità volumetrica del fluido interstiziale
- n è la porosità del terreno

Per simulare il comportamento non drenato PLAXIS non usa un valore realistico per il modulo di rigidezza volumetrica dell'acqua, in quanto questo potrebbe condurre al cattivo condizionamento della matrice delle rigidezze ed a problemi numerici. Infatti, in caso di compressione isotropa, la rigidezza del mezzo monofase equivalente è, per default, assunta pari ad un modulo di rigidezza volumetrica non drenato:

$$K_u = \frac{2G(1+\nu_u)}{3(1-2\nu_u)} \quad \text{dove} \quad G = \frac{E'}{2(1+\nu')} \quad \text{e} \quad \nu_u = 0.495$$

L'acqua interstiziale è quindi considerata leggermente compressibile ed il coefficiente B appena inferiore a 1,0. Quindi, in condizioni di carico isotrope, una piccola percentuale del carico sarà trasferito alle tensioni efficaci, almeno nel caso di piccoli valori del coefficiente di Poisson efficace.

Le tensioni iniziali in un ammasso di terreno sono determinate dal peso del materiale e dalla storia della sua formazione. Questo stato tensionale è di solito caratterizzato da una tensione verticale efficace iniziale $\sigma'_{v,0}$. La tensione efficace orizzontale iniziale $\sigma'_{h,0}$ è legata alla tensione efficace verticale iniziale attraverso il coefficiente di spinta a riposo, K_0 $\sigma'_{h,0} = K_0 \sigma'_{v,0}$.

In PLAXIS le tensioni iniziali possono essere generate specificando K_0 oppure utilizzando la procedura Gravity loading (Generazione delle tensioni iniziali per incremento della gravità).

Per il tipo di calcolo da adottare in una fase viene fatta una distinzione fra tre tipi fondamentali:

- Plastic calculation (Calcolo plastico): utilizzato per eseguire un'analisi di deformazione elastoplastica in cui non sia necessario prendere in considerazione la dissipazione delle sovrappressioni neutre nel tempo. La matrice di rigidezza in un calcolo plastico normale è riferita alla geometria indeformata originaria. Questo tipo di calcolo è appropriato nella maggior parte delle applicazioni pratiche di tipo geotecnico.
- Consolidation analysis (Analisi di consolidazione): Quando è necessario analizzare l'evoluzione o la dissipazione delle sovrappressioni neutre nel tempo in terreni saturi di tipo argilloso, si deve effettuare un'analisi di consolidazione. PLAXIS consente di effettuare analisi di consolidazione elasto- plastiche. In generale, un'analisi di consolidazione senza ulteriori sollecitazioni viene eseguita dopo un calcolo plastico non drenato.
- Phi-c reduction (Analisi di stabilità per riduzione dei parametri di resistenza): Un'analisi di stabilità in PLAXIS può essere eseguita riducendo i parametri di resistenza del terreno; tale processo è denominato Phi-c reduction.

6.2 ASSUNZIONI DI MODELLO

Il terreno è stato schematizzato nelle analisi mediante un materiale continuo con modello di comportamento di tipo elasto-plastico perfetto con criterio di resistenza "Mohr-Coulomb".

Per simulare il comportamento al contatto tra i pali ed il terreno, sono stati introdotti degli "elementi interfaccia". Attraverso tali elementi si può studiare in modo più accurato eventuali spostamenti relativi ed inoltre si può tenere conto di una riduzione dell'angolo di attrito parete-terreno δ .

Dove l'angolo di attrito fa riferimento ai terreni a contatto con la paratia che si succedono lungo la verticale. Anche per gli elementi interfaccia è stato considerato un modello costitutivo alla Mohr-Coulomb.

Le analisi sono state svolte in condizione drenata.

7 ANALISI DEI CARICHI

7.1 PESO PROPRIO

Il peso proprio della struttura in calcestruzzo armato è valutato con un peso specifico $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$

7.2 CARICHI PERMANENTI SU SOLETTA DI BASE

Si considerano i seguenti carichi permanenti portati sulla soletta di base:

- massicciata stradale sinistra: $gb1 = 20 \times 1.40 = 28 \text{ kN/m}^2$
- massicciata stradale destra: $gb2 = 20 \times 1.20 = 24 \text{ kN/m}^2$

7.3 CARICHI STRADALI

- Nella fase di calcolo finale della sezione S1 è stata considerata la presenza del sovraccarico stradale, assunto pari a $q_1 = 20 \text{ kN/m}^2$

7.4 CARICO ACCIDENTALE AL PIANO CAMPAGNA

Nelle fasi di cantiere si considera un sovraccarico accidentale sul piano campagna atto a simulare la presenza di mezzi di cantiere, assunto pari a $q_2 = 10 \text{ kN/m}^2$

7.5 AZIONE SISMICA

Per la struttura si definisce un comportamento strutturale "non dissipativo" in cui tutte le membrature e i collegamenti rimangono in campo elastico; la domanda derivante dall'azione sismica e dalle altre azioni è calcolata in funzione dello stato limite a cui si riferisce, ma indipendentemente dalla tipologia strutturale e senza tener conto delle non linearità dei materiali.

Dall'analisi di Risposta Simica Locale si è così determinata un'accelerazione massima al suolo pari a:

$$a_{\max}=0.451$$

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S è definito come il rapporto tra il valore di a_{\max} dello spettro di output e di input (Categoria A).

Nel caso in esame si ottiene:

$$S_S=0.451/0.348=1.296$$

Tale coefficiente di amplificazione così determinato risulta superiore a quello determinato numericamente in relazione alle NTC18 (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), che isulterebbe pari a $S_S=1,06$.

Per il calcolo del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S si rimanda alla Tab. 3.2.IV

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_S e di C_C

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 1 Tab. 3.2.IV (NTC 2018) – Espressioni di S_S e di C_C

- Categoria di sottosuolo: B
- Coefficiente di amplificazione stratigrafica: $S_S=1.296$
- Categoria topografica: T1
- Coefficiente di amplificazione topografica: $S_T= 1$

Si assume pertanto come valori di riferimento quelli determinati dall'analisi di risposta sismica locale con metodo rigoroso:

- $a_{\max} = 0,451g$

In accordo con § 7.2.2 NTC 2018 si trascura la componente verticale del sisma.

7.6 cOMBINAZIONI DI CARICO

Le condizioni di carico precedenti sono combinate per ottenere le sollecitazioni di verifica totali.

Si nota quanto segue:

- I carichi permanenti verticali sono sempre considerati “sfavorevoli” ($\gamma_p = 1.35$) , così come le spinte del terreno e dell’acqua.
- I carichi permanenti non strutturali sono, in questo caso, esattamente definiti, quindi si adottano gli stessi coefficienti parziali dei carichi permanenti.
- I carichi variabili sono valutati nel rispetto delle tabelle 5.2.III, 5.2.IV, 5.2.V, 5.2.VI e 5.2.VII del D.M. 17/01/2018.

8 SEZIONI E FASI ESECUTIVE DI CALCOLO

A causa della non linearità di alcuni vincoli, i calcoli vengono svolti per fasi costruttive (Construction Stage) in cui vengono, volta per volta, attivati o disattivati parti della struttura, vincoli e carichi applicati.

Le analisi di calcolo sono state condotte per entrambe le sezioni, le verifiche sono state invece svolte per la sezione più gravosa, considerando le massime sollecitazioni agenti.

Seguono schemi grafici descrittivi di ogni fase modellata.

8.1 SEZIONE 1

La "Sezione 1" è la sezione di calcolo in corrispondenza della pk. 0+550 circa, dimensionante per le sezioni dei conci D, E e F.

La sezione è caratterizzata da un ritombamento finale di 2,5m e da distanza tra i pali (interasse) pari a 19,85 m in carreggiata Nord (dir. Porto) e pari a 17,85 m in carreggiata Sud (direzione A2).

Seguono schemi grafici descrittivi di ogni fase modellata.

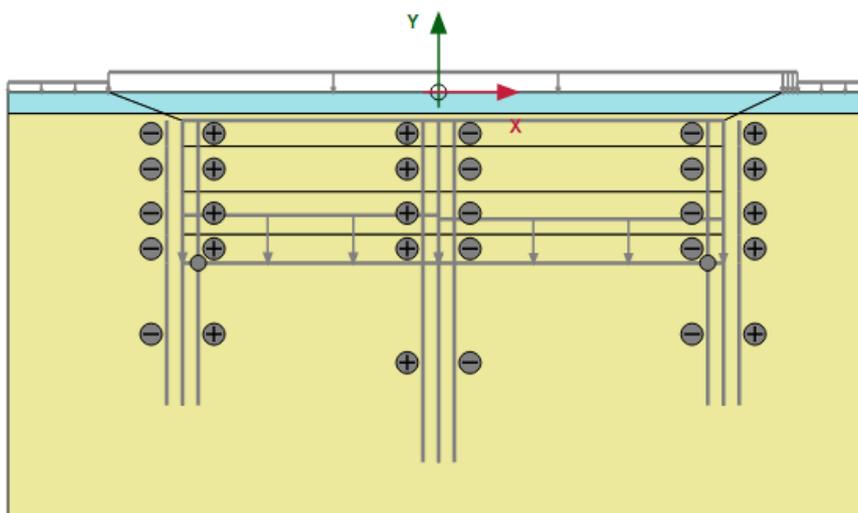


Figura 1: **Fase 0: fase geostatica di inizializzazione**

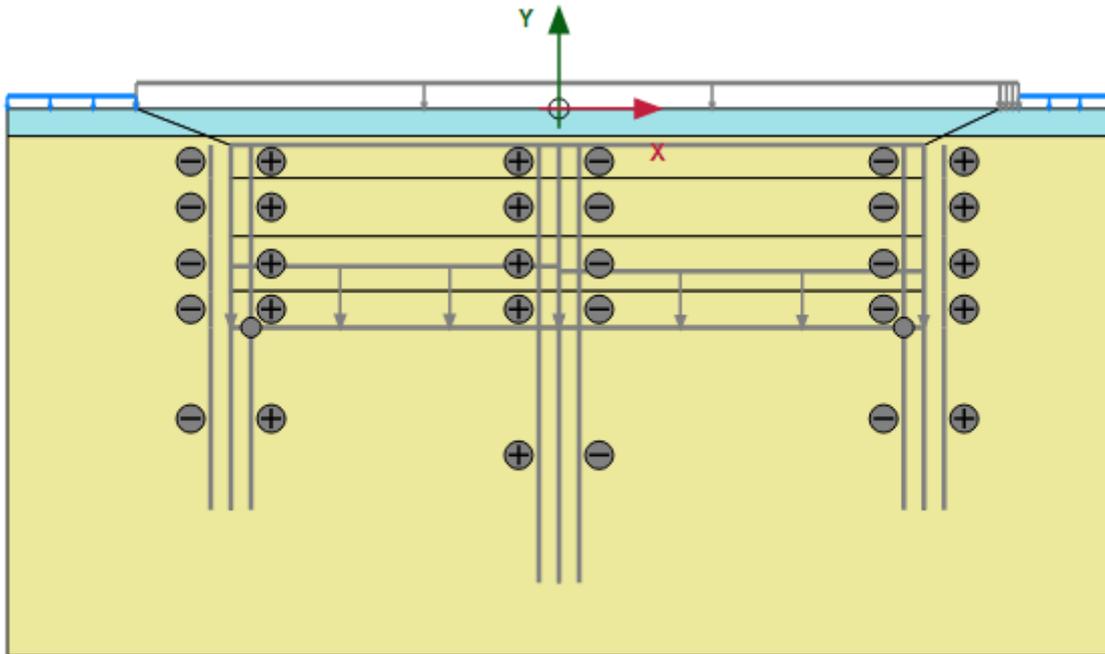


Figura 2: Fase 1: applicazione del carico di cantiere di 10 kPa

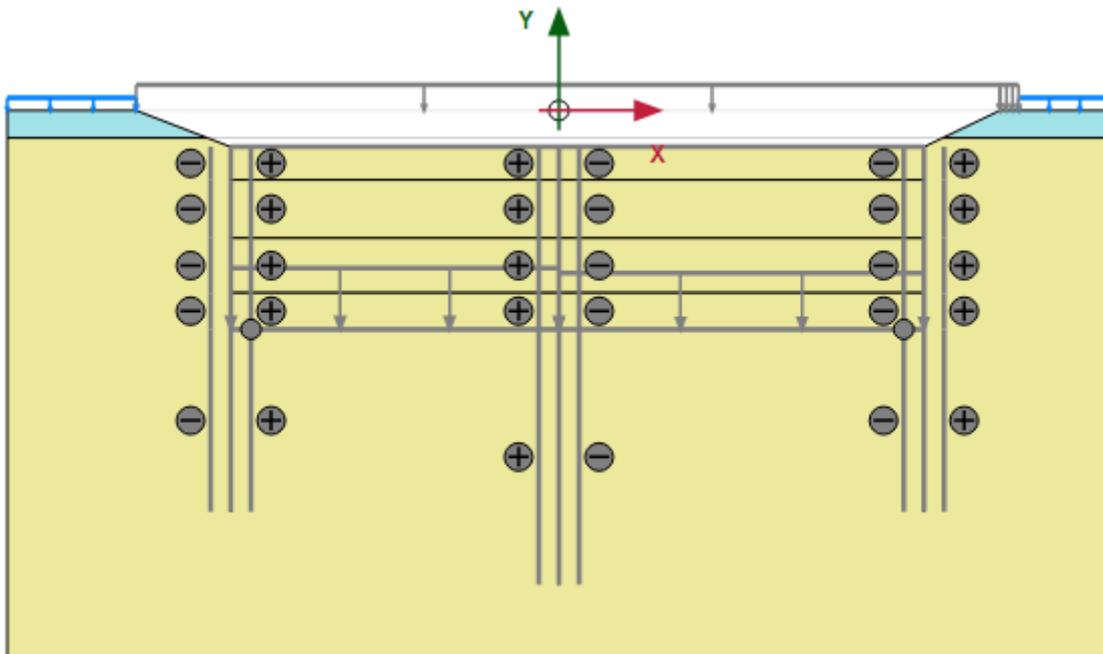


Figura 3: Fase 2: prescavo a quota -2m da p.c.

