

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE
OBIETTIVO N. 443/01
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza
PROGETTO ESECUTIVO
VIADOTTI E PONTI
Viadotto San Bonifacio dal km 25+114.95 al km 25+314.95
SCAVI, DEMOLIZIONE, OPERE PROVVISORIALI
Relazione di calcolo opere provvisoriali**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due ing. Paolo Carmona Data: Agosto 2022			-
Ing. Giovanni MALAVENDA ALBO INGEGNERI PROV. DI MESSINA n. 4503 Data: Agosto 2022				

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV. FOGLIO

I N 1 7 1 2 E I 2 C L V I 0 6 B 1 0 0 1 C - - - D I - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma Alberto LEVORATO	Data Agosto 2022

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
B	REVISIONE	G. Furlani <i>Giuseppe Furlani</i>	Febbraio 2022	V. Pastore <i>V. Pastore</i>	Febbraio 2022	P. Ascari <i>P. Ascari</i>	Febbraio 2022	P. Ascari
C	REVISIONE	G. Furlani <i>Giuseppe Furlani</i>	Agosto 2022	V. Pastore <i>V. Pastore</i>	Agosto 2022	P. Ascari <i>P. Ascari</i>	Agosto 2022	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2CLVI06B1001C.DOCX
Progetto cofinanziato dalla Unione Europea		Cod. origine:



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>				
<p>VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001</p>	<p>Rev. B</p>	<p>Foglio 2 di 65</p>	

INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	8
2.1	Normativa di riferimento.....	8
2.2	Documenti di riferimento.....	8
2.3	Software di riferimento.....	8
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	9
4	ANALISI DELLE PARATIE.....	10
4.1	Combinazioni e coefficienti parziali.....	10
4.2	Caratterizzazione geotecnica dei terreni	11
4.3	Elementi strutturali	12
4.4	Carichi applicati.....	13
4.5	Stabilità globale.....	13
4.6	Sezioni di calcolo	14
4.7	Discretizzazione di calcolo.....	15
4.7.1	Sezione 1	15
4.7.2	Sezione 2	15
4.8	Fasi di calcolo	17
4.8.1	Sezione 1	17
4.8.2	Sezione 2	19
4.9	Principali risultati delle analisi	23
4.9.1	Sezione 1	23
4.9.2	Sezione 2	28
4.9.3	Stima portate di emungimento.....	33
4.10	Verifiche di resistenza palancole	35
4.10.1	Sezione 1	36
4.10.2	Sezione 2	37
4.11	Verifiche nei confronti degli stati limite idraulici	38
5	ALLEGATO A. Tabulato di calcolo Plaxis	42

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 3 di 65	

5.1	Tabulati di calcolo sezione 1.....	43
5.2	Tabulati di calcolo sezione 2.....	55

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 4 di 65	

1 PREMESSA

La presente relazione sviluppa il dimensionamento, la verifica geotecnica e stabilità strutturale delle paratie provvisorie e degli scavi necessari per la realizzazione delle fondazioni del viadotto VI06B – Viadotto San Bonifacio, ubicato tra le progressive chilometriche 25+114.95 e 25+314.95 della linea A.V. / A.C. Torino – Venezia, tratta Verona – Padova, lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza.

In particolare si tratta di palancolati metallici posti a presidio dello scavo delle pile e delle spalle.

Per le pile P10÷P16 e la spalla B, in relazione alle massime profondità di scavo, 3.4 m dal p.c. ed al livello di falda assunto per le opere provvisorie (+27 m s.l.m.) si prevedono palancole a sbalzo con lunghezza $L=12.0$ m, di cui il primo metro rimane sopra p.c. ed i restanti 11 m sono infissi nel terreno. Verranno realizzate con profili a doppia onda PU18 disposti planimetricamente sull'intero perimetro delle fondazioni, al fine di consentire lo scavo in sicurezza e limitare i processi di filtrazione idraulica verso l'interno.

È inoltre prevista la realizzazione di 2 pozzi di aggotamento per ogni plinto, ubicati all'interno del palancolato. In presenza di terreni granulari permeabili, verranno attivati prima di iniziare lo scavo e consentiranno di mantenere asciutto il fondo scavo durante l'approfondimento, la scapitozzatura dei pali, la posa delle armature e il getto del plinto.

Le opere di sostegno in argomento, in accordo al punto 2.4.1 NTC2008, sono da ritenersi opere provvisorie e per esse è omessa la verifica sismica.

Le analisi statiche e le verifiche di seguito esposte hanno consentito di definire le caratteristiche minime di inerzia e resistenza delle opere provvisorie. Tuttavia, si deve tenere presente che nei terreni granulari addensati considerazioni legate a difficoltà di infissione delle palancole possono diventare determinanti nella scelta della sezione. In relazione alle condizioni locali ed alle tecnologie di infissione disponibili in cantiere, si potrebbe verificare la necessità di operare con palancole più 'pesanti', sovradimensionate quindi rispetto alle semplici necessità statiche.



Nelle seguenti figure si riportano le sezioni delle opere provvisionali di riferimento per i calcoli di seguito eseguiti.

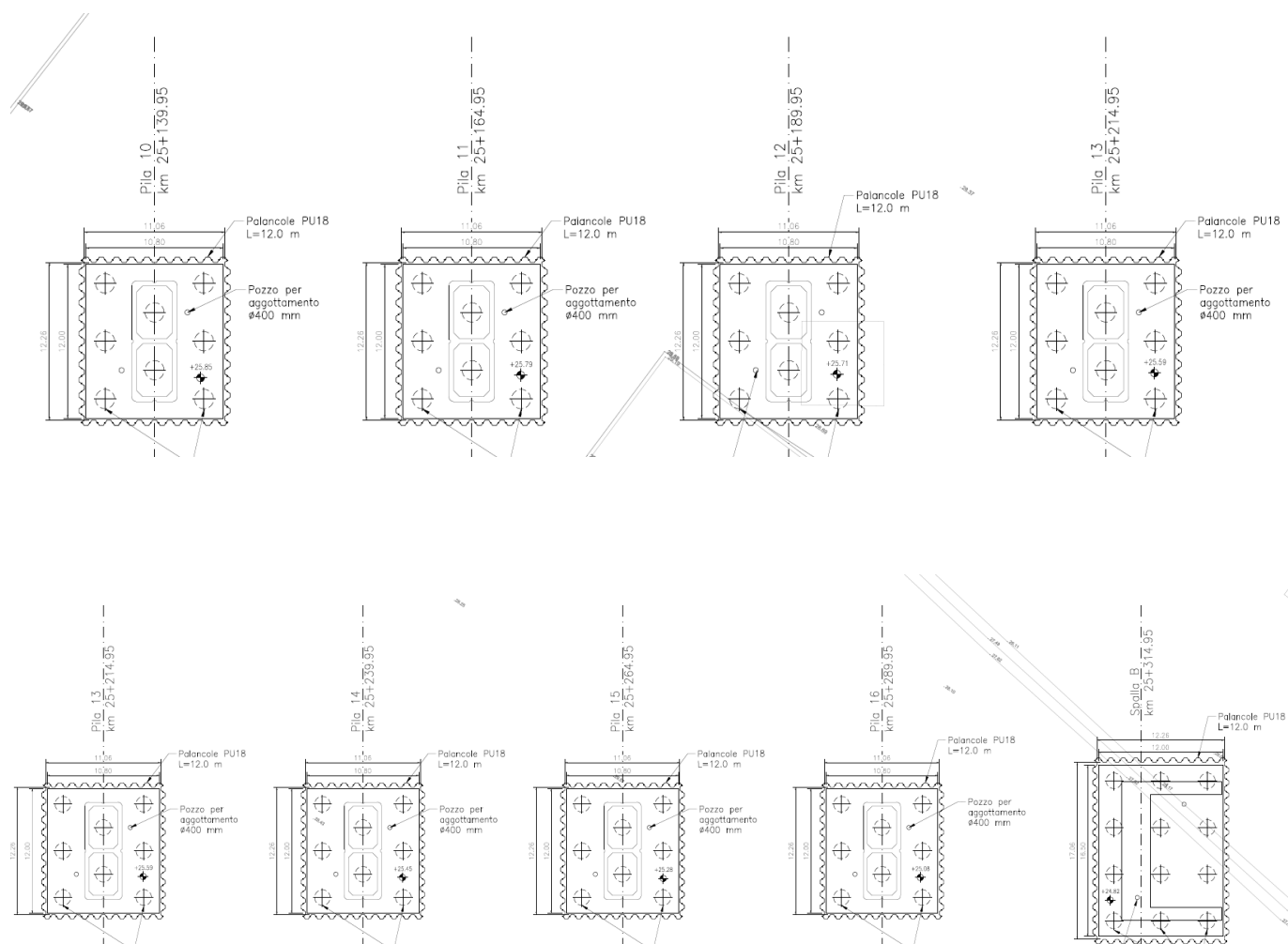


Figura 1 – Pianta opere provvisionali

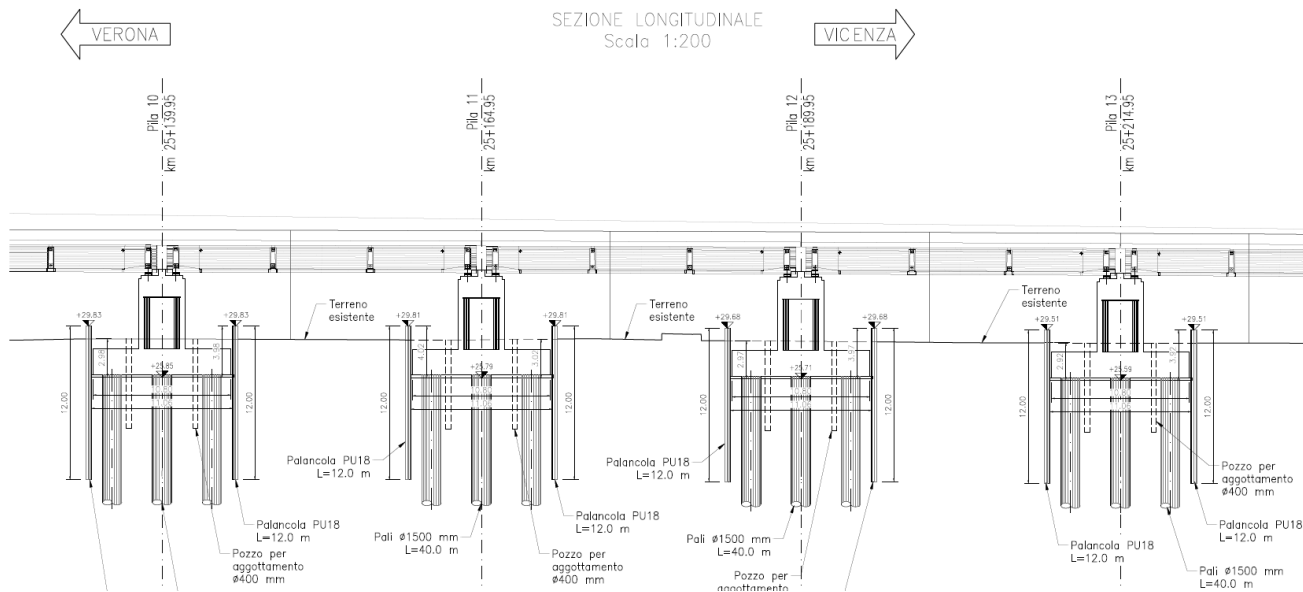


Figura 2 – Sezione longitudinale da P10 a P13

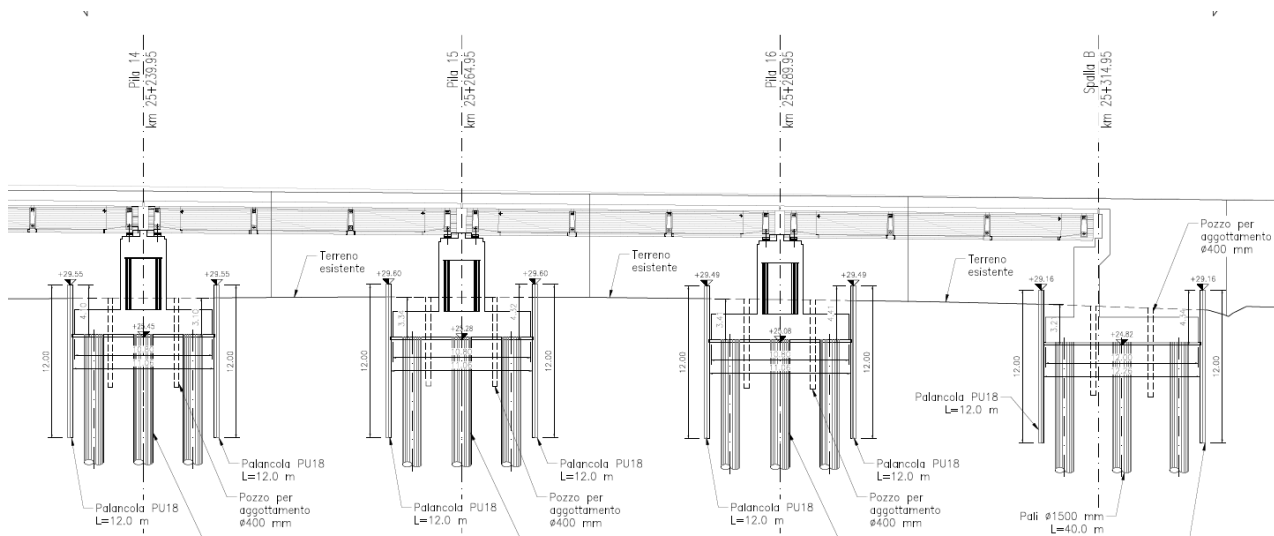


Figura 3 – Sezione longitudinale da P14 a spalla B



PILA 16
SEZIONE TRASVERSALE
Scala 1:200

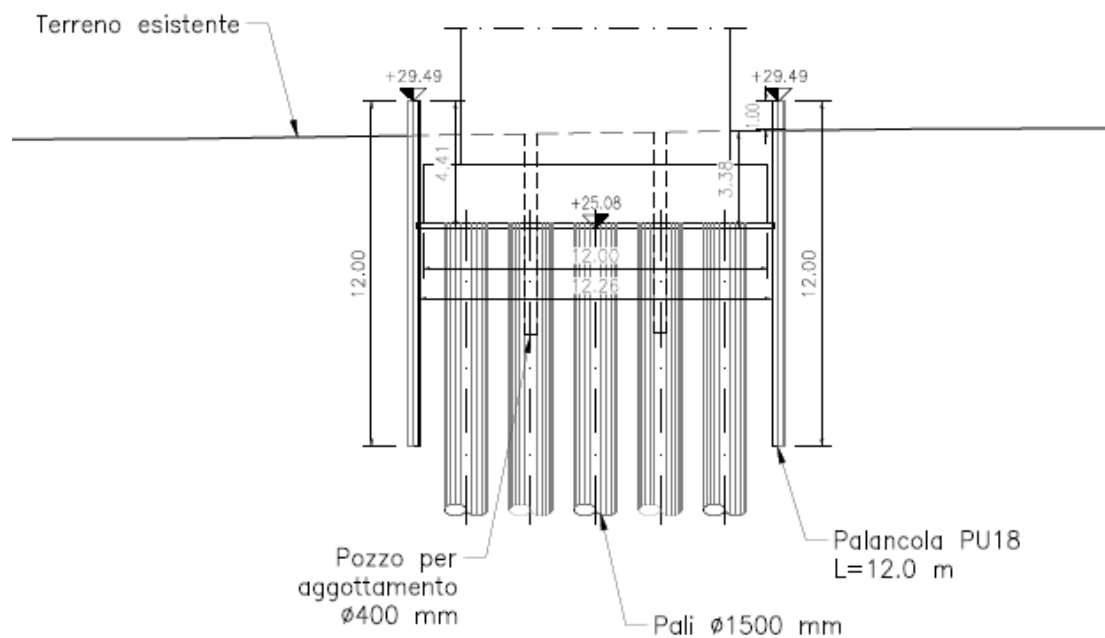


Figura 4 - Sezione trasversale - Pila P16

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 8 di 65	

2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa di riferimento

- [NR 1] D.M. 14/01/2008 – “Nuove norme tecniche per le costruzioni”.
- [NR 2] UNI EN 1997-1:2005 – “Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”.
- [NR 3] UNI EN 1998-1:2005 – “Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- [NR 4] BS 8006:1995 – “Code of practice for Strengthened/reinforced soils and other fills”.
- [NR 5] UNI EN 1993-5:2006 – “Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio-Piling”.
- [NR 6] Manuale di Progettazione RFI.

2.2 Documenti di riferimento

- [DR 1.] IN1712EI2FZVI06B0001 - Profilo Geotecnico - Viadotto San Bonifacio dal km 25+114.95 e 25+314.95.
- [DR 2.] IN1712EI2RBVI06B0001 – Relazione Geotecnica - Viadotto San Bonifacio dal km 25+114.95 al km 25+314.95.

2.3 Software di riferimento

Le analisi sono svolte per mezzo dei seguenti programmi di calcolo:

- codice Plaxis 2D 2020 (Delft, Olanda).

Per il programma citato, con riferimento al paragrafo 10.2 del D.M. 14.01.2008 e relativa Circolare esplicativa n° 617/09 C.S.LL.PP., si dichiara che:

- i risultati dei calcoli eseguiti con l'utilizzo del calcolatore sono stati verificati dal progettista;
- i risultati presentati nelle forme allegate al progetto ne garantiscono la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità;
- l'affidabilità dei codici utilizzati è stata verificata attraverso esame preliminare, di valutazione dell'affidabilità e soprattutto dell'idoneità del programma nel caso specifico di applicazione;
- la validazione dei codici di calcolo è stata verificata sia per confronto con soluzioni semplificate con metodi tradizionali, sia dall'esame della documentazione fornita dal produttore/distributore sulle modalità e procedure seguite per la validazione generale del codice.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 9 di 65

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione delle palancole si prevede l'impiego di acciaio S 275 JR - EN 10025-2 (Fe430 B) cui corrisponde una tensione di snervamento $f_{yk} = 275$ MPa.

Nel presente documento si fa riferimento a palancole con un profilo PU18, le cui caratteristiche geometriche sono riportate sinteticamente nelle seguenti tabelle.

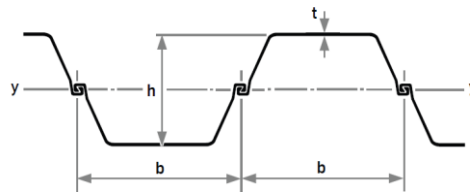


Tabella 1 - Caratteristiche palancole di progetto

Nome	Tipo	A	b	h	t	S	I_y	W_{elx}	W_{plx}	w
(-)	(-)	(m ² /m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ⁴ /m)	(m ³ /m)	(m ³ /m)	(kN/m ²)
PU18	U	0.01633	0.6	0.43	0.0112	0.009	0.0003865	0.0018	0.002134	1.26

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 10 di 65	

4 ANALISI DELLE PARATIE

4.1 Combinazioni e coefficienti parziali

Le azioni sulle opere di sostegno sono state ricavate mediante lo studio dell'interazione tra l'opera e il terreno e dipendono quindi dallo stato tensionale iniziale in sito, dal regime delle pressioni interstiziali, dalle proprietà meccaniche dei terreni, degli elementi strutturali e dal contatto terra-opera, dalla geometria dell'opera e dalla sequenza costruttiva. Il peso del terreno che interagisce con la paratia e le azioni che da esso derivano sono considerati come azioni permanenti strutturali. Si considera inoltre un sovraccarico accidentale agente sul p.c. circostante che simula la presenza dei mezzi di cantiere.

Le analisi sono state effettuate in conformità al DM 14 gennaio 2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni). In particolare la norma prevede tre combinazioni progettuali distinte. La prima combinazione, indicata con la sigla SLE è di riferimento per le verifiche di compatibilità delle deformazioni proprie ed indotte dalle paratie, la seconda combinazione, indicata con la sigla STR, è quella di riferimento per le verifiche di resistenza degli elementi strutturali, la terza, indicata con la sigla GEO, è di riferimento per le verifiche di stabilità geotecnica.

La prima analisi (SLE), volta alla valutazione delle deformazioni della struttura e delle sollecitazioni in esercizio è stata effettuata utilizzando nel modello i parametri caratteristici del terreno ed i valori caratteristici delle azioni.

La seconda analisi (STR) da usare per le verifiche di resistenza strutturale è stata svolta con riferimento all'Approccio 1 - Combinazione 1: A1+M1+R1. Quindi è stata effettuata utilizzando nel modello i parametri caratteristici del terreno ed i valori caratteristici delle azioni permanenti (spinte terreno ed acqua), nonché amplificando le azioni variabili per un coefficiente γ_q^* ($\gamma_q^* = 1.50/1.30 = 1.15$). Il coefficiente amplificativo equivalente del gruppo A1 ($\gamma_q = 1.30$) è stato infine applicato direttamente alle sollecitazioni ricavate dalle analisi, in accordo al paragrafo 6.2.4.1.3 del D.M. 17/01/2018.

Come indicato al par.C.6.5.3.1 della Circolare Ministeriale, per le verifiche di stabilità geotecnica (GEO) si fa riferimento all'Approccio 1 - Combinazione 2: A2+M2+R2. Pertanto, dopo la simulazione di tutte le fasi di scavo, il margine di sicurezza si ricava con un ulteriore passo di calcolo, finalizzato alla ricerca di un meccanismo di collasso del terreno, riducendo progressivamente i parametri di resistenza dopo aver incrementato le azioni permanenti non strutturali e le azioni variabili (sovraccarichi) dei coefficienti parziali (γ_{G2} , γ_Q) del gruppo A2. La verifica è soddisfatta se il fattore di riduzione dei parametri risulta non inferiore al prodotto dei coefficienti parziali γ_M e γ_R .

Nelle seguenti tabelle si riportano i coefficienti parziali indicati dalla normativa (amplificativi per le azioni e riduttivi per i parametri di resistenza del terreno) ed adottati nelle suddette combinazioni di calcolo.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 11 di 65

Tabella 2 - Combinazioni per analisi statiche in esercizio (SLE)

Azioni (γ_F)				Proprietà del terreno (γ_M)		
Permanenti		Variabili				
sfavorevoli	favorevoli	sfavorevoli	favorevoli	$\tan \varphi'$	c'	cu
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabella 3 - Combinazioni per analisi statiche (STR e GEO)

	Azioni (γ_F)				Proprietà del terreno (γ_M)			Resistenze (γ_R)
	Permanenti		Variabili					
	sfavorevoli	favorevoli	sfavorevoli	favorevoli	$\tan \varphi'$	c'	cu	--
<i>STR</i> (A1 + M1 + R1)	1.30	1.00	1.50	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<i>GEO</i> (A2 + M2 + R2)	1.00	1.00	1.30	0.00	1.25	1.25	1.40	1.10

4.2 Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Per le unità costituenti il terreno esistente si è utilizzato un modello costitutivo elastico-perfettamente-plastico con criterio di rottura alla Mohr-Coulomb.

Nella tratta in oggetto del viadotto, le indagini hanno evidenziato un'alternanza di strati di sabbie limose (3a) e limi argillosi (3b) e di strati di sabbia (unità 4) fino alle profondità di 26-27 m circa da p.c., poi prevale sabbia (unità 4) da moderatamente addensata a molto addensata fino alla massima profondità indagata (50 m) con intercalazione di argilla limosa (unità 2) a partire dai 32 m con spessore di 6-10 m. Lungo lo sviluppo del viadotto VI06 si distinguono le seguenti stratigrafie:

- stratigrafia 1 VI06 (da spalla A a pila P13 compresa);
- stratigrafia 2 VI06 (da pila 14 a spalla B).

Quindi per il dimensionamento delle opere provvisorie in oggetto si riportano due calcoli uno con riferimento alla stratigrafia 1 ed uno relativo alla stratigrafia 2. Nella seguente tabella si riportano le stratigrafie ed i parametri geotecnici di resistenza e di rigidezza adottati nei dimensionamenti a seguire.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 12 di 65	

Tabella 4 – Stratigrafia 1 e Parametri geotecnici

da [m]	a [m]	Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]	E' [MPa]	K [m/s]
0.0	-3.0	3a	18.5	30	0	25	1.3E ⁻⁰⁵
-3.0	-5.0	3b	18.5	26	0	8	7E ⁻⁰⁷
-5.0	-9.0	3a	18.5	30	0	25	1.3E ⁻⁰⁵
-9.0	-12.0	3b	18.5	26	0	8	7E ⁻⁰⁷
-12.0	-14.0	3a	18.5	30	0	25	1.3E ⁻⁰⁵
-14.0	-18.0	3b	18.5	26	0	8	7E ⁻⁰⁷
-18.0	-22.0	4	19.0	34	0	45	1.3E ⁻⁰⁵
-22.0	-26.0	3b	18.5	26	0	8	7E ⁻⁰⁷
-26.0	-32.0	4	19.0	34	0	45	1.3E ⁻⁰⁵

Dove:
 γ = peso di volume naturale
 ϕ' = angolo di resistenza al taglio
 c' = coesione drenata
 E' = modulo di deformazione elastico di Young operativo = $E_o / (3 \div 5)$
 K = permeabilità

Tabella 5 – Stratigrafia 2 e Parametri geotecnici

da [m]	a [m]	Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]	E' [MPa]	K [m/s]
0.0	-3.0	3b	18.5	26	0	8	7E ⁻⁰⁷
-3.0	-11.0	4	19.0	34	0	45	1.3E ⁻⁰⁵
-11.0	-16.0	3b	18.5	26	0	8	7E ⁻⁰⁷
-16.0	-20.0	3 a	19.0	30	0	25	1.3E ⁻⁰⁵
-20.0	-27.0	3b	18.5	26	0	8	7E ⁻⁰⁷
-27.0	-32.0	4	19.0	34	0	45	1.3E ⁻⁰⁵

Dove:
 γ = peso di volume naturale
 ϕ' = angolo di resistenza al taglio
 c' = coesione drenata
 E' = modulo di deformazione elastico di Young operativo = $E_o / (3 \div 5)$
 K = permeabilità

La falda, in accordo a quanto indicato nella relazione geotecnica ([DR 2.]) è stata assunta per il calcolo delle opere provvisorie alla quota di +27 m s.l.m..

4.3 Elementi strutturali

Le palancole provvisorie sono state modellate con elementi snelli (tipo beam), con legame costitutivo elastico lineare, aventi modulo di Young dell'acciaio ($E=2.1 \cdot 10^8$ kPa), area e inerzia propria del profilato scelto (vedasi Tabella 1).

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 13 di 65	

Gli elementi strutturali interagiscono con il terreno circostante mediante elementi interfaccia caratterizzati con adesione nulla ed angolo di resistenza al taglio $\delta' = 2/3 \varphi' \leq 20^\circ$.

4.4 Carichi applicati

La presenza del sovraccarico accidentale dovuto al transito dei mezzi di cantiere è stata cautelativamente considerata nelle analisi applicando al piano campagna un sovraccarico di 10 kPa, uniformemente distribuito ed infinitamente esteso.

4.5 Stabilità globale

La determinazione del coefficiente di sicurezza avviene mediante un algoritmo iterativo ($\varphi' - c'$ reduction method, Dawson, Roth and Drescher, 1999) che, sulla base dei dati di partenza (c' e $\tan \varphi'$), determina successive condizioni di equilibrio del sistema eseguendo, ad ogni ciclo, una progressiva riduzione delle resistenze fino al raggiungimento del collasso (condizione di non equilibrio del sistema):

$$c'_{prova} = c' / FS_{prova}$$

$$\varphi'_{prova} = \arctan(\tan \varphi' / FS_{prova})$$

In Figura 5 la progressiva riduzione delle resistenze è rappresentata nel piano di Mohr-Coulomb per il singolo elemento di terreno. Si osserva che i parametri di deformabilità non influenzano in maniera apprezzabile i risultati del calcolo e, pertanto, possono essere considerati senza particolari affinamenti.

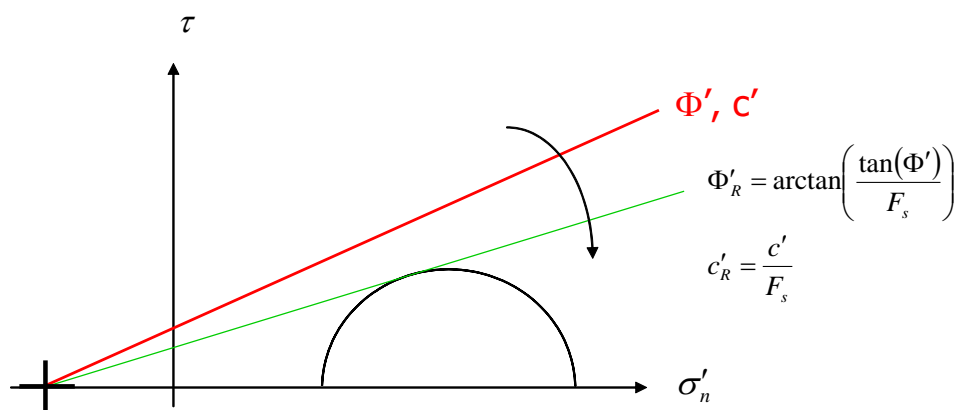


Figura 5 - Phi-c reduction method

Rispetto ai classici metodi dell'equilibrio limite presenta numerosi vantaggi (e.g. Dawson and Roth, 1999, and Cala and Flisiak, 2001):

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 14 di 65	

- le superfici di rottura si propagano in maniera “naturale”; quindi non occorre specificare preventivamente i cinematismi e le potenziali superfici di rottura su cui ricercare il coefficiente di sicurezza minimo;
- non richiede la definizione di ipotesi di calcolo “artificiali” (es. ipotesi sulle forze di interfaccia);
- la metodologia non implica limitazioni sulla forma e la modalità di propagazione delle potenziali superfici di rottura (anche multiple e/o con propagazioni complesse delle zone di snervamento) in funzione delle esigenze del sistema;
- l’interazione con eventuali elementi strutturali vengono modellate in maniera realistica con una mobilitazione delle resistenze in funzione della deformazione relativa rispetto al terreno circostante e non semplicemente mediante forze equivalenti.
- la soluzione converge in un meccanismo che è cinematicamente ammissibile (si noti che i metodi classici dell’equilibrio limite prescindono dalla valutazione degli spostamenti e non richiedono pertanto la conoscenza dei legami tensioni-deformazioni ma del solo criterio di resistenza dei terreni interessati).

Tale analisi di stabilità è generalmente svolta a partire dalla configurazione di progetto maggiormente cautelativa che risulta essere la fase di raggiungimento della massima profondità di scavo.

Tale analisi equivale alla verifica SLU (GEO) prevista dalla normativa vigente: combinazione 2 (A2+M2+R2), in base alla quale la stabilità geotecnica deve essere verificata con i parametri di resistenza del terreno ridotti tramite i coefficienti parziali del gruppo M2 ($\gamma_M = 1.25$ sia per la coesione sia per la resistenza al taglio, $\gamma_R = 1.1$).

Pertanto, per soddisfare le verifiche di stabilità geotecnica richieste dalla normativa occorre avere $FS > 1.25 \cdot 1.1 = 1.375$.

4.6 Sezioni di calcolo

Si sono individuate le seguenti sezioni di calcolo che rappresentano le situazioni più gravose in relazioni alle condizioni stratigrafiche, alla massima altezza di scavo e alla posizione della falda rispetto al fondo scavo.

- **Sezione 1.** Palancolato PU18 L = 12.0 m a sbalzo; il calcolo è rappresentativo per le pile P10÷P13 appartenenti alla stratigrafia 1 ed è stato eseguito cautelativamente per altezza di scavo di 3.3 m e con falda a 1.6 m sopra fondo scavo.
- **Sezione 2.** Palancolato PU18 L = 12.0 m a sbalzo; il calcolo è rappresentativo per le pile P14÷P16, spalla B, appartenenti alla stratigrafia 2 ed è stato eseguito cautelativamente per altezza di scavo massima di 3.4 m (P16) e con falda a 1.9 m sopra fondo scavo.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 15 di 65	

4.7 Discretizzazione di calcolo

La mesh è costituita da elementi finiti triangolari a 15 nodi, quindi con funzioni di forma del 4° grado, con 12 punti di integrazione numerica interni per ogni elemento. Le dimensioni della mesh, in relazione alle dimensioni degli scavi, sono sempre sufficienti a garantire che i risultati delle analisi siano indipendenti dalla particolare discretizzazione adottata e sono tali da permettere di vincolare il lato inferiore della mesh bloccando gli spostamenti verticali ed orizzontali ed i lati sinistro e destro bloccando gli spostamenti orizzontali.

4.7.1 Sezione 1

Nella seguente immagine si riporta la discretizzazione di calcolo adottata per la Sezione 1, in cui è evidenziata la successione stratigrafica. Il dominio discretizzato ha una larghezza di 100 m e un'altezza di 32 m circa, è costituito da circa 3885 elementi triangolari e da circa 31790 nodi.

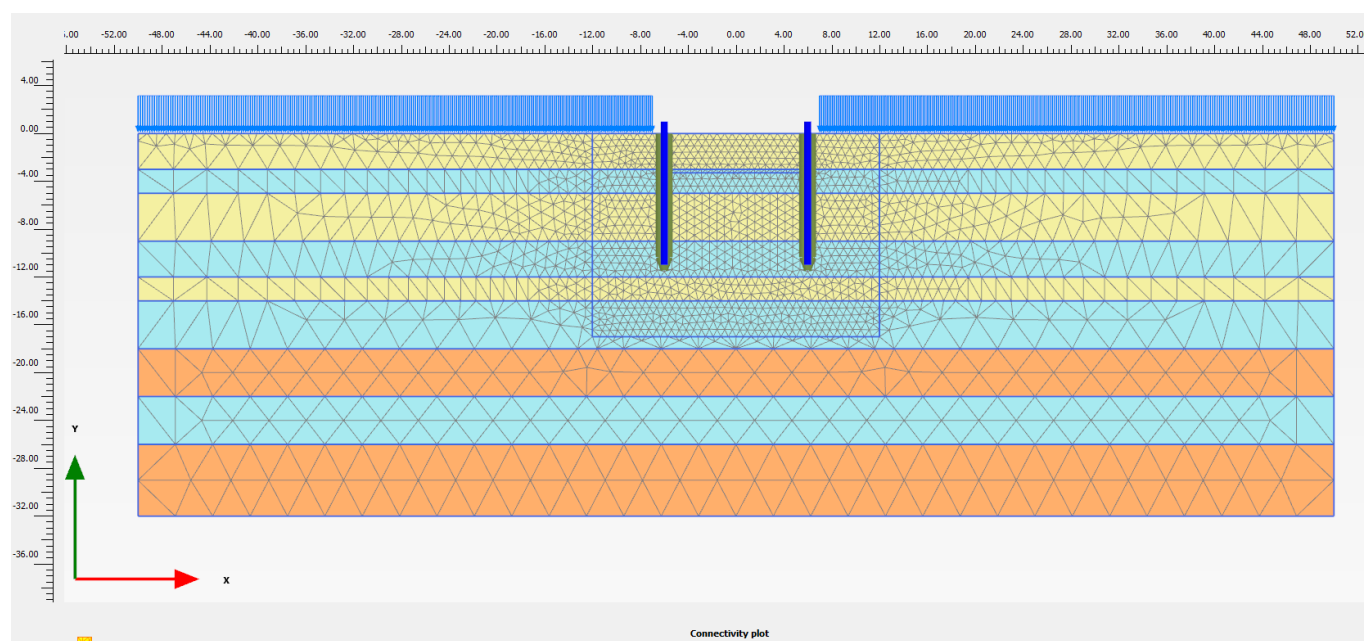


Figura 6 - Sezione 1, Discretizzazione del modello di calcolo

4.7.2 Sezione 2

Nella seguente immagine si riporta la discretizzazione di calcolo adottata per la Sezione 2, in cui è evidenziata la successione stratigrafica. Il dominio discretizzato ha una larghezza di 100 m e un'altezza di 32 m circa, è costituito da circa 5150 elementi triangolari e da circa 41900 nodi.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica Documento
EI2 CL VI 01 A 1 001

Rev.
B

Foglio
16 di 65

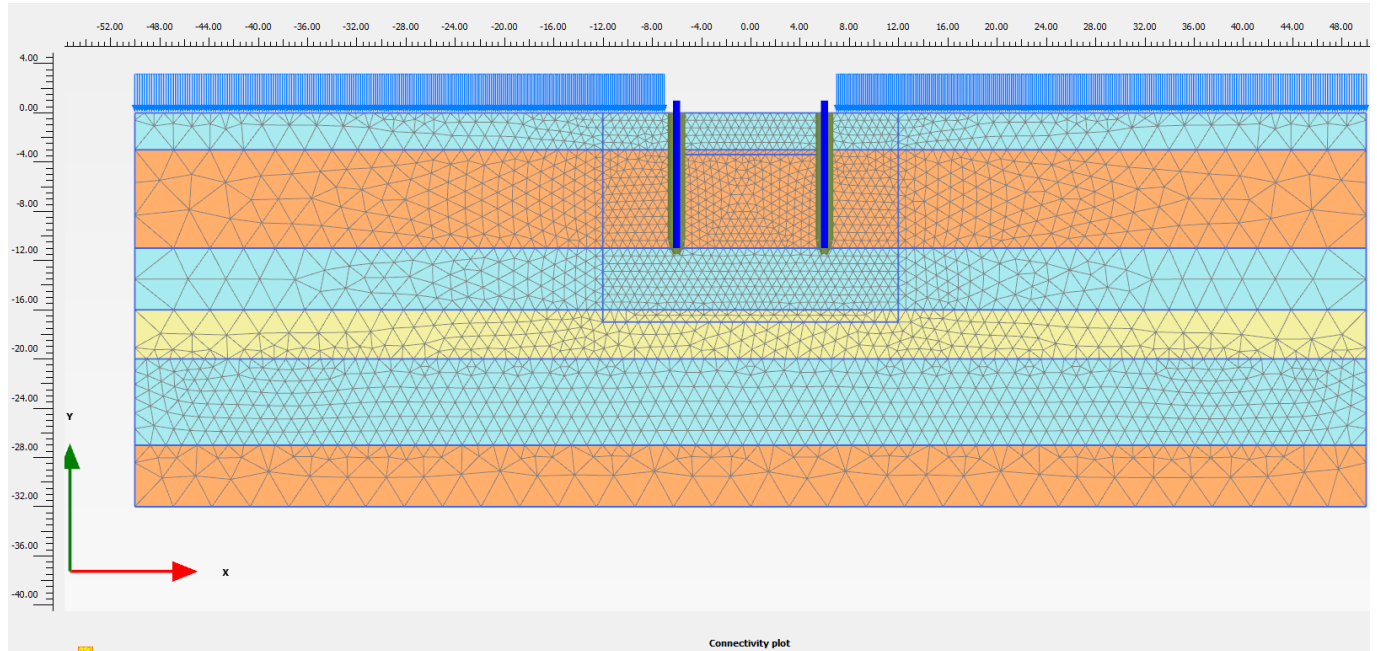


Figura 7 - Sezione 2, Discretizzazione del modello di calcolo

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 17 di 65	

4.8 Fasi di calcolo

Il tipo di analisi utilizzato consente di riprodurre nel dettaglio la storia della costruzione di opere geotecniche.

In generale, mediante il codice FEM utilizzato, possono essere schematizzate le paratie contrapposte, l'evoluzione delle condizioni idrauliche al contorno, la variazione delle condizioni di vincolo e di carico.

Le analisi eseguite sono di tipo sequenziale, riproducendo in successione tutte le principali fasi operative previste per la realizzazione dell'opera. Quindi, il termine di ciascuna analisi rappresenta la condizione iniziale per la fase successiva. Le fasi di scavo vengono simulate mediante la disattivazione dei cluster di terreno corrispondenti.

Nelle fasi in cui lo scavo intercetta il livello di falda, il calcolo tenso-deformativo viene fatto procedere dall'analisi 2D di filtrazione per la corretta determinazione delle pressioni neutre in fase di scavo. Tale calcolo idraulico contempla le seguenti condizioni al contorno: sui bordi della discretizzazione del modello di calcolo vengono fissati i valori iniziali delle pressioni neutre; pertanto tali bordi permettono la comunicazione con l'esterno e quindi l'alimentazione del processo di filtrazione; i contorni delle palancole si considerano impermeabili; il piano di scavo viene definito come una superficie drenante in equilibrio con la pressione atmosferica (pressione neutra nulla); viene così simulata l'operazione di emungimento a fondo scavo.