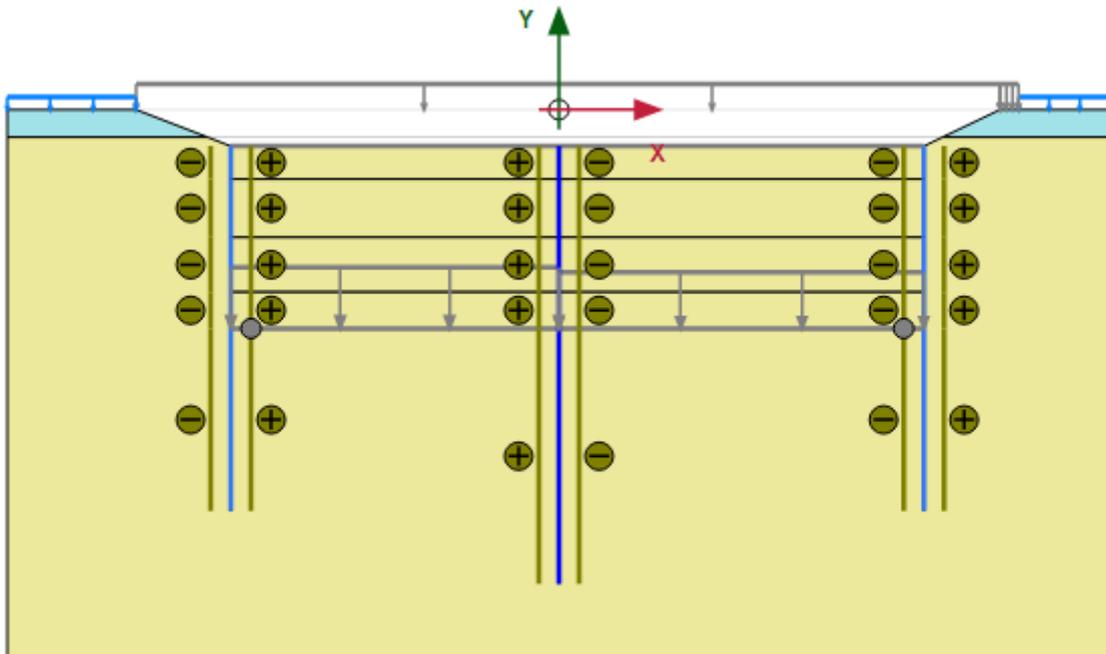


Figura 4: **Fase 3: attivazione pali**

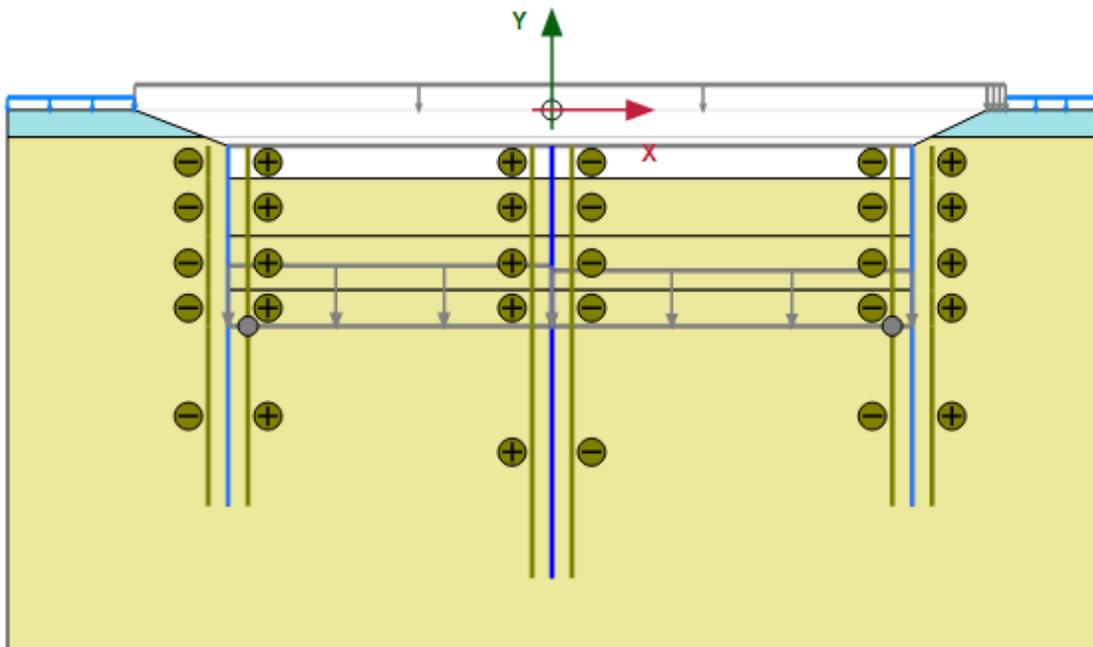


Figura 5: **Fase 4: scavo per la realizzazione della soletta di copertura**

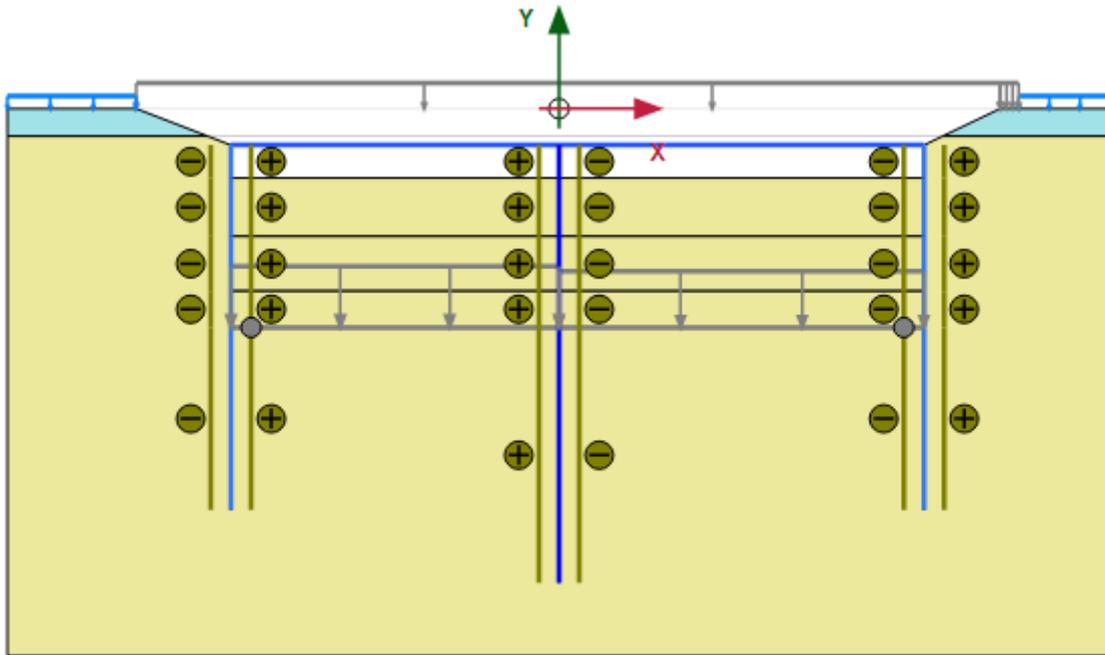


Figura 6: **Fase 5: attivazione soletta di copertura**

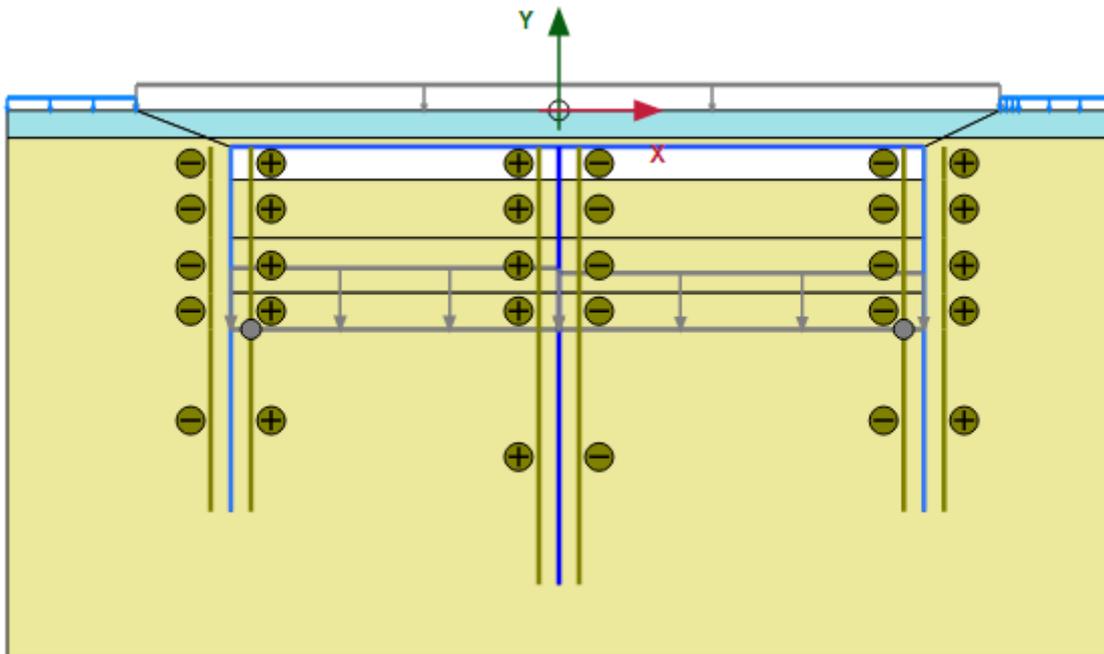


Figura 7: **Fase 6: ritombamento**

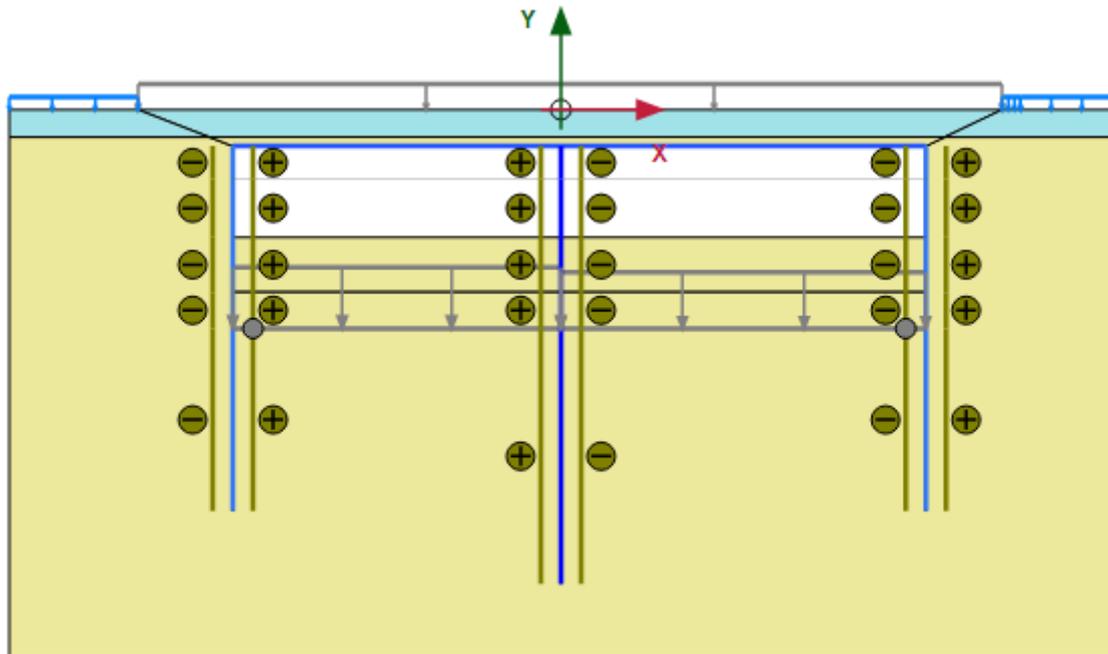


Figura 8: Fase 7: scavo fino a quota -7m dal pc

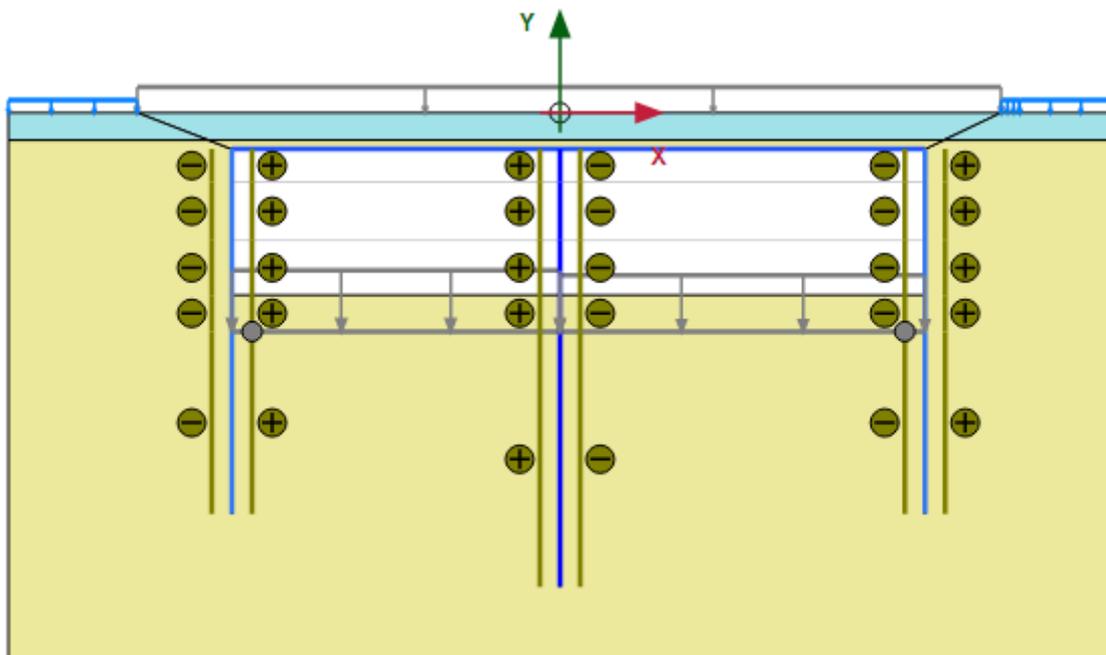


Figura 9: Fase 8: scavo fino a quota -10m dal pc

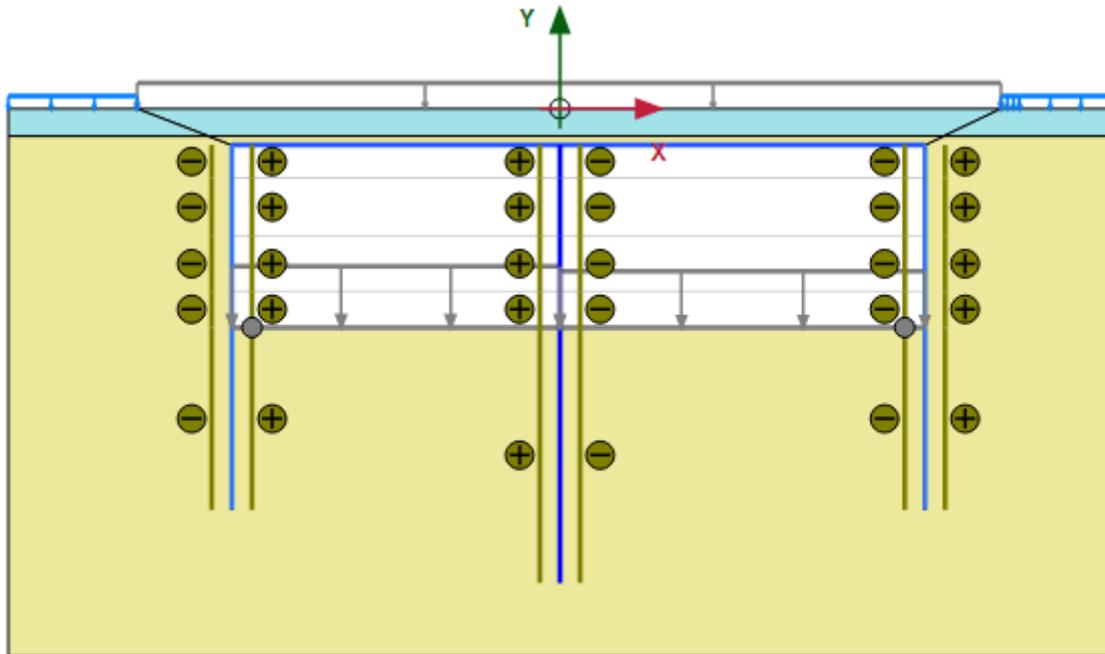


Figura 10: **Fase 9: scavo fino a quota -12m dal pc**

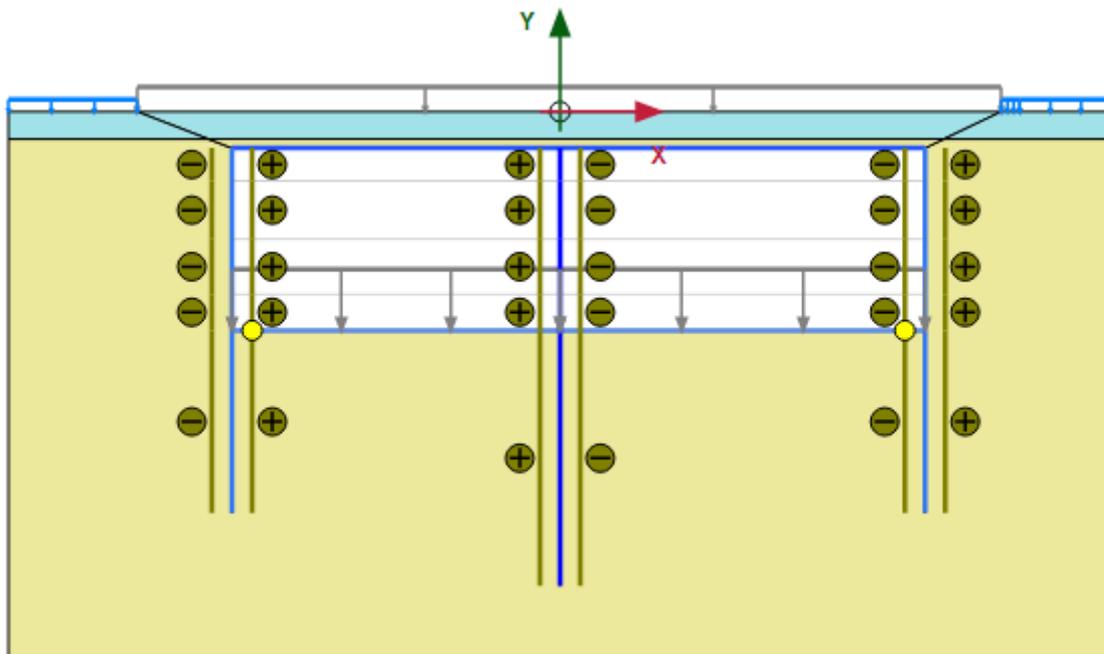


Figura 11: **Fase 10: realizzazione del solettone di fondo**

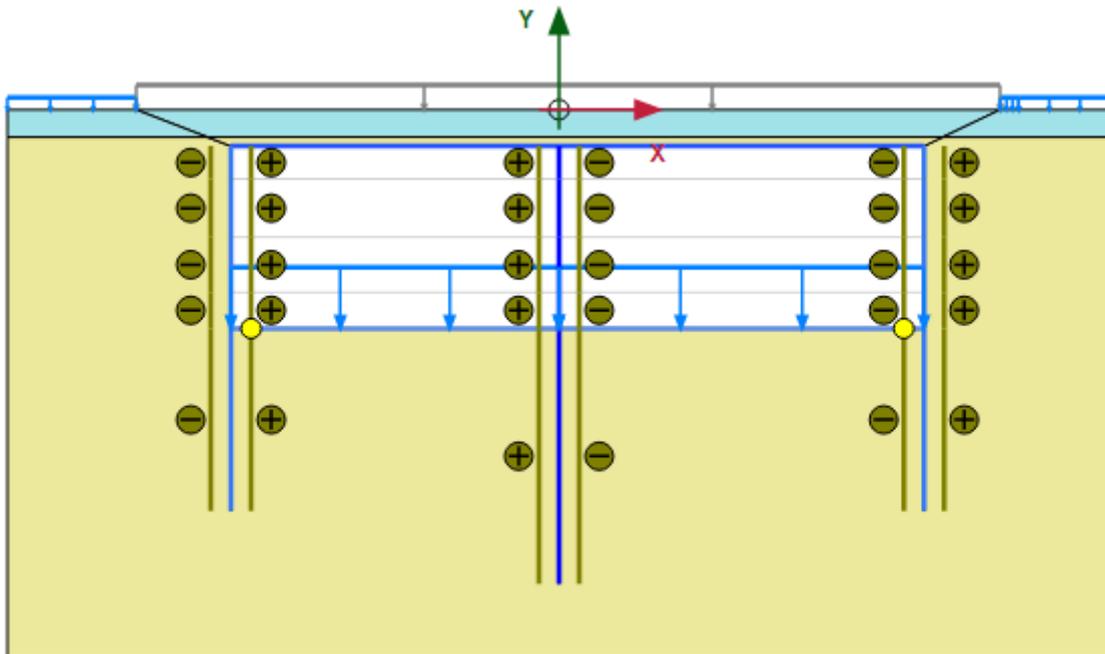


Figura 12: **Fase 11: attivazione della massicciata stradale**

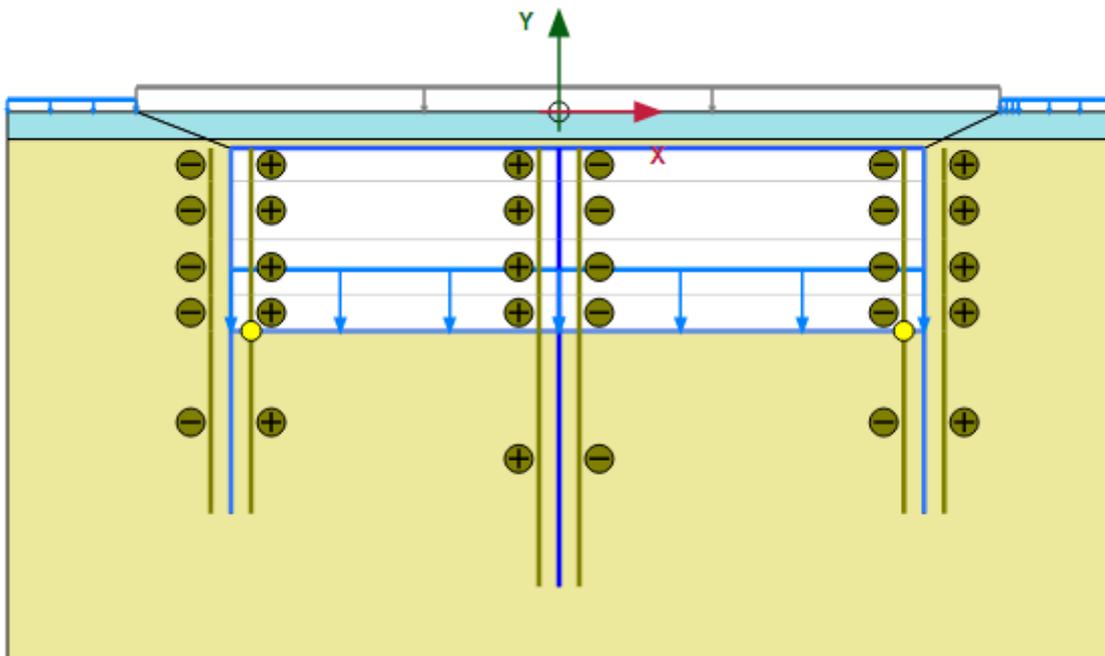


Figura 13: **Fase 12: attivazione del sisma**

8.2 SEZIONE 2

La "Sezione 2" è la sezione di calcolo in corrispondenza della pk. 0+406 circa, dimensionante per le sezioni dei conci A, B e C.

La sezione è caratterizzata da un ritombamento finale di 2,0m e da distanza tra i pali (interasse) pari a 13,50 m in carreggiata Nord (dir. Porto) e pari a 12,65 m in carreggiata Sud (direzione A2).

Seguono schemi grafici descrittivi di ogni fase modellata.

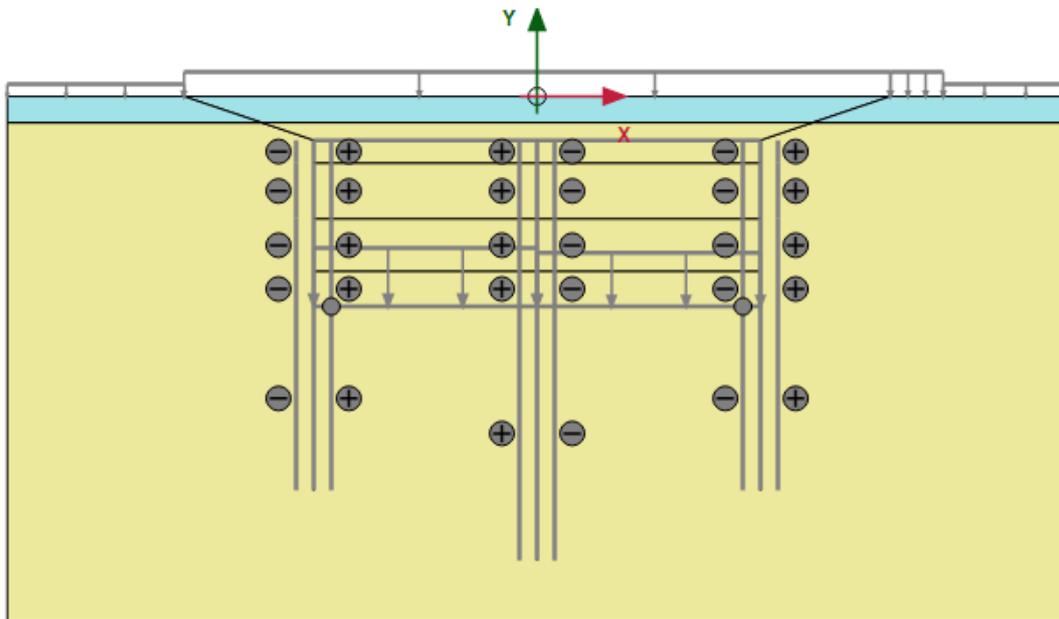


Figura 14: Fase 0: fase geostatica di inizializzazione

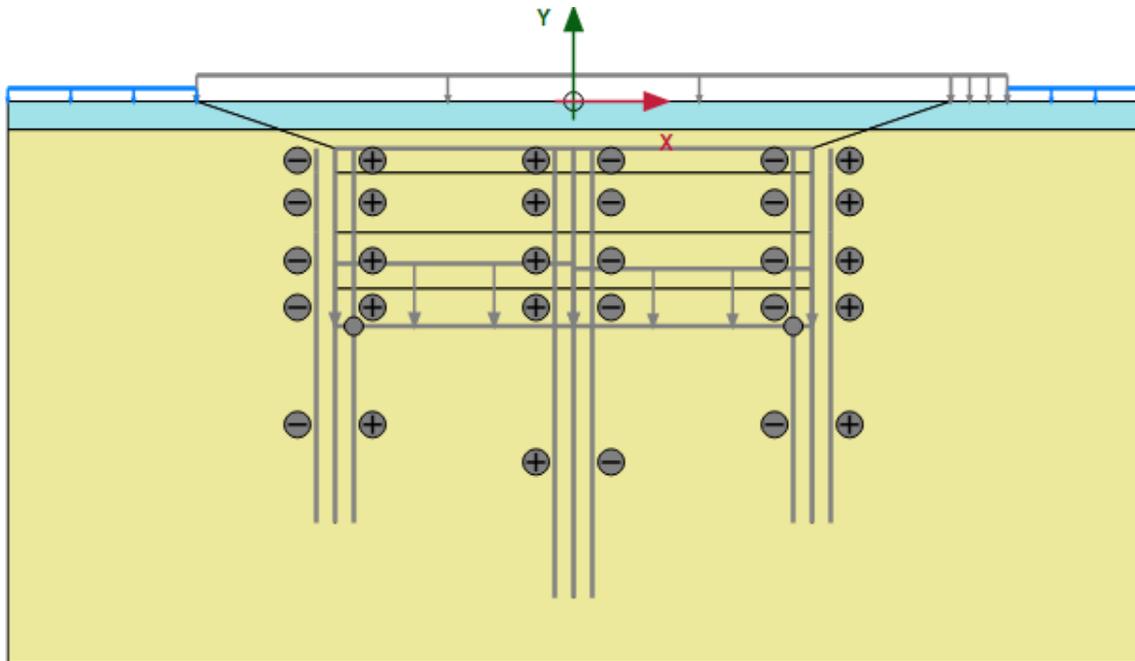


Figura 15: Fase 1: applicazione del carico di cantiere di 10 kPa

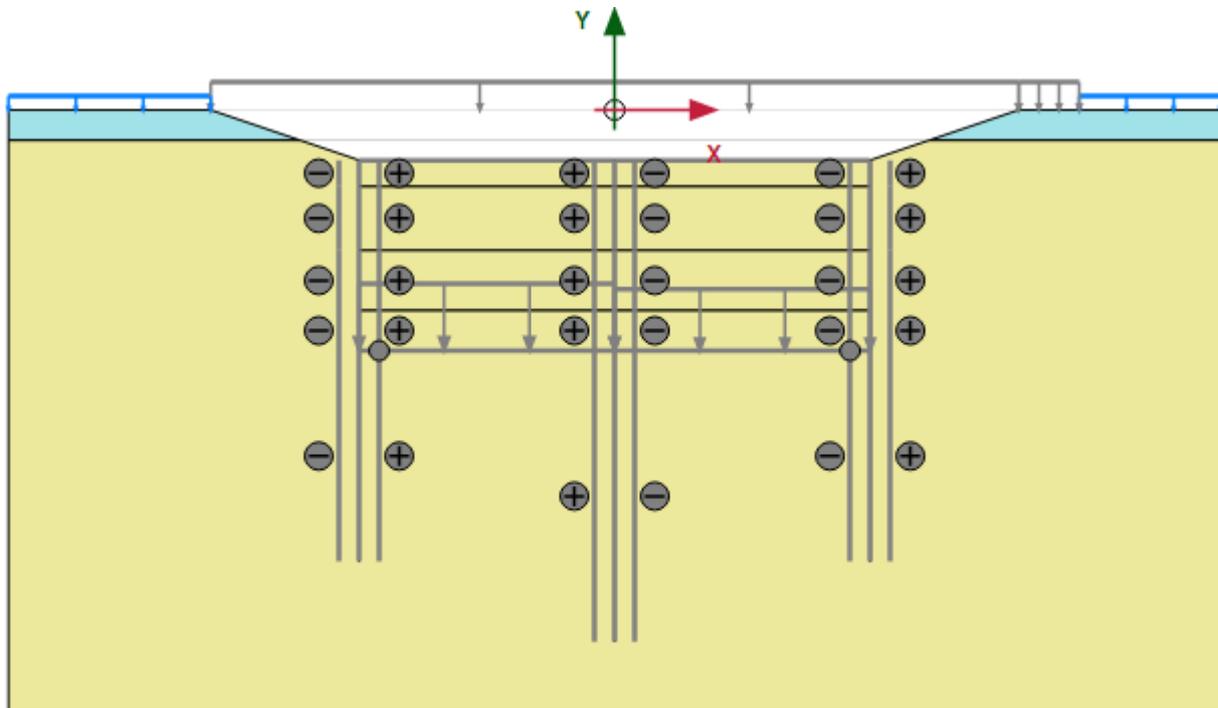


Figura 16: Fase 2: prescavo a quota -2.5 m da p.c.