I modelli 2D sviluppati includono tutte le principali fasi esecutive, per i vari stati limite di progetto previsti dalla normativa. Nel seguito si illustrano esclusivamente le fasi di calcolo che riguardano le opere provvisorie. I risultati delle analisi saranno riportati nella sezione successiva.

4.8.1 Sezione 1

- Fase 1. Inizializzazione geostatica con presenza della falda ad 1.7 m dal p.c..
- Fase 2. Posa in opera delle palancole.
- Fase 3. Raggiungimento dello scavo massimo (-3.3 m dal p.c.) e contestuale attivazione del sistema di dewatering e mantenimento del livello idrico interno allo scavo a quota fondo scavo. Il mantenimento "all'asciutto" dell'interno della trincea (tramite emungimento) è simulato imponendo la quota del piano libero della falda interno a fondo scavo e operando un'analisi di filtrazione in condizioni stazionarie.
- Fase 4. Applicazione del carico accidentale.
- Fase 5. Amplificazione del carico accidentale ($\times 1.50/1.30 = 1.15$).
- Fase 6. A partire dalla Fase 4, amplificazione del carico accidentale ($\times 1.30$).
- Fase 7. A partire dalla Fase 6 si esegue la verifica di stabilità globale, riducendo progressivamente i parametri di resistenza al taglio dei terreni (φ' - c' reduction method) fino al raggiungimento del coefficiente di sicurezza desiderato, maggiore di 1.375 (FS min = 1.25×1.1), in osservanza alla normativa per la verifica SLU GEO (cfr. § 4.5).

Le Fasi 3 e 4 sono rappresentative delle condizioni SLE per la valutazione degli spostamenti.



La Fase 5 è quella di riferimento per le verifiche STR A1+M1 amplificando le sollecitazioni di calcolo ottenute x 1.30.

La Fase 7 contempla la verifica di stabilità GEO (A2+M2+R2).

Le principali fasi di calcolo sono rappresentate nelle seguenti immagini.

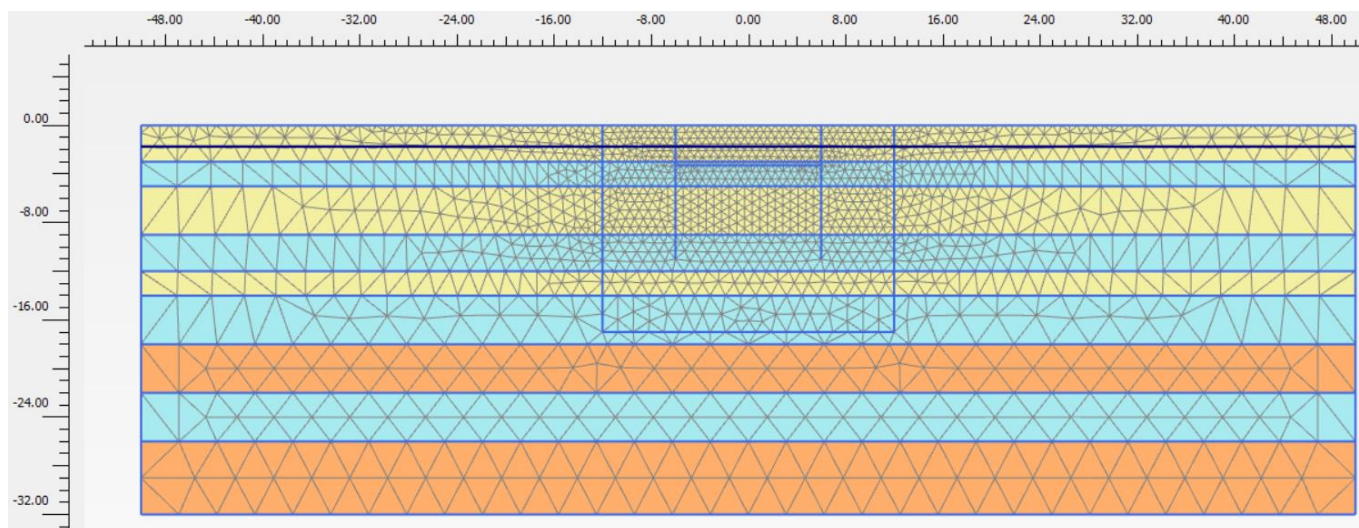


Figura 8 - Sezione 1, Inizializzazione geostatica

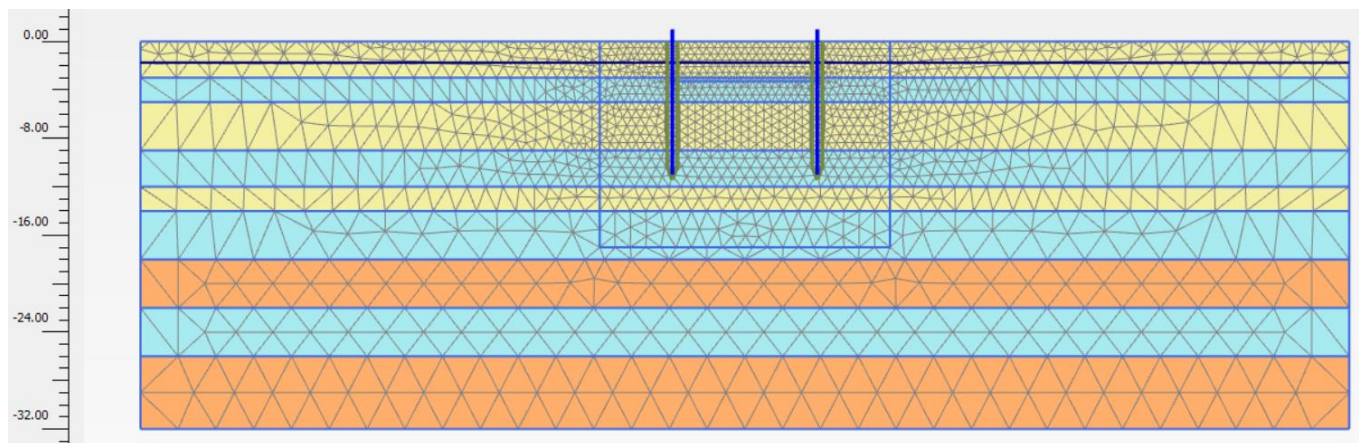


Figura 9 - Sezione 1, Realizzazione palancole

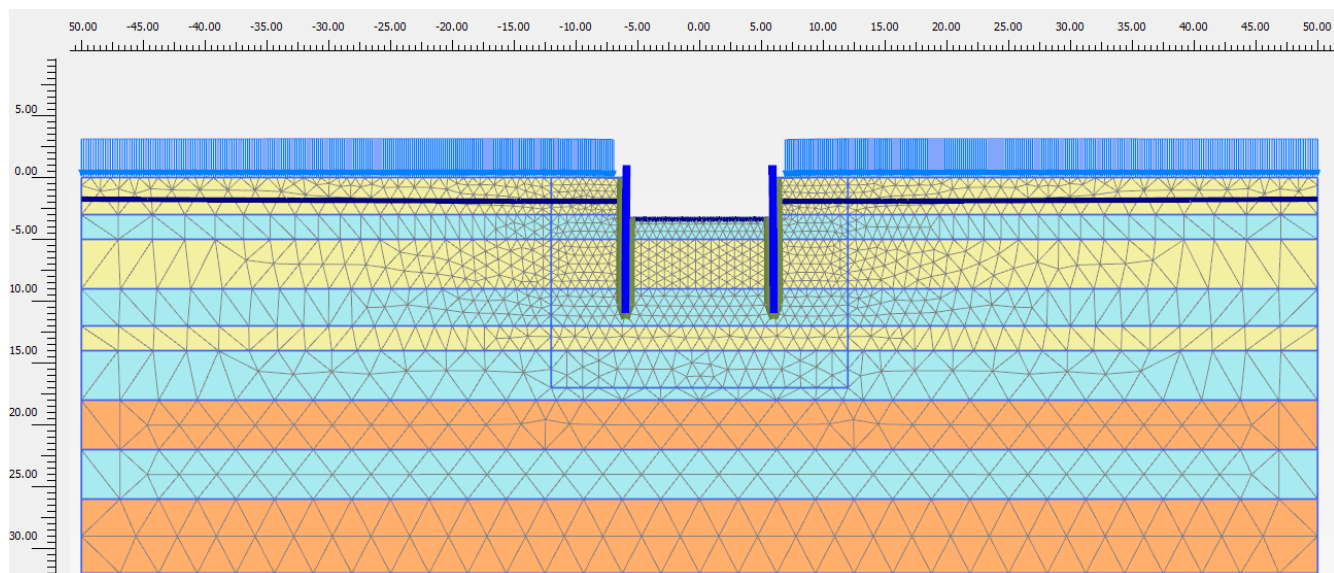


Figura 10 - Sezione 1, Scavo massimo e applicazioni dei carichi

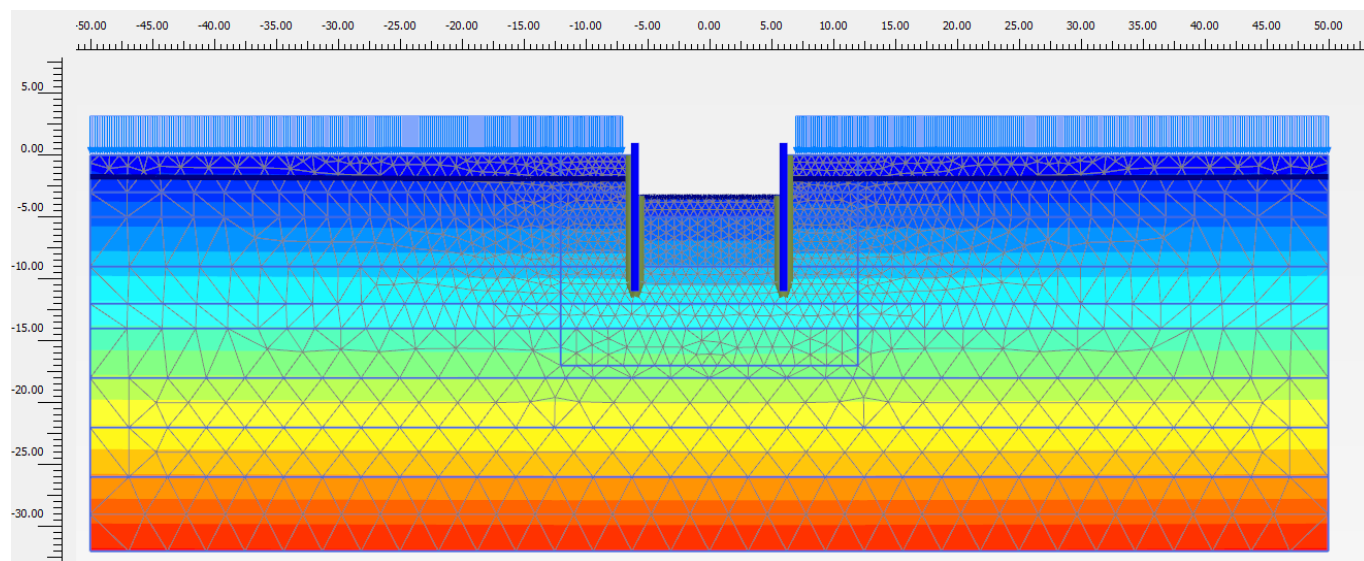


Figura 11 - Sezione 1, Pressioni neutre in fase di massimo scavo con carichi

4.8.2 Sezione 2

- Fase 1. Inizializzazione geostatica con presenza della falda a 2 m da p.c..
- Fase 2. Esecuzione delle palancole.
- Fase 3. Scavo fino a -0.5 m da p.c..
- Fase 4. Raggiungimento dello scavo massimo (-3.7 m dal p.c.) con inserimento sistema di contrasto sommitale e contestuale attivazione del sistema di dewatering e mantenimento del livello idrico interno allo scavo a quota fondo scavo. Il mantenimento "all'asciutto" dell'interno della trincea (tramite

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 20 di 65	

emungimento) è simulato imponendo la quota del piano libero della falda interno a fondo scavo e operando un'analisi di filtrazione in condizioni stazionarie.

- Fase 5. Applicazione del carico accidentale
- Fase 6. Amplificazione del carico accidentale ($\times 1.50/1.30 = 1.15$).
- Fase 7. A partire dalla Fase 4, amplificazione del carico accidentale ($\times 1.30$).
- Fase 8. A partire dalla Fase 6 si esegue la verifica di stabilità globale, riducendo progressivamente i parametri di resistenza al taglio dei terreni (φ' - c' reduction method) fino al raggiungimento del coefficiente di sicurezza desiderato, maggiore di 1.375 (FS min = 1.25×1.1), in osservanza alla normativa per la verifica SLU GEO (cfr. §4.5).

Le Fasi 4 e 5 sono rappresentative delle condizioni SLE per la valutazione degli spostamenti.

La Fase 6 è quella di riferimento per le verifiche STR A1+M1 amplificando le sollecitazioni di calcolo ottenute $\times 1.30$.

La Fase 8 contempla la verifica di stabilità GEO (A2+M2+R2).

Le principali fasi di calcolo sono rappresentate nelle seguenti immagini.

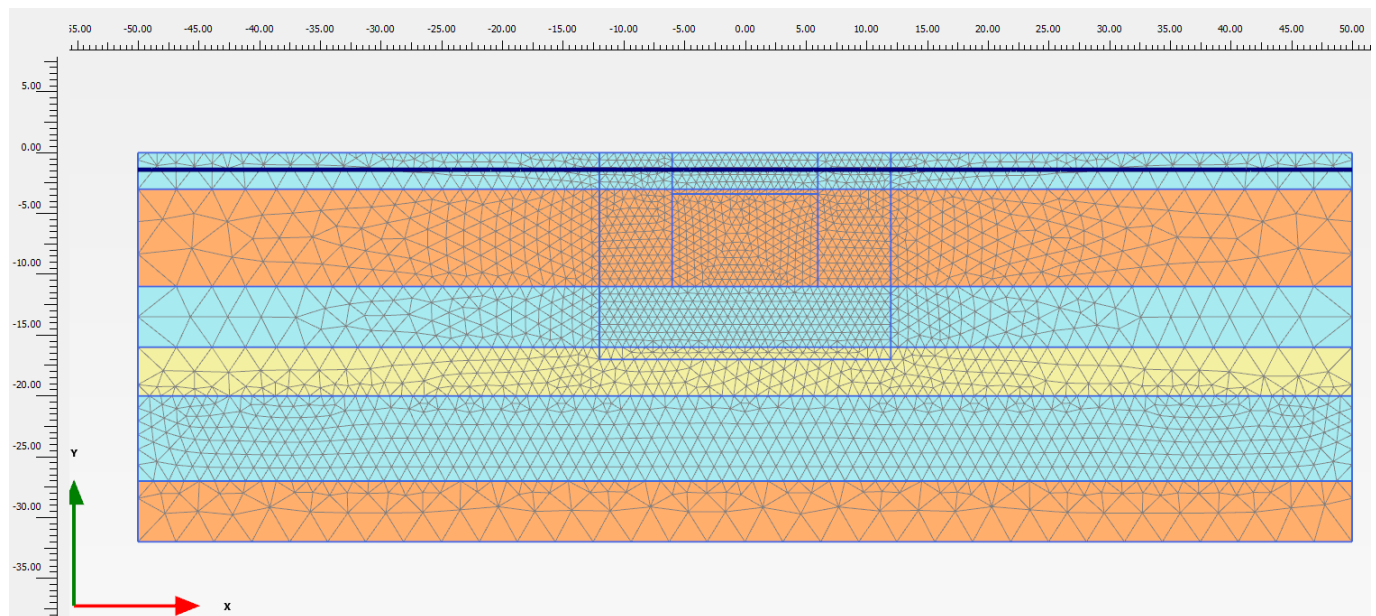


Figura 12 - Sezione 2, Inizializzazione geostatica

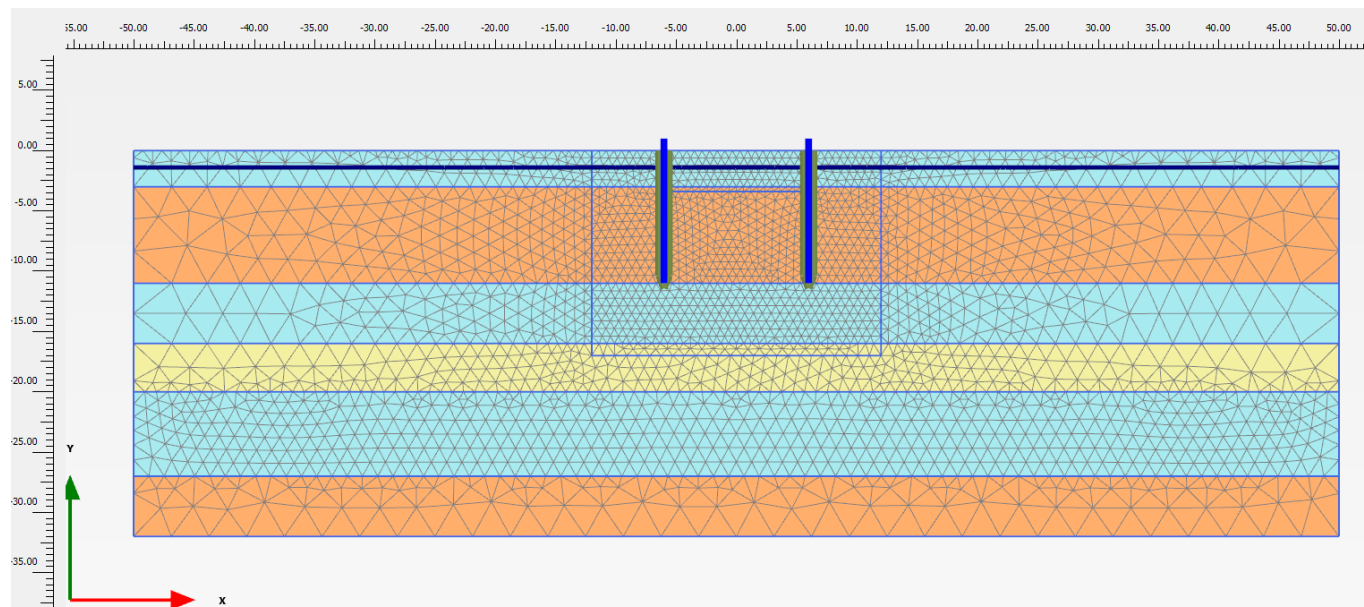


Figura 13 - Sezione 2, Realizzazione palancole

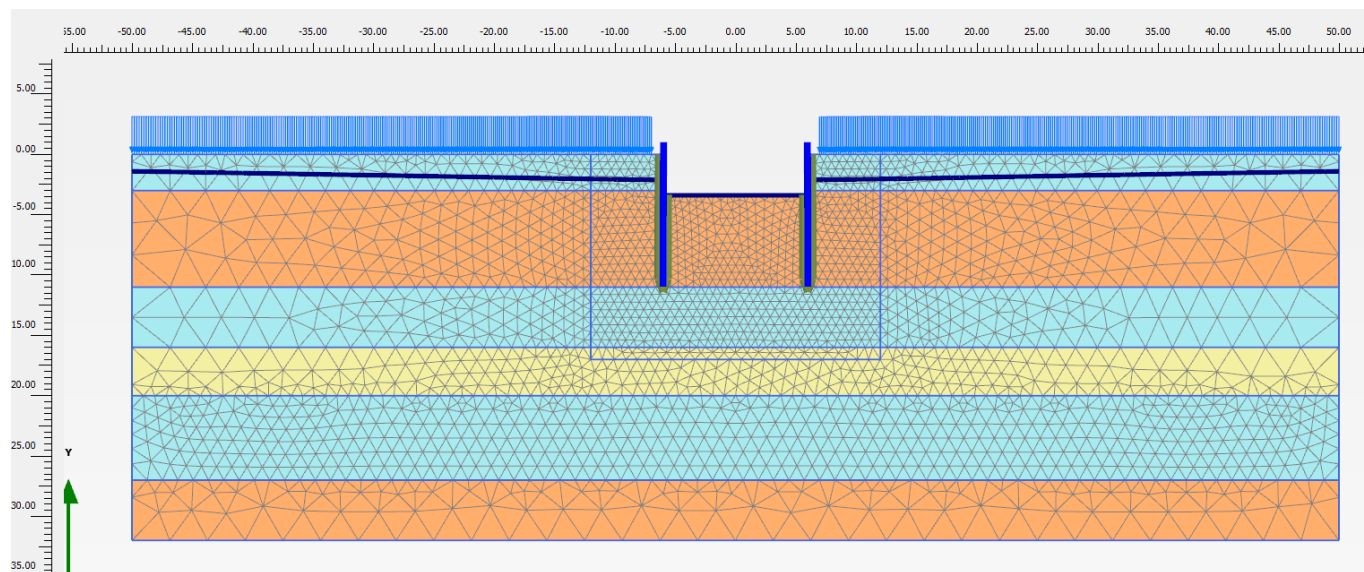


Figura 14 - Sezione 2, Scavo massimo e applicazione dei carichi

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica Documento
EI2 CL VI 01 A 1 001

Rev.
B

Foglio
22 di 65

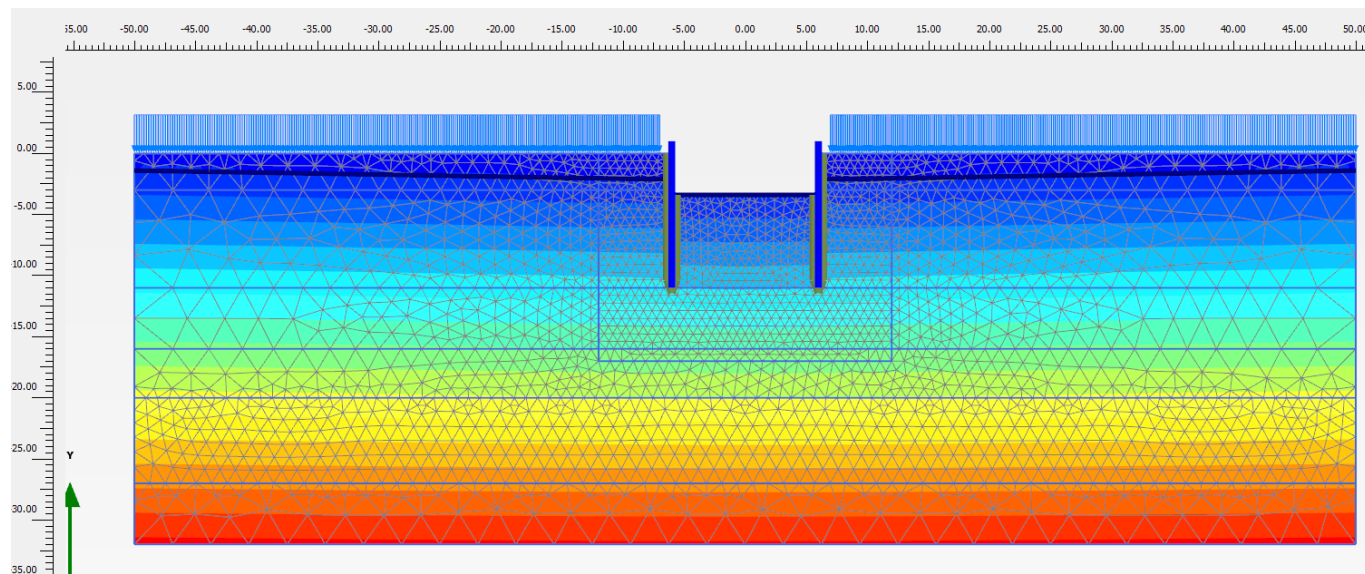


Figura 15 - Sezione 2, Pressioni neutre in fase di massimo scavo con carichi

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>				
<p>VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001</p>	<p>Rev. B</p>	<p>Foglio 23 di 65</p>	

4.9 Principali risultati delle analisi

Nelle seguenti immagini, per ogni sezione di calcolo, si riporta:

- il campo di spostamenti totali al raggiungimento del fondo scavo massimo;
- gli spostamenti delle palancole in rappresentazione vettoriale;
- le azioni interne di momento flettente, azione assiale e taglio sulle palancole, come involucro di tutte le fasi esecutive modellate;
- la tabella riassuntiva delle azioni interne massime nelle palancole;
- evidenza della verifica di stabilità globale.

4.9.1 Sezione 1

Questa sezione di calcolo presenta palancole PU18 di lunghezza 12.0 m, la falda è posta a -1.7 m dal p.c. e lo scavo massimo risulta a -3.3 m da p.c..

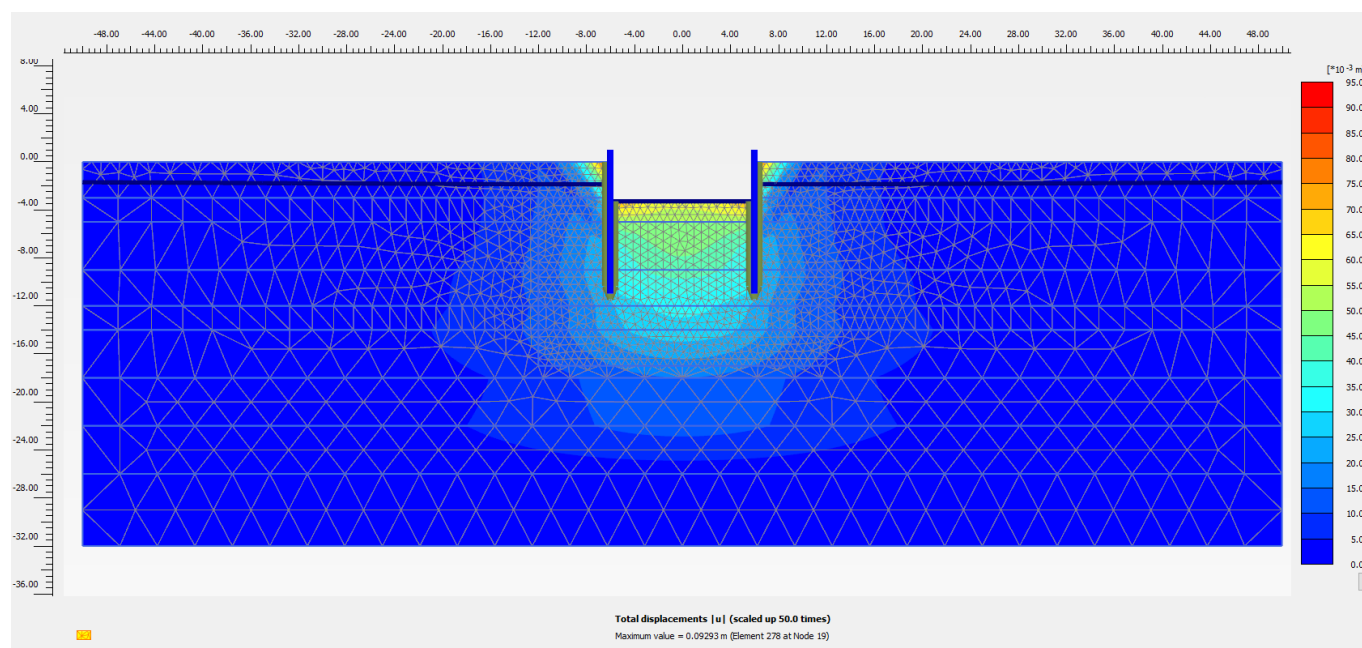


Figura 16 - Sezione 1, Spostamenti totali in fase di scavo massimo

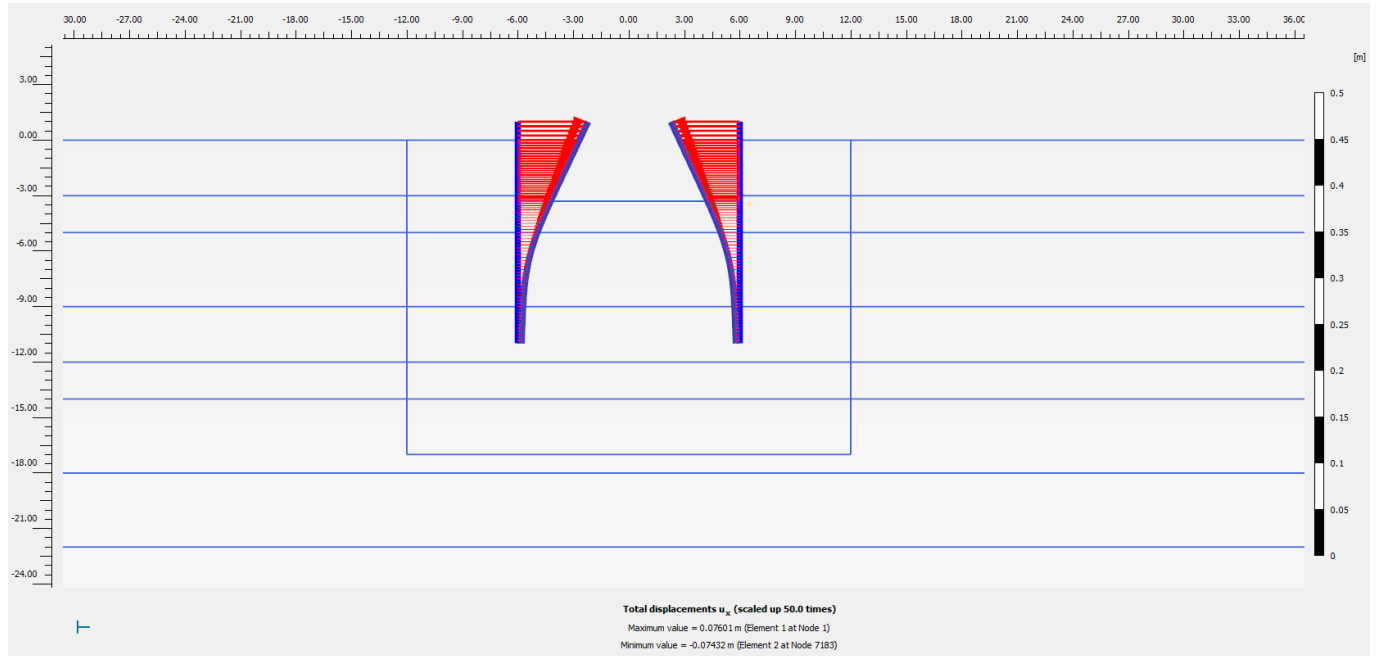


Figura 17 - Sezione 1, Spostamenti totali palancole SLE

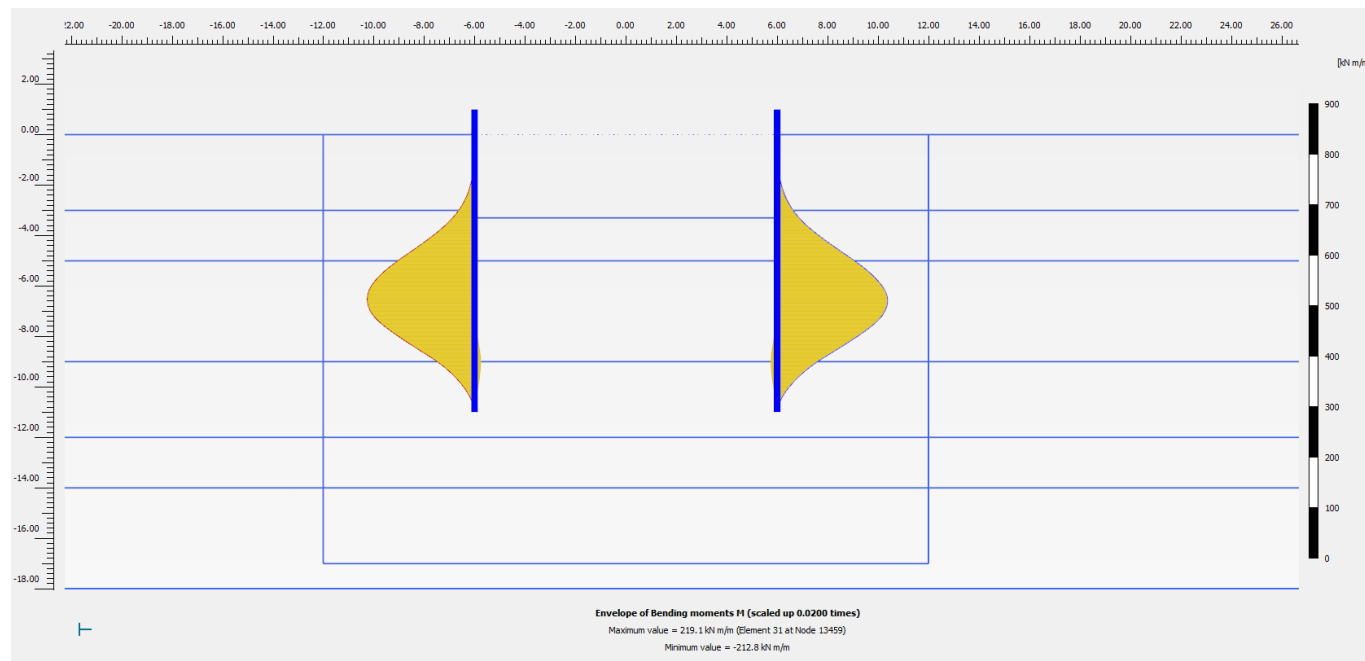


Figura 18 - Sezione1, Inviluppo del momento flettente palancole (Fase 5: SLU/1.3)

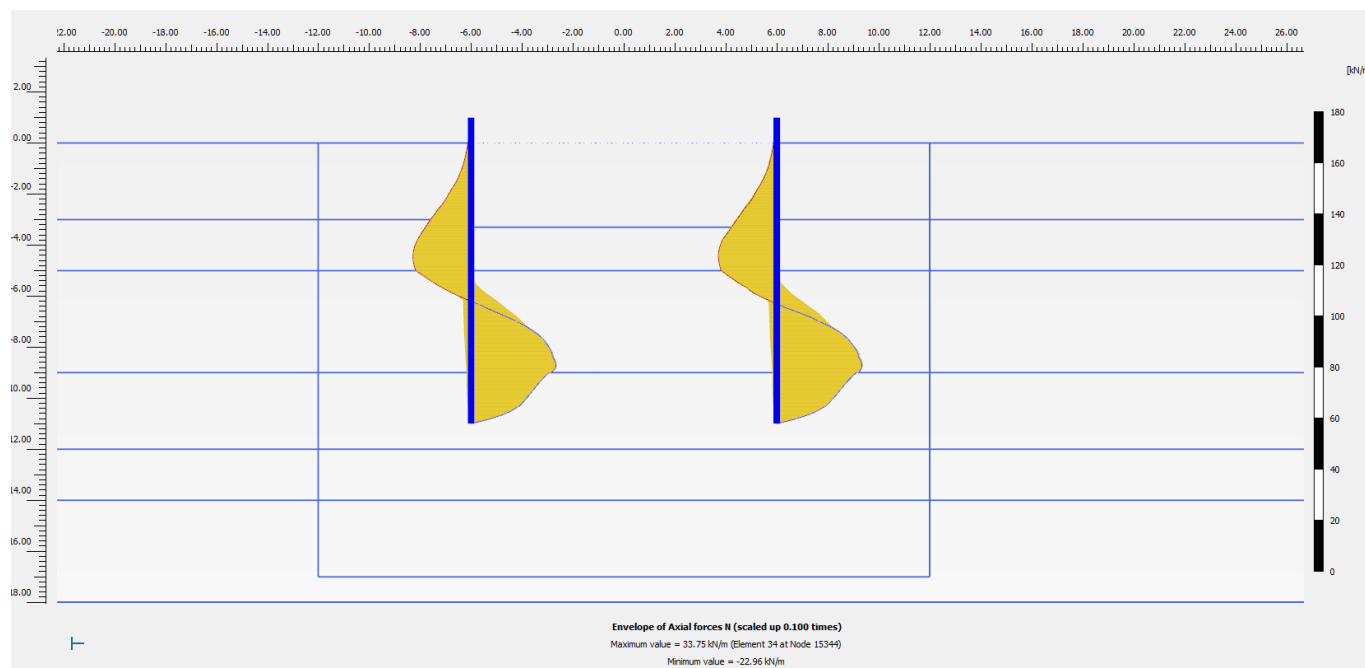


Figura 19 - Sezione 1, Inviluppo dell'azione assiale palancole (Fase 5: SLU/1.3)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 26 di 65

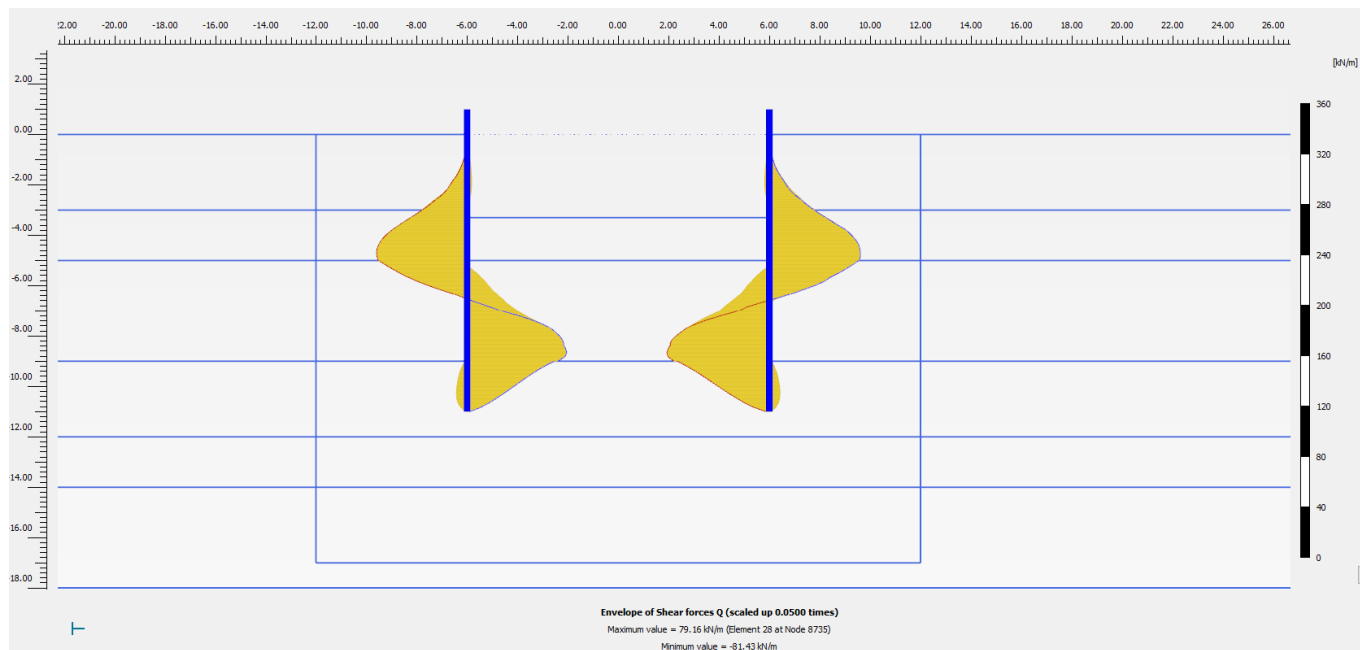


Figura 20 - Sezione 1, Involuppo del taglio palancole (Fase 5: SLU/1.3)

Nella seguente tabella si riportano sinteticamente i massimi risultati in termini di azione interne sulle palancole, finalizzati alle verifiche di resistenza. I valori delle sollecitazioni allo SLU si ottengono amplificando i risultati della fase di calcolo 5 per il coefficiente parziale $\gamma_A = 1.3$, in accordo a quanto esplicitato nel precedente paragrafo 4.8.

Tabella 6 - Sintesi risultati palancole

Paratia di Palancole	Fase 5: SLU/1.3	SLU
azione assiale massima, Nmax [kN/m]	33.8	43.9
momento massimo, Mmax [kNm/m]	219.1	284.8
taglio massimo, Tmax [kN/m]	81.4	105.8
Spostamento max [mm]	76	

Nelle seguenti immagini si espongono nell'ordine il campo di spostamenti globali e i punti di plasticizzazione ottenuti al termine dell'analisi *c-φ-reduction* effettuata con la finalità di soddisfare la verifica di stabilità globale dell'opera in condizioni di scavo massimo. Nella successiva immagine si riporta anche il diagramma dell'incremento del fattore di sicurezza con lo spostamento totale di un punto di controllo. Quest'ultimo evidenzia che il fattore di sicurezza alla stabilità globale ottenuto è superiore al minimo imposto dalla normativa, pari a 1.375, pertanto la verifica di stabilità globale è soddisfatta.