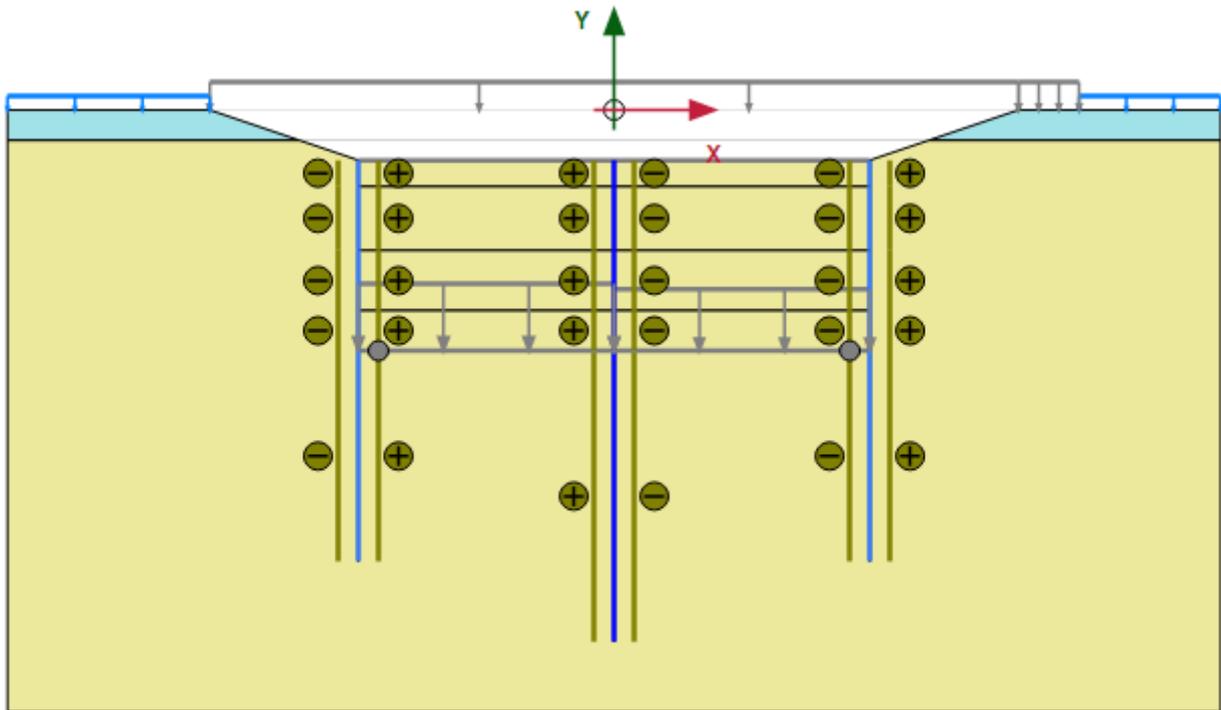


Figura 17: **Fase 3: attivazione pali**

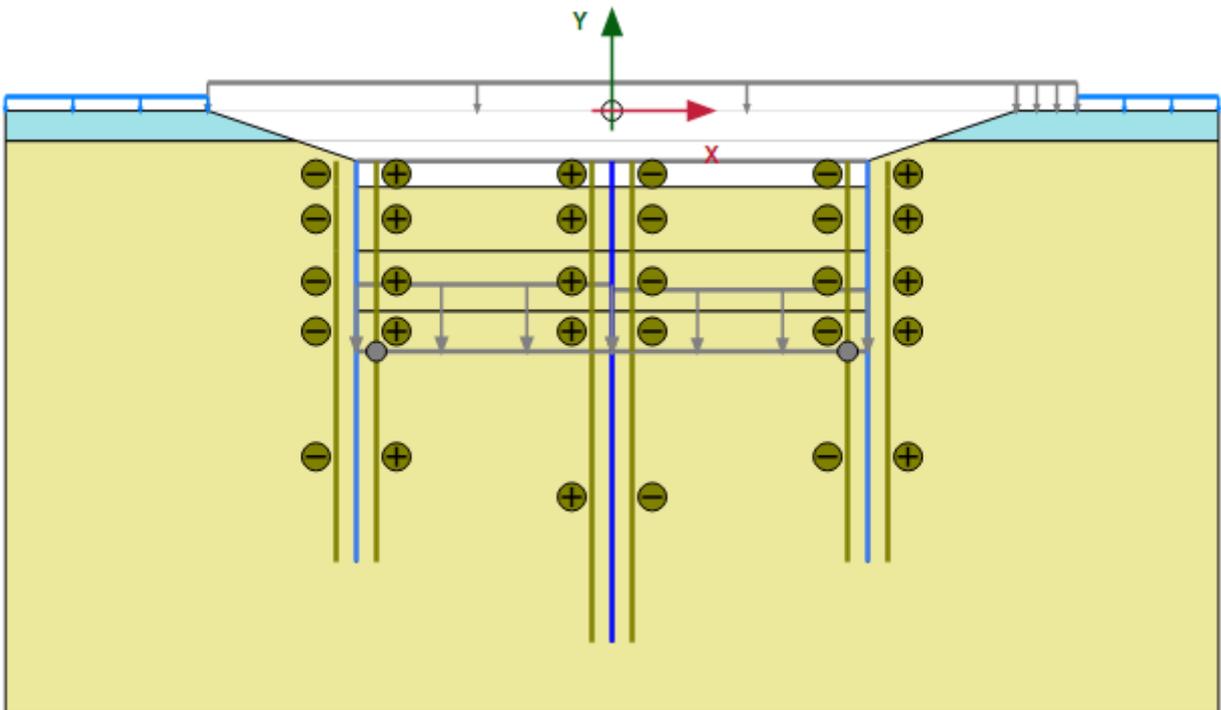


Figura 18: **Fase 4: scavo per la realizzazione della soletta di copertura**

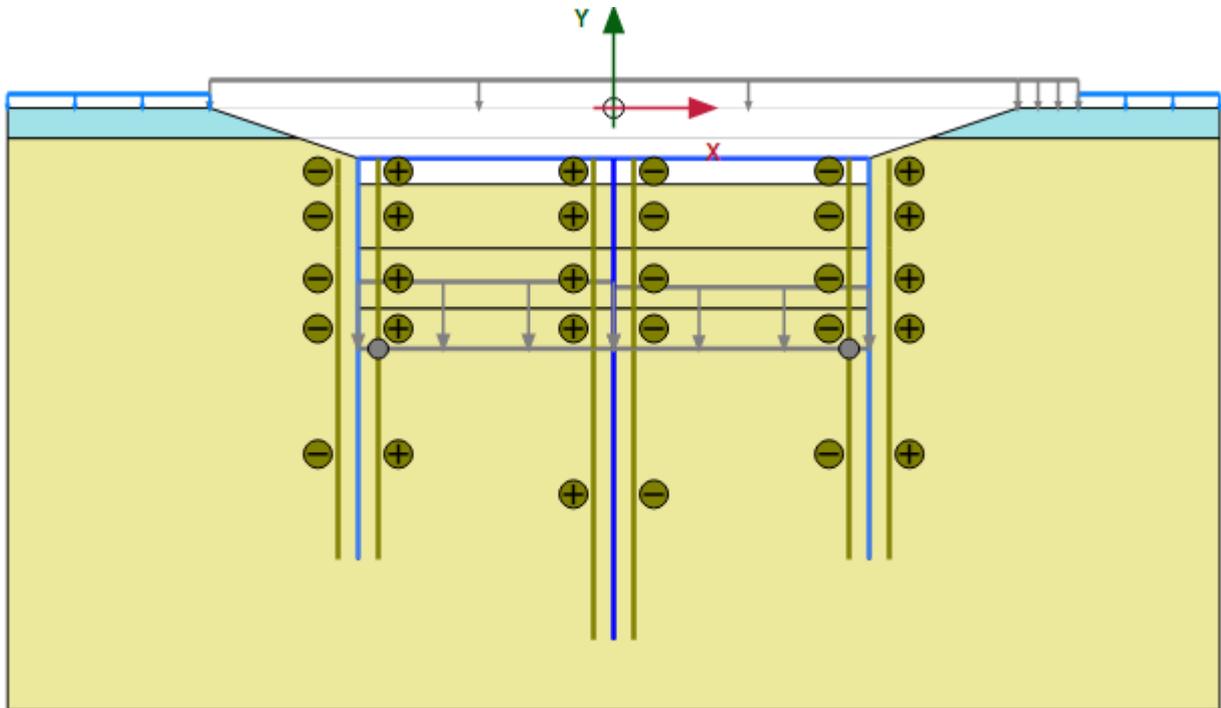


Figura 19: **Fase 5: attivazione soletta di copertura**

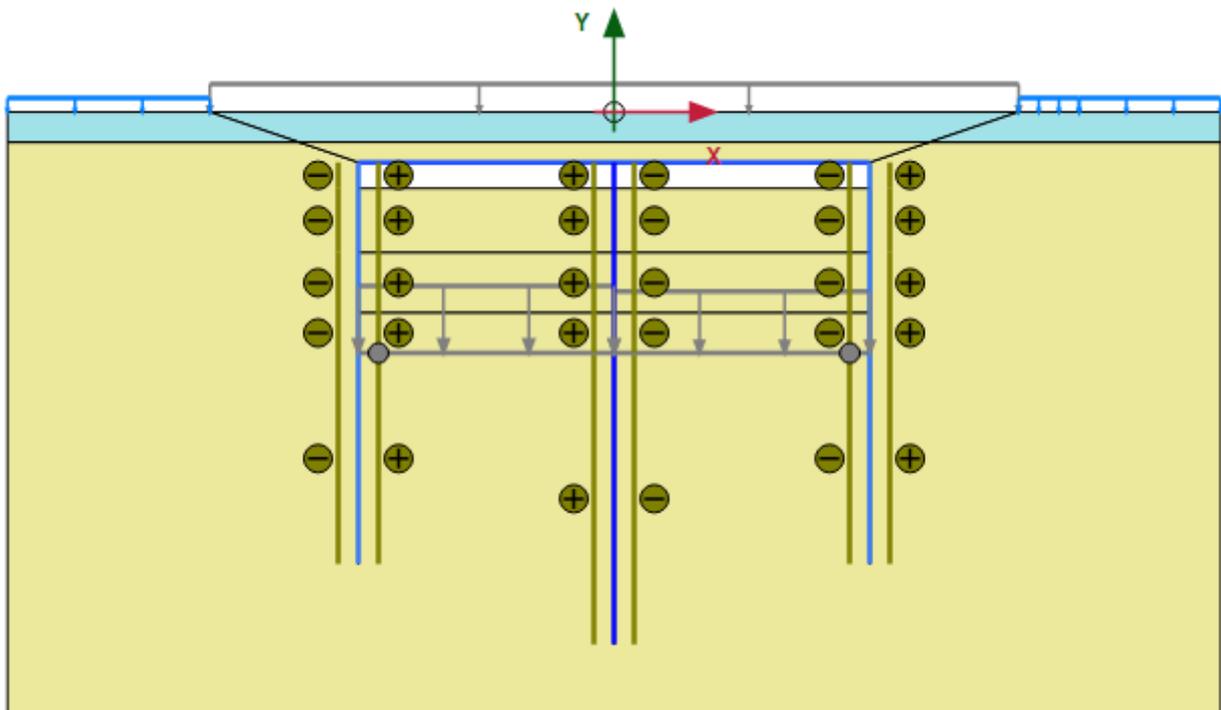


Figura 20: **Fase 6: ritombamento**

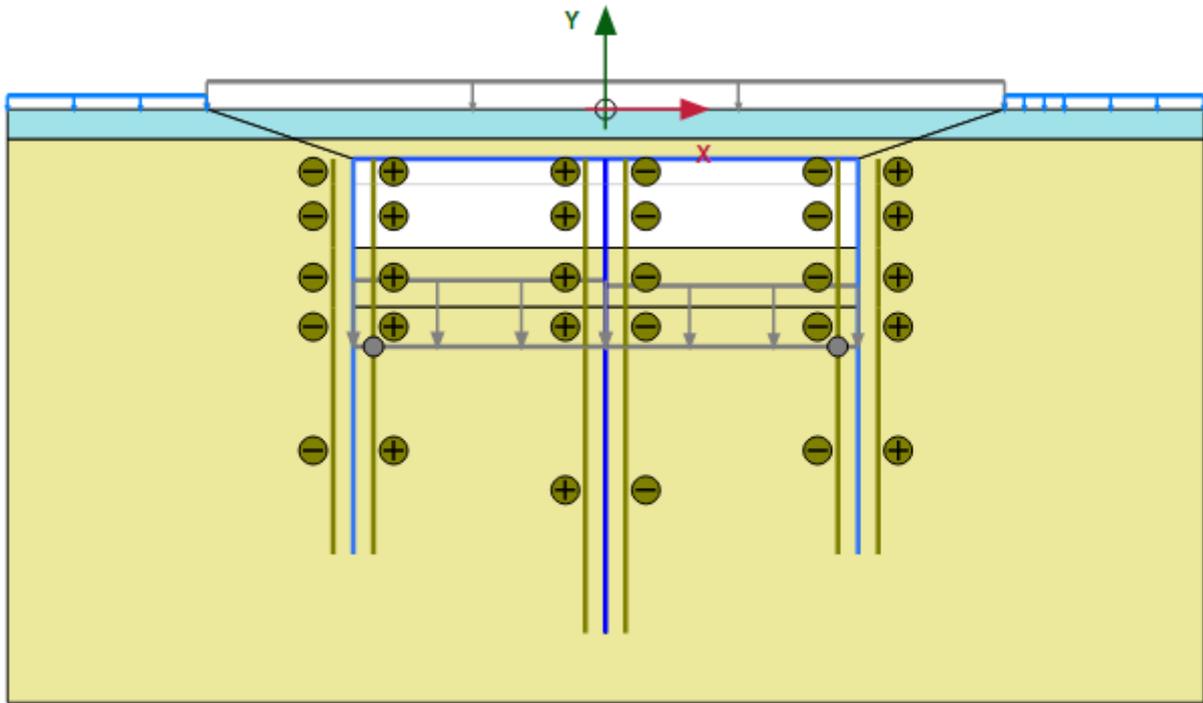


Figura 21: Fase 7: scavo fino a quota -7m dal pc

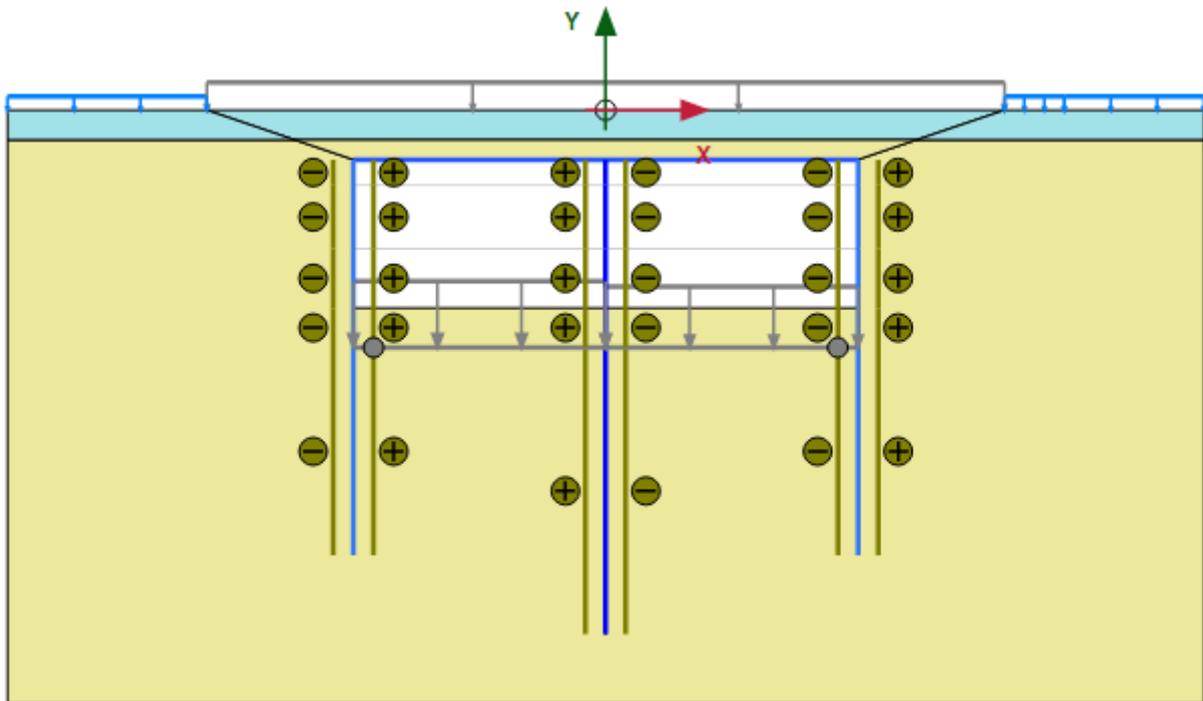


Figura 22: Fase 8: scavo fino a quota -10m dal pc

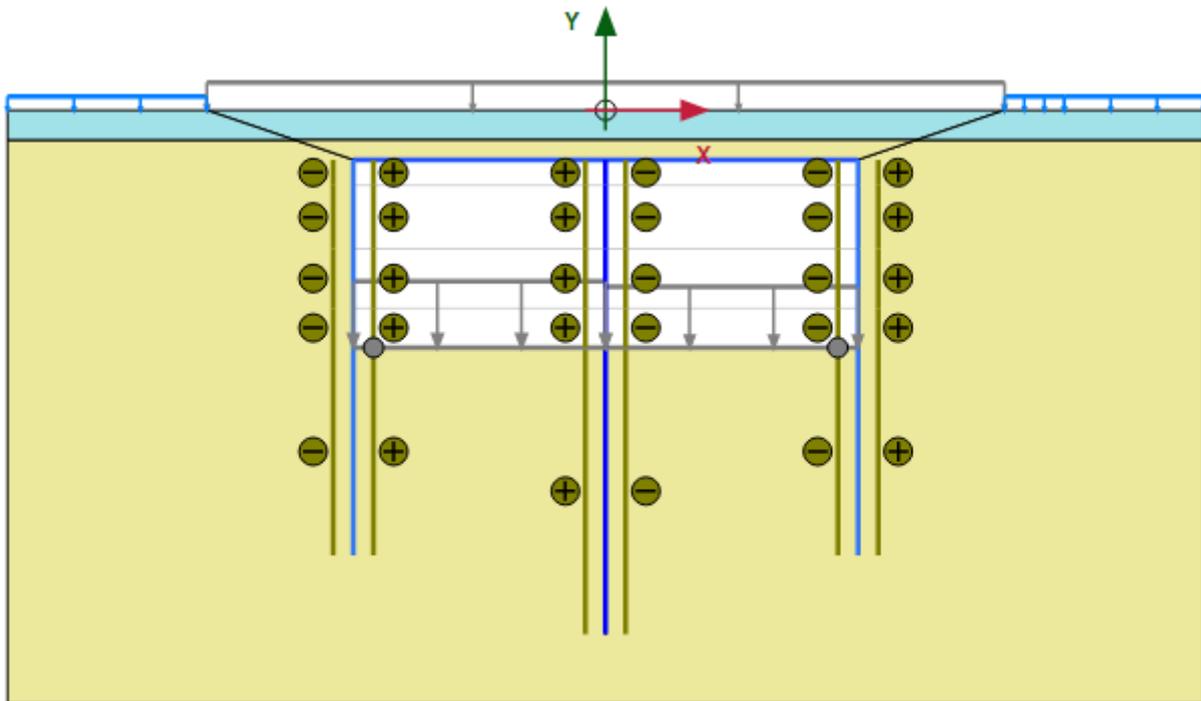


Figura 23: Fase 9: scavo fino a quota -12m dal pc

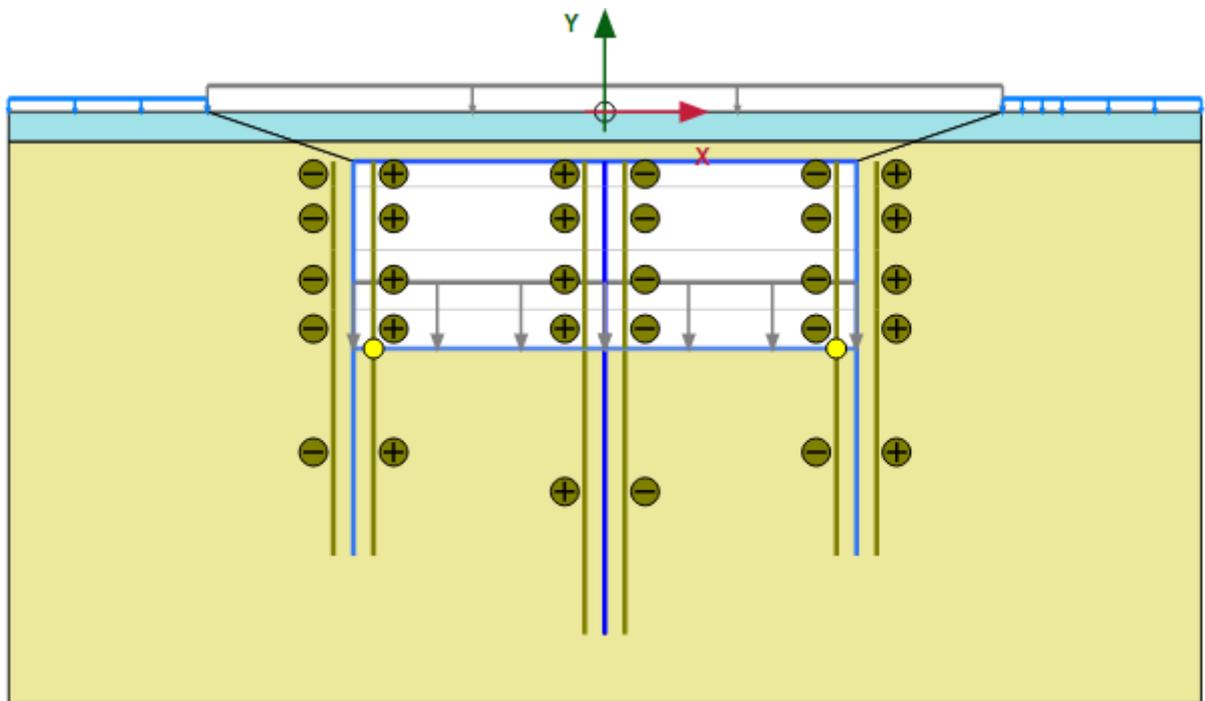


Figura 24: Fase 10: realizzazione del solettone di fondo

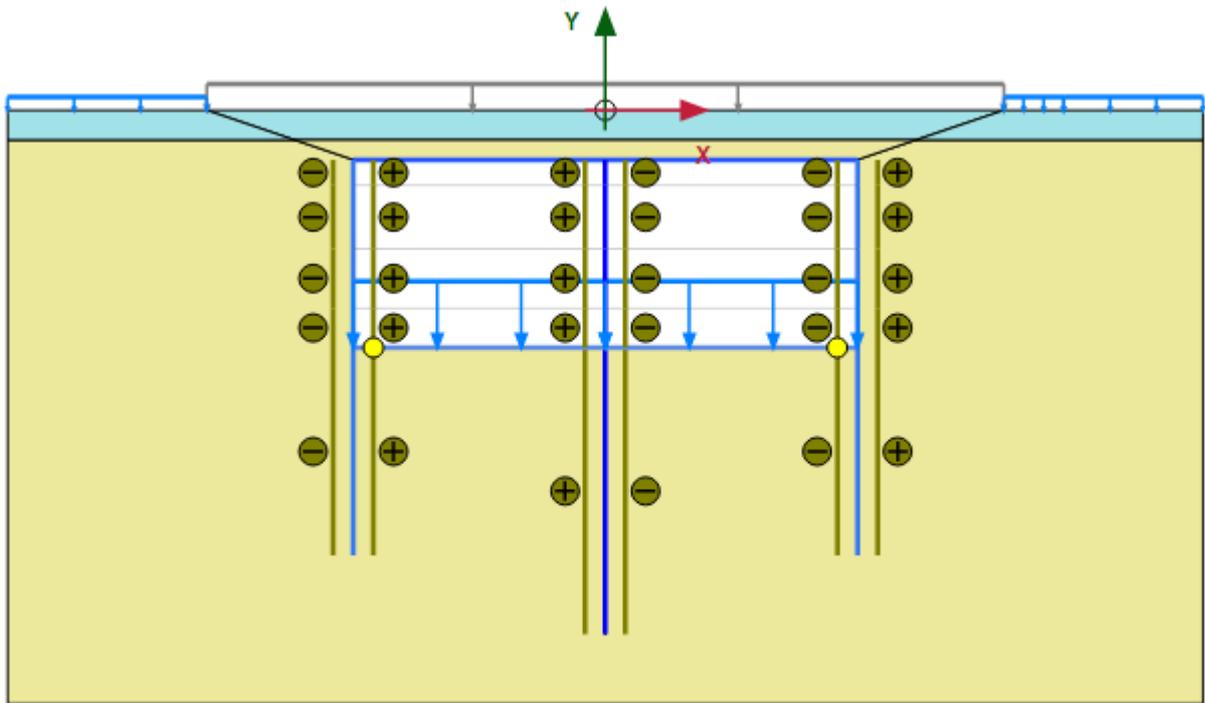


Figura 25: **Fase 11: fase di maturazione e attivazione della massicciata stradale**

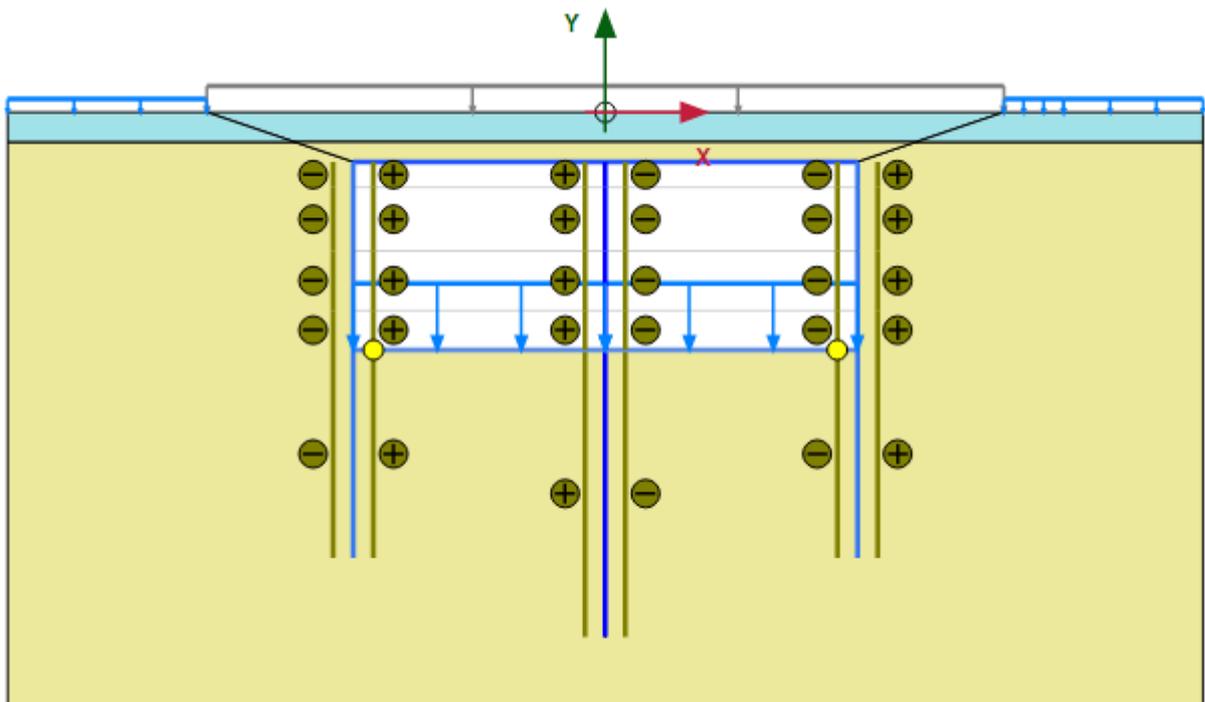


Figura 26: **Fase 12: attivazione del sisma**

8.3 SEZIONE 3

La "Sezione 3" è la sezione di calcolo in corrispondenza della pk. 0+680 circa, in corrispondenza della nuova SS18, dimensionante per il conccio I.

La sezione è caratterizzata da un ritombamento finale di 0,5 m e dalla soprastante sede stradale. La distanza tra i pali (interasse) è pari a 18,35 m in carreggiata Nord (dir. Porto) e pari a 12,65 m in carreggiata Sud (direzione A2).

Seguono schemi grafici descrittivi di ogni fase modellata.