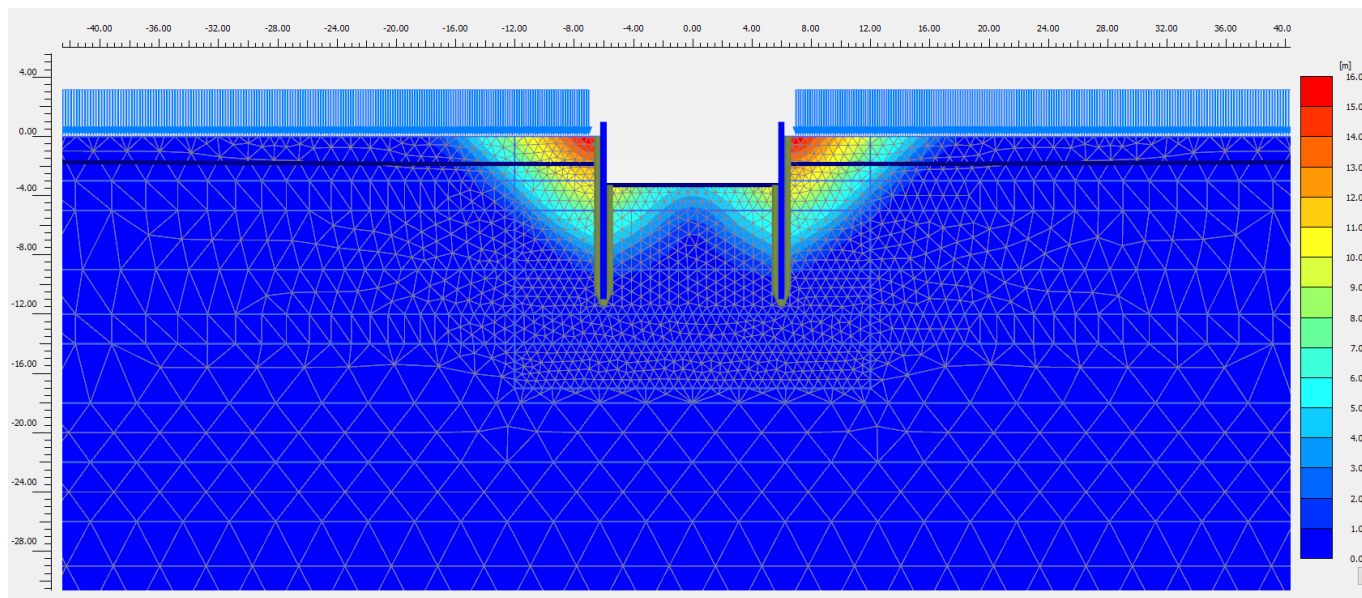


Figura 21 - Sezione 1, Individuazione del cinematiso di potenziale instabilità

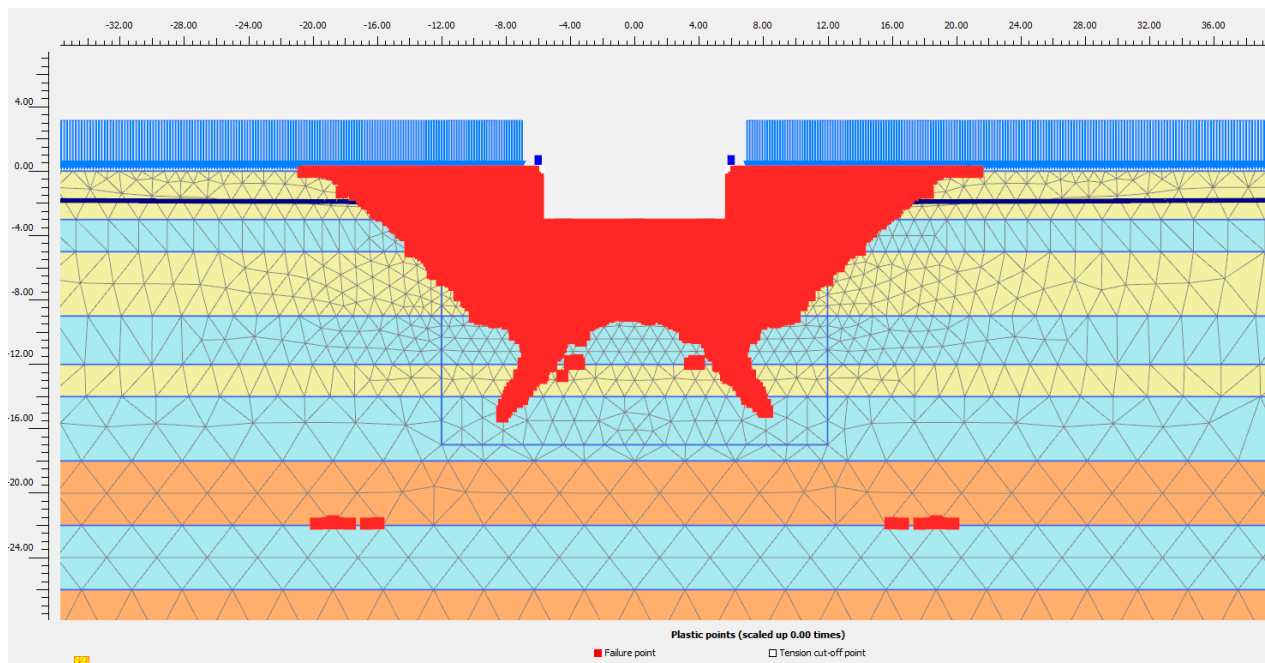


Figura 22 - Sezione 1, Punti di plasticizzazione al termine della verifica di stabilità globale

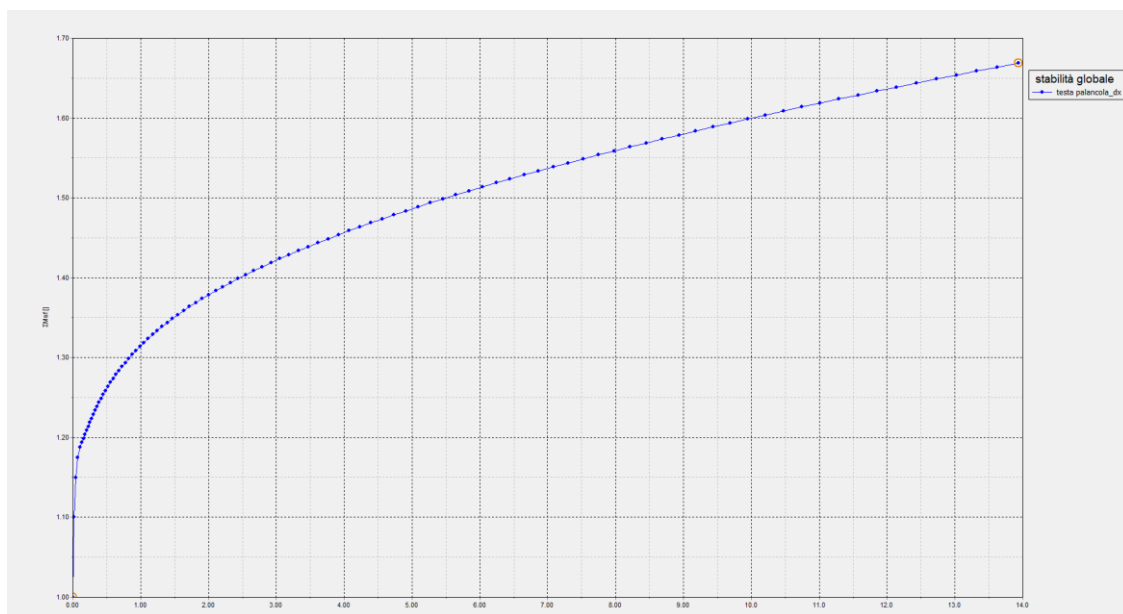


Figura 23 - Sezione 1, Sicurezza alla stabilità globale vs spostamento totale del punto di controllo ($FS > 1.1 \times 1.25 = 1.375$)

4.9.2 Sezione 2

Questa sezione di calcolo presenta palancole PU18 di lunghezza 12.0 m, la falda è posta a -1.4 m dal p.c. e lo scavo massimo risulta di circa -3.4 m da p.c..

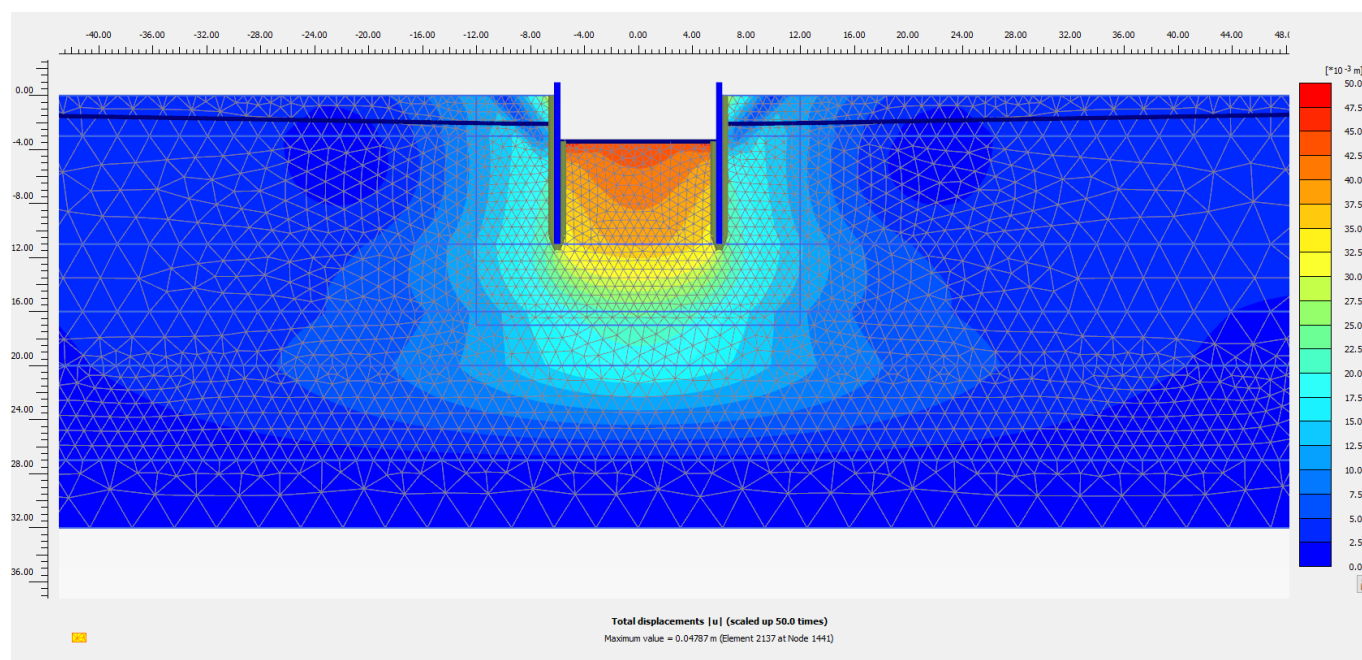


Figura 24 – Sezione 2, Spostamenti totali in fase di scavo massimo



Figura 25 - Sezione 2, Spostamenti totali palancole SLE

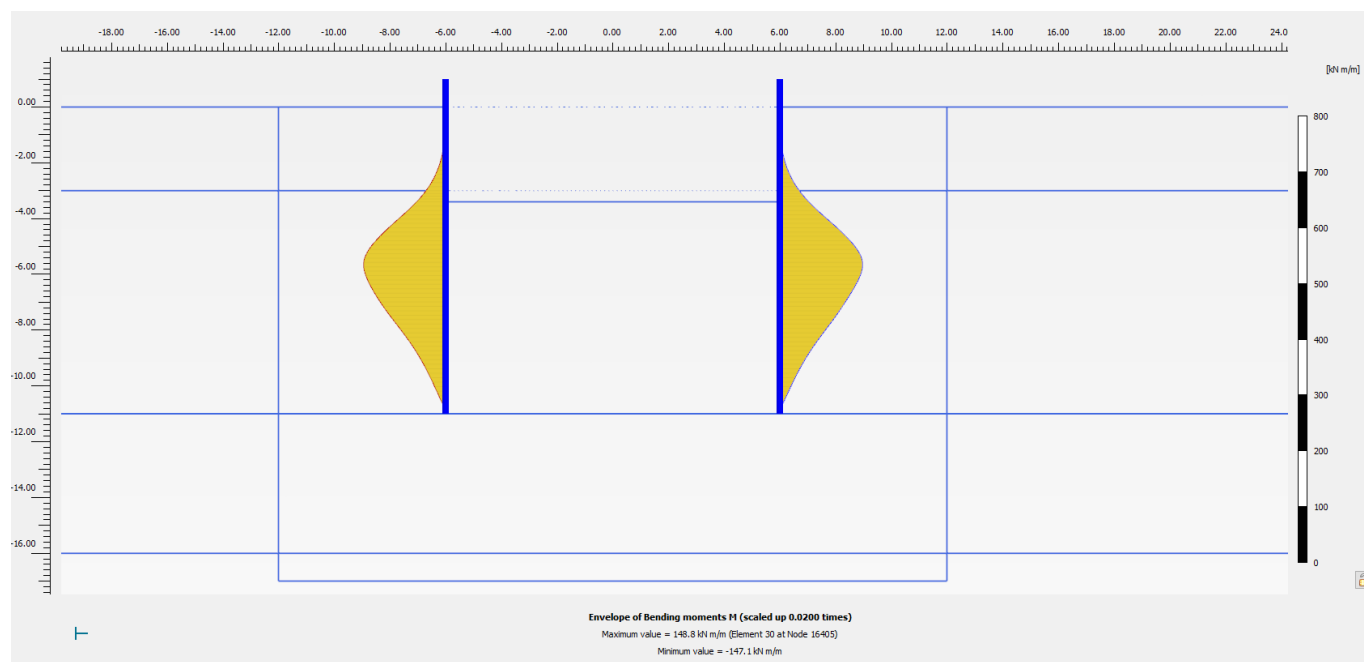


Figura 26 – Sezione 2, Involuppo del momento flettente palancole (Fase 5: SLU/1.3)

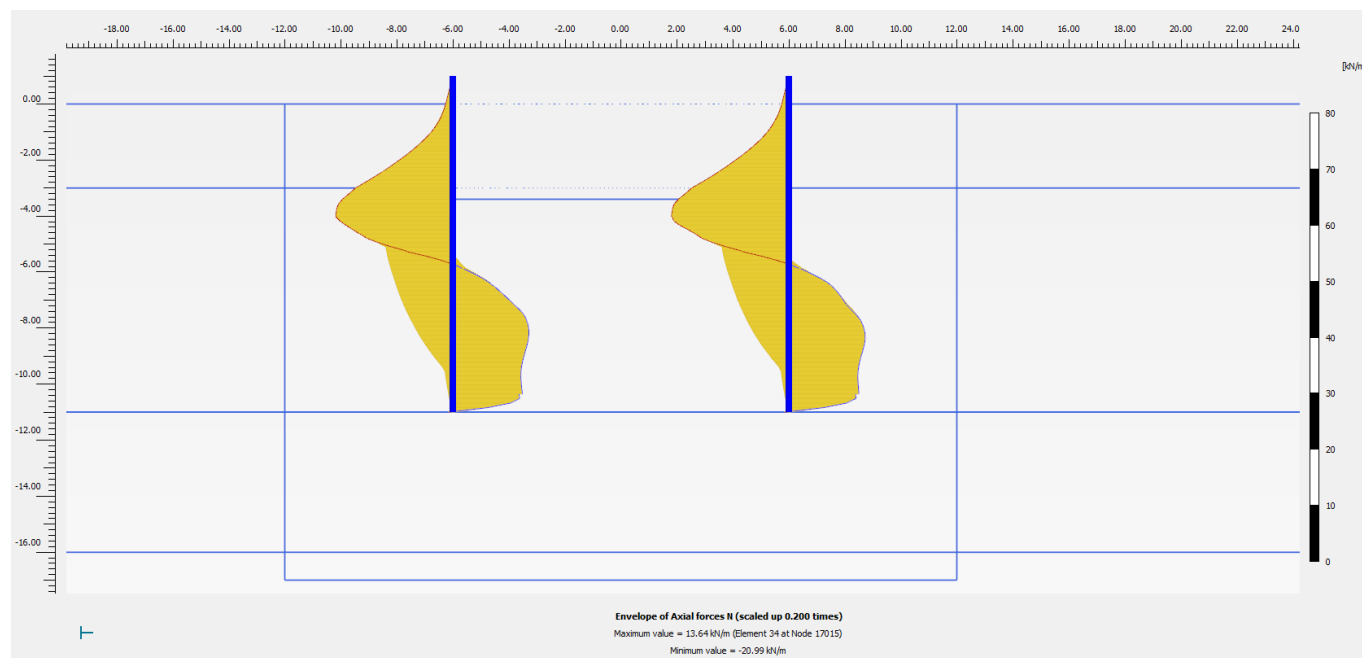


Figura 27 - Sezione 2, Involuppo dell'azione assiale palancole (Fase 5: SLU/1.3)

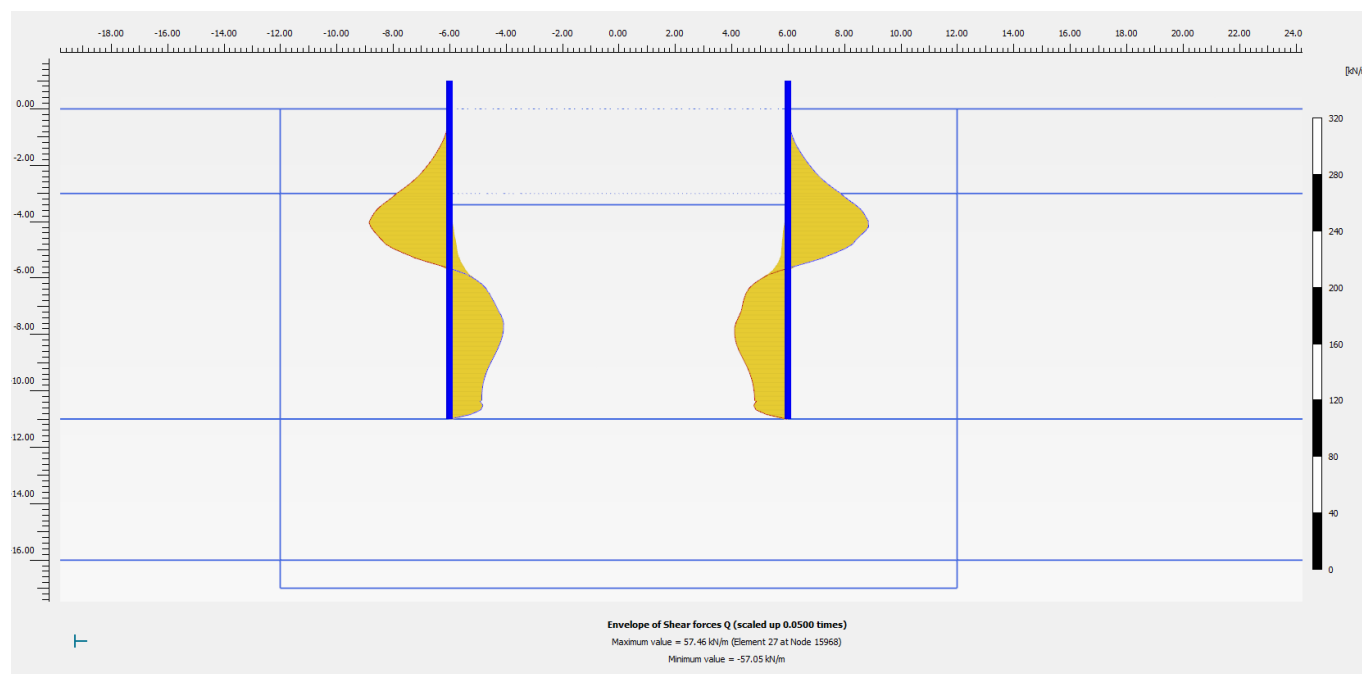


Figura 28 - Sezione 2, Involuppo del taglio palancole (Fase 5: SLU/1.3)

Nella seguente tabella si riportano sinteticamente i massimi risultati in termini di azione interne sulle palancole, finalizzanti le verifiche di resistenza. I valori delle sollecitazioni allo SLU si ottengono amplificando i risultati della fase di calcolo 5 per il coefficiente parziale $\gamma_A = 1.3$, in accordo a quanto esplicitato nel precedente paragrafo 4.8.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 31 di 65	

Tabella 7 - Sintesi risultati palancole

Paratia di Palancole	Fase 5:SLU/1.3	SLU
azione assiale massima, Nmax [kN/m]	20.99	27.3
momento massimo, Mmax [kNm/m]	148.8	193.4
taglio massimo, Tmax [kN/m]	57.5	74.8
Spostamento max [mm]	36	

Nelle seguenti immagini si espongono nell'ordine il campo di spostamenti globali e i punti di plasticizzazione ottenuti al termine dell'analisi *c-φ-reduction* effettuata con la finalità di soddisfare la verifica di stabilità globale dell'opera in condizioni di scavo massimo. Nella successiva immagine si riporta anche il diagramma dell'incremento del fattore di sicurezza con lo spostamento totale di un punto di controllo. Quest'ultimo evidenzia che il fattore di sicurezza alla stabilità globale ottenuto è superiore al minimo imposto dalla normativa, pari a 1.375, pertanto la verifica di stabilità globale è soddisfatta.