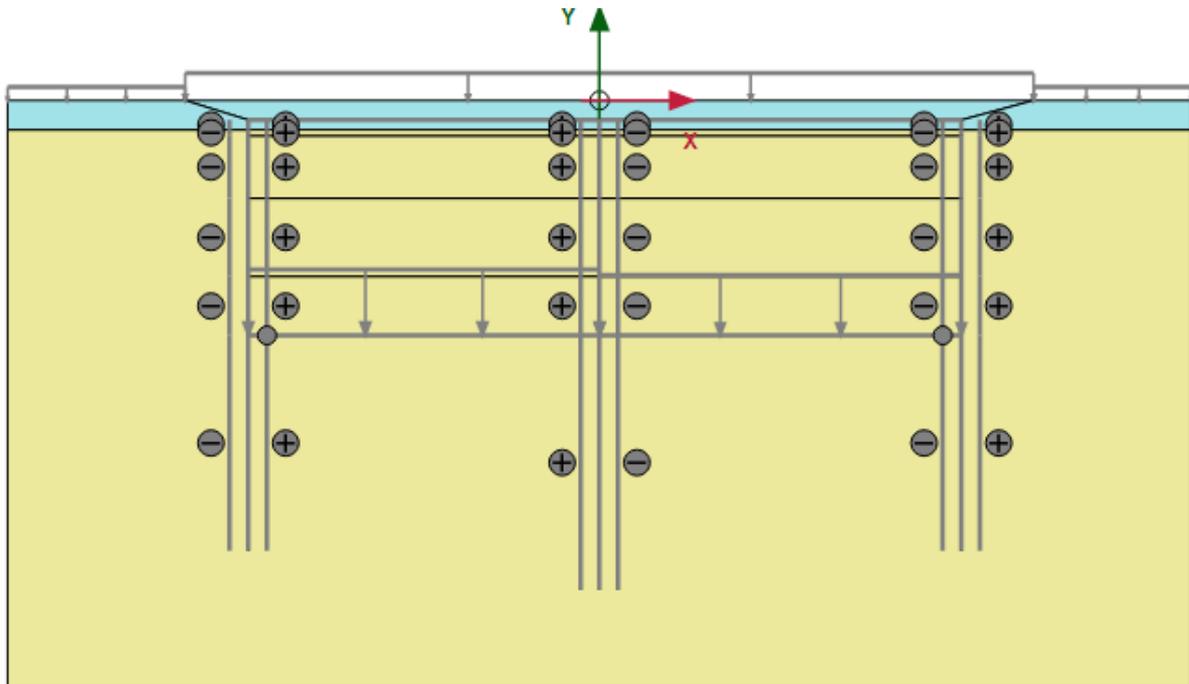


Figura 27: **Fase 0: fase geostatica di inizializzazione**

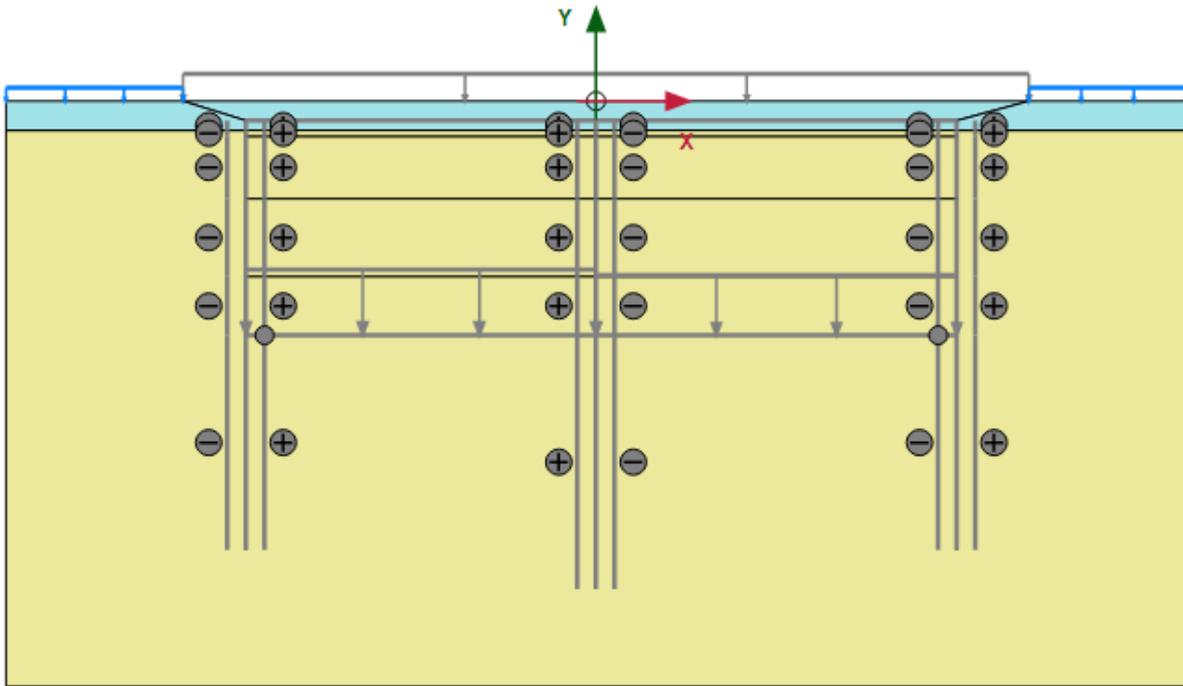


Figura 28: **Fase 1: applicazione del carico di cantiere di 10 kPa**

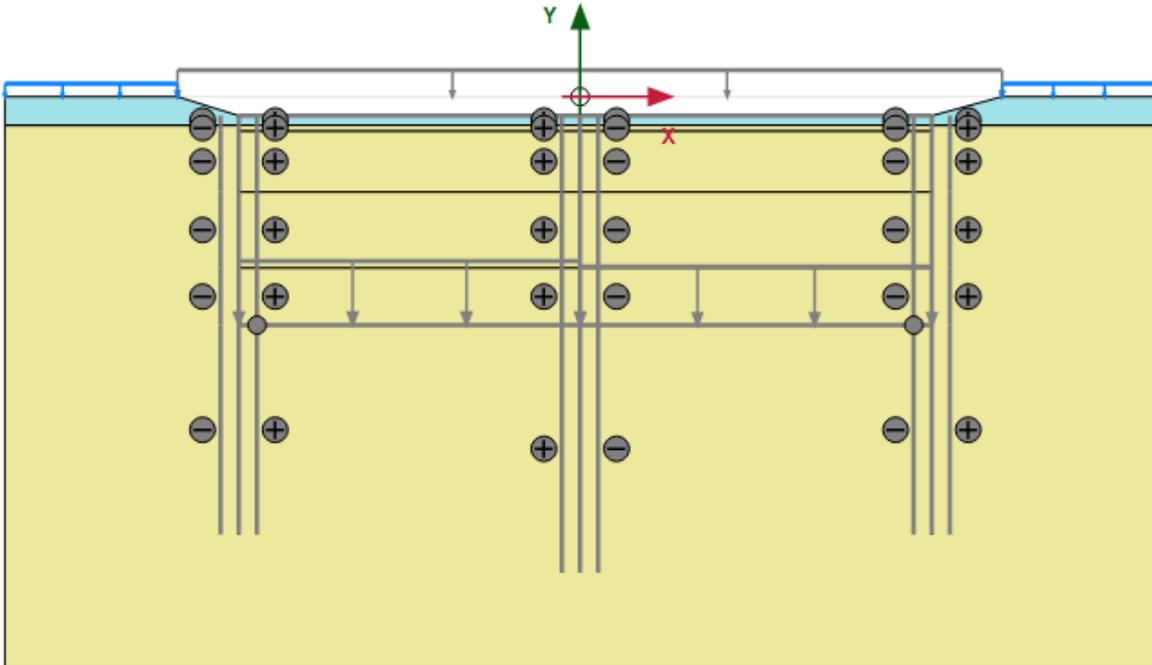


Figura 29: **Fase 2: prescavo a quota -1m da p.c.**

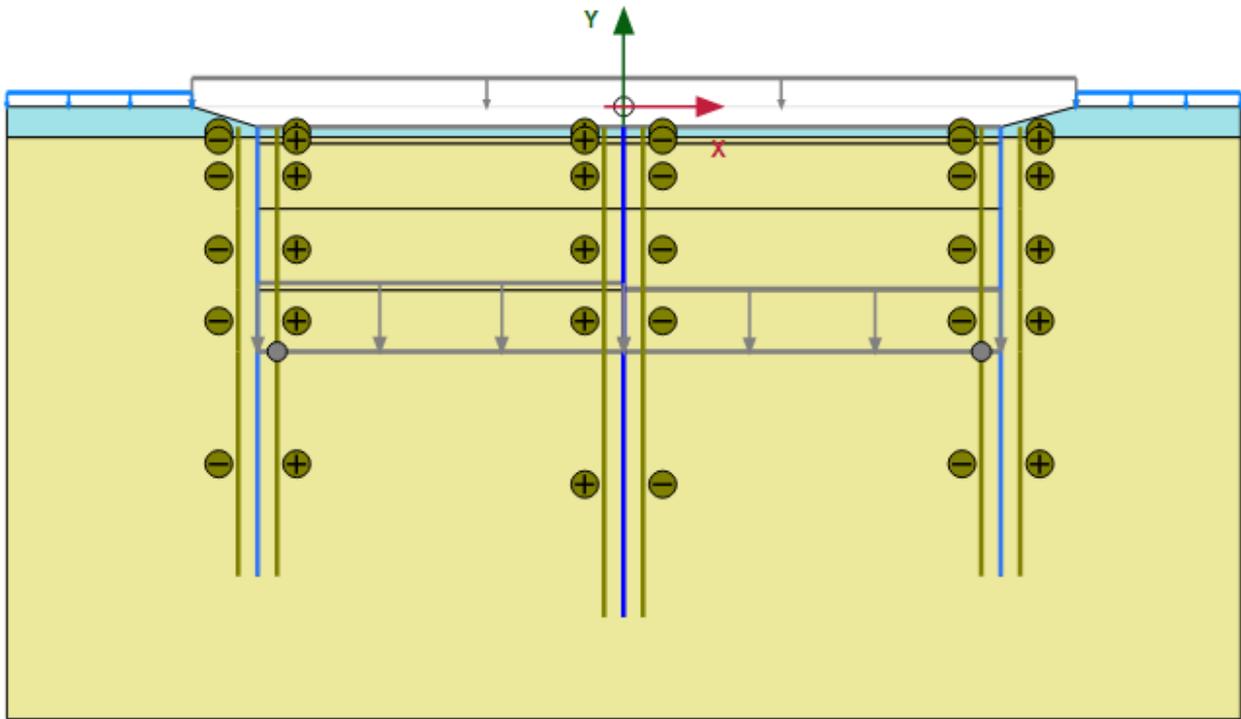


Figura 30: **Fase 3: attivazione pali**

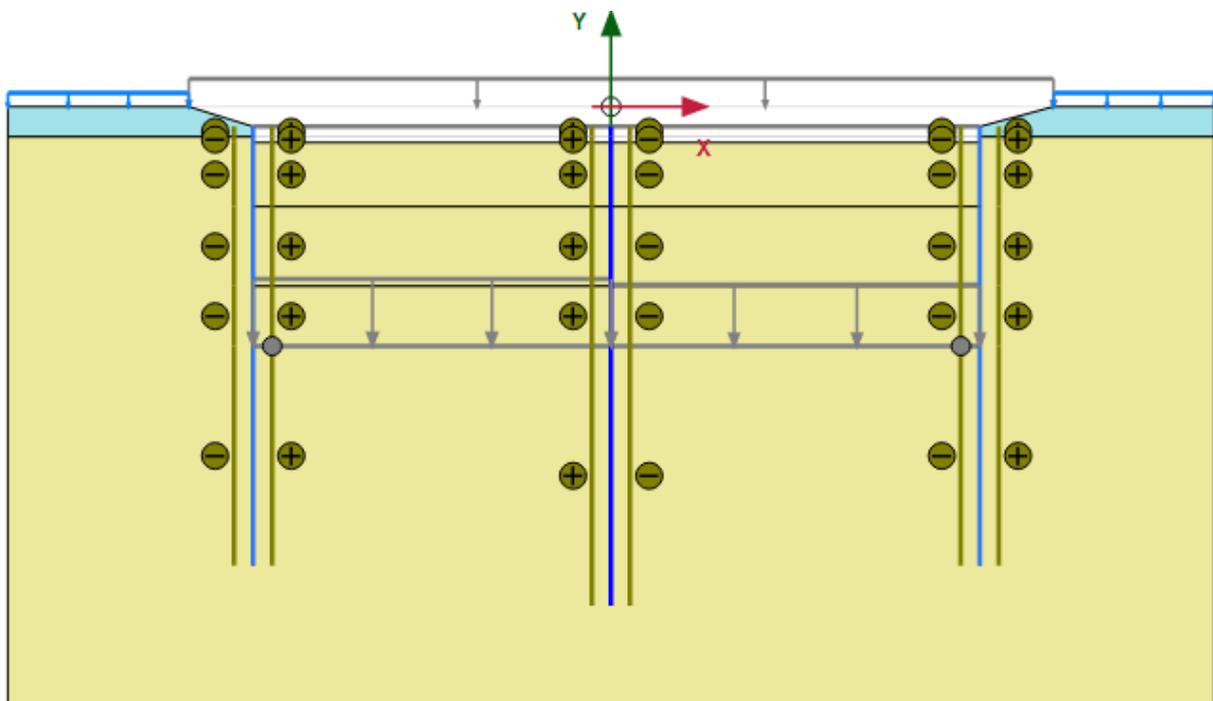


Figura 31: **Fase 4: scavo per la realizzazione della soletta di copertura**

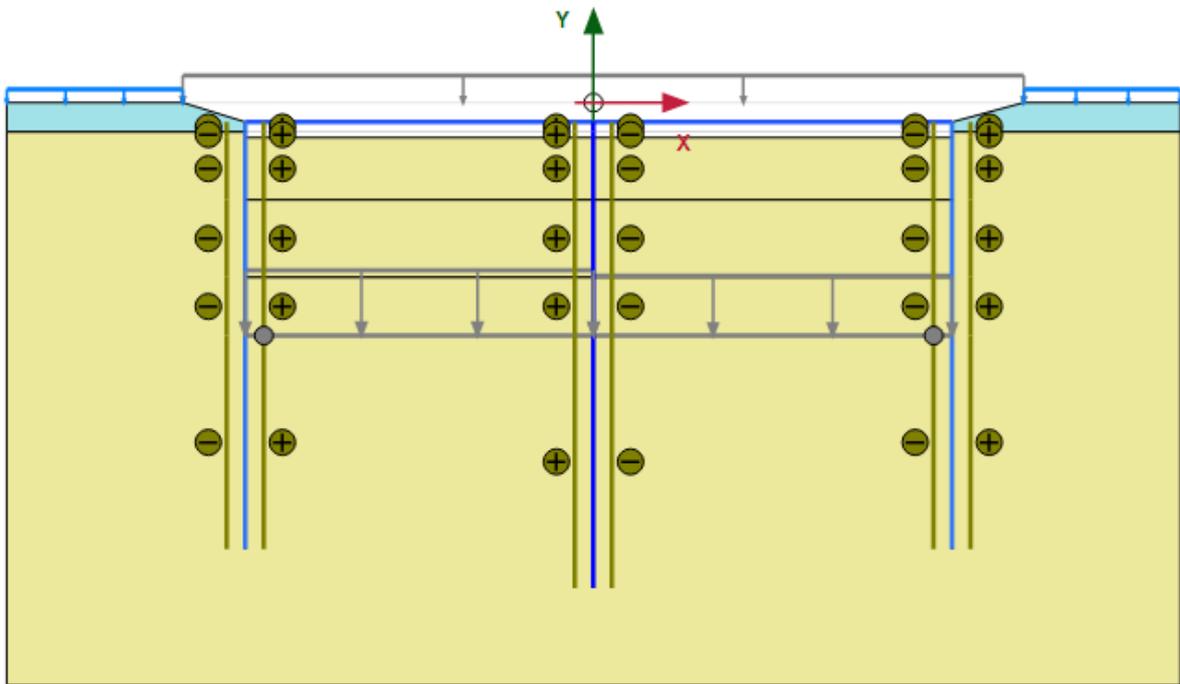


Figura 32: Fase 5: attivazione soletta di copertura

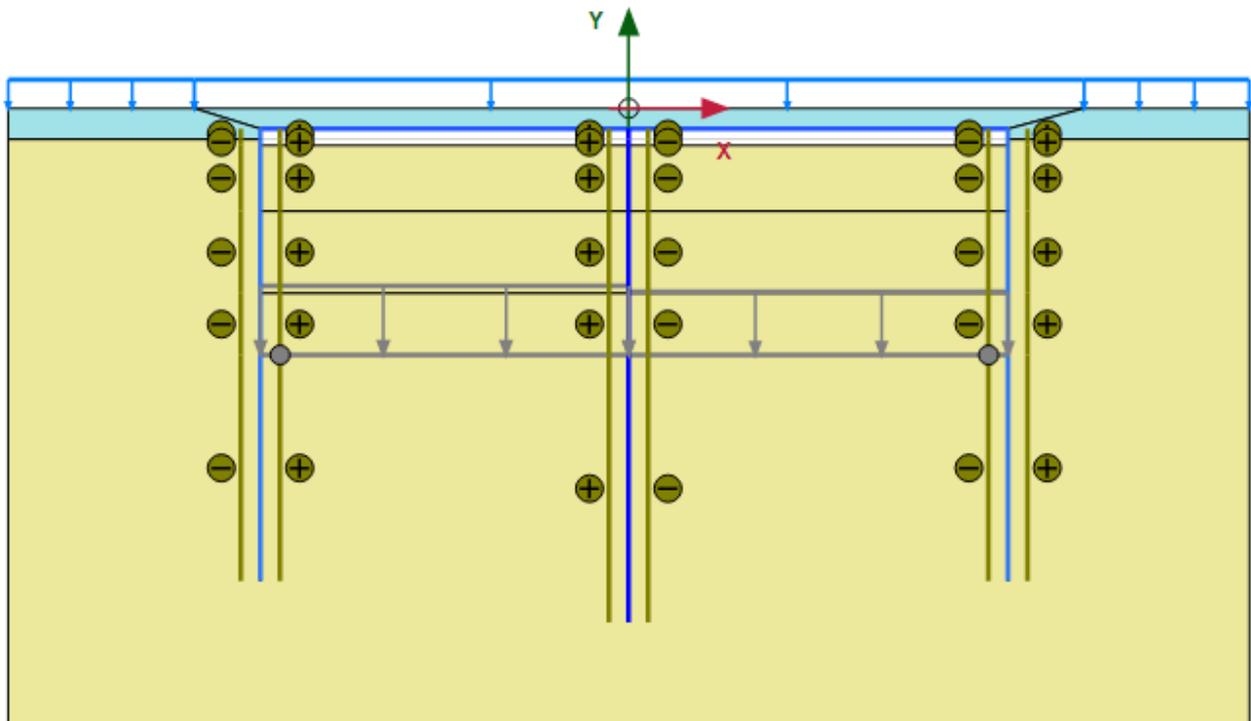


Figura 33: Fase 6: ritombamento e attivazione del carico stradale

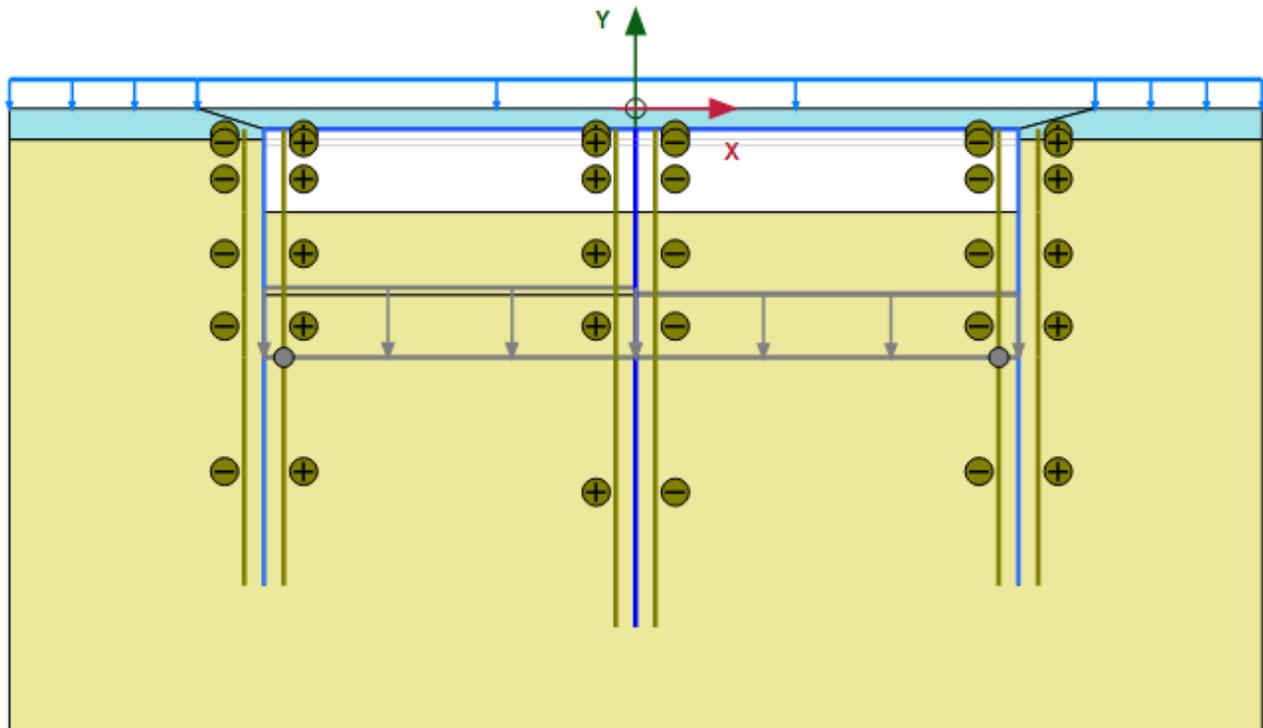


Figura 34: Fase 7: scavo fino a quota -7m dal pc

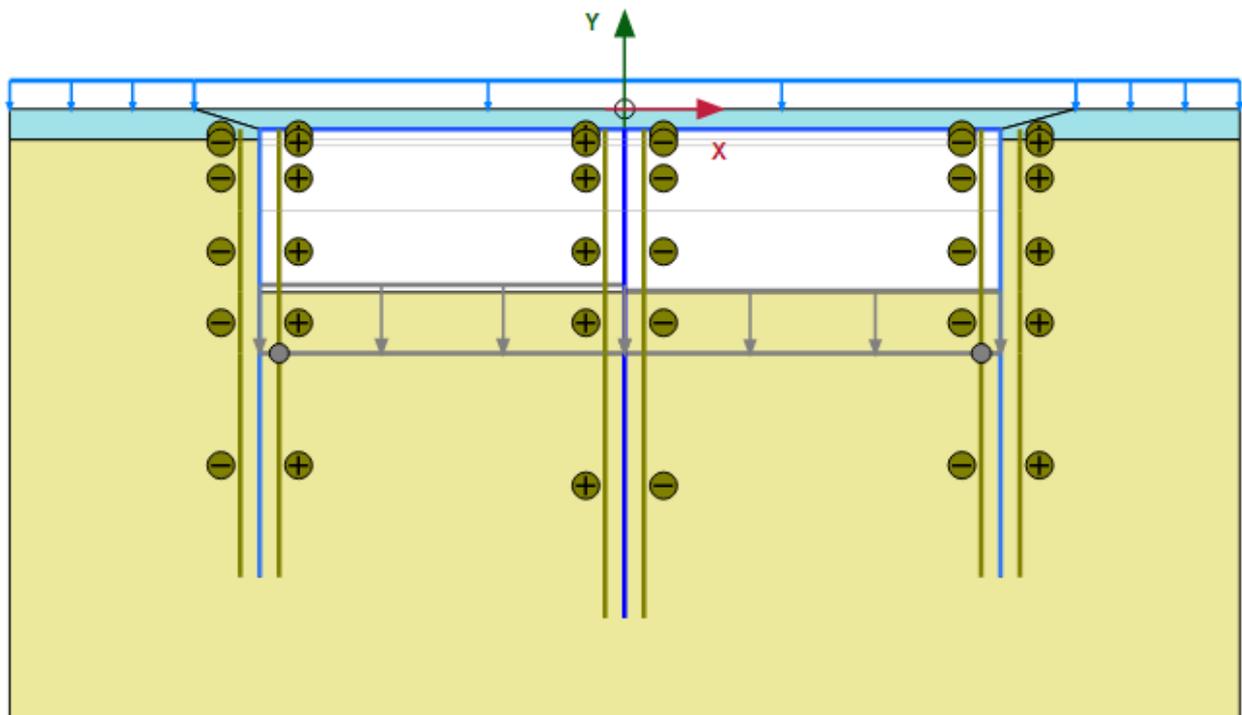


Figura 35: Fase 8: scavo fino a quota -10m dal pc

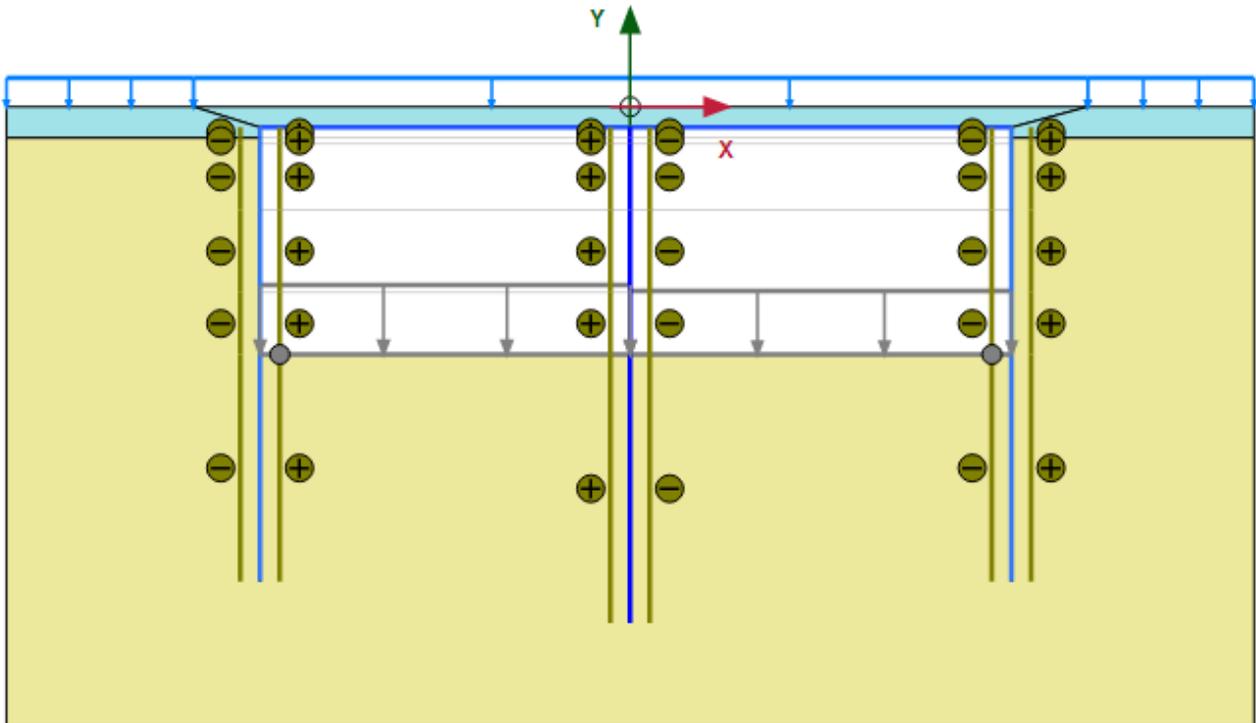


Figura 36: Fase 9: scavo fino a quota -16m dal pc

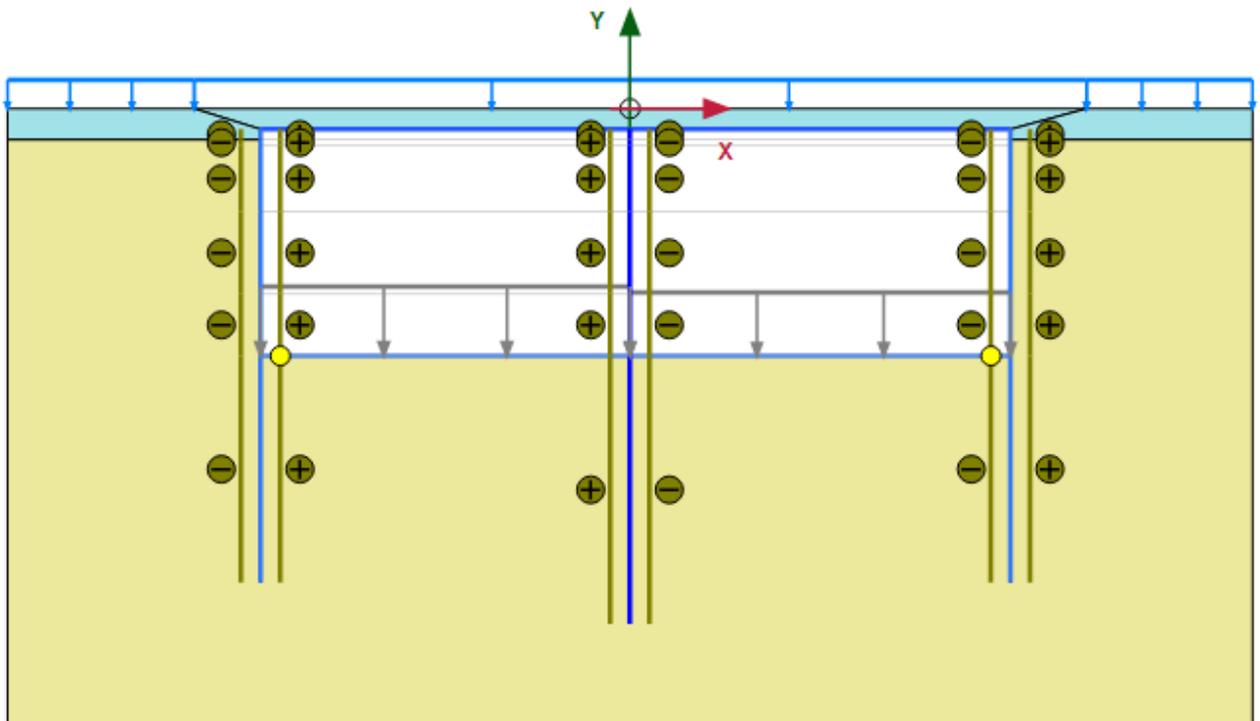


Figura 37: Fase 10: realizzazione del solettone di fondo

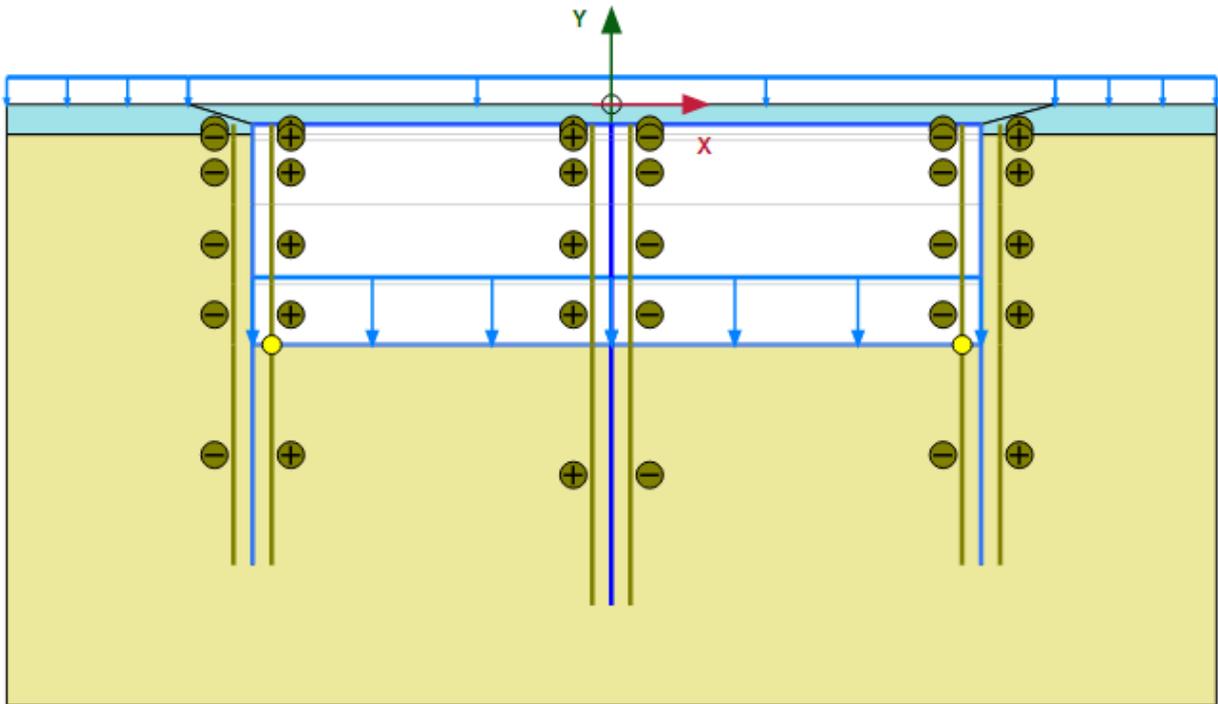


Figura 38: **Fase 11: fase di maturazione e attivazione della massicciata stradale**

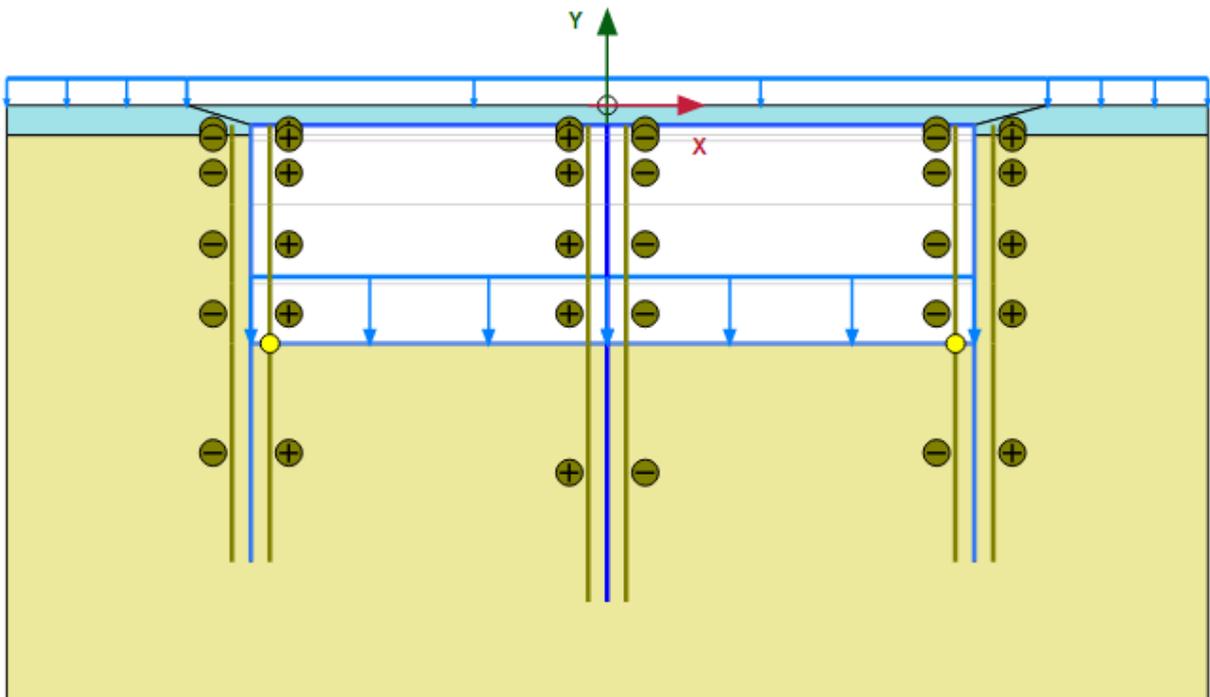


Figura 39: **Fase 12: attivazione del sisma**

9 RISULTATI DELLE ANALISI

9.1 SEZIONE 1

Come è possibile osservare nelle tabelle, le combinazioni più gravose sono quella **sismica e quella SLU-STRU**:

PALI LATERALI						
	M [kNm]	*1,4	T [kN]	*1,4	N [kN]	*1,4
SLE	1054	1475,6	333	466,2	1187	1661,8
SISMA	1593	2230,2	875	1225	1059	1482,6
SLU- STRU	1370,2	1918,28	432,9	606,06	1543,1	2160,34
SLU-GEO	1127	1577,8	362	506,8	1187	1661,8
MAX		2230,2		1225		2160,34

PALO CENTRALE			
	M [kNm]	T [kN]	N [kN]
SISMA	372,4	144,2	1661,8
SLE	70	16,8	1661,8

SOLETTA SUP.			
	M [kNm]	T [kN]	N [kN]
SLE	1562	431	370
SISMA	1782	464	918
SLU- STRU	2030,6	560,3	481
SLU-GEO	1690	442	392
MAX	2030,6	560,3	918

SOLETTA INF.			
	M [kNm]	T [kN]	N [kN]
SLE	353	182	62
SISMA	688	208	781
SLU- STRU	458,9	236,6	80,6
SLU-GEO	355	183	60
MAX	688	236,6	781

Tabella 2 sollecitazioni per le varie combinazioni, con evidenza dei massimi

Si riportano di seguito gli andamenti delle sollecitazioni massime (comb. sismica) agenti sui pali e sulle solette.

9.1.1 INVILUPPO DIAGRAMMA MOMENTO FLETTENTE

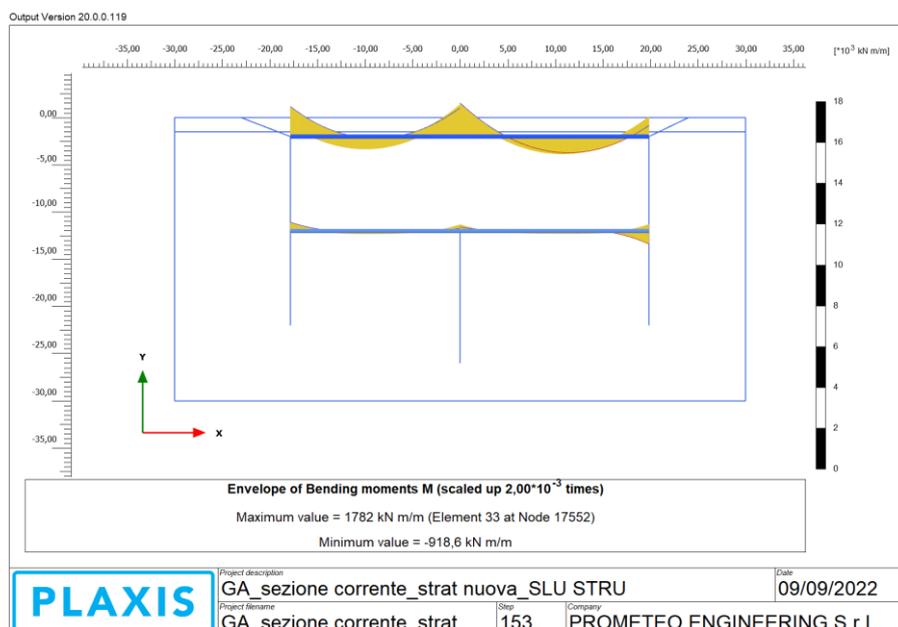
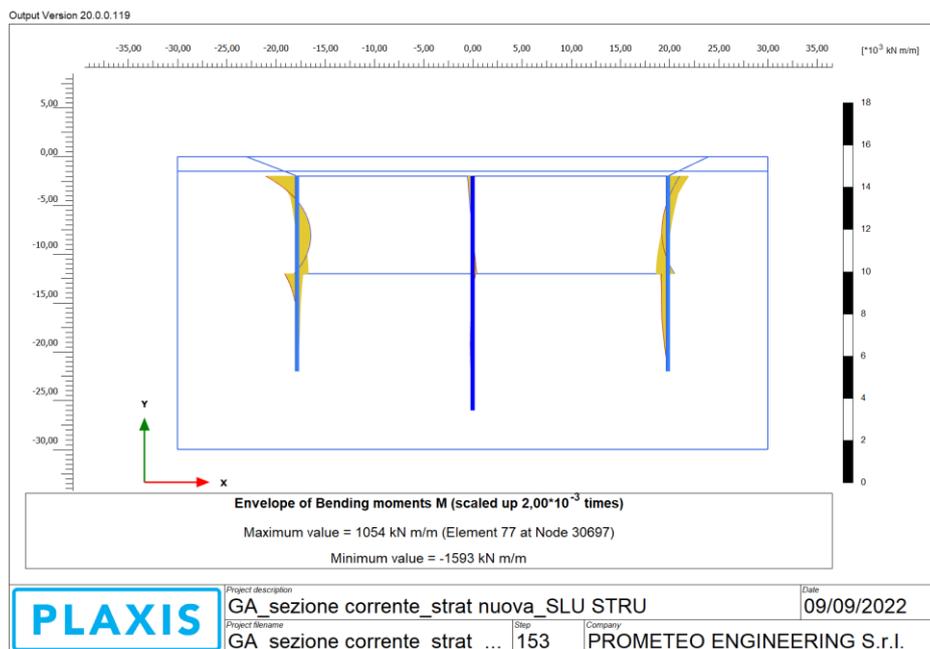


Figura 5- Inviluppo diagramma dei momenti

9.1.2 INVILUPPO DIAGRAMMA TAGLIO

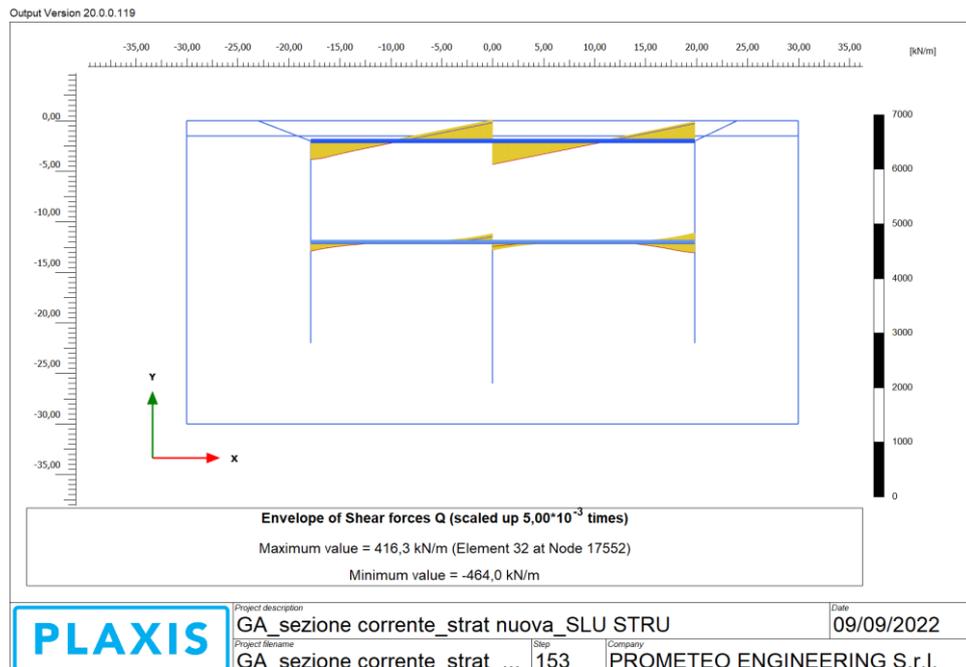
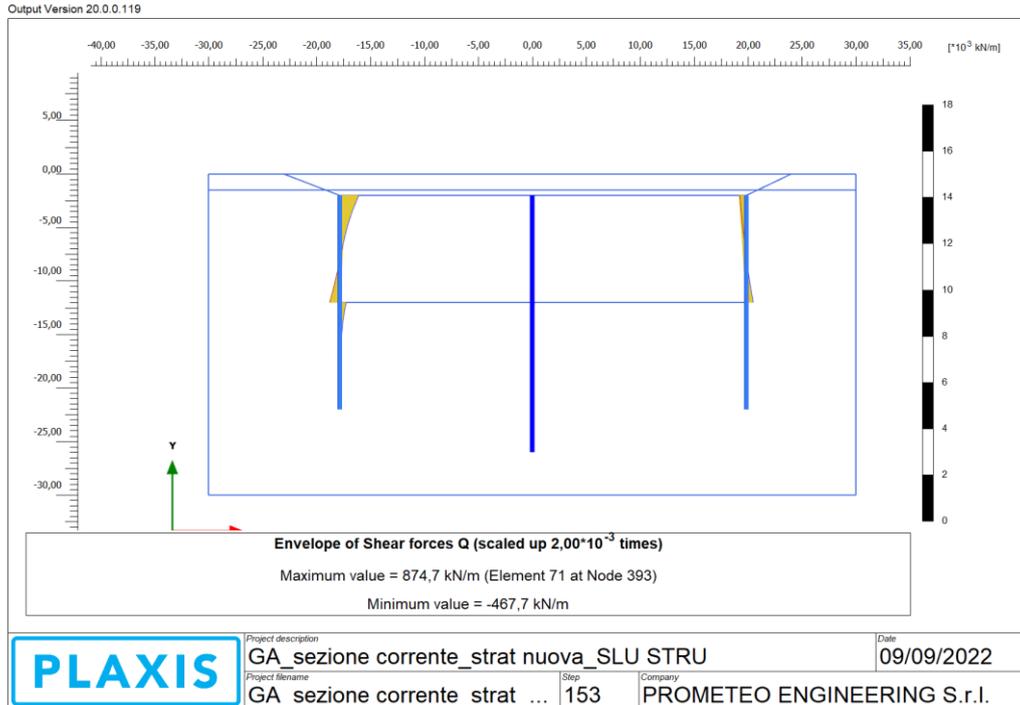


Figura 6 – Inviluppo diagramma taglio

9.1.3 INVILUPPO DIAGRAMMA SFORZO NORMALE

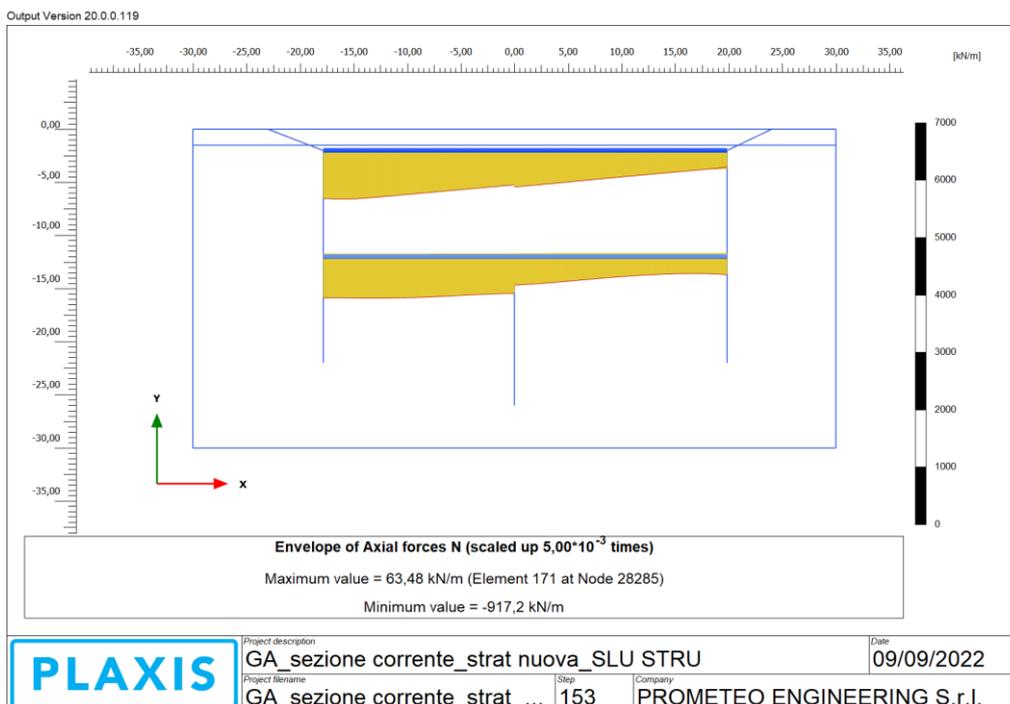
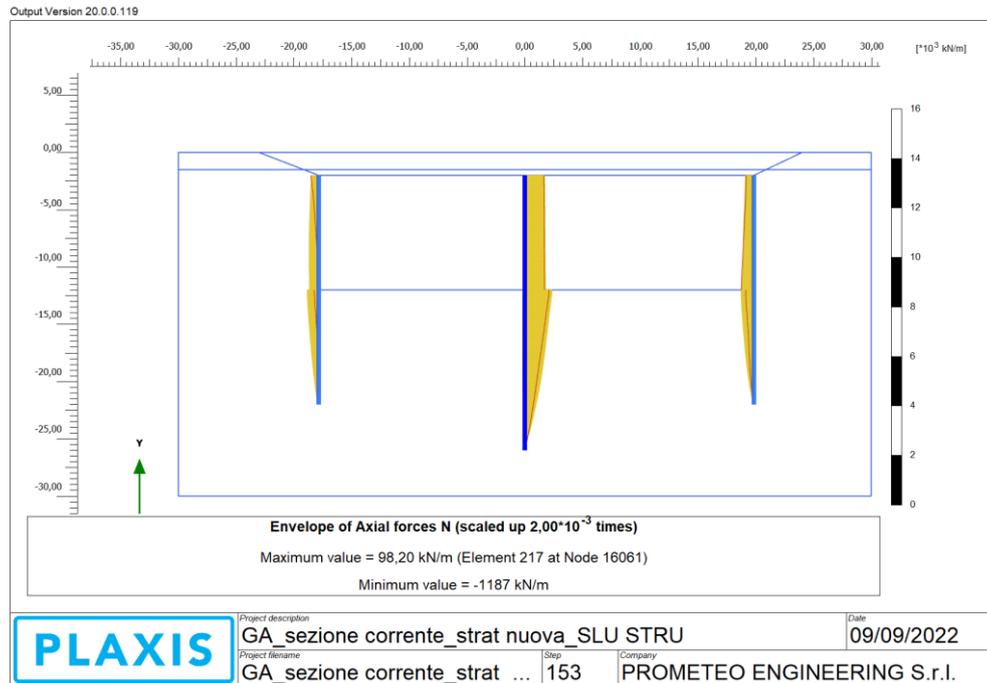
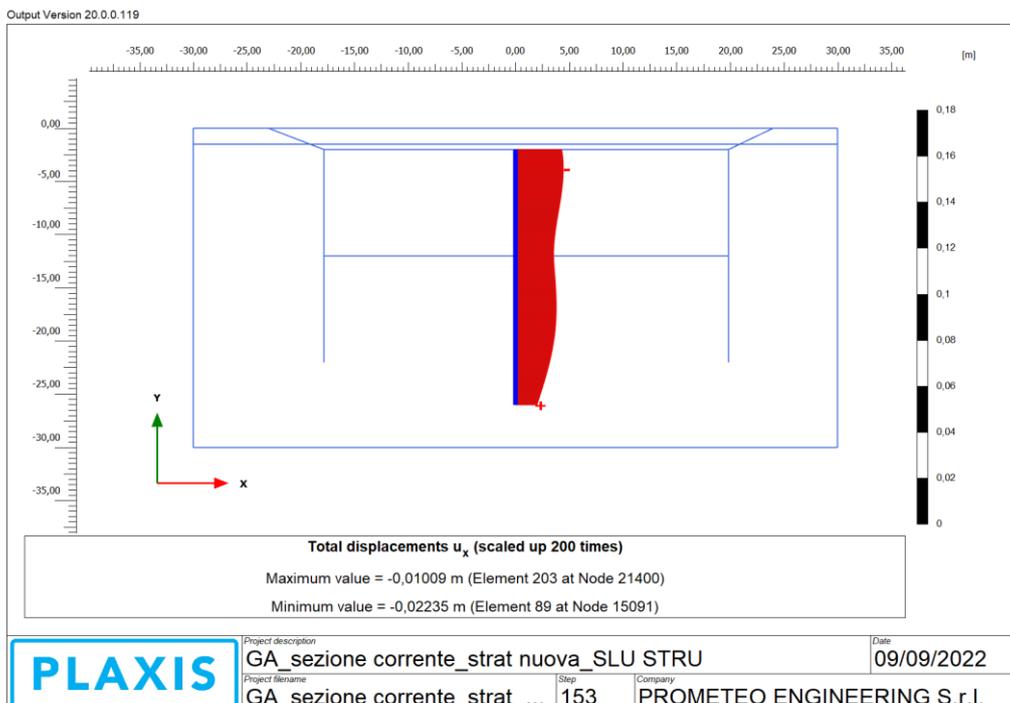
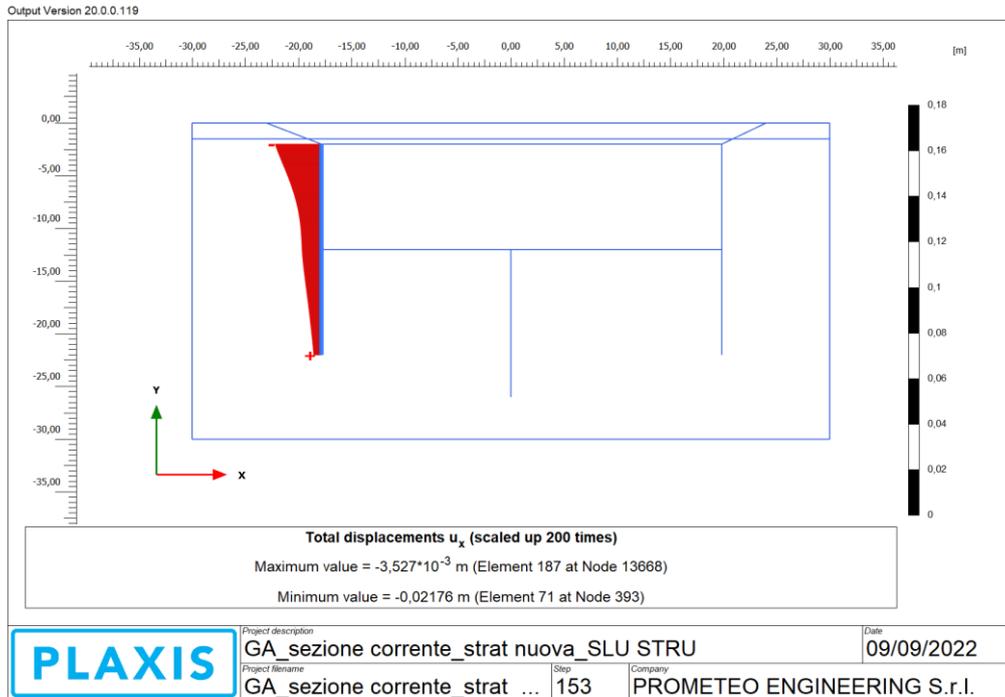
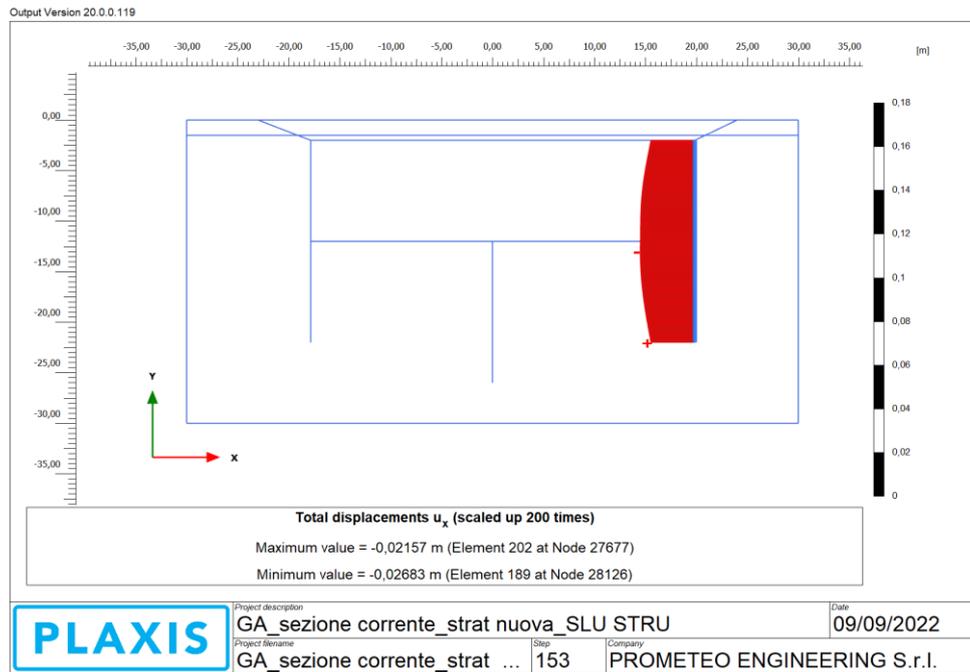


Figura 40: Inviluppo diagramma sforzo normale

9.1.4 INVILUPPO SPOSTAMENTO DEI PALI

Si riportano di seguito gli spostamenti indotti sui pali





Come è possibile notare dagli andamenti dei grafici, gli spostamenti su ciascun palo risultano inferiori del 5 permille della lunghezza dei pali, ovvero 10 cm.