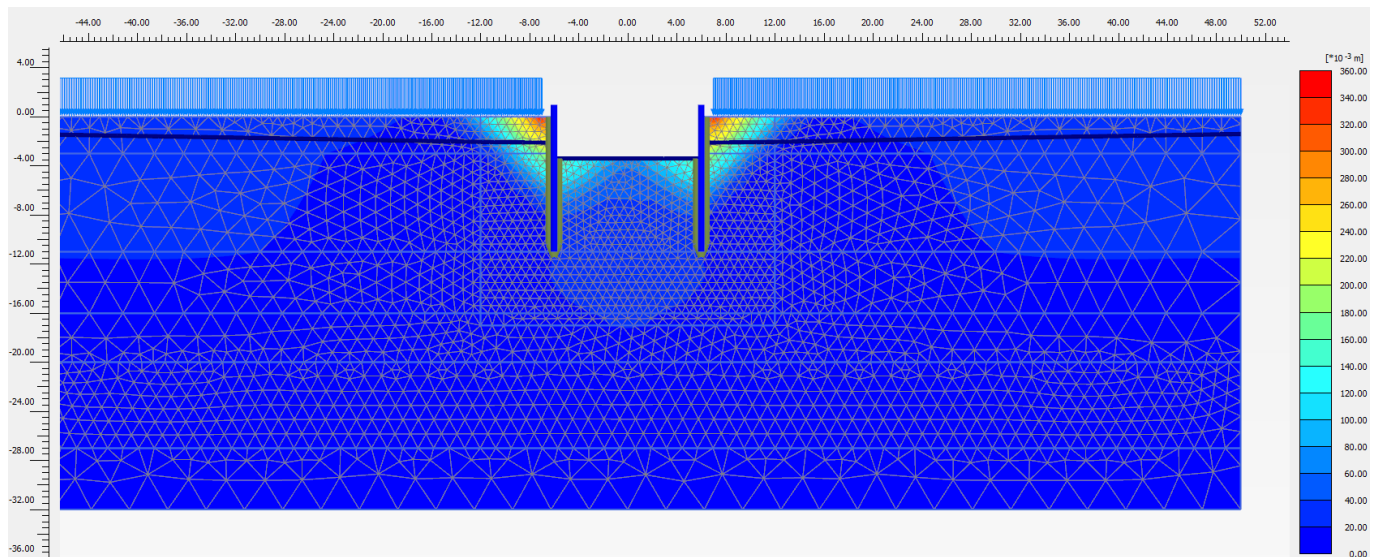


Figura 29 - Sezione 2, Individuazione del cinematismo di potenziale instabilità

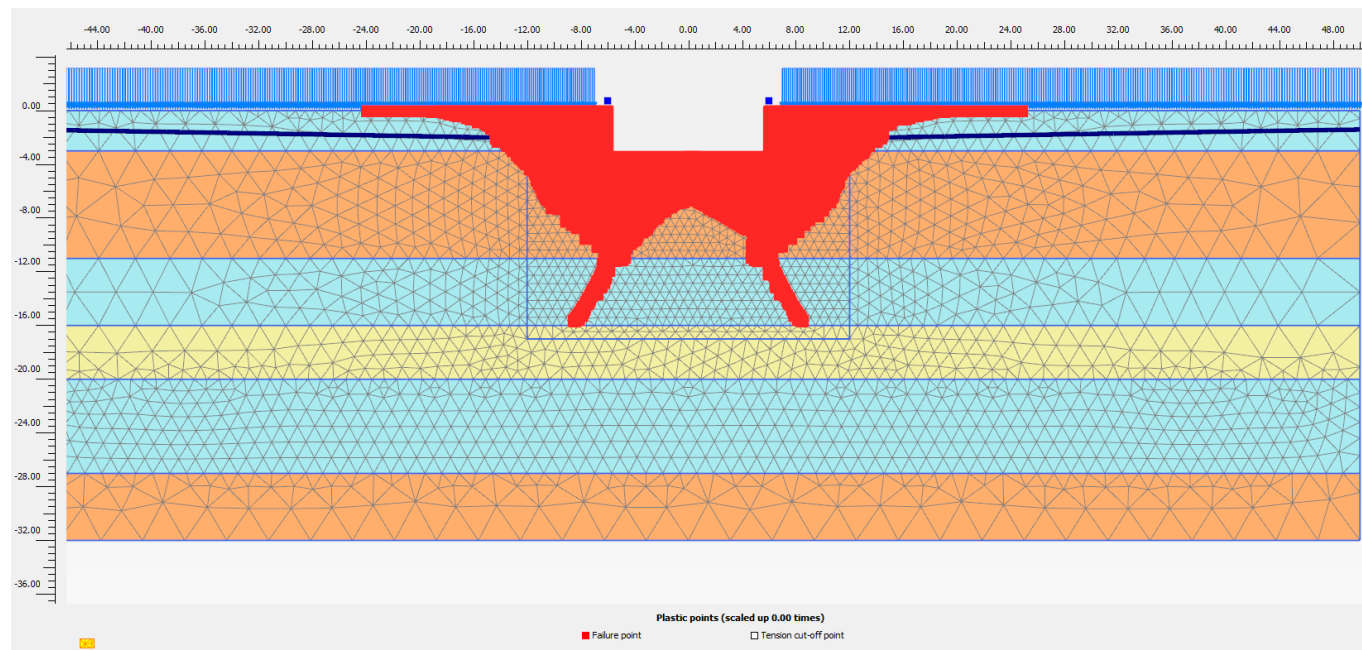


Figura 30 - Sezione 2, Punti di plasticizzazione al termine della verifica di stabilità globale

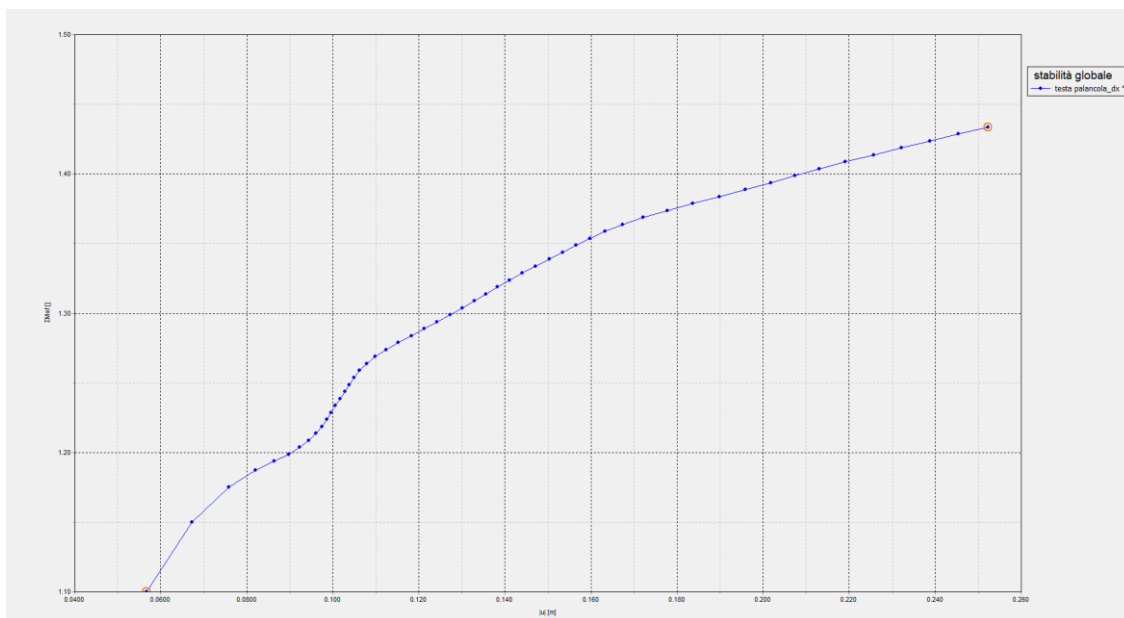


Figura 31 - Sezione 2, Sicurezza alla stabilità globale vs spostamento totale del punto di controllo ($FS > 1.1 \times 1.25 = 1.375$)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 33 di 65

4.9.3 Stima portate di emungimento

Tale stima viene eseguita per entrambe le sezioni dove comunque sono stati ottenuti risultati simili. In particolare per la sezione 2, si fornisce una stima della portata di aggotamento: 8 m³/ giorno, valutata considerando il problema simmetrico e quindi moltiplicando per due la stima di portata (q) desunta dalla seguente sezione (A-A) e considerando una lunghezza (L) amplificata cautelativamente del 20%. Tale stima di portata è puramente indicativa e per il dimensionamento del sistema di emungimento dovranno essere applicati fattori di sicurezza almeno pari a 4.

q=	3.13E ⁻⁰⁶	m3/s/m
L=	14.8	m
Qtot=	8	m3/day

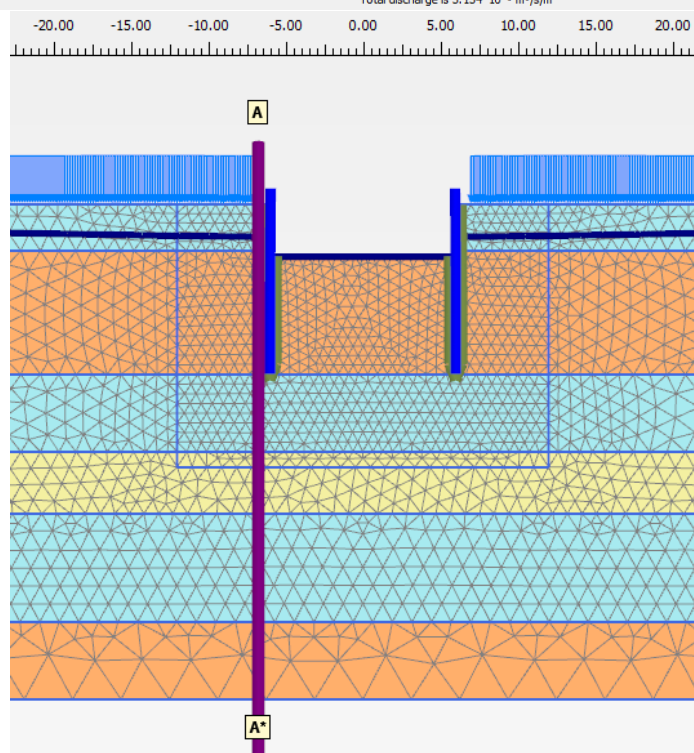
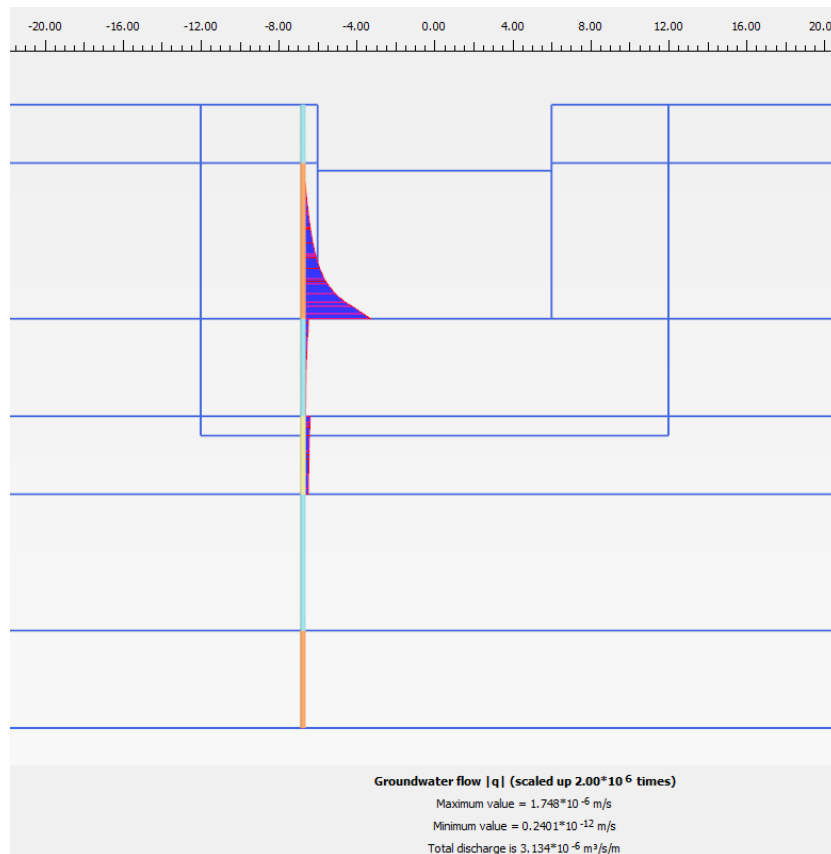


Figura 32 - Sezione A-A – stima portata q – sezione 2

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 35 di 65	

4.10 Verifiche di resistenza palancole

Per le palancole si adotta la metodologia di verifica in accordo con la normativa italiana vigente (N.T.C.'08) e con l'Eurocodice 3 (EN 1993-5). Per le verifiche si considera cautelativamente per l'acciaio $f_{yk} = 270$ MPa.

Le azioni interne allo stato limite ultimo, N_{Ed} , M_{Ed} and V_{Ed} , sono ottenute dal paragrafo 4.9.

Si determina quindi:

$$M_{Rd} = W_{pl} \cdot f_{yd} \cdot \beta_B \quad \text{momento resistente di progetto per sezioni di classe 1 e 2}$$

dove:

W_{pl} è il modulo di resistenza plastico

β_B è un coefficiente riduttivo per palancole a U, dipendente dal numero di palancole interconnesse e dal tipo di suolo

$$V_{Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad \text{resistenza a taglio di progetto}$$

Se la forza di taglio agente di progetto V_{Ed} è maggiore del 50% della resistenza di progetto V_{Rd} , il momento resistente si riduce secondo la seguente espressione:

$$M_{Rd} = \left(\beta_B \cdot W_{pl} - \frac{\rho \cdot A_v^2}{4 t_w \cdot \sin \alpha} \right) f_{yd} \quad \text{momento resistente ridotto}$$

$$\rho = (2V_{Ed} / V_{Rd} - 1)^2$$

Data l'azione assiale resistente del palancoleto $N_{Rd} = A \cdot f_{yd}$, dove A è la sezione resistente, se il rapporto N_{Ed}/N_{Rd} è maggiore di 0.25 per palancole ad U, o maggiore di 0.1 per palancole a Z, il momento resistente si riduce secondo la seguente espressione:

$$M_{N,Rd} = k \cdot M_{Rd} \left(1 - N_{Ed} / N_{Rd} \right) \leq M_{Rd} \quad \text{momento resistente ridotto}$$

dove:

$k = 1.33$ per palancole ad U

$k = 1.11$ per palancole a Z

Essendo $N_{Ed} \leq N_{Rd}$, $M_{Ed} \leq M_{N,Rd} \leq M_{Rd}$, $V_{Ed} \leq V_{Rd}$, come mostrato nelle seguenti tabelle, la verifica è soddisfatta.

 IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17 Lotto 12 Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001 Rev. B Foglio 36 di 65

4.10.1 Sezione 1

Tipo di profilo:	U_Z_Sheet_Pile			
Profilo:	PU 18			
Classe acciaio:	S 270			
$f_{yk} =$	270	N/mm ²	tensione di snervamento caratteristica	
$\gamma_{m,slu} =$	1.05		fattore parziale	
$f_{yd} =$	257	N/mm ²	tensione di snervamento di progetto	
$N_{Ed} =$	43.9	kN/m	axial load	
$M_{Ed} =$	284.8	kN·m/m	bending moment	
$V_{Ed} =$	105.8	kN/m	shear	
classe:	2			
tipo:	U			
$W_{el} =$	1800	cm ³ /m	modulo di resistenza elastico - asse forte	
$A =$	163	cm ² /m	area	
$W_{pl} =$	2134	cm ³ /m	modulo di resistenza plastico - asse forte	
$A_v =$	62.8	cm ² /m	area resistente a taglio	
$b =$	600	mm	larghezza	
$h =$	430	mm	altezza	
$t_w =$	9	mm	spessore anima	
$t_f =$	11.2	mm	spessore ali	
$\alpha =$	57.5°	deg	inclinazione dell'anima	
$\beta_B =$	1.0		coefficiente riduttivo	
$n =$	0.01		axial load strength ratio	

Tabella 8 - Verifica di resistenza (Sezione 1) -PU18

VERIFICA IN CAMPO ELASTICO/PLASTICO							
AZIONI DI PROGETTO			RESISTENZE DI PROGETTO				VERIFICA
(F_{Ed})			(R_d)				(>1)
N_{Ed}	M_{Ed}	V_{Ed}	N_{Rd}	M_{Rd}	V_{Rd}	$M_{N,Rd}$	$(R_d/F_{Ed})_{min}$
kN/m	kNm/m	kN/m	kN/m	kNm/m	kN/m	kNm/m	--
43.9	284.8	105.8	4191	549	933	549	1.93

OK

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE					
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<table border="1"> <tr> <td>Progetto IN17</td> <td>Lotto 12</td> <td>Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001</td> <td>Rev. B</td> <td>Foglio 37 di 65</td> </tr> </table>	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 37 di 65
Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 37 di 65		

4.10.2 Sezione 2

Tipo di profilo:	U_Z_Sheet_Pile			
Profilo:	PU 18			
Classe acciaio:	S 270			
$f_{yk} =$	270	N/mm ²	tensione di snervamento caratteristica	
$\gamma_{m,slu} =$	1.05		fattore parziale	
$f_{yd} =$	257	N/mm ²	tensione di snervamento di progetto	
$N_{Ed} =$	27.3	kN/m	axial load	
$M_{Ed} =$	193.4	kN·m/m	bending moment	
$V_{Ed} =$	74.8	kN/m	shear	
classe:	2			
tipo:	U			
$W_{el} =$	1800	cm ³ /m	modulo di resistenza elastico - asse forte	
$A =$	163	cm ² /m	area	
$W_{pl} =$	2134	cm ³ /m	modulo di resistenza plastico - asse forte	
$A_v =$	62.8	cm ² /m	area resistente a taglio	
$b =$	600	mm	larghezza	
$h =$	430	mm	altezza	
$t_w =$	9	mm	spessore anima	
$t_f =$	11.2	mm	spessore ali	
$\alpha =$	57.5°	deg	inclinazione dell'anima	
$\beta_B =$	1.0		coefficiente riduttivo	
$n =$	0.01		axial load strength ratio	

Tabella 9 - Verifica di resistenza (Sezione 2) - PU18

VERIFICA IN CAMPO ELASTICO/PLASTICO							
AZIONI DI PROGETTO			RESISTENZE DI PROGETTO				VERIFICA
(F_{Ed})			(R_d)				(>1)
N_{Ed}	M_{Ed}	V_{Ed}	N_{Rd}	M_{Rd}	V_{Rd}	$M_{N,Rd}$	$(R_d/F_{Ed})_{min}$
kN/m	kNm/m	kN/m	kN/m	kNm/m	kN/m	kNm/m	--
27.3	193.4	74.8	4191	549	933	549	2.84

OK

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 38 di 65

4.11 Verifiche nei confronti degli stati limite idraulici

Sifonamento

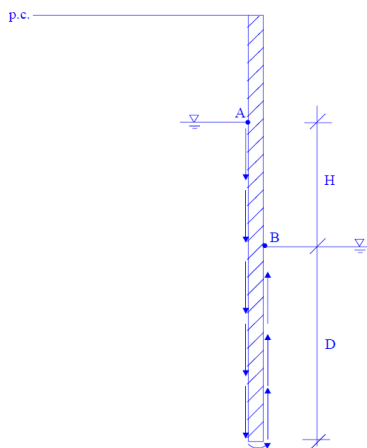
In un terreno privo di legami coesivi, in presenza di filtrazione ascendente quando il gradiente idraulico è prossimo al valore critico $i = i_c \approx 1$, si annullano le forze intergranulari, si annulla la resistenza del terreno e le particelle solide possono essere trasportate dall'acqua in movimento, dando origine ad un fenomeno progressivo di erosione che conduce al collasso della struttura del terreno. Tale fenomeno è noto come instabilità idrodinamica (o sifonamento). Il fattore di sicurezza globale nei confronti del sifonamento è il rapporto tra il gradiente idraulico critico, $i_c \approx 1.0$, e quello presente in esercizio (gradiente di efflusso), i_E :

$$FS = i_c / i_E \approx 1 / i_E$$

In via cautelativa, con riferimento al percorso di filtrazione più corto (situazione più critica), nell'ipotesi di perdita di carico lineare con la profondità e trascurando lo spessore della paratia, il gradiente di efflusso, i_E è dato da:

$$i_E = H / (H + 2 \cdot D)$$

dove H è la differenza di carico idraulico monte-valle e D è la profondità di infissione della paratia misurata sotto il fondo scavo.