9.2 SEZIONE 2

Come è possibile osservare nelle tabelle, la combinazione più gravosa è quella **sismica**:

PALI						
	M [kNm]	*1,4	T [kN]	*1,4	N [kN]	*1,4
SLE	658	921,2	248	347,2	1017	1423,8
SISMA	1330	1862	754	1055,6	875	1225
SLU- STRU	855,4	1197,56	322,4	451,36	1322,1	1850,94
SLU-GEO	740	1036	286	400,4	1004	1405,6
MAX		1862		1055,6		1850,94

PALO CENTRALE			
	M [kNm]	T [kN]	N [kN]
SISMA	309,4	75,6	1225
SLE	11,2	12,6	1423,8

SOLETTA SUP.			
	M [kNm]	T [kN]	N [kN]
SLE	960	331	272
SISMA	1370	348	811
SLU- STRU	1248	430,3	353,6
SLU-GEO	759	305	317
MAX	1370	430,3	811

SOLETTA INF.			
	M [kNm]	T [kN]	N [kN]
SLE	330	195	58
SISMA	604	263	683
SLU- STRU	429	253,5	75,4
SLU-GEO	330	193	56
MAX	604	263	683

Tabella 3 sollecitazioni per le varie combinazioni, con evidenza dei massimi

Si riportano di seguito gli andamenti delle sollecitazioni massime (comb. sismica) agenti sui pali e sulle solette.

9.2.1 INVILUPPO DIAGRAMMA MOMENTO FLETTENTE

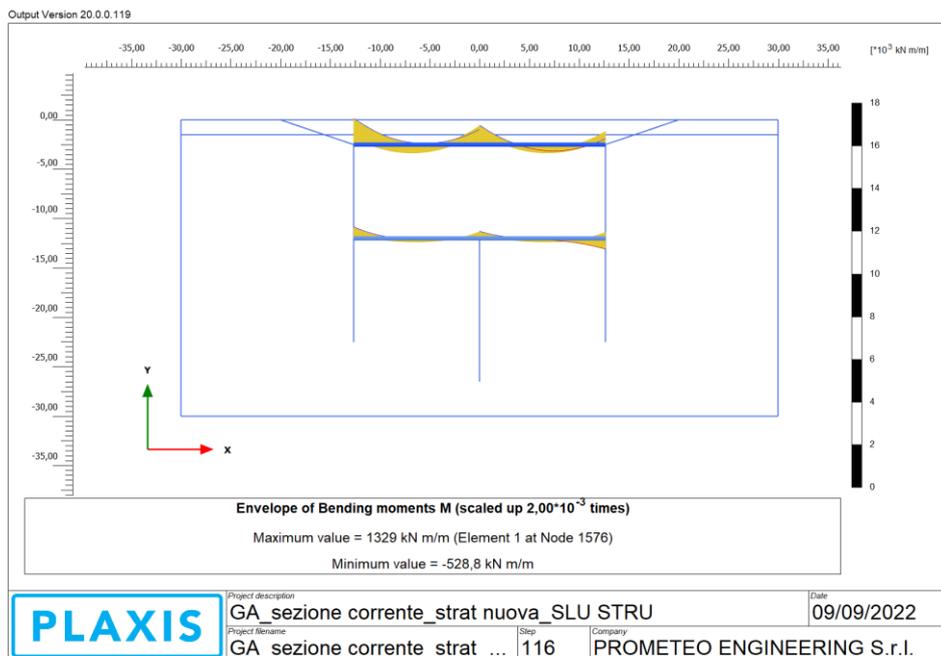
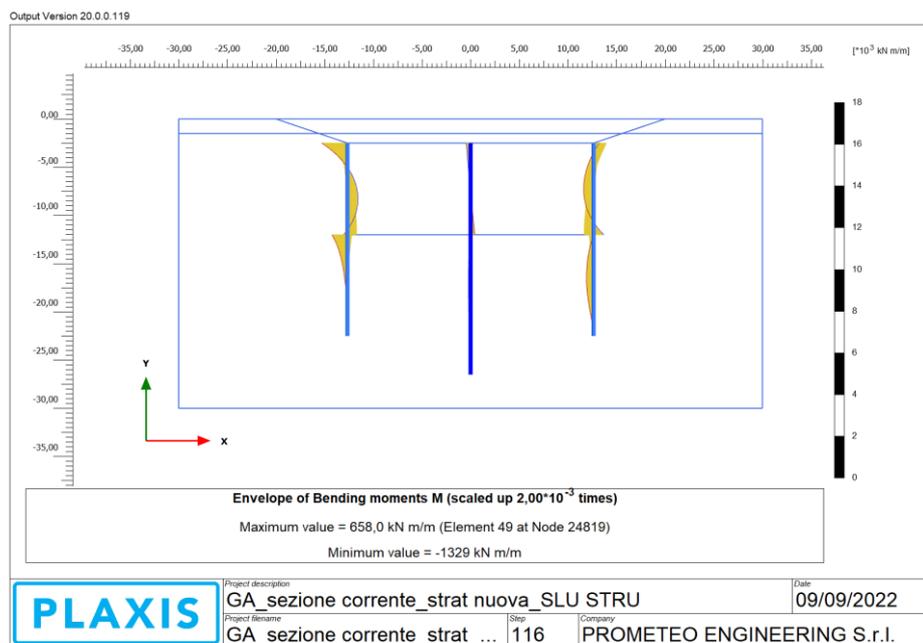


Figura 5- Inviluppo diagramma dei momenti

9.2.2 INVILUPPO DIAGRAMMA TAGLIO

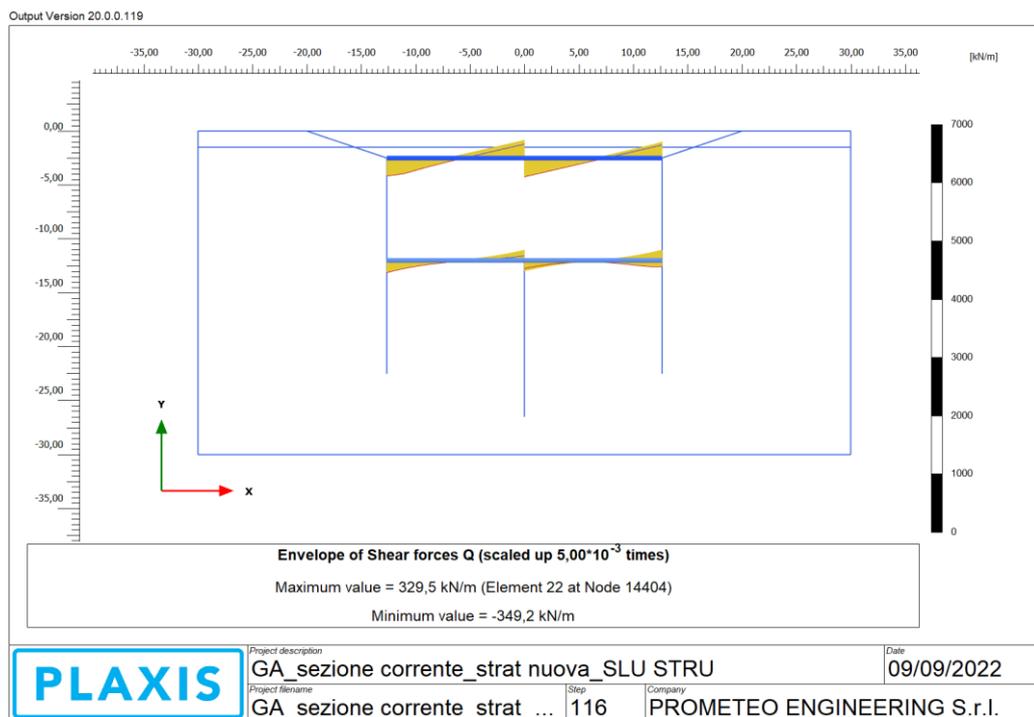
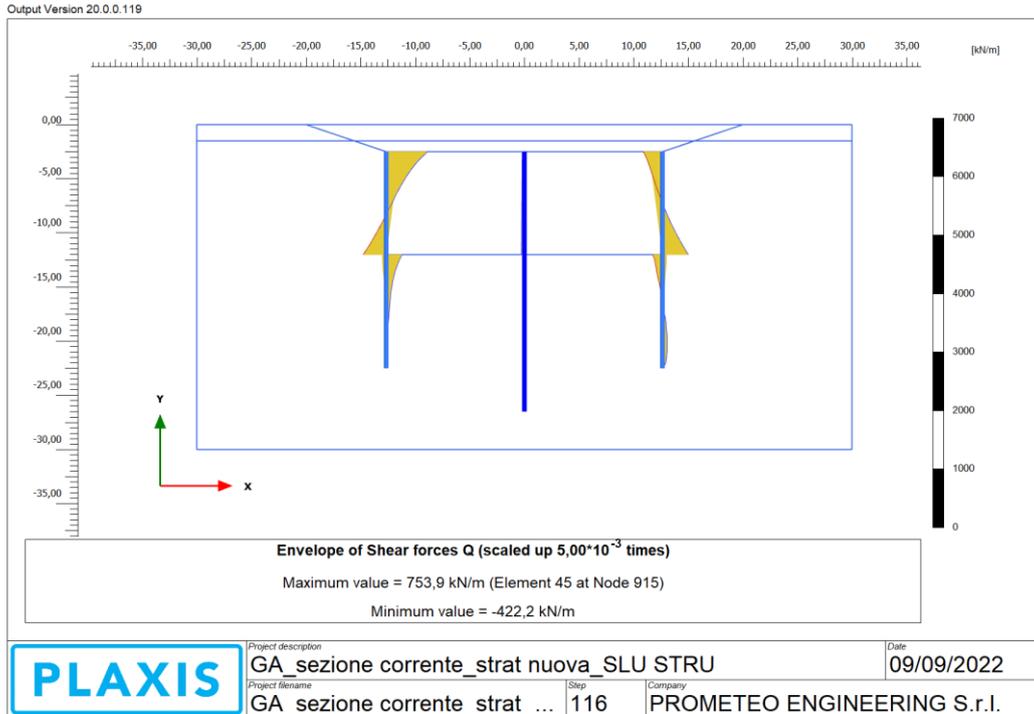


Figura 6 – Inviluppo diagramma taglio

9.2.3 INVILUPPO DIAGRAMMA SFORZO NORMALE

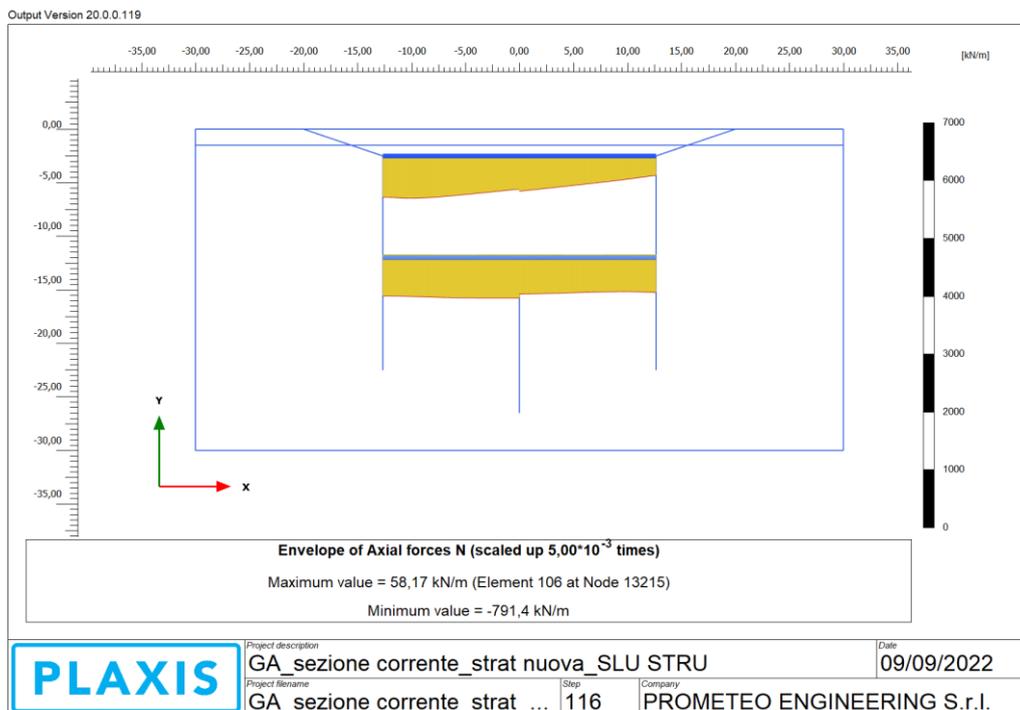
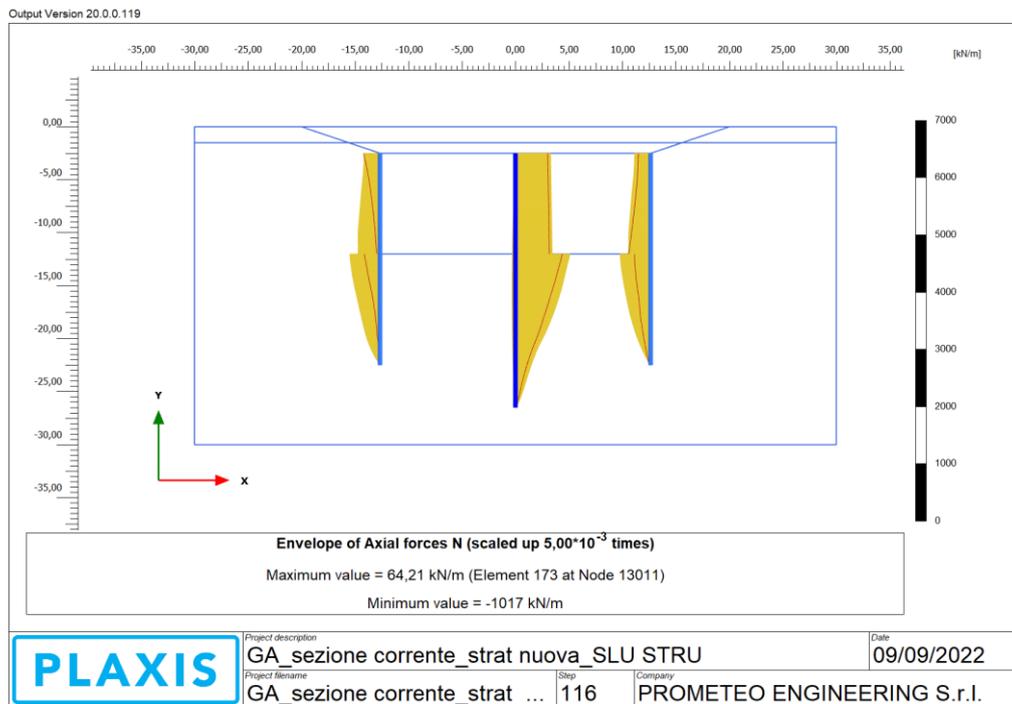
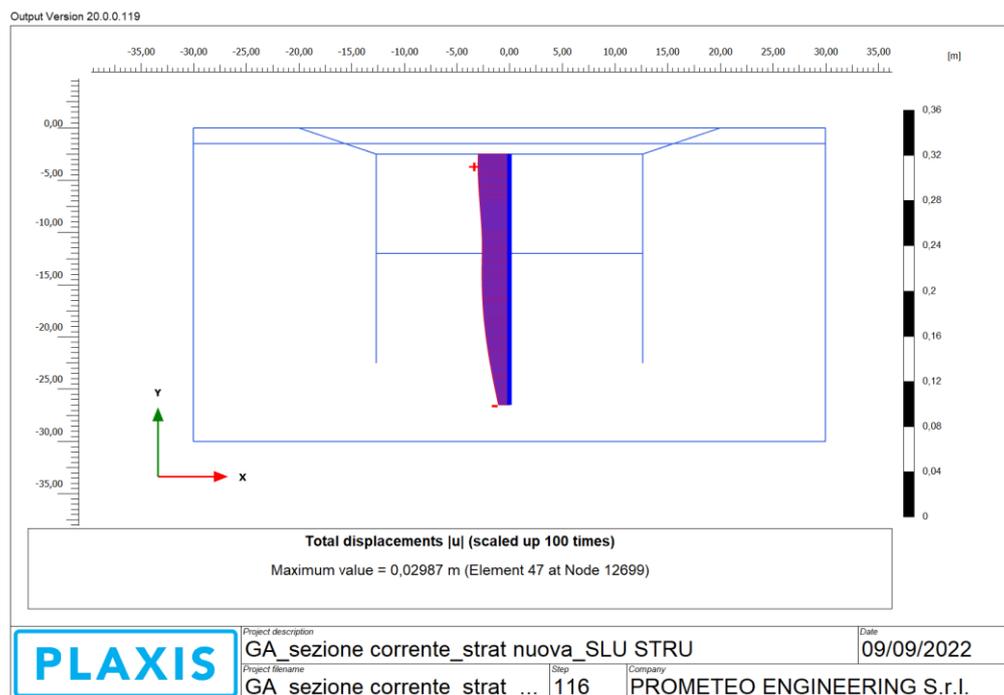
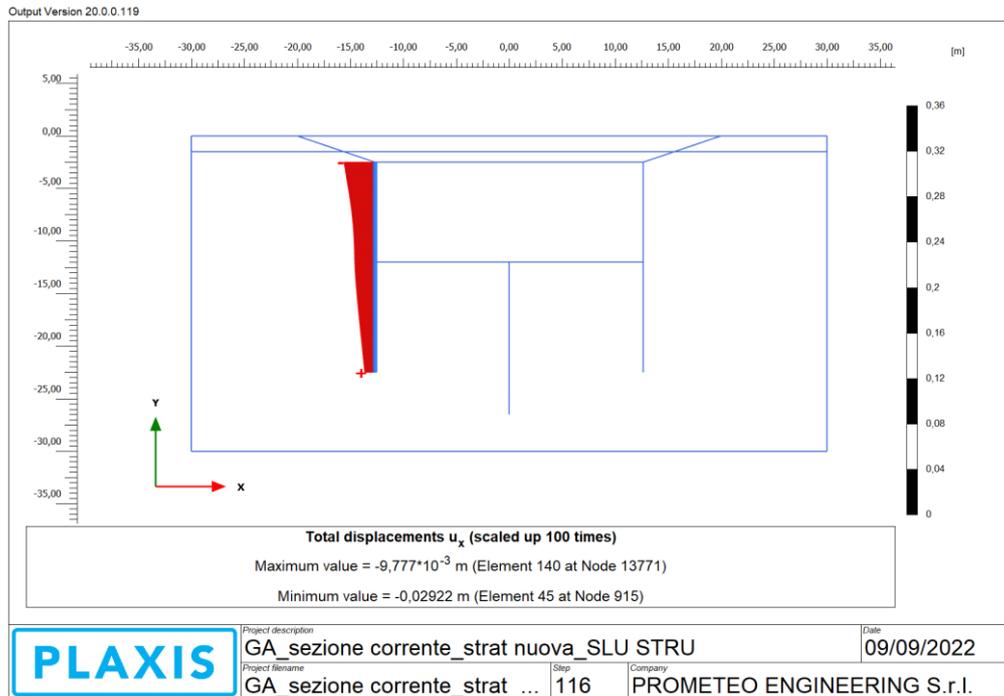


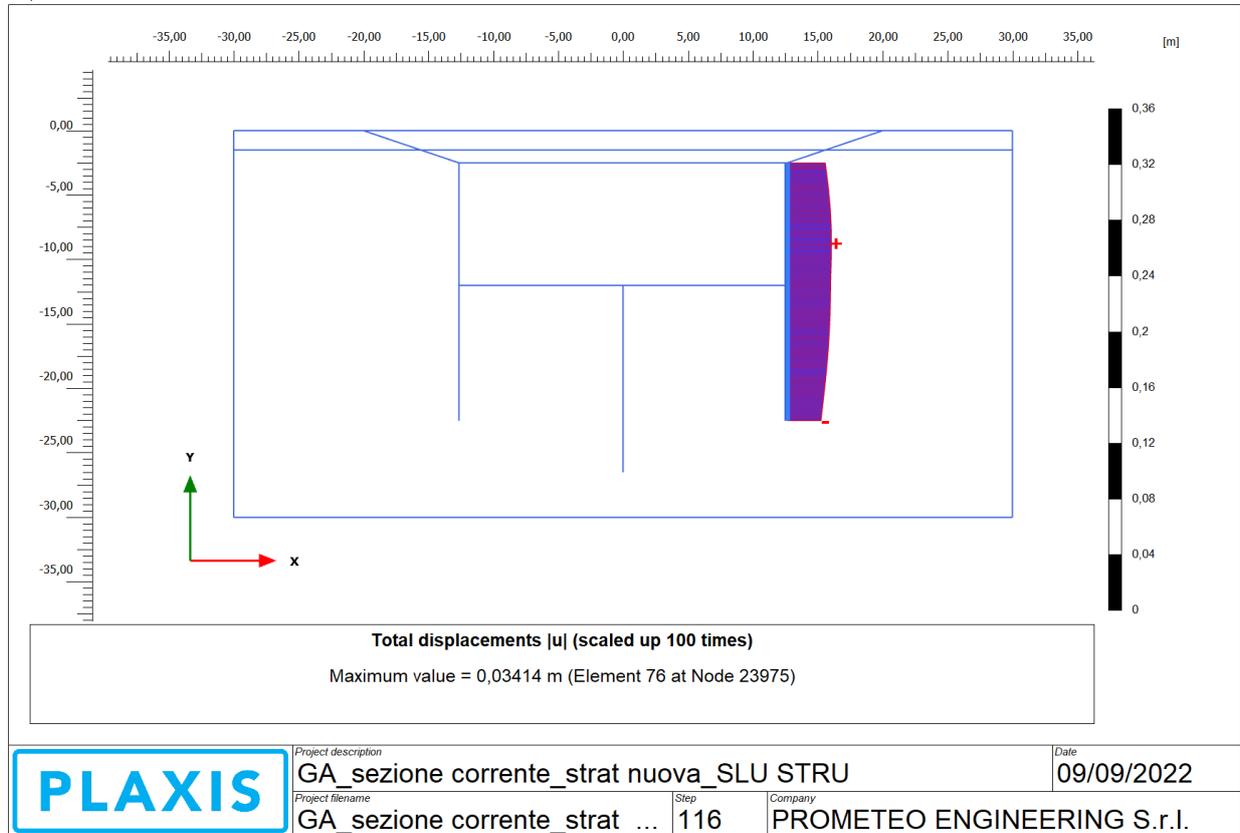
Figura 7- Inviluppo diagramma sforzo normale

9.2.4 INVILUPPO SPOSTAMENTI DEI PALI

Si riportano di seguito gli spostamenti indotti sui pali



Output Version 20.0.0.119



Come è possibile notare dagli andamenti dei grafici, gli spostamenti su ciascun palo risultano inferiori del 5 permille della lunghezza dei pali, ovvero 10 cm.

9.3 SEZIONE 3

Si riportano di seguito le combinazioni:

PALI						
	M [kNm]	*1,4	T [kN]	*1,4	N [kN]	*1,4
SLE	1248	1747,2	372	520,8	1209	1692,6
SISMA	1572	2200,8	752	1052,8	1092	1528,8
SLU- STRU	1622,4	2271,36	483,6	677,04	1571,7	2200,38
SLU-GEO	1324	1853,6	402	562,8	1233	1726,2
MAX		2271,36		1052,8		2200,38

PALO CENTRALE			
	M [kNm]	T [kN]	N [kN]
SISMA	232,4	179,2	1528,8
SLE	18,2	8,4	1692,6

SOLETTA SUP.			
	M [kNm]	T [kN]	N [kN]
SLE	1446	430	388
SISMA	1813	467	770
SLU- STRU	1879,8	559	504,4
SLU-GEO	1487	428	417
MAX	1879,8	559	770

SOLETTA INF.			
	M [kNm]	T [kN]	N [kN]
SLE	440	206	79
SISMA	731	206	855
SLU- STRU	572	267,8	102,7
SLU-GEO	436	206	71
MAX	731	267,8	855

Si riportano di seguito gli andamenti delle sollecitazioni massime (comb. sismica) agenti sui pali e sulle solette.