	H scavo	H	D	i_E	FS
Sezione 1	3.3 m	1.6 m	7.7 m	0.09	10.6
Sezione 2	3.4 m	1.9 m	7.6 m	0.11	9.1

Si tratta quindi di gradienti di efflusso piuttosto bassi, tali da evitare il pericolo di sifonamento.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 39 di 65

Nel seguito si esprime la verifica di sifonamento in termini di pressioni come richiesto da NTC 2008, le pressioni totali a fondo scavo dovranno essere maggiori delle pressioni idrostatiche instabilizzanti:

$$U_{inst,d} \leq \sigma_{stb,d}$$

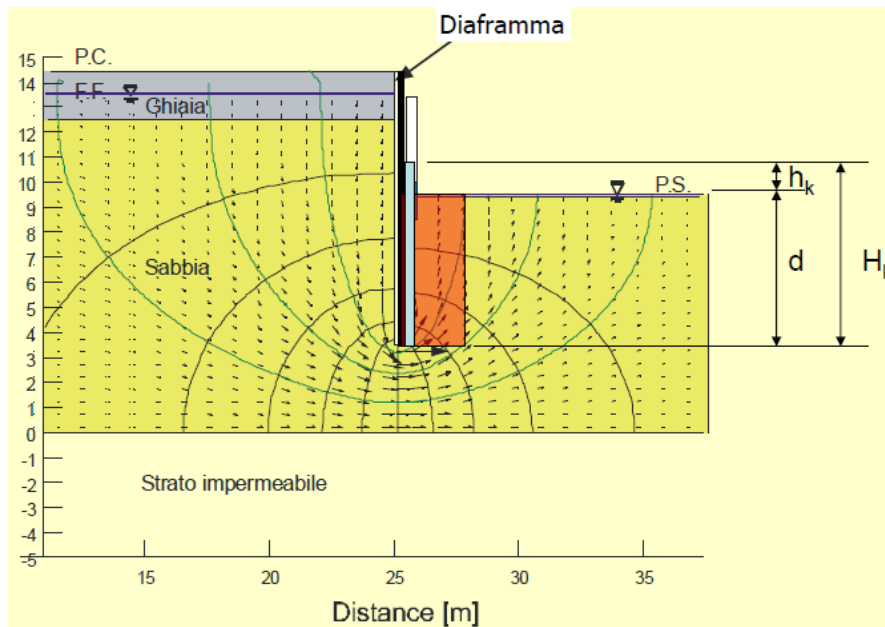


Figura 33 – Schema reticolo di filtrazione per verifica sifonamento

In termini di tensioni totali si verifica:

$$\gamma_{G,inst} (\gamma_w \cdot H_k) \leq \gamma_{G,std} (\gamma_{sat,k} \cdot d)$$

$$1.3 \cdot (\gamma_w \cdot H_k) \leq 0.9 \cdot (\gamma_{sat,k} \cdot d)$$

Dove:

$\gamma_{G,inst} = 1.3$; $\gamma_{G,std} = 0.9$ coefficienti parziali di normativa NTC 2008.

γ_w = peso dell'acqua; $\gamma_{sat,k}$ = peso di volume del terreno (19 kN/m^3).

H_k ; d = profondità indicate come da schema di Figura 33.

Nel caso in esame si valutano le pressioni al piede della paratia dal modello di calcolo Plaxis (vedasi figure seguenti) da cui si ricava H_k e quindi le pressioni delle seguenti relazioni

$$1.3 \cdot (\gamma_w \cdot H_k)$$

$$0.9 \cdot (\gamma_{sat,k} \cdot d)$$

Quindi da tabella seguente si verifica che: $1.3 \cdot (\gamma_w \cdot H_k) \leq 0.9 \cdot (\gamma_{sat,k} \cdot d)$.

La verifica è soddisfatta.

	H_k [m]	d [m]	$1.3 \cdot (\gamma_w \cdot H_k)$ [kPa]	$0.9 \cdot (\gamma_{sat,k} \cdot d)$ [kPa]
Sezione 1	9.4	7.7	122.2	128.2
Sezione 2	8.5	7.6	110.5	126.5

Per la sezione 1 si esegue la verifica prendendo i valori delle pressioni dal modello di calcolo Plaxis (vedasi figure seguenti); da cui al piede della paratia si ha rispettivamente una pressione di 93.8 kPa, che corrisponde a $H_k = 9.4$ m.

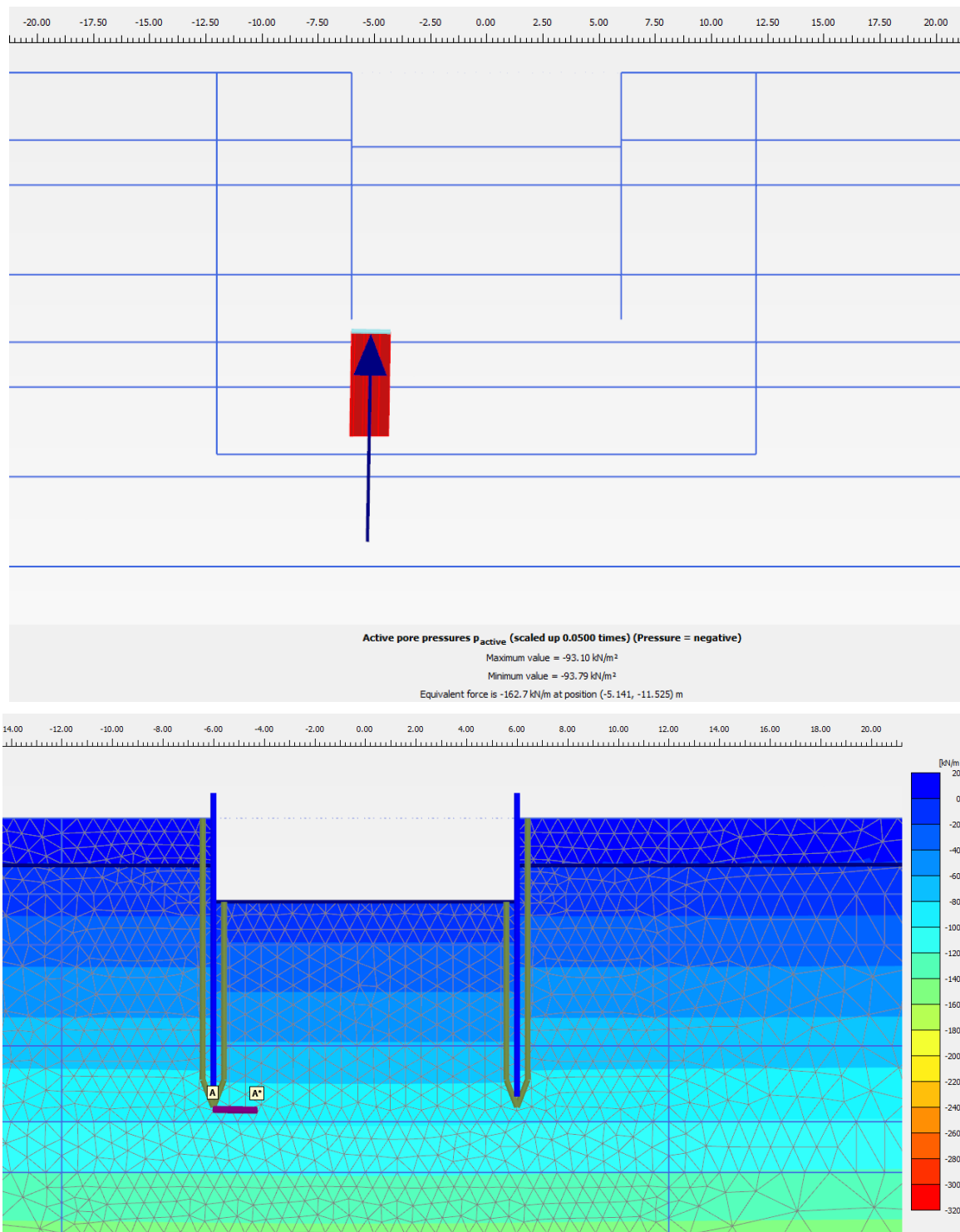


Figura 34 – sezione 1

Per la sezione 2 si esegue la verifica prendendo i valori delle pressioni dal modello di calcolo Plaxis (vedasi figure seguenti); da cui al piede della paratia si ha rispettivamente una pressione di 85.4 kPa, che corrisponde a $H_k = 8.5$ m.

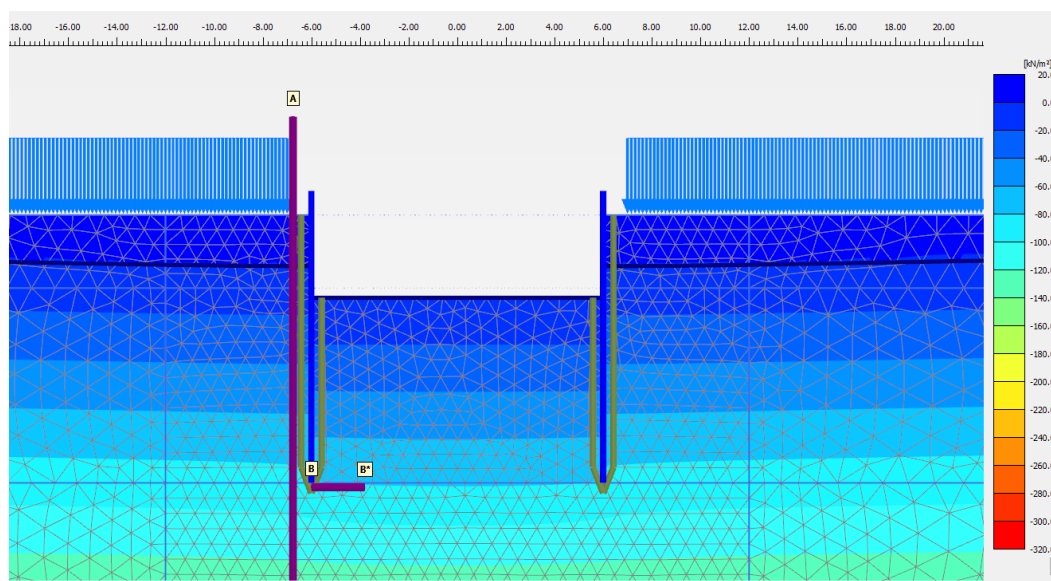
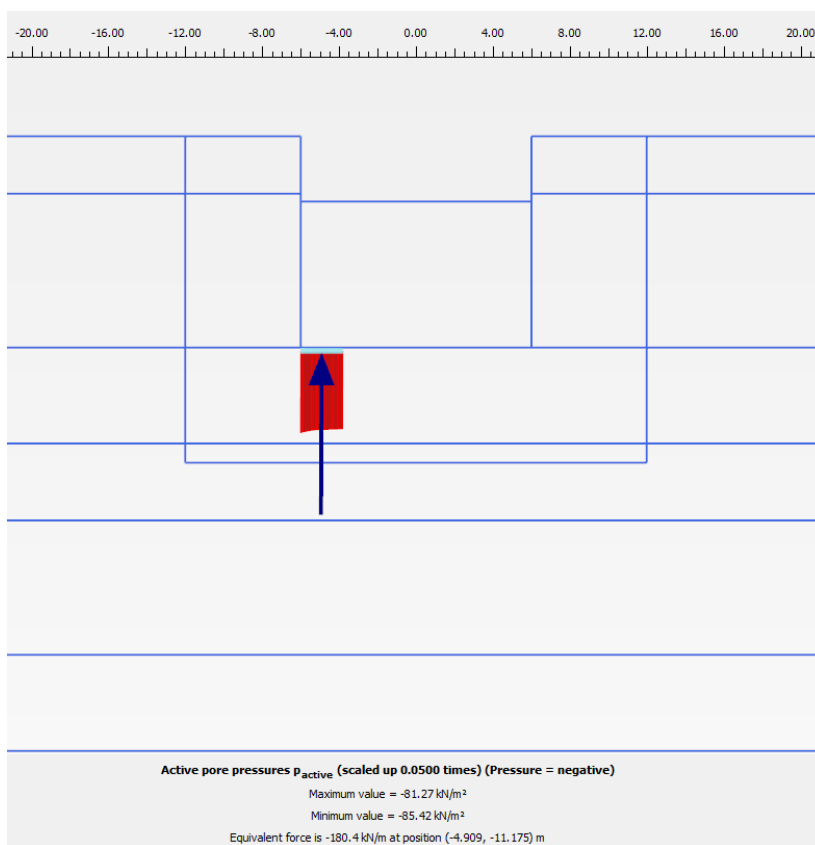


Figura 35 – sezione 2






GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 42 di 65	

5 ALLEGATO A. Tabulato di calcolo Plaxis

5.1 Tabulati di calcolo sezione 1

PLAXIS Report

1.1.1.1.1 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb

Identification	Sabbia (3a)	Sabbia (3a)_Interface	Argilla (3b)	Argilla (3b)_Interface	Sabbia (4)
Identification number	1	2	3	4	5
Drainage type	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained
Colour					
Comments					
γ_{unsat}	kN/m ³ 18.50	18.50	18.50	18.50	19.00
γ_{sat}	kN/m ³ 18.50	18.50	18.50	18.50	19.00
Dilatancy cut-off	No	No	No	No	No
e_{init}	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
e_{min}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{max}	999.0	999.0	999.0	999.0	999.0
Rayleigh α	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Rayleigh β	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
E	kN/m ² 25.00E3	15.00E3	8000	8000	45.00E3
ν (nu)	0.3000	0.3000	0.3000	0.3000	0.3000
G	kN/m ² 9615	5769	3077	3077	17.31E3
E_{oed}	kN/m ² 33.65E3	20.19E3	10.77E3	10.77E3	60.58E3
c_{ref}	kN/m ² 0.01000	0.01000	0.01000	0.01000	0.01000
ϕ (phi)	° 30.00	20.00	26.00	17.00	34.00
ψ (psi)	° 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000


Identification	Sabbia (3a)	Sabbia (3a)_Interface	Argilla (3b)	Argilla (3b)_Interface	Sabbia (4)
V_s	m/s 71.41	55.31	40.39	40.39	94.53
V_p	m/s 133.6	103.5	75.57	75.57	176.9
Set to default values	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
E_{inc}	kN/m ² /m 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
γ_{ref}	m 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
c_{inc}	kN/m ² /m 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Y_{ref}	m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m ²	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0.9783	0.9783	0.9783	0.9783	0.9783
v_u		0.4950	0.4950	0.4950	0.4950	0.4950
$K_{w,ref} / n$	kN/m ²	937.5E3	562.5E3	300.0E3	300.0E3	1.687E6
Stiffness		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Strength		Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid
R_{inter}		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
δ_{inter}		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity, dk	m ³ /s/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
R	m ² K/kW	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K_0 determination		Automatic	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic
Identification		Sabbia (3a)	Sabbia (3a)_Interface	Argilla (3b)	Argilla (3b)_Interface	Sabbia (4)
$K_{0,x} = K_{0,z}$		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$K_{0,x}$		0.5000	0.6580	0.5616	0.7076	0.4408
$K_{0,z}$		0.5000	0.6580	0.5616	0.7076	0.4408
Data set		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Type		Coarse	Coarse	Fine	Fine	Coarse
< 2 μ m	%	10.00	10.00	46.00	46.00	10.00
2 μ m - 50 μ m	%	13.00	13.00	26.00	26.00	13.00
50 μ m - 2 mm	%	77.00	77.00	28.00	28.00	77.00
Use defaults		None	None	None	None	None
k_x	m/s	0.01300E-3	0.01300E-3	0.7000E-6	0.7000E-6	0.01300E-3
k_y	m/s	0.01300E-3	0.01300E-3	0.7000E-6	0.7000E-6	0.01300E-3
$-\psi_{unsat}$	m	10.00E3	10.00E3	10.00E3	10.00E3	10.00E3
e_{init}		0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
S_s	1/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
c_k		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12	1000E12

c_s	kJ/t/K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
λ_s	kW/m/K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ρ_s	t/m ³	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Solid thermal expansion		Volumetric	Volumetric	Volumetric	Volumetric	Volumetric
α_s	1/K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D_v	m ² /s	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
f_{TV}		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

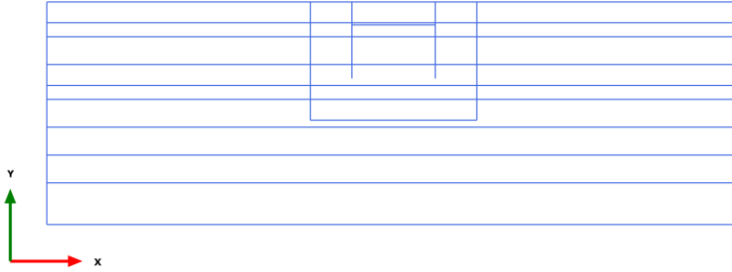
Identification	Sabbia (3a)	Sabbia (3a)_Interface	Argilla (3b)	Argilla (3b)_Interface	Sabbia (4)
Unfrozen water content	None	None	None	None	None

1.1.1.2 Materials - Plates -

Identification	U18	
Identification number	1	
Comments		
Colour		
Material type	Elastic	
Isotropic	Yes	
EA_1	kN/m	3.429E6
EA_2	kN/m	3.429E6
EI	kN m ² /m	81.16E3
d	m	0.5329
w	kN/m/m	1.260
ν (nu)	0.000	
Rayleigh α	0.000	
Rayleigh β	0.000	
Prevent punching	No	
Identification number	1	
c	kJ/t/K	0.000
λ	kW/m/K	0.000

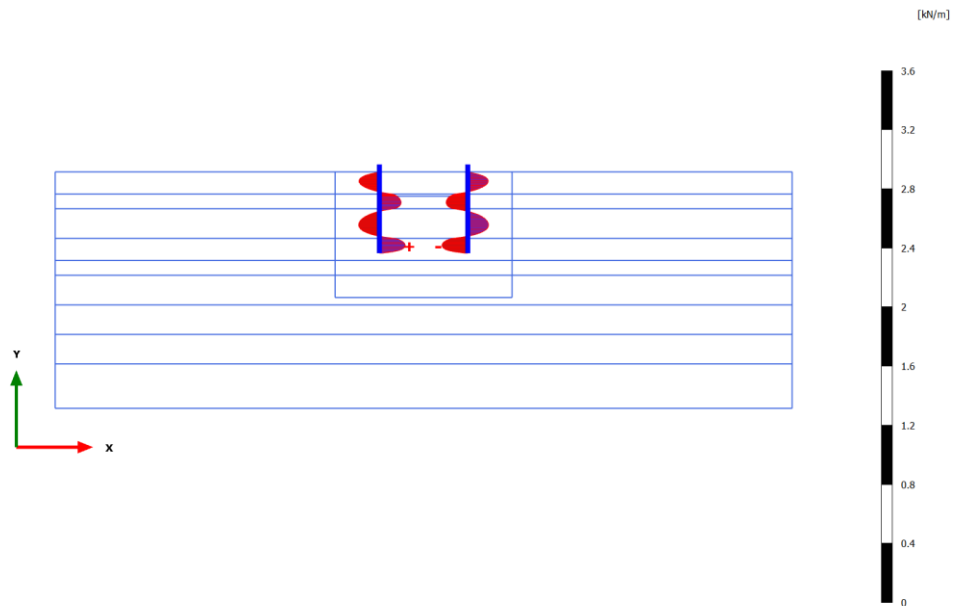
Identification	U18	
ρ	t/m ³	0.000
α	1/K	0.000