9.3.1 INVILUPPO DIAGRAMMA MOMENTO FLETTENTE

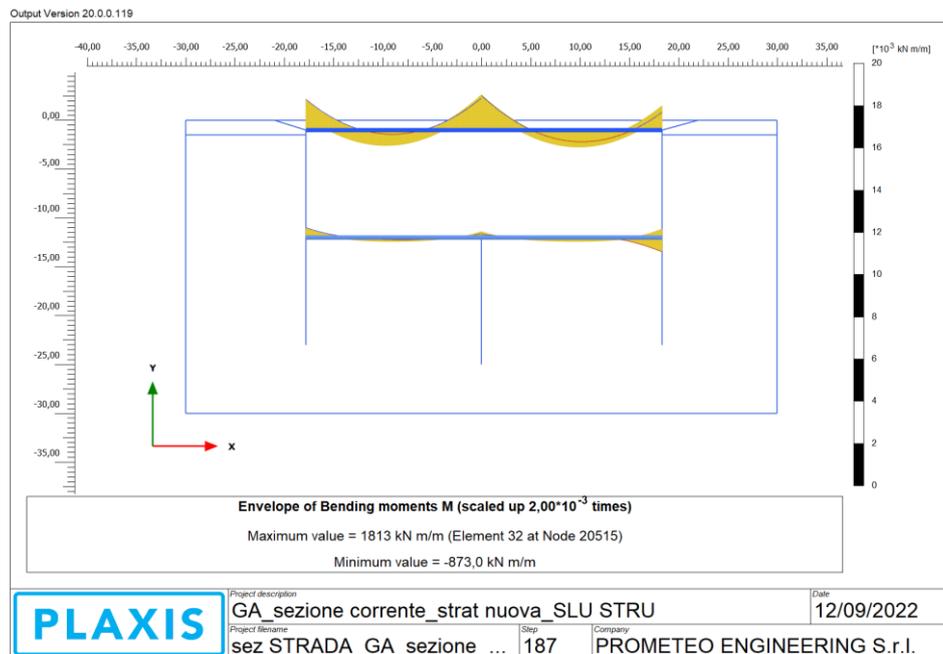
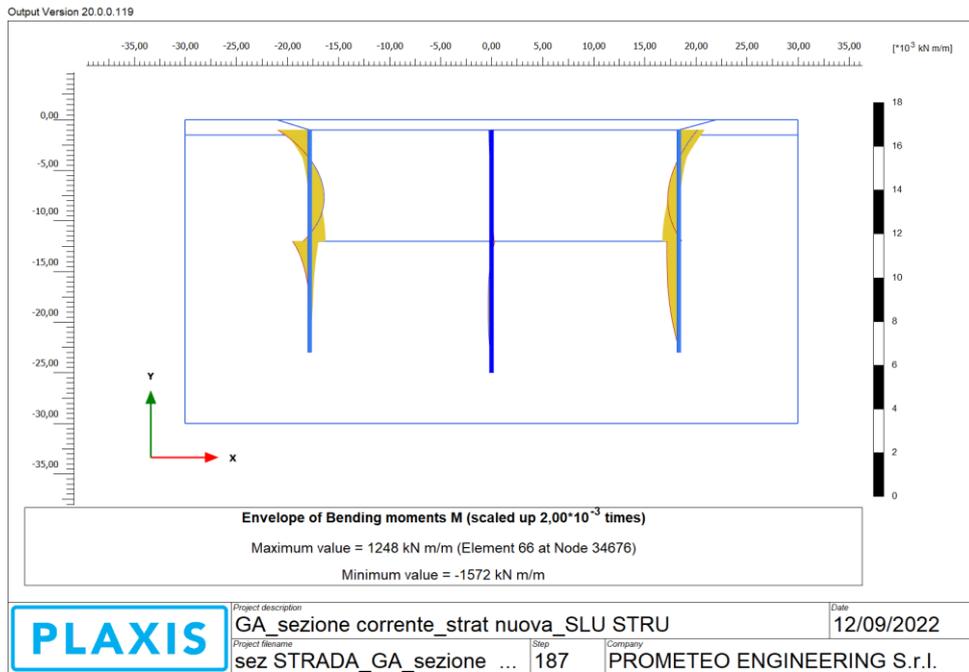


Figura 5- Inviluppo diagramma dei momenti

9.3.2 INVILUPPO DIAGRAMMA TAGLIO

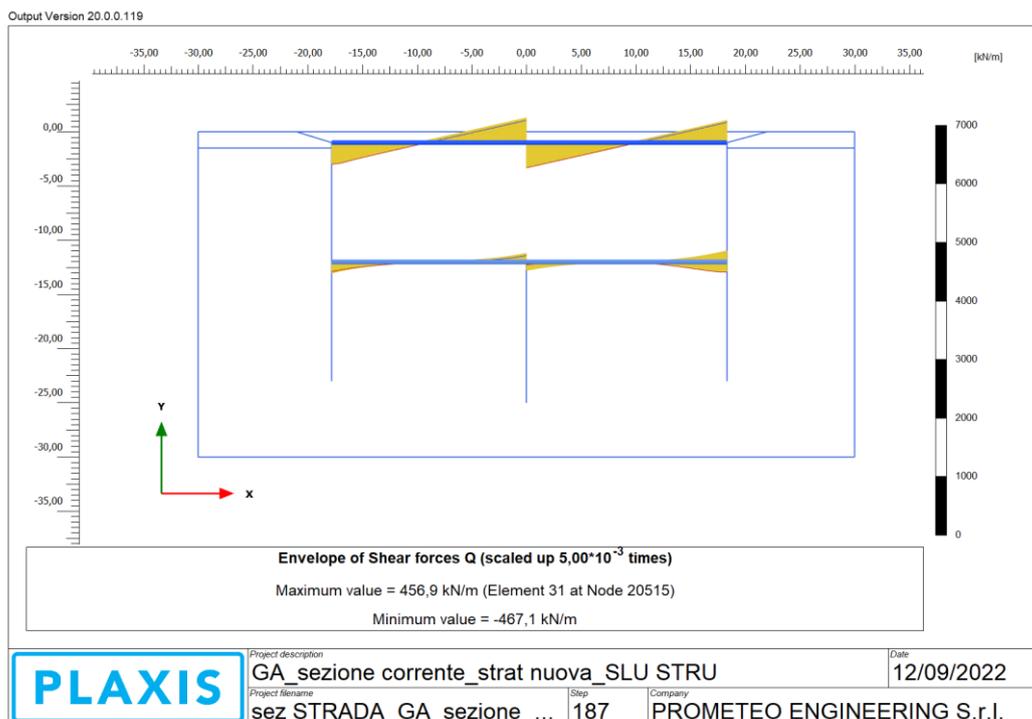
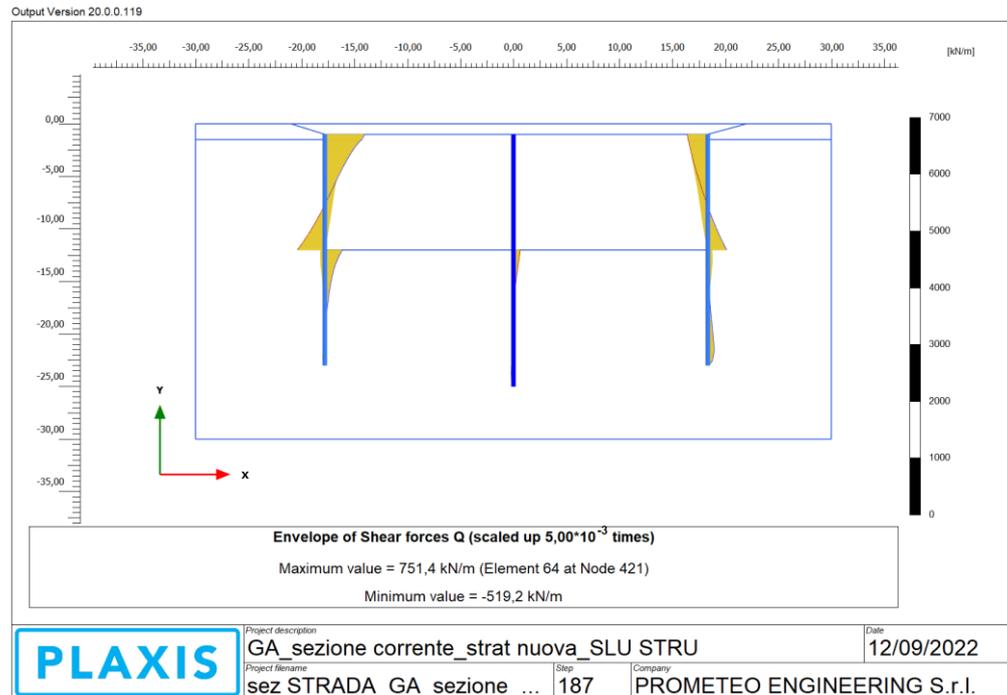


Figura 6 – Inviluppo diagramma taglio

9.3.3 INVILUPPO DIAGRAMMA SFORZO NORMALE

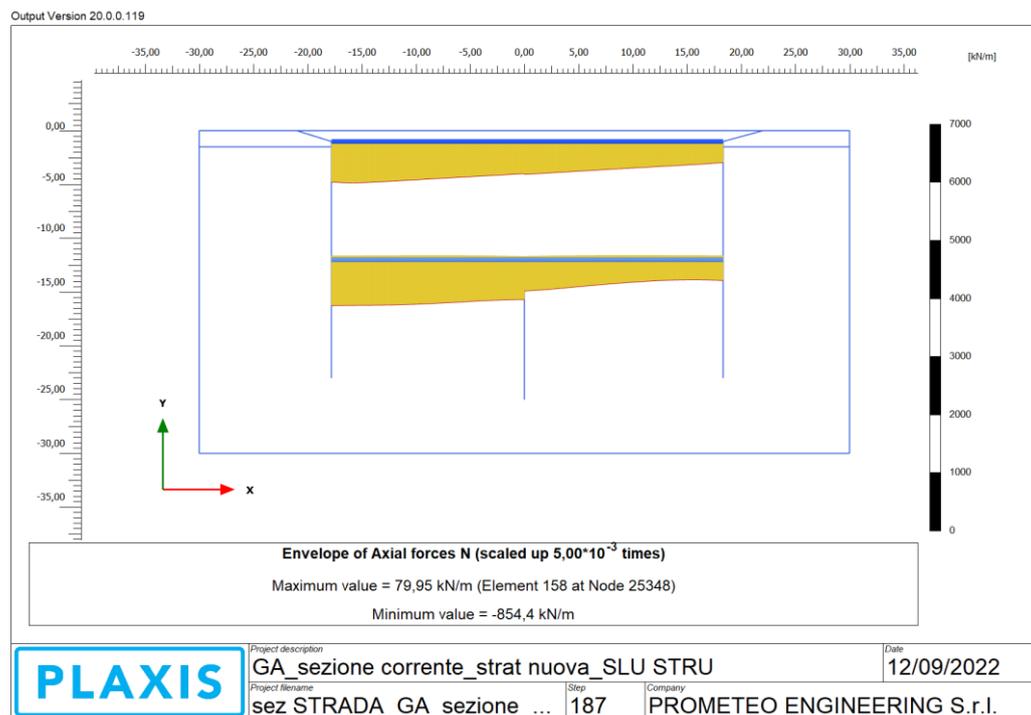
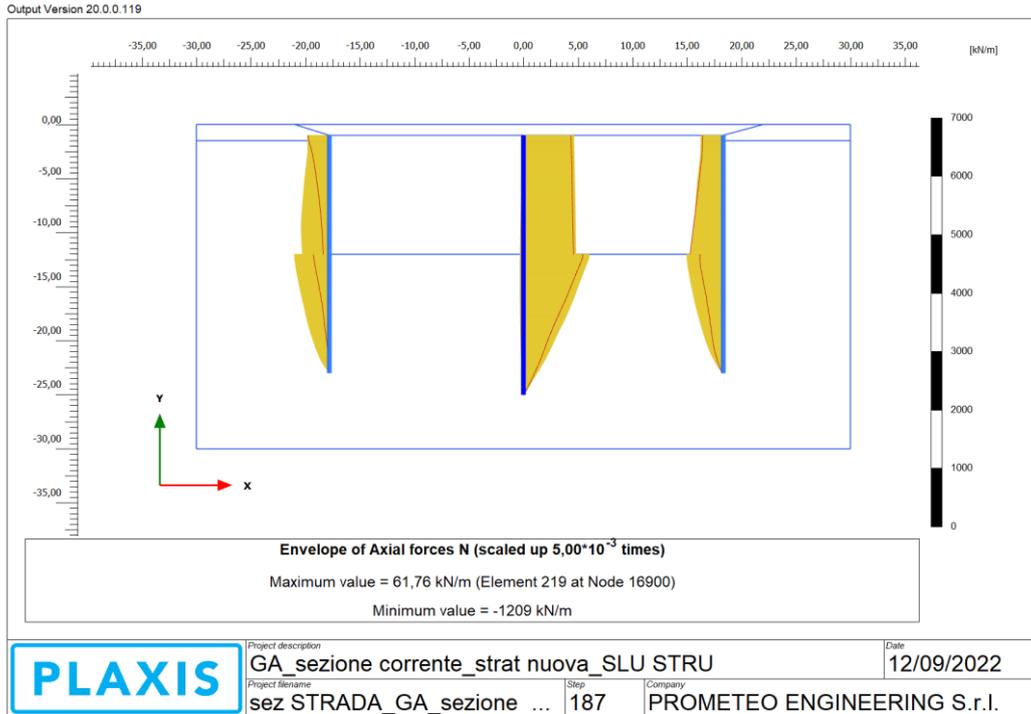
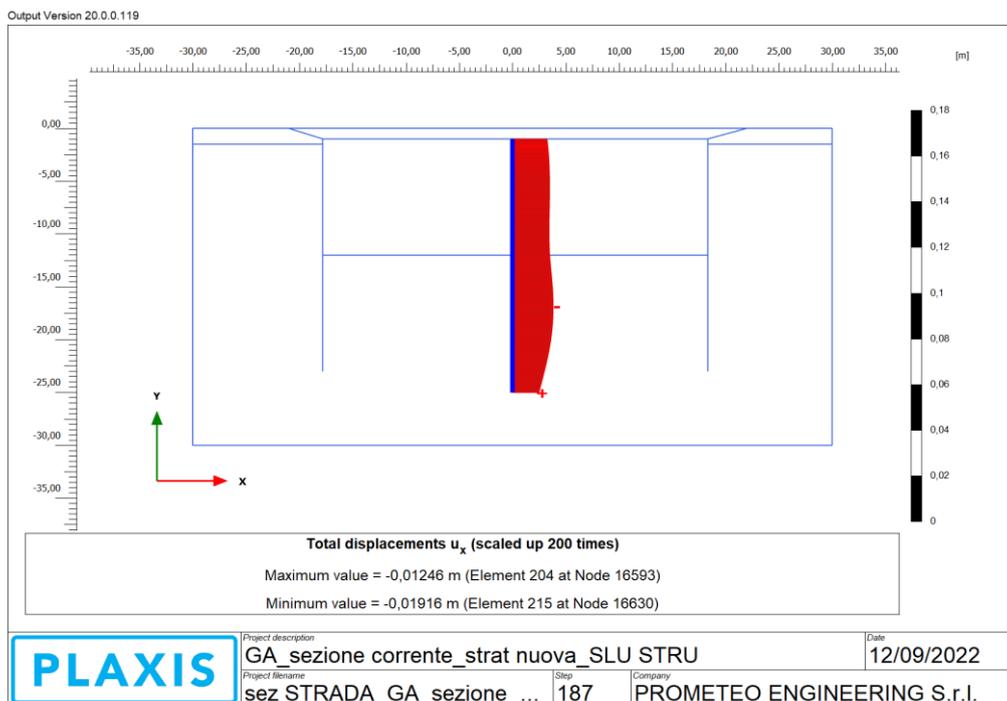
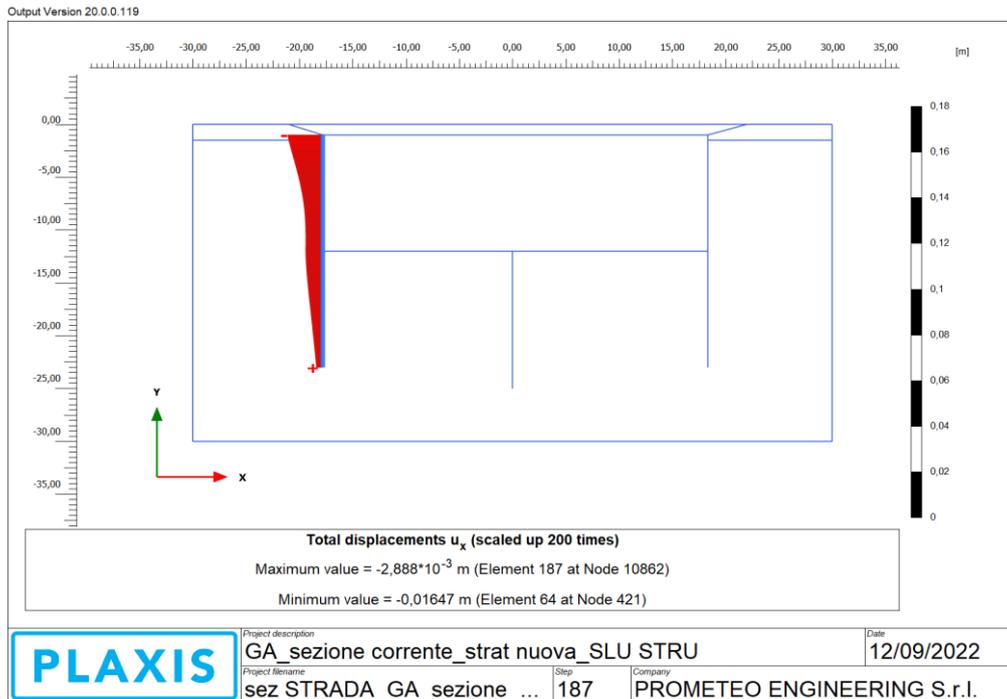
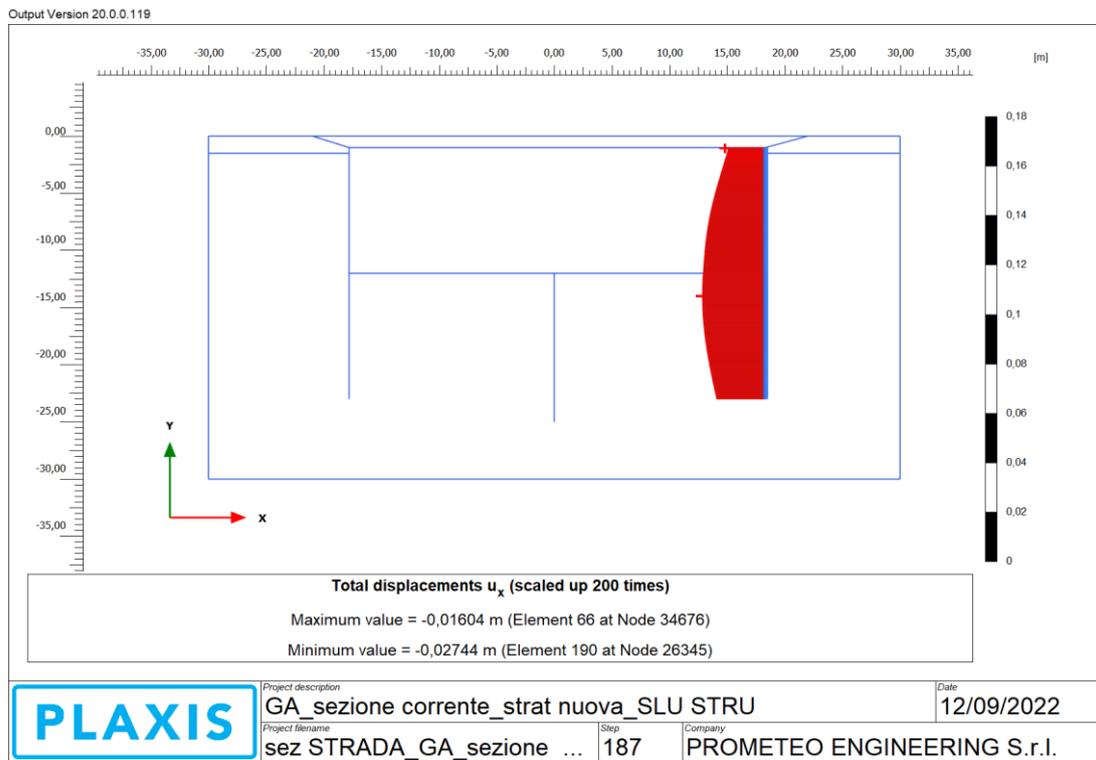


Figura 7- Inviluppo diagramma sforzo normale

9.3.4 INVILUPPO SPOSTAMENTI DEI PALI

Si riportano di seguito gli spostamenti indotti sui pali





Come è possibile notare dagli andamenti dei grafici, gli spostamenti su ciascun palo risultano inferiori del 5 per mille della lunghezza dei pali, ovvero 10 cm.

10 VERIFICHE A FLESSIONE E TAGLIO (SLU), TENSIONI E FESSURAZIONI (SLE)

Si riportano di seguito le verifiche numeriche condotte per le sezioni più sollecitate.

Per i pali laterali, in considerazione della significativa variazione delle sollecitazioni lungo lo sviluppo, il dimensionamento delle armature di rinforzo è stato condotto con riferimento a 2 sezioni, la sezione A dimensionante per i primi 12m del palo e la sezione B dimensionante per i successivi 8 m.

La soletta superiore della galleria sarà armata in modo analogo lungo tutto lo sviluppo dell'opera tranne che per i conci A-B-C (sezione 1) per i quali è possibile ottimizzare le armature.

L'armatura della soletta inferiore e dei pali centrali, in relazione alla modesta variazione delle sollecitazioni per le diverse sezioni analizzate, sarà invece analoga lungo tutto lo sviluppo della galleria.

10.1 VERIFICHE PALI SECANTI LATERALI $\phi 1200$ – SEZIONE 1-A

Per le verifiche a pressoflessione dei pali, in questa fase si è considerato lo sforzo assiale nullo.

SEZIONE MAGGIORMENTE SOLLECITATA:

- $M_{max} = 1593 \cdot 1.4 = 2230$ kNm
- $N_{max} = 0$

L'armatura considerata è: **28 ϕ 26**

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe:	C28/35
Resistenza compress. di progetto fcd:	15.86 MPa
Resistenza compress. ridotta fcd':	7.93 MPa
Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
Diagramma tensioni-deformaz.:Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.76 MPa
Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	12.6 MPa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	200000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	120.0	cm
Barre circonferenza:	28Ø26	(148.7 cm ²)
Coprif.(dal baric. barre):	7.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	2230.00	1225.00	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx
1	1600.00	1476.00 (744.53)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	9.3	cm
Interferro massimo barre longitudinali:	0.0	cm [deve essere < 0.0]
Copriferro netto minimo staffe:	4.3	cm

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

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

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

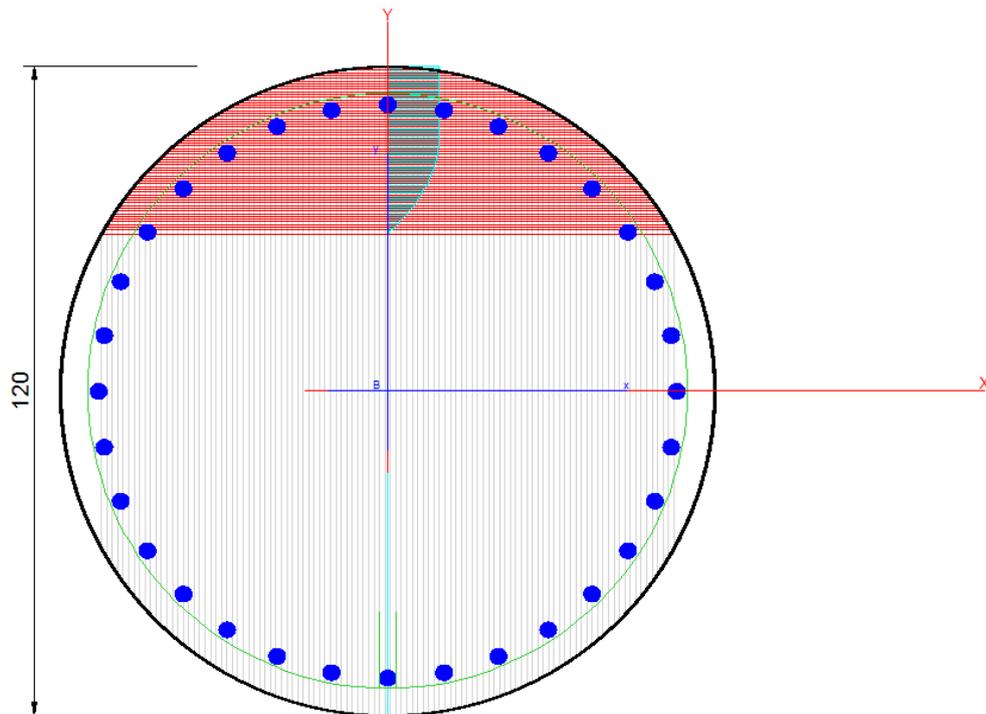
1 S 0.00 2230.00 -0.19 2629.91 1.179 31.6 --- --- 148.7 (33.9)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	60.0	0.00264	53.0	-0.01042	-53.0

Nome sezione: Verifiche pali laterale sez max ritombamento Comb. n. 1(S.L.U.)
Coprif. netto minimo barre long.: 5.7 cm Coprif. netto staffe: 4.3 cm



COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
 Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
 Ss min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)

Dw Eff. Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff. Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)

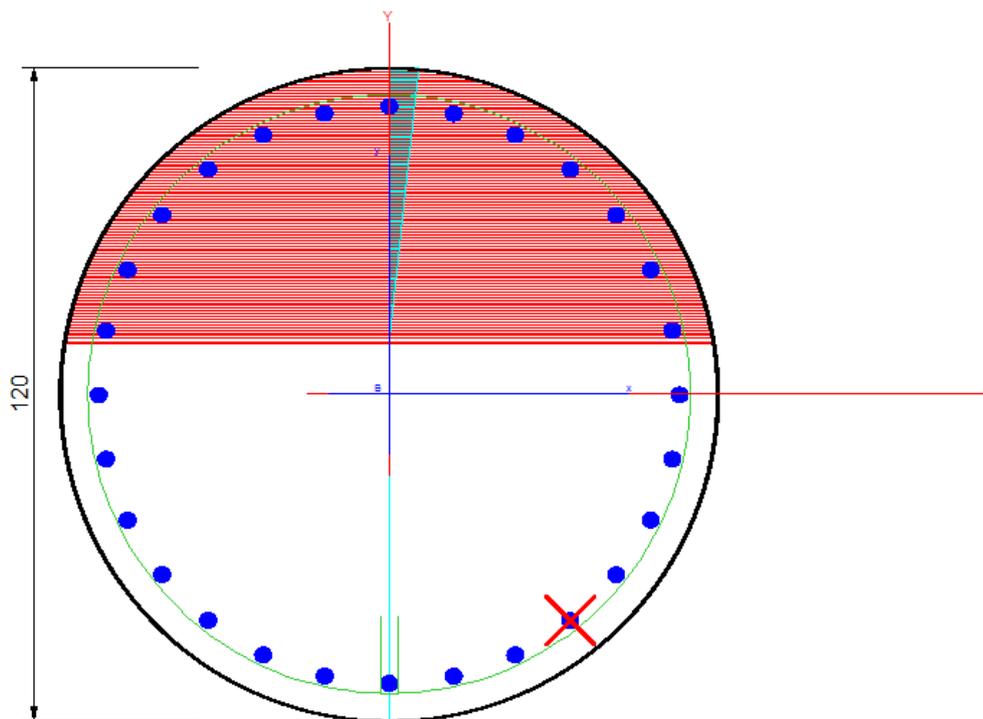
N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	10.85	-60.0	0.00	60.0	-201.4	53.0	17.5	2285	58.4	---

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

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

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00112	0.00081		0.50	0.40	0.000757 (0.000604)	367	0.278 (0.30)	744.53

Nome sezione: SEZ NUOVA Comb. n. 1 (S.L.E. q.perm)
Coprif. netto minimo barre long.: 5.7 cm Coprif. netto staffe: 4.3 cm



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

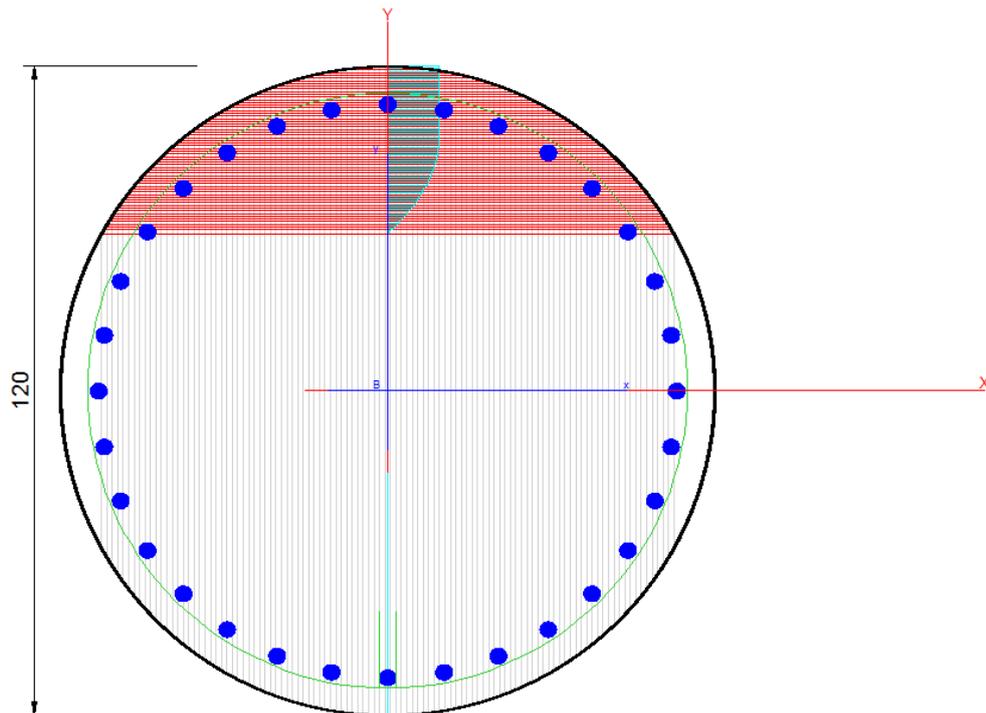
Diametro staffe/legature: 14 mm
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
 N.Bracci staffe: 2
 Area staffe/m : 15.4 cm²/m [Area Staffe Minima NTC = 2.3 cm²/m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
 Ved Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
 Vrd Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
 bw|z Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Braccio coppia interna
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm²/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	bw z	Ctg	Acw	Ast
1	S	1225.00	2462.79	1357.62	99.9 90.2	2.500	1.000	13.9

Nome sezione: Verifiche pali laterale sez max ritombamento Comb. n. 1 (S.L.U.)
Coprif. netto minimo barre long.: 5.7 cm Coprif. netto staffe: 4.3 cm



10.2 VERIFICHE PALI SECANTI LATERALI $\phi 1200$ — SEZIONE 1-B

Per le verifiche a pressoflessione dei pali, in questa fase si è considerato lo sforzo assiale nullo.

SEZIONE MENO SOLLECITATA:

- $M_{max} = 650 \cdot 1.4 = 910$ kNm
- $N_{max} = 0$

L'armatura considerata è: **14 ϕ 26**

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35		
	Resistenza compress. di progetto fcd:	15.86	MPa	
	Resistenza compress. ridotta fcd':	7.93	MPa	
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020		
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035		
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo		
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0	MPa	
	Resis. media a trazione fctm:	2.76	MPa	
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00		
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	12.6	MPa	
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300	mm	
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
		Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0	MPa
Resist. caratt. a rottura ftk:		450.0	MPa	
Resist. a snerv. di progetto fyd:		391.3	MPa	
Resist. ultima di progetto ftd:		391.3	MPa	
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068		
Modulo Elastico Ef:		200000.0	MPa	
Diagramma tensioni-deformaz.:		Bilineare finito		
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:		1.00		
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50			

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	120.0	cm
Barre circonferenza:	14 ϕ 26	(74.3 cm ²)
Coprif.(dal baric. barre):	7.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione

VY MT	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	910.00	98.00	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.) Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	1600.00	700.00 (844.29)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.7 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 21.0 cm
 Interferro massimo barre longitudinali: 0.0 cm [deve essere < 0.0]
 Copriferro netto minimo staffe: 4.3 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
 N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
 Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >= 1.000
 Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
 As Tot. Area complessiva armature long. pilastro [cm²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

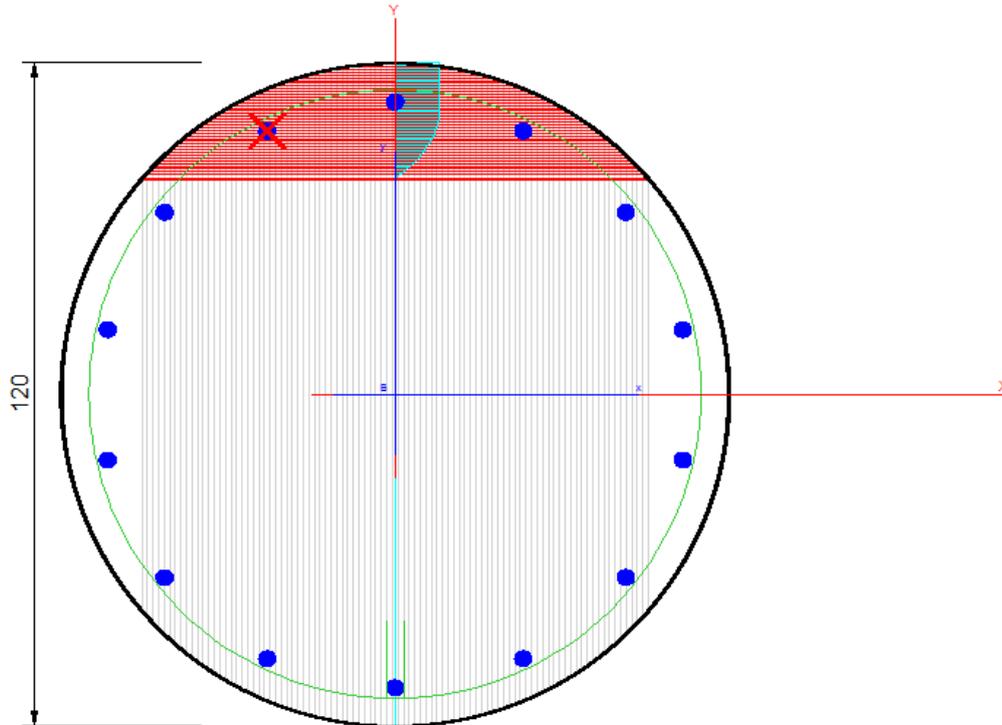
N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	0.00	910.00	0.22	1408.46	1.548	39.0	---	---	74.3 (33.9)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	60.0	0.00233	53.0	-0.01535	-53.0

Nome sezione: SEZ NUOVA Comb. n. 1 (S.L.U.)
Coprif. netto minimo barre long.: 5.7 cm Coprif. netto staffe: 4.3 cm



VERIFICA FESSURAZIONE

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

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

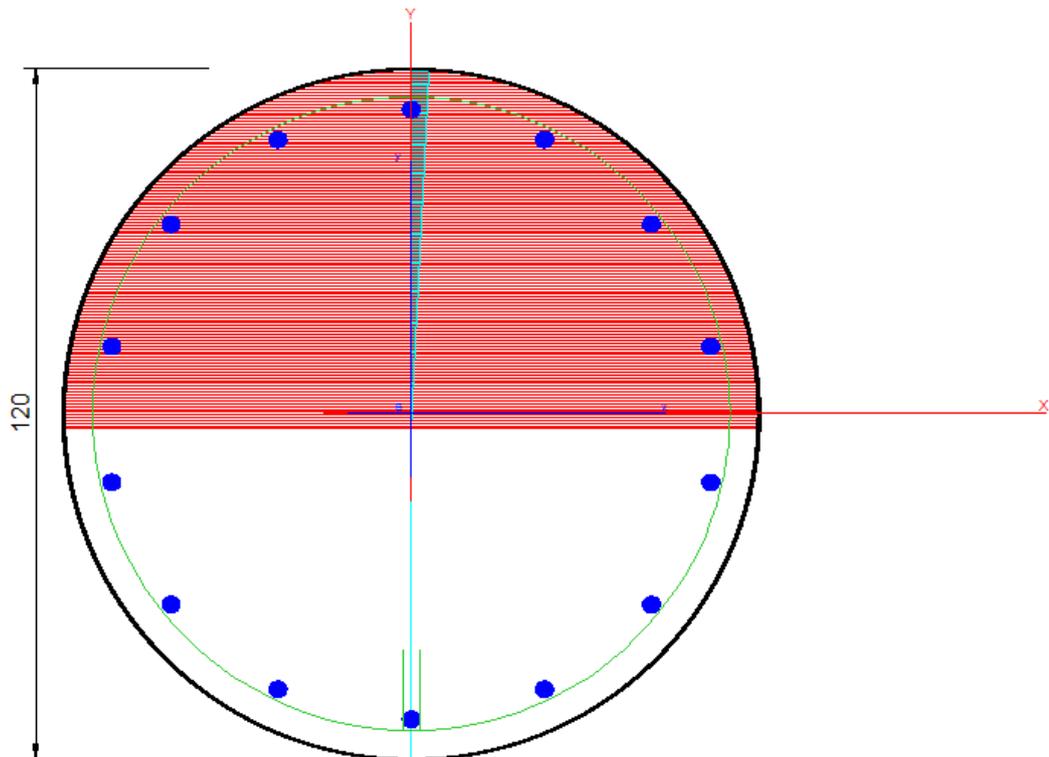
N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	6.24	-60.0	0.00	60.0	-76.4	53.0	17.5	2064	26.5	---

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

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

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00043	0.00047		0.50	0.40	0.000229 (0.000229)	537	0.123 (0.30)	844.29

Nome sezione: SEZ NUOVA Comb. n. 1 (S.L.E. q.perm)
Coprif. netto minimo barre long.: 5.7 cm Coprif. netto staffe: 4.3 cm



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

Diametro staffe/legature: 14 mm
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
 N.Bracci staffe: 2
 Area staffe/m : 15.4 cm²/m [Area Staffe Minima NTC = 2.3 cm²/m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
 Ved Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
 Vrd Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
 bw|z Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Braccio coppia interna
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm²/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	bw z	Ctg	Acw	AST
1	S	98.00	2367.97	1433.03	91.0 95.2	2.500	1.000	1.1

10.3 VERIFICHE PALI SECANTI LATERALI $\phi 1200$ — SEZIONE 2-A

Per le verifiche a pressoflessione dei pali, in questa fase si è considerato lo sforzo assiale nullo.

SEZIONE MAGGIORMENTE SOLLECITATA:

- $M_{max} = 1330 \cdot 1.4 = 1862 \text{ kNm}$
- $N_{max} = 0$

L'armatura considerata è: **24 $\phi 26$**

Verifica a pressoflessione:

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35		
	Resistenza compress. di progetto fcd:	15.86	MPa	
	Resistenza compress. ridotta fcd':	7.93	MPa	
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020		
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035		
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo		
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0	MPa	
	Resis. media a trazione fctm:	2.76	MPa	
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00		
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	12.6	MPa	
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300	mm	
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
		Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0	MPa
Resist. caratt. a rottura ftk:		450.0	MPa	
Resist. a snerv. di progetto fyd:		391.3	MPa	
Resist. ultima di progetto ftd:		391.3	MPa	
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068		
Modulo Elastico Ef:		200000.0	MPa	
Diagramma tensioni-deformaz.:		Bilineare finito		
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00			
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50			

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	120.0	cm
Barre circonferenza:	24 $\phi 26$	(127.4 cm ²)
Coprif.(dal baric. barre):	7.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione

VY MT	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	1862.00	1056.00	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.) Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	1400.00	922.00 (784.99)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.7 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 11.2 cm
 Interferro massimo barre longitudinali: 0.0 cm [deve essere < 0.0]
 Copriferro netto minimo staffe: 4.3 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
 N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
 Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
 As Tot. Area complessiva armature long. pilastro [cm²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

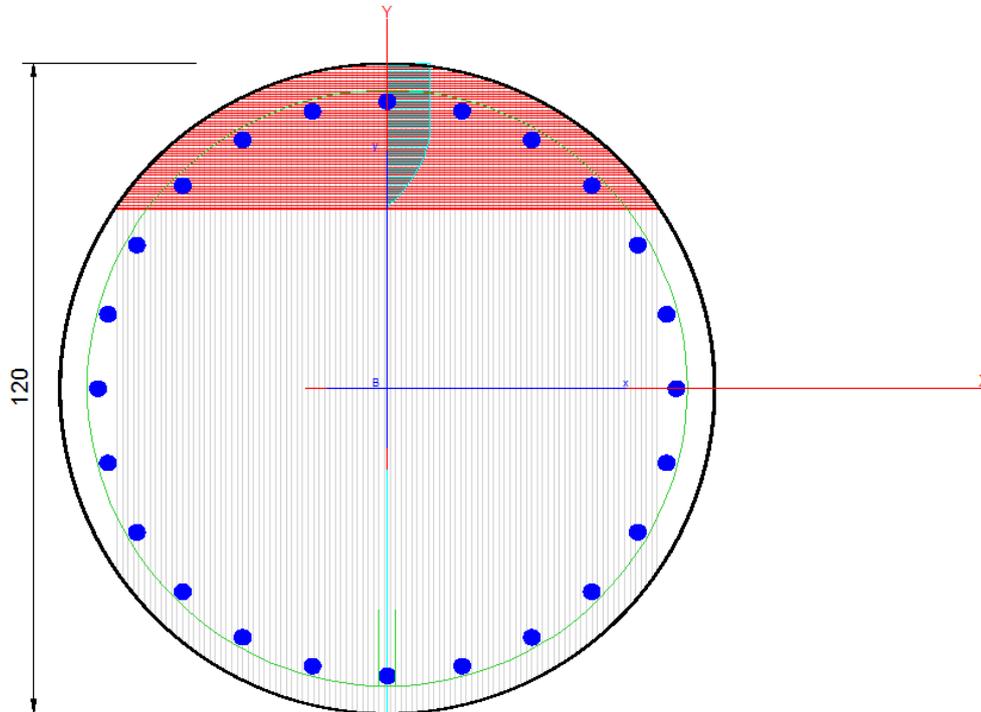
N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	0.00	1862.00	-0.08	2291.22	1.231	33.3	---	---	127.4 (33.9)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	60.0	0.00258	53.0	-0.01131	-53.0

Nome sezione: SEZ NUOVA Comb. n. 1 (S.L.U.)
Coprif. netto minimo barre long.: 5.7 cm Coprif. netto staffe: 4.3 cm



VERIFICA FESSURAZIONE

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

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

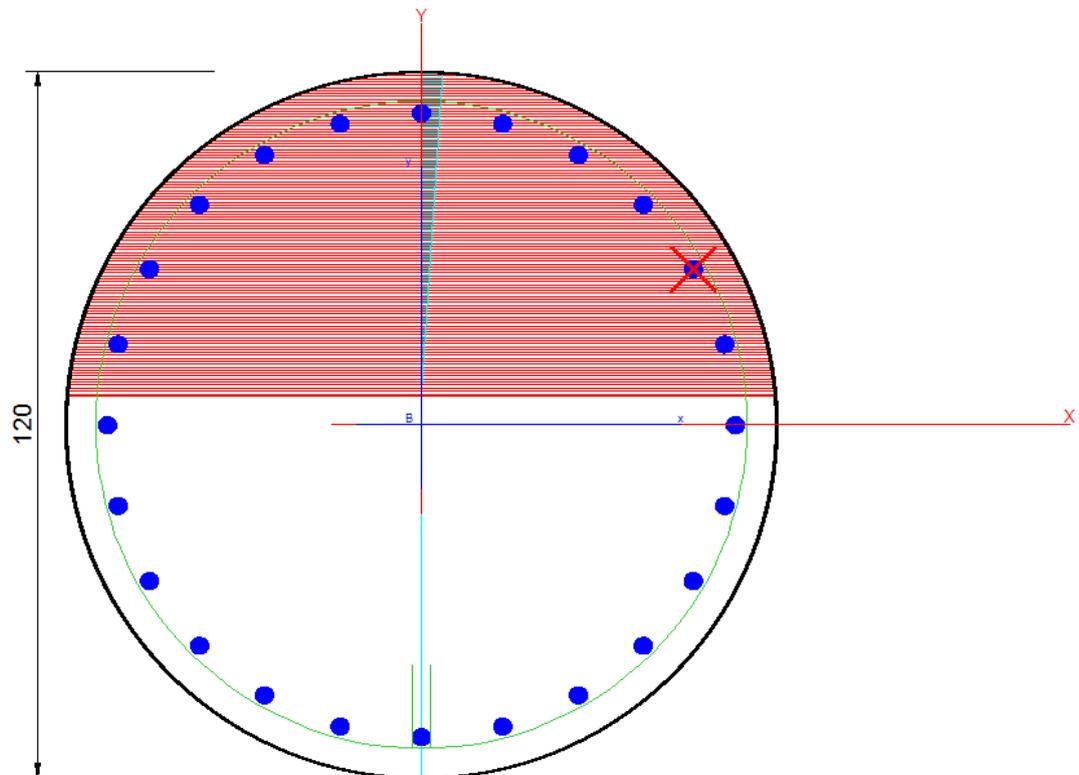
N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	7.19	-60.0	0.00	60.0	-114.1	53.0	17.5	2179	47.8	---

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

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

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00064	0.00054		0.50	0.40	0.000342 (0.000342)	395	0.135 (0.30)	784.99

Nome sezione: SEZ NUOVA Comb. n. 1 (S.L.E. q.perm)
Coprif. netto minimo barre long.: 5.7 cm Coprif. netto staffe: 4.3 cm



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

Diametro staffe/legature:	14	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
N.Bracci staffe:	2		
Area staffe/m :	15.4	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 2.3 cm ² /m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vrd	Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]

Vwd	Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw z	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro Braccio coppia interna
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm ² /m]

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	bw z	Ctg	Acw	ASt
1	S	1056.00	2450.07	1374.10	98.2 91.2	2.500	1.000	11.8

10.4 VERIFICHE PALI SECANTI LATERALI $\phi 1200$ – SEZIONE 2-B

Per le verifiche a pressoflessione dei pali, in questa fase si è considerato lo sforzo assiale nullo.

SEZIONE MENO SOLLECITATA:

- $M_{max} = 390 \cdot 1.4 = 546$ kNm
- $N_{max} = 0$

L'armatura considerata è: **12 ϕ 26**

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	15.86 MPa	
	Resistenza compress. ridotta fcd':	7.93 MPa	
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0 MPa	
	Resis. media a trazione fctm:	2.76 MPa	
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	12.6 MPa	
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300 mm	
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
		Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
Resist. caratt. a rottura ftk:		450.0 MPa	
Resist. a snerv. di progetto fyd:		391.3 MPa	
Resist. ultima di progetto ftd:		391.3 MPa	
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef:		200000.0 MPa	
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito		

Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione: 120.0 cm
Barre circonferenza: 12Ø26 (63.7 cm²)
Coprif.(dal baric. barre): 7.0 cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	550.00	177.00	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx
1	600.00	420.00 (682.63)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 24.8 cm
Interferro massimo barre longitudinali: 0.0 cm [deve essere < 0.0]
Copriferro netto minimo staffe: 4.3 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
As Tot. Area complessiva armature long. pilastro [cm²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	0.00	550.00	0.08	1234.09	2.244	40.1	---	---	63.7 (33.9)

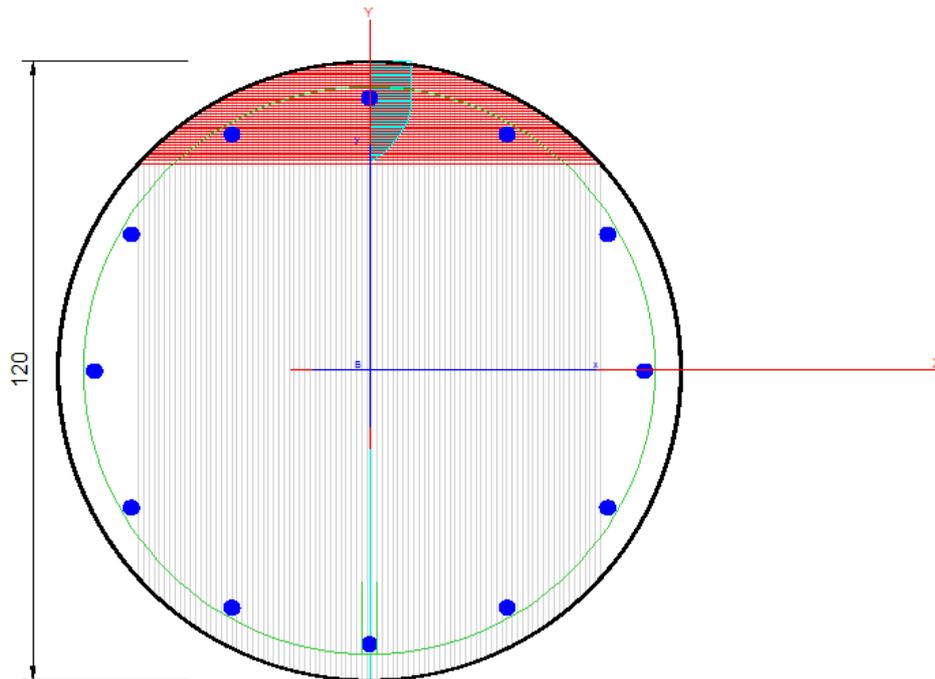
DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	60.0	0.00227	53.0	-0.01640	-53.0

Nome sezione: SEZ NUOVA Comb. n. 1 (S.L.U.)
Coprif. netto minimo bare long.: 5.7 cm Coprif. netto staffe: 4.3 cm



VERIFICA FESSURAZIONE

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

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)

Ss min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
 Dw Eff. Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
 Ac eff. Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
 As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)

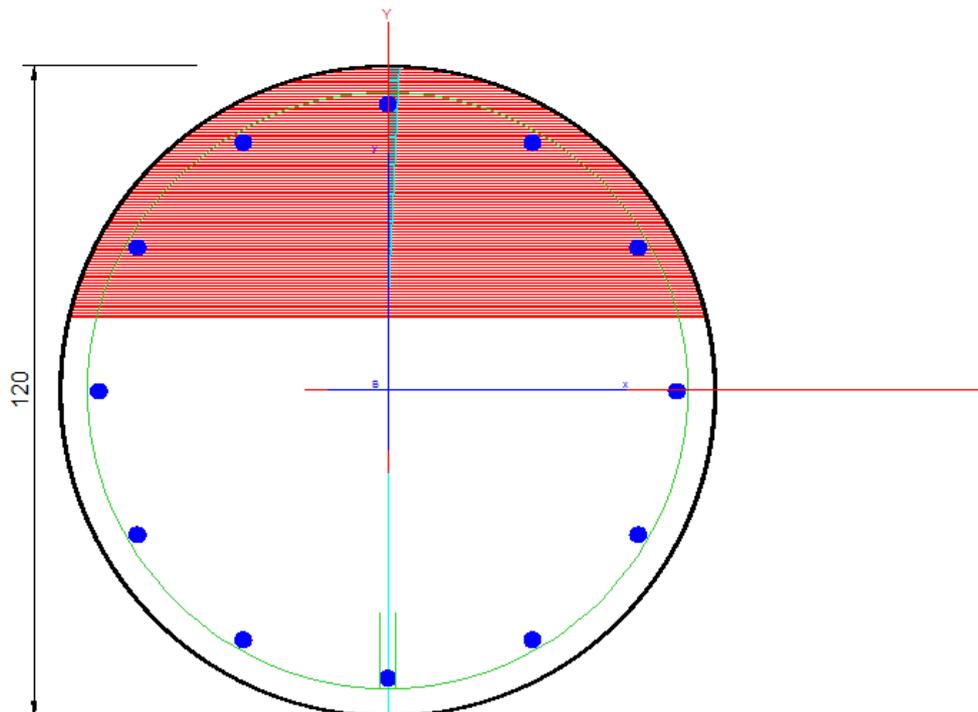
N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	4.31	-60.0	0.00	60.0	-93.5	53.0	17.5	2401	26.5	---

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

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

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00052	0.00032		0.50	0.40	0.000280 (0.000280)	593	0.166 (0.30)	682.63

Nome sezione: SEZ NUOVA Comb. n. 1 (S.L.E. q.perm)
 Coprif. netto minimo barre long.: 6.7 cm Coprif. netto staffe: 4.3 cm



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

Diametro staffe/legature:	14	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
N.Bracci staffe:	2		
Area staffe/m :	15.4	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 2.3 cm ² /m]

VERIFICHE A TAGLIO

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

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	bw z	Ctg	Acw	ASt
1	S	177.00	2339.92	1445.66	89.1 96.0	2.500	1.000	1.9

10.5 VERIFICHE PALI SECANTI LATERALI $\phi 1200$ — SEZIONE 3-A

SEZIONE MAGGIORMENTE SOLLECITATA:

- $M_{max} = 1622,4 * 1.4 = 2272$ kNm
- $N_{max} = 1690$

L'armatura considerata è: **34 ϕ 26**

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe:	C28/35
Resistenza compress. di progetto fcd:	15.86 MPa
Resistenza compress. ridotta fcd':	7.93 MPa
Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
Diagramma tensioni-deformaz.:Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.76 MPa
Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	12.6 MPa

Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
Resist. caratt. a snervamento f_{yk} : 450.0 MPa
Resist. caratt. a rottura f_{tk} : 450.0 MPa
Resist. a snerv. di progetto f_{yd} : 391.3 MPa
Resist. ultima di progetto f_{td} : 391.3 MPa
Deform. ultima di progetto E_{pu} : 0.068
Modulo Elastico E_f : 200000.0 MPa
Diagramma tensioni-deformaz.: Bilineare finito
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione: 120.0 cm
Barre circonferenza: 34Ø26 (180.5 cm²)
Coprif.(dal baric. barre): 7.0 cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	2272.00	677.00	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx
1	1690.00	1747.00 (766.42)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
Interferro massimo barre longitudinali: 0.0 cm [deve essere < 0.0]
Copriferro netto minimo staffe: 4.3 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
As Tot. Area complessiva armature long. pilastro [cm²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	0.00	2272.00	-0.29	3121.35	1.374	29.2	---	---	180.5 (33.9)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

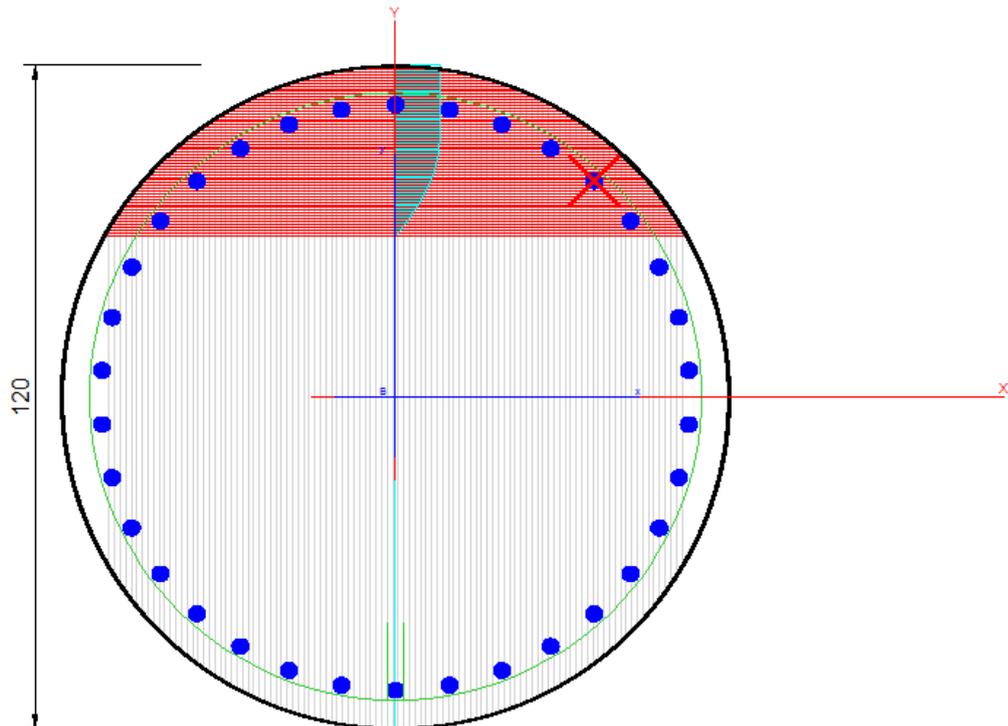
ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit.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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	60.0	0.00270	53.0	-0.00936	-53.0

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

Diametro staffe/legature:	14	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
N.Bracci staffe:	2		
Area staffe/m :	15.4	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 2.3 cm ² /m]

Nome sezione: strada nuova Comb. n. 1 (S.L.U.)
Coopif. netto minimo barre long.: 5.7 cm Coopif. netto staffe: 4.3 cm



VERIFICA FESSURAZIONE

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

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

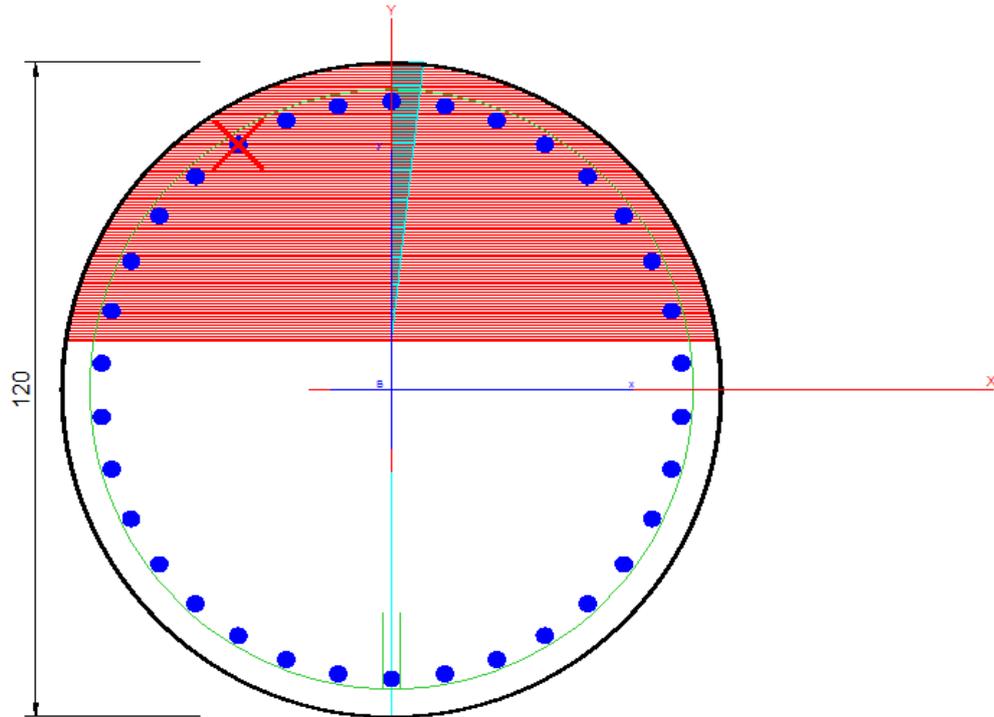
N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	11.71	-60.0	0.00	60.0	-213.4	53.0	17.5	2567	79.6	----

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

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

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00119	0.00088		0.50	0.40	0.000855 (0.000640)	336	0.288 (0.30)	766.42

Nome sezione: strada nuova Comb. n. 1 (S,L,E. q.perm)
Coprif. netto minimo base (long.: 5.7 cm Coprif. netto staffe: 4.3 cm



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

Diametro staffe/legature: 14 mm
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
 N.Bracci staffe: 2
 Area staffe/m : 15.4 cm²/m [Area Staffe Minima NTC = 2.3 cm²/m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
 Ved Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
 Vrd Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
 bw|z Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Braccio coppia interna
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm²/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	bw z	Ctg	Acw	AST
1	S	677.00	2466.07	1337.40	101.5 88.8	2.500	1.000	7.8

10.6 VERIFICHE PALI SECANTI LATERALI $\phi 1200$ — SEZIONE 3-B

SEZIONE MENO SOLLECITATA:

- $M_{max} = 560 \cdot 1.4 = 784$ kNm
- $N_{max} = 980$ Kn

L'armatura considerata è: **17 ϕ 26**

Verifica a pressoflessione

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	15.86 MPa	
	Resistenza compress. ridotta fcd':	7.93 MPa	
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0 MPa	
	Resis. media a trazione fctm:	2.76 MPa	
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	12.6 MPa	
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300 mm	
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
		Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
Resist. caratt. a rottura ftk:		450.0 MPa	
Resist. a snerv. di progetto fyd:		391.3 MPa	
Resist. ultima di progetto ftd:		391.3 MPa	
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef:		200000.0 MPa	
Diagramma tensioni-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:		0.50	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	120.0	cm
Barre circonferenza:	17 ϕ 26	(90.3 cm ²)
Coprif.(dal baric. barre):	7.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	784.00	86.00	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	310.00 (555.69)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 16.9 cm
Interferro massimo barre longitudinali: 0.0 cm [deve essere < 0.0]
Copriferro netto minimo staffe: 4.3 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
As Tot. Area complessiva armature long. pilastro [cm²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

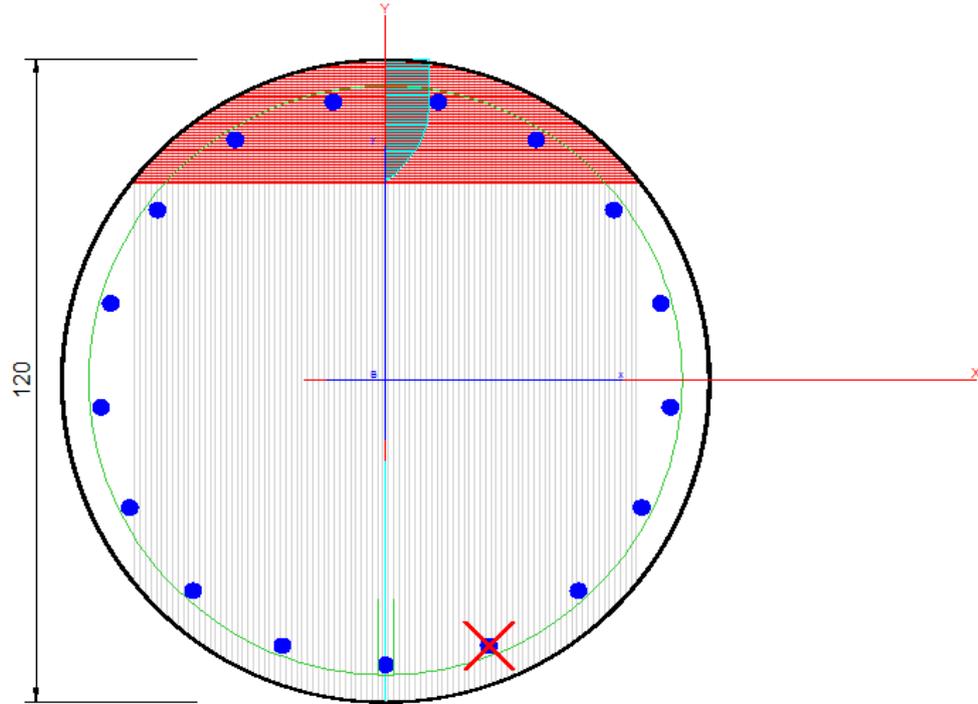
N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	0.00	784.00	-0.06	1679.56	2.142	37.1	---	---	90.3 (33.9)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	60.0	0.00243	53.0	-0.01376	-53.0

Nome sezione: strada nuova Comb. n. 1 (S.L.U.)
Coprif. netto minimo barre long.: 5.7 cm Coprif. netto staffe: 4.3 cm



Verifica a fessurazione

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

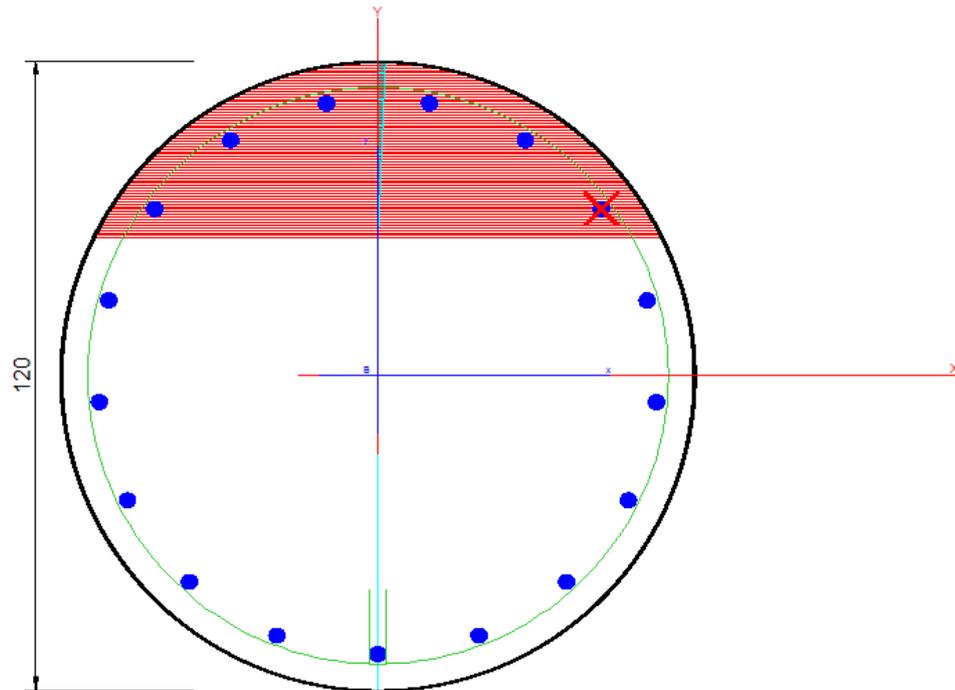
N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.94	-60.0	0.00	60.0	-104.2	52.1	17.5	3068	47.8	----

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

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

M fess.		Momento di prima fessurazione [kNm]									
N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.	
1	S	-0.00057	0.00022		0.50	0.40	0.000313 (0.000313)	478	0.149 (0.30)	555.69	

Nome sezione: strada nuova Comb. n. 1 (S.L.E. q.perm)
Coprif. netto minimo barre long.: 5.7 cm Coprif. netto staffe: 4.3 cm



Verifica a taglio

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

Diametro staffe/legature:	14	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
N.Bracci staffe:	2		
Area staffe/m :	15.4	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 2.3 cm ² /m]

VERIFICHE A TAGLIO

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

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	bw z	Ctg	Acw	ASt
1	S	677.00	2466.07	1337.40	101.5 88.8	2.500	1.000	7.8

10.7 VERIFICHE PALI CENTRALI $\phi 800$

- $M_{max}=380$ kNm
- $N_{max}= 0$

L'armatura considerata è: **10 ϕ 26**

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35		
	Resistenza compress. di progetto fcd:	15.86	MPa	
	Resistenza compress. ridotta fcd':	7.93	MPa	
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020		
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035		
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo		
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0	MPa	
	Resis. media a trazione fctm:	2.76	MPa	
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00		
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	12.6	MPa	
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300	mm	
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
		Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0	MPa
Resist. caratt. a rottura ftk:		450.0	MPa	
Resist. a snerv. di progetto fyd:		391.3	MPa	
Resist. ultima di progetto ftd:		391.3	MPa	
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068		
Modulo Elastico Ef:		200000.0	MPa	
Diagramma tensioni-deformaz.:		Bilineare finito		
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1*\beta_2$:		1.00		
Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:	0.50			

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	80.0	cm
Barre circonferenza:	10 ϕ 26	(53.1 cm ²)
Coprif.(dal baric. barre):	7.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	380.00	145.00	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	70.00 (168.65)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 17.8 cm
Interferro massimo barre longitudinali: 0.0 cm [deve essere < 0.0]
Copriferro netto minimo staffe: 4.3 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
As Tot. Area complessiva armature long. pilastro [cm²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

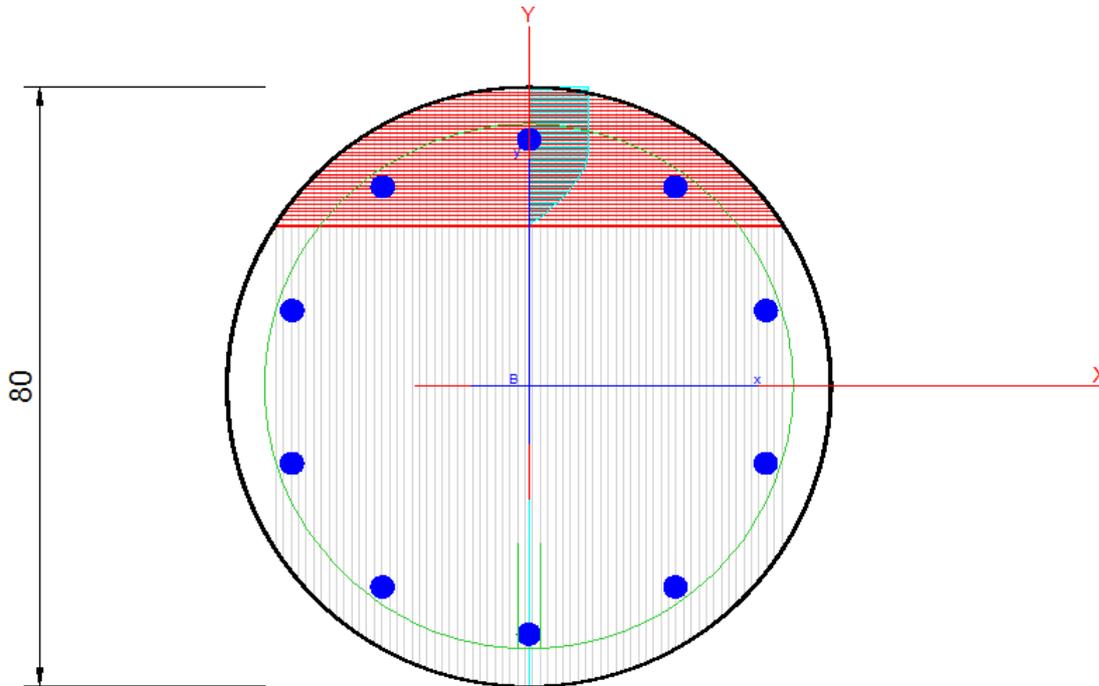
N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	0.00	380.00	-0.27	623.46	1.641	21.5	---	---	53.1 (15.1)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	40.0	0.00217	33.0	-0.01034	-33.0

Nome sezione: strada nuova Comb. n. 1 (S.L.U.)
Coprif. netto minimo barre long.: 5.7 cm Coprif. netto staffe: 4.3 cm



VERIFICA FESSURAZIONE

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

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

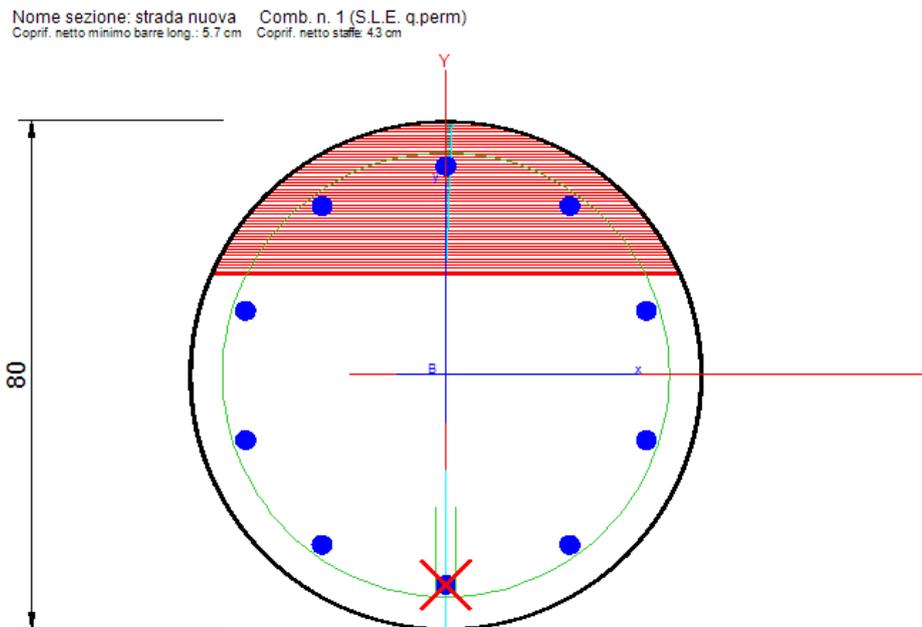
Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa]
Yc min	Ordinata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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.08	-40.0	0.00	40.0	-63.2	33.0	17.5	1785	26.5	---

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

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

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00036	0.00016		0.50	0.40	0.000190 (0.000190)	491	0.093 (0.30)	168.65



L'armatura considerata è: 10φ 26.

VERIFICA A TAGLIO

Diametro staffe/legature: 14 mm
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
 N.Bracci staffe: 2
 Area staffe/m : 15.4 cm²/m [Area Staffe Minima NTC = 2.3 cm²/m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
 Ved Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
 Vrd Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
 bw|z Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Braccio coppia interna
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm²/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	bw z	Ctg	Acw	AST
1	S	145.00	1054.76	873.52	66.5 58.0	2.500	1.000	2.6

10.8 VERIFICA SOLETTA DI COPERTURA

Le verifiche per la soletta superiore vengono condotte con riferimento alla sezione maggiormente sollecitata, che si assume dimensionante per tutta la galleria a meno dei conci A, B, C per i quali le verifiche sono condotte con riferimento alle sollecitazioni di calcolo della sezione 2.

10.8.1 Sezione maggiormente sollecitata

SOLETTA SUP.			
	M [kNm]	T [kN]	N [kN]
SLE	1562	431	370
SISMA	1782	464	918
SLU- STRU	2030,6	560,3	481
SLU-GEO	1690	442	392
MAX	2030,6	560,3	918

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35
	Resistenza compress. di progetto fcd:	15.86 MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	7.93 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.76 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	12.6 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	

Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm
Altezza: 130.0 cm
Barre inferiori: 10Ø26 (53.1 cm²)
Barre superiori: 15Ø26 (79.6 cm²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre): 7.0 cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre): 7.0 cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre): 7.0 cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	-2030.00	560.00	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx
1	0.00-1562.00 (-1086.02)	

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.5 cm
Copriferro netto minimo staffe: 4.1 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0.00	-2030.00	-0.20	-3645.36	1.796	12.1	0.10	0.70	79.6 (19.6)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	0.00147	7.0	-0.03212	123.0

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

Diametro staffe/legature:	16	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 33.0 cm]
N.Bracci staffe:	4		
Area staffe/m :	40.2	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm ² /m]

VERIFICHE A TAGLIO

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

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	Ast
1	S	560.00	544.10	3027.08	4354.69100.0	123.0	2.500	1.000	5.2

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	5.40	0.0	0.00	38.8	-175.8	7.0	17.5	1750	79.6	6.1

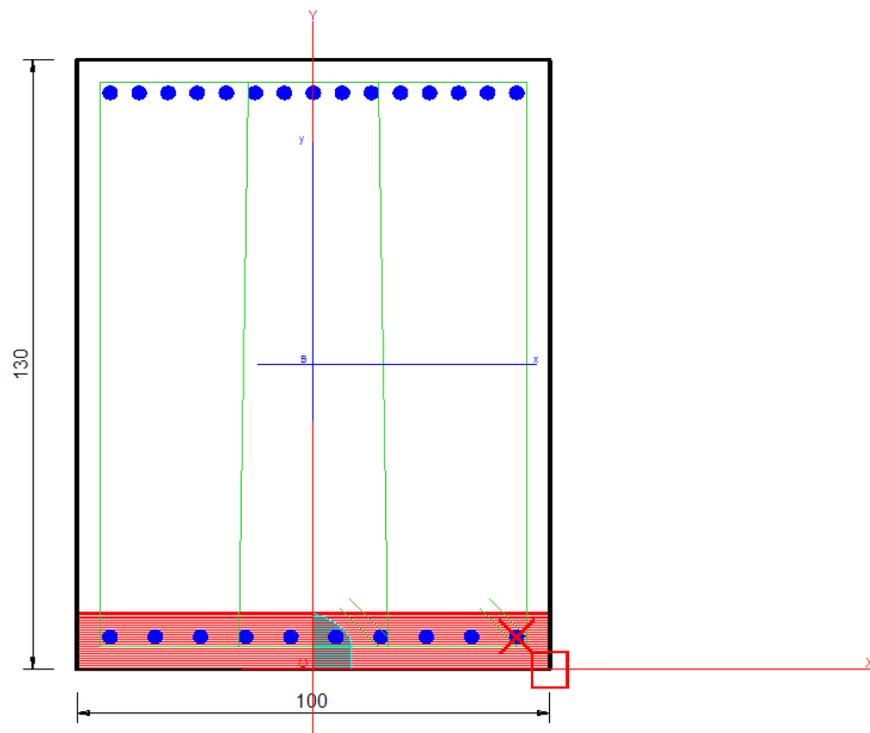
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata

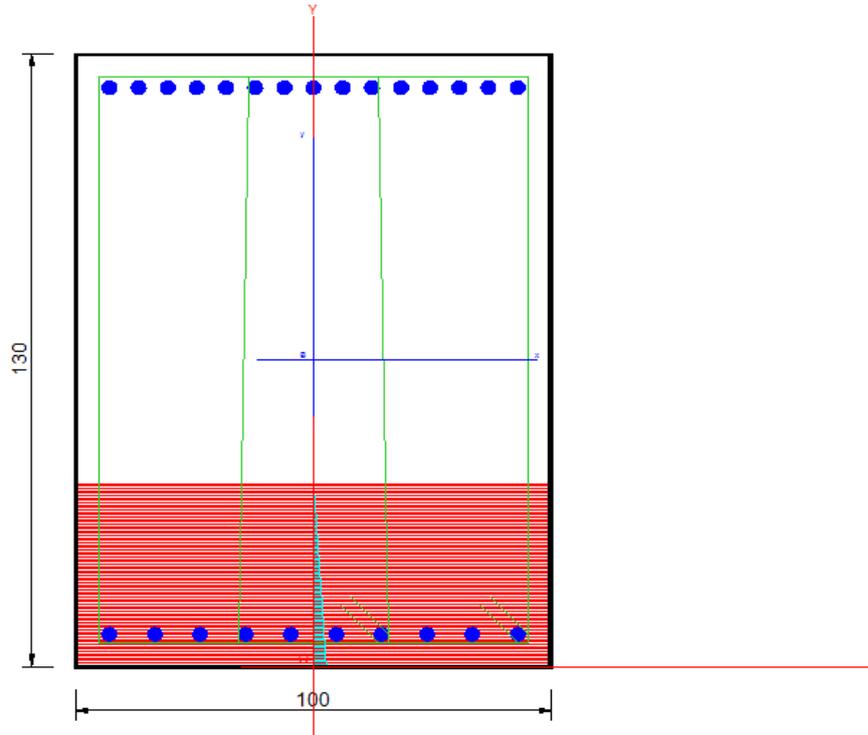
e_2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
 K_2 = 0.5 per flessione; $=(e_1 + e_2)/(2 \cdot e_2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
 K_t fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
 e_{sm} Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = $0.6 S_s/E_s$
 s_{rm} Distanza massima in mm tra le fessure
 w_k Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
 $M_{fess.}$ Momento di prima fessurazione [kNm]

N° Comb	Ver	e_1	e_2	K_2	K_t	e_{sm}	s_{rm}	w_k	M Fess.
1	S	-0.00095	0.00041	0.50	0.40	0.000724 (0.000527)	291	0.211 (0.30)	-1086.02

Nome sezione: soletta sez 2 - Comb. n. 1 (S.L.U.)
Copriti: retto minimo barre long.: 57 cm - Copriti: retto staffe: 41 cm



Nome sezione: soletta sez 2 Comb. n. 1 (S.L.E. q.perm)
Copr. nella stessa base larg. 5.7 cm Copr. nella staffa 4.1 cm



Dalle verifiche svolte segue che la soletta di copertura verrà armata con 15 \varnothing 26 per l'armatura superiore e 10 \varnothing 26 per l'armatura inferiore. L'armatura a taglio sarà costituita da staffe \varnothing 16 disposte a passo 20 cm.

10.8.2 Sezione 2 – Conci A, B, C

SOLETTA SUP.			
	M [kNm]	T [kN]	N [kN]
SLE	960	331	272
SISMA	1370	348	811
SLU- STRU	1248	430,3	353,6
SLU-GEO	759	305	317
MAX	1370	430,3	811

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C28/35
 Resistenza compress. di progetto fcd: 15.86 MPa
 Resistenza compress. ridotta fcd': 7.93 MPa
 Deform. unitaria max resistenza ec2: 0.0020
 Deformazione unitaria ultima ecu: 0.0035
 Diagramma tensioni-deformaz.: Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec: 32308.0 MPa
 Resis. media a trazione fctm: 2.76 MPa
 Coeff.Omogen. S.L.E.: 15.00
 Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 12.6 MPa
 Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. a snervamento fyk: 450.0 MPa
 Resist. caratt. a rottura ftk: 450.0 MPa
 Resist. a snerv. di progetto fyd: 391.3 MPa
 Resist. ultima di progetto ftd: 391.3 MPa
 Deform. ultima di progetto Epu: 0.068
 Modulo Elastico Ef: 200000.0 MPa
 Diagramma tensioni-deformaz.: Bilineare finito
 Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00
 Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm
 Altezza: 130.0 cm
 Barre inferiori: 10Ø26 (53.1 cm²)
 Barre superiori: 10Ø26 (53.1 cm²)
 Coprif.Inf.(dal baric. barre): 7.0 cm
 Coprif.Sup.(dal baric. barre): 7.0 cm

Coprif.Lat. (dal baric.barre): 7.0 cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	1370.00	430.00	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	960.00 (1004.91)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 4.1 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0.00	1370.00	-0.01	2447.39	1.786	120.8	0.07	0.70	53.1 (19.6)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	130.0	0.00084	123.0	-0.04320	7.0

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

Diametro staffe/legature:	16	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 33.0 cm]
N.Bracci staffe:	4		
Area staffe/m :	40.2	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm ² /m]

VERIFICHE A TAGLIO

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

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	Ast
1	S	430.00	475.31	3027.08	4354.69	100.0 123.0	2.500	1.000	4.0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

(D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

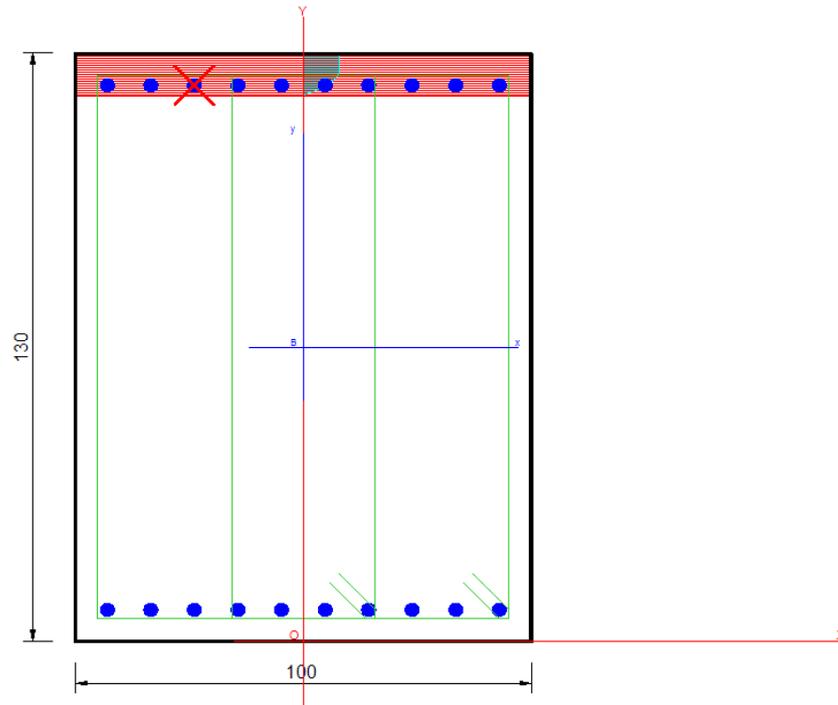
N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.79	130.0	0.00	97.7	-159.6	123.0	17.5	1750	53.1	9.6

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

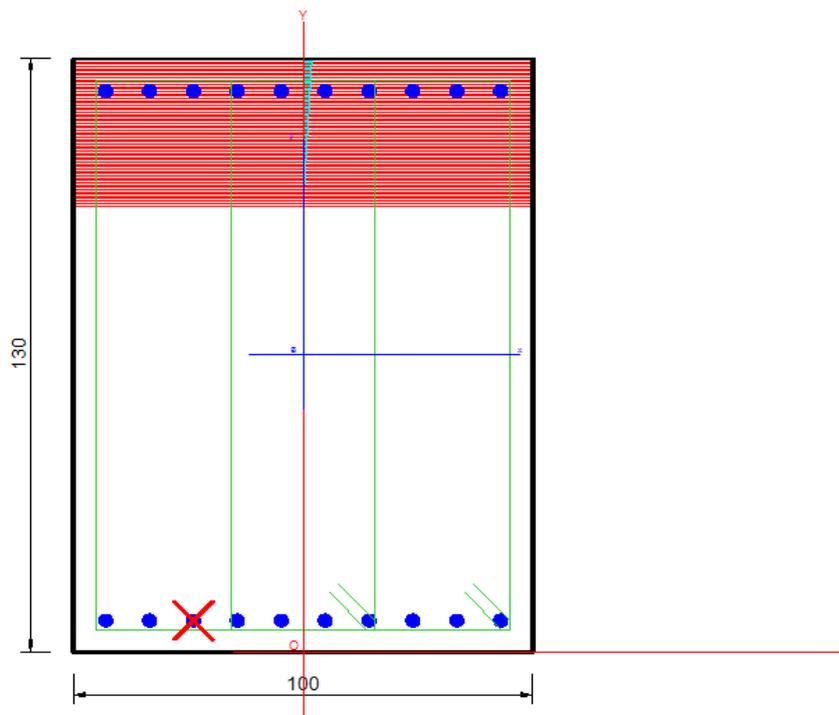
Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2)in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00086	0.00028	0.50	0.40	0.000582 (0.000479)	339	0.198 (0.30)	1004.91

Nome sezione: soletta sez 2 _ Comb. n. 1 (S.L.U.)
 Coprif. netto minimo barre long.: 57 cm Coprif. netto staffe: 41 cm



Nome sezione: soletta sez 2 _ Comb. n. 1 (S.L.E. q. perm)
 Coprif. netto minimo barre long.: 57 cm Coprif. netto staffe: 41 cm



Dalle verifiche svolte segue che la soletta di copertura verrà armata con 10Ø26 per l'armatura superiore e 10Ø26 per l'armatura inferiore. L'armatura a taglio sarà costituita da staffe Ø16 disposte a passo 20 cm.

10.9 VERIFICA SOLETTA DI FONDO

Per le armature della soletta di copertura è stato preso come riferimento il momento ottenuto dalla combinazione sismica, riferito alla sezione nel punto in corrispondenza della futura sede della SS18:

SOLETTA INF.			
	M [kNm]	T [kN]	N [kN]
SLE	440	206	79
SISMA	731	206	855
SLU- STRU	572	267,8	102,7
SLU-GEO	436	206	71
MAX	731	267,8	855

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35
	Resistenza compress. di progetto fcd:	15.86 MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	7.93 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.76 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	12.6 MPa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300 mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1*\beta_2$:	1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:	0.50	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	100.0	cm
Barre inferiori:	8Ø26	(42.5 cm ²)
Barre superiori:	8Ø26	(42.5 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.0	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	7.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	731.00	268.00	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	440.00 (590.05)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	9.7	cm
Copriferro netto minimo staffe:	4.1	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa	Area armature long. trave [cm ²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0.00	731.00	-0.02	1467.10	2.007	91.4	0.09	0.70	42.5 (14.8)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	100.0	0.00065	93.0	-0.03430	7.0

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

Diametro staffe/legature:	16	mm		
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 33.0 cm]	
N.Bracci staffe:	4			
Area staffe/m :	40.2	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm ² /m]	

VERIFICHE A TAGLIO

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

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	AST
1	S	268.00	382.00	2288.77	3292.57	100.0 93.0	2.500	1.000	3.3

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

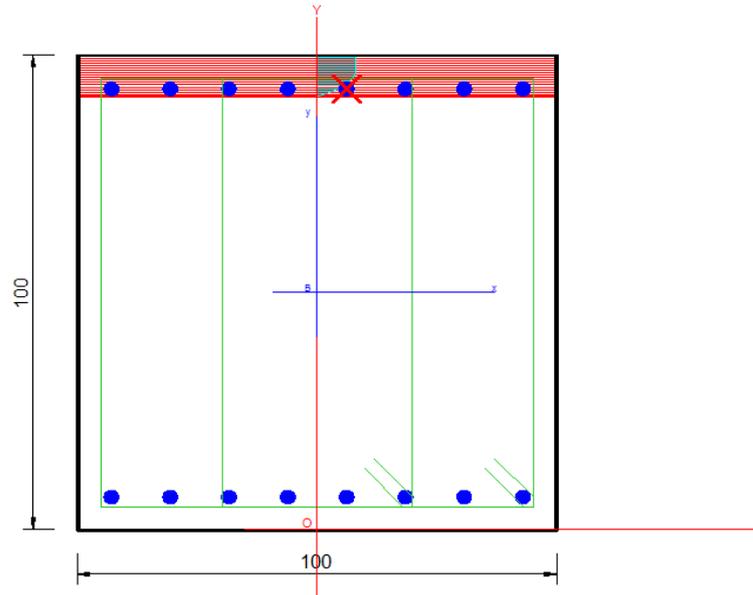
N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.01	100.0	0.00	74.8	-121.9	93.0	17.5	1750	42.5	12.3

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

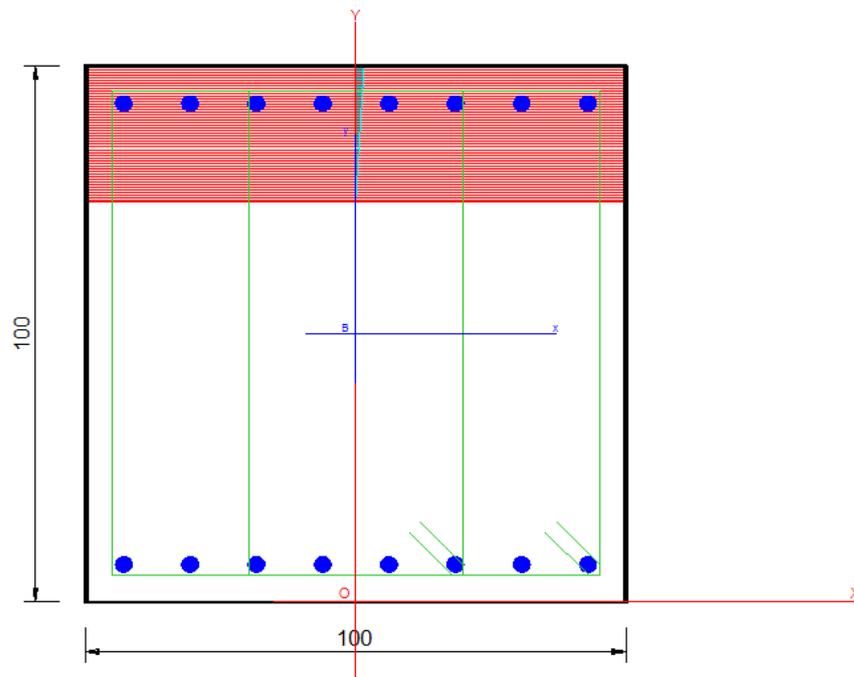
Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2)in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00067	0.00023	0.50	0.40	0.000366 (0.000366)	376	0.137 (0.30)	590.05

Nome sezione: soletta sez 2 Comb. n. 1 (S.L.U.)
 Coprif. netto minimo barre long.: 5.7 cm Coprif. netto staffe: 4.1 cm



Nome sezione: soletta sez 2 Comb. n. 1 (S.L.E. q.perm)
 Coprif. netto minimo barre long.: 5.7 cm Coprif. netto staffe: 4.1 cm



Dalle verifiche svolte segue che la soletta di copertura verrà armata con 8Ø26 per l'armatura superiore e 8Ø26 per l'armatura inferiore. L'armatura a taglio sarà costituita da staffe Ø16 disposte a passo 20 cm.

11 VERIFICHE DI RESISTENZA ASSIALE DEI PALI DI FONDAZIONE

11.1 GENERALITÀ SUL CALCOLO DELLA RESISTENZA DEI PALI

La verifica di resistenza assiale dei pali viene svolta allo stato limite ultimo; facendo riferimento alle NTC 2018 si segue:

- Approccio 2: Combinazione: (A1/M1/R3)

Coefficienti parziali delle resistenze γ_R : segue estratto Tabella 6.4.II, NTC 2018, con i coefficienti parziali adottati evidenziati

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,30
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ_t	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

Fattore di correlazione (1 indagine): ξ_4 : segue estratto Tabella 6.4.IV, NTC 2018, con i coefficienti parziali adottati evidenziati.

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

11.2 VERIFICHE PALI SECANTI LATERALI

Le caratteristiche geometriche del palo vengono corrette per tener conto della sovrapposizione e del reale contatto col terreno, come da figura seguente.

- area (base): $A = 1.13 \text{ m}^2$

- perimetro utile: $P = 2 \times 1.13 = 2.26 \text{ m}$

Trattandosi in realtà di un "setto" di pali ci si riferisce per il calcolo della portanza di base a una fondazione di lunghezza L indefinita.

Portata limite di base: secondo Meyerhof, Hansen si ha:

- larghezza fondazione: $B = 1 \text{ m}$

- profondità fondazione: $D = 9 \text{ m}$

- fattori di portanza ($\varphi = 35^\circ$): $N_c = 46.12$ $N_q = 33.3$ $N_\gamma = 37.15$

- fattori di forma: $s_c = s_q = s_\gamma = 1$
- fattori di profondità: $d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1}(D/B) = 1.575$
 $d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \tan^{-1}(D/B) = 1.738$
- coesione drenata: $c = 0 \text{ kN/m}^2$
- peso efficace terreno: $\gamma' = 11 \text{ kN/m}^3$
- tensione verticale efficace: $q_v = 9 \times 11 = 99 \text{ kN/m}^2$
- portata limite di base:
 $Q_b = 1.13 \cdot (0 \cdot 46.12 \cdot 1.575 + 99 \cdot 33.93 \cdot 1.74 + 0.5 \cdot 11 \cdot 37.15) = 6710 \text{ kN}$

Portata limite laterale:

Tensione orizzontale efficace media: $q_h = 0.7 \cdot (99/2) = 34.65 \text{ kN/m}^2$

Aderenza (coesione): $c_a = 0 \text{ kN/m}^2$

Angolo di attrito terreno/palo: $\delta = 0.8 \varphi = 28^\circ$

Portata limite laterale: $Q_s = 2 \cdot 9 \cdot (34.65 \cdot \tan(28^\circ + 0)) = 331.63 \text{ kN}$

Alla sollecitazione massima si aggiunge il peso del palo, dedotto il peso del terreno asportato. Si ottiene:

Sforzo verticale di progetto: $N_{sd} = 442 + 1.35 \cdot (25 - 21) \cdot 1.13 \cdot 9 = 497 \text{ kN}$

Resistenza di progetto: $N_{rd} = 331.63 / (1.15 \cdot 1.21) + 6710 / (1.35 \cdot 1.21) = 4345.8 \text{ kN}$

11.3 VERIFICHE PALI CENTRALI

Le caratteristiche geometriche del palo vengono corrette per tener conto della sovrapposizione e del reale contatto col terreno, come da figura seguente.

- area (base): $A = 0.5 \text{ m}^2$

- perimetro utile: $P = 2 \times 0.5 = 1.01 \text{ m}$

Trattandosi in realtà di un "setto" di pali ci si riferisce per il calcolo della portanza di base a una fondazione di lunghezza L indefinita.

Portata limite di base: secondo Meyerhof, Hansen si ha:

- larghezza fondazione: $B = 0.5 \text{ m}$

- profondità fondazione: $D = 12 \text{ m}$

- fattori di portanza ($\varphi = 35^\circ$): $N_c = 46.12$ $N_q = 33.3$ $N_\gamma = 37.15$

- fattori di forma: $s_c = s_q = s_\gamma = 1$

- fattori di profondità: $dc = 1 + 0.4 \tan^{-1} (D/B) = 1.612$
- $dq = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi) \tan^{-1} (D/B) = 1.696$
- coesione drenata: $c = 0 \text{ kN/m}^2$
- peso efficace terreno: $\gamma' = 11 \text{ kN/m}^3$
- tensione verticale efficace: $qv = 11 \times 12 = 132 \text{ kN/m}^2$
- portata limite di base:
 $Q_b = 0.5 \cdot (0 \cdot 46.12 \cdot 1.612 + 132 \cdot 33.20 \cdot 1.696 + 0.5 \cdot 11 \cdot 37.15) = 3850 \text{ kN}$

Portata limite laterale:

Tensione orizzontale efficace media: $qh = 0.7 \cdot (132/2) = 46.2 \text{ kN/m}^2$

Aderenza (coesione): $c_a = 0 \text{ kN/m}^2$

Angolo di attrito terreno/palo: $\delta = 0.8 \varphi = 28^\circ$

Portata limite laterale: $Q_s = 2 \cdot 12 \cdot (46.2 \cdot \tan(28^\circ + 0)) = 590 \text{ kN}$

Alla sollecitazione massima si aggiunge il peso del palo, dedotto il peso del terreno asportato. Si ottiene:

Sforzo verticale di progetto: $N_{sd} = 1170 + 1.35 \cdot (25 - 21) \cdot 0.5 \cdot 12 = 1202.6 \text{ kN}$

Resistenza di progetto: $N_{rd} = 590 / (1.15 \cdot 1.7) + 3850 / (1.35 \cdot 1.7) = 1979 \text{ kN}$