3.1.1.1.1 Calculation results, Plate, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Shear forces Q



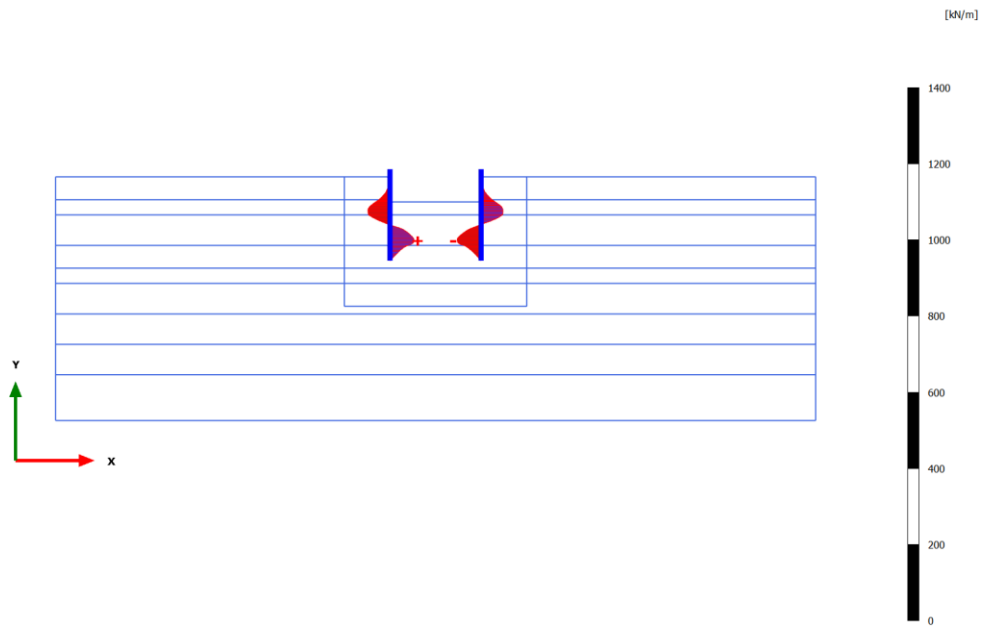
Shear forces Q (scaled up 1.00 times)
No results

3.1.1.1.2 Calculation results, Plate, Palancolato [Phase_2] (2/5), Shear forces Q



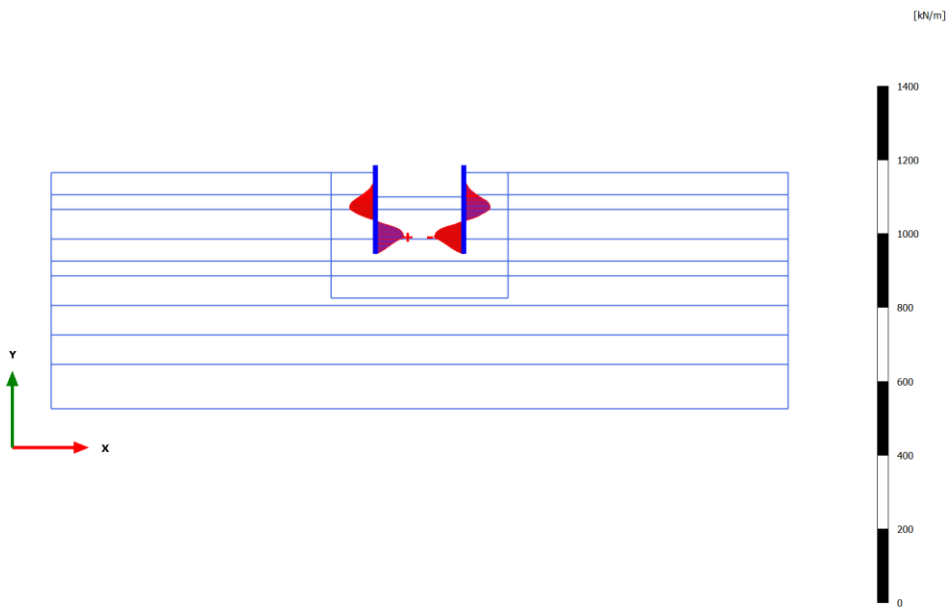
Shear forces Q (scaled up 20.0 times)
Maximum value = 0.1757 kN/m (Element 36 at Node 11297)
Minimum value = -0.1757 kN/m (Element 39 at Node 16698)

3.1.1.1.3 Calculation results, Plate, Savo max [Phase_3] (3/380), Shear forces Q



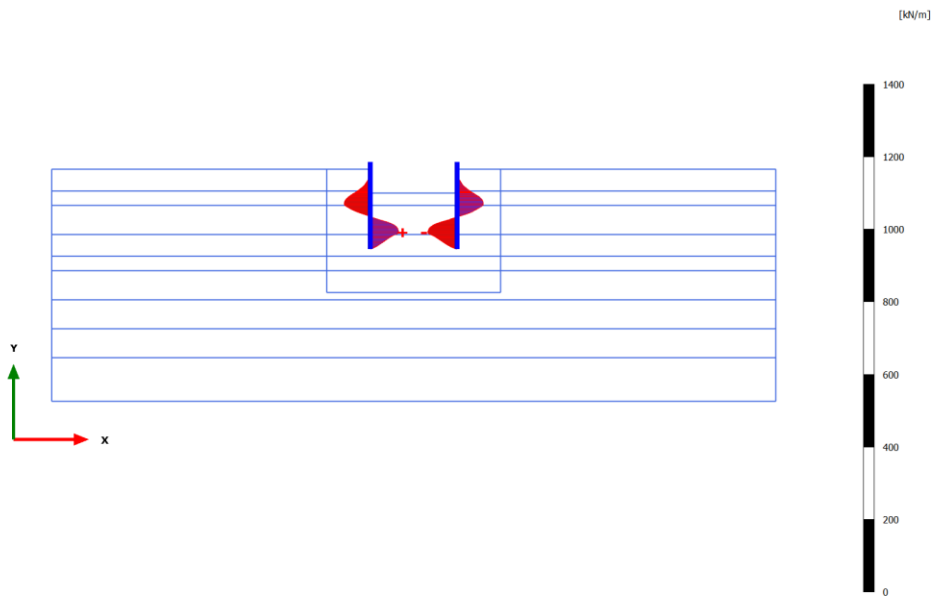
Shear forces Q (scaled up 0.0500 times)
 Maximum value = 63.34 kN/m (Element 27 at Node 8733)
 Minimum value = -62.93 kN/m (Element 33 at Node 15342)

3.1.1.1.4 Calculation results, Plate, Sovraccarico [Phase_4] (4/636), Shear forces Q



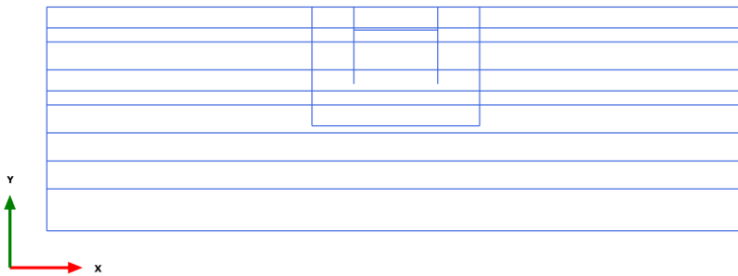
Shear forces Q (scaled up 0.0500 times)
 Maximum value = 77.46 kN/m (Element 28 at Node 8735)
 Minimum value = -80.34 kN/m (Element 34 at Node 15344)

3.1.1.1.5 Calculation results, Plate, Sovraccarico x1.5 (STRU-SLU/1.3) [Phase_5] (5/646), Shear forces Q



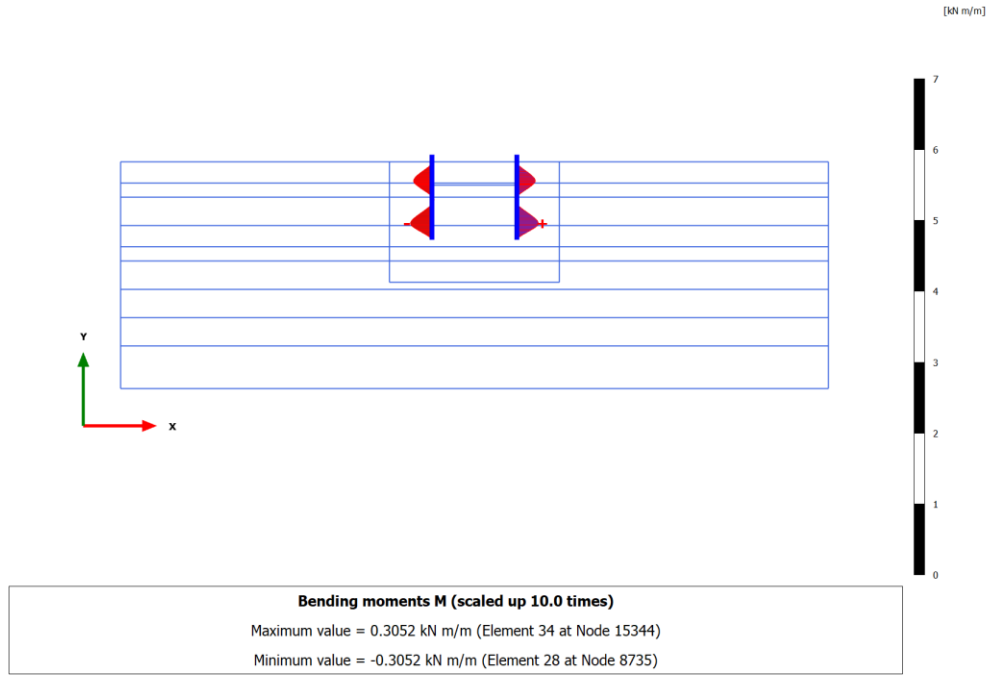
Shear forces Q (scaled up 0.0500 times)
 Maximum value = 79.16 kN/m (Element 28 at Node 8735)
 Minimum value = -81.43 kN/m (Element 34 at Node 15344)

3.1.1.2.1 Calculation results, Plate, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Bending moments M

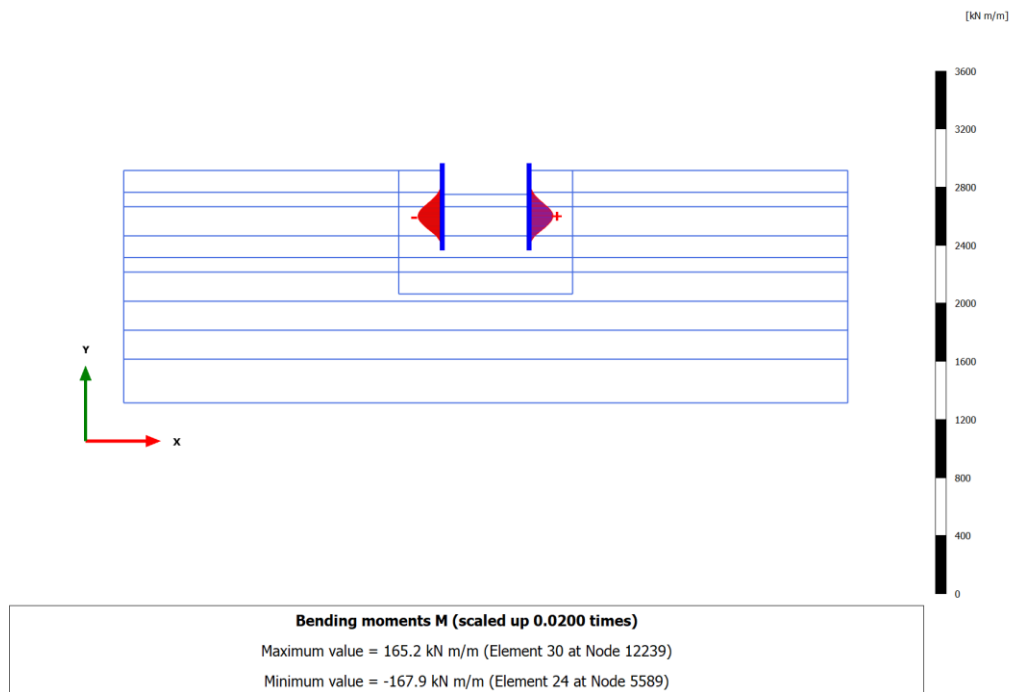


Bending moments M (scaled up 1.00 times)
 No results

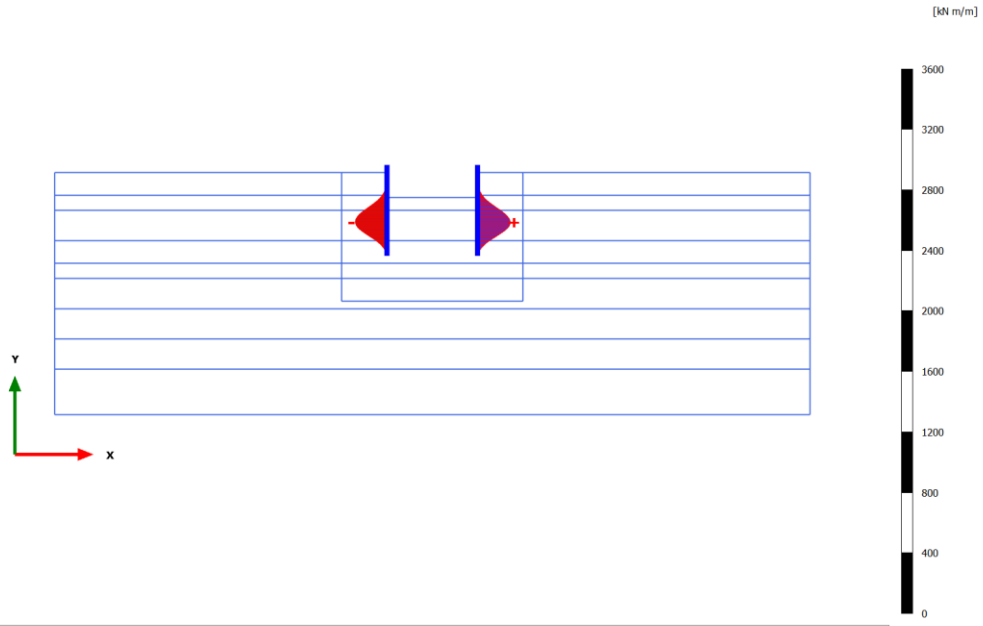
3.1.1.2.2 Calculation results, Plate, Palancolato [Phase_2] (2/5), Bending moments M



3.1.1.2.3 Calculation results, Plate, Savo max [Phase_3] (3/380), Bending moments M

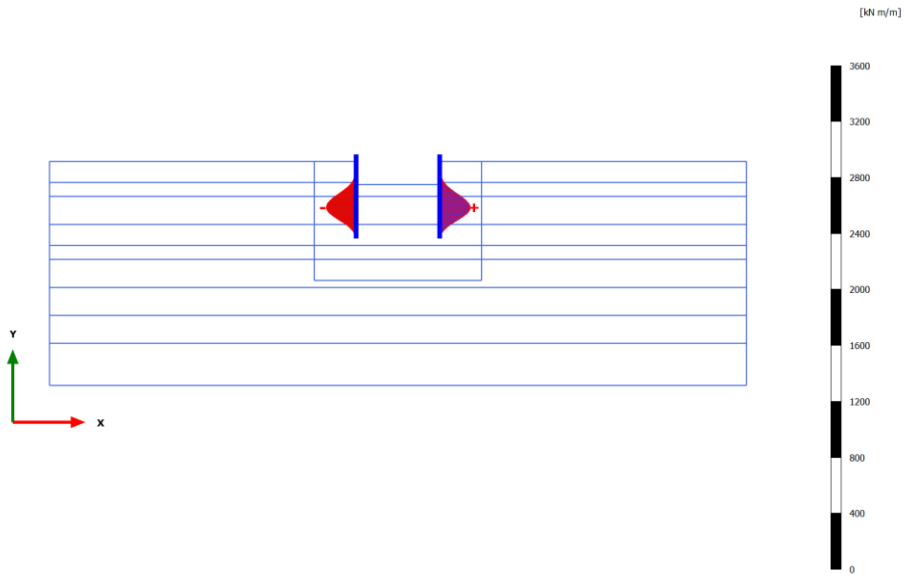


3.1.1.2.4 Calculation results, Plate, Sovraccarico [Phase_4] (4/636), Bending moments M



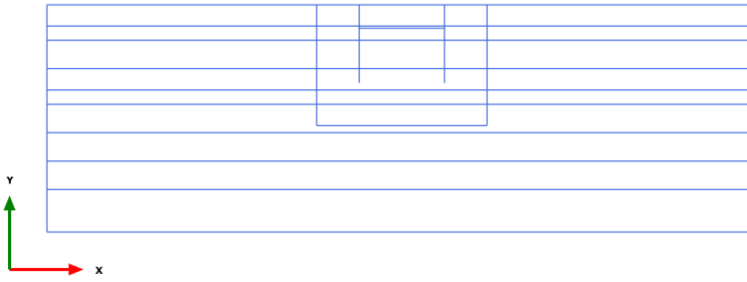
Bending moments M (scaled up 0.0200 times)
 Maximum value = 216.5 kN m/m (Element 31 at Node 13459)
 Minimum value = -209.0 kN m/m (Element 25 at Node 5590)

3.1.1.2.5 Calculation results, Plate, Sovraccarico x1.5 (STRU-SLU/1.3) [Phase_5] (5/646), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 0.0200 times)
 Maximum value = 219.1 kN m/m (Element 31 at Node 13459)
 Minimum value = -212.8 kN m/m (Element 25 at Node 5590)

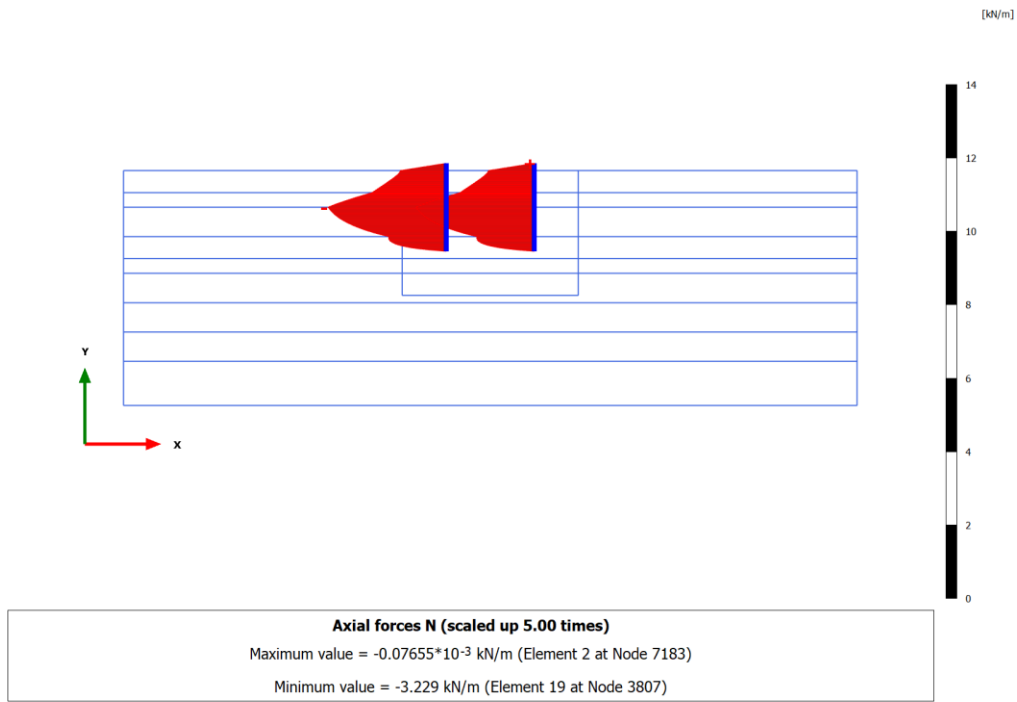
3.1.1.3.1 Calculation results, Plate, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Axial forces N



Axial forces N (scaled up 1.00 times)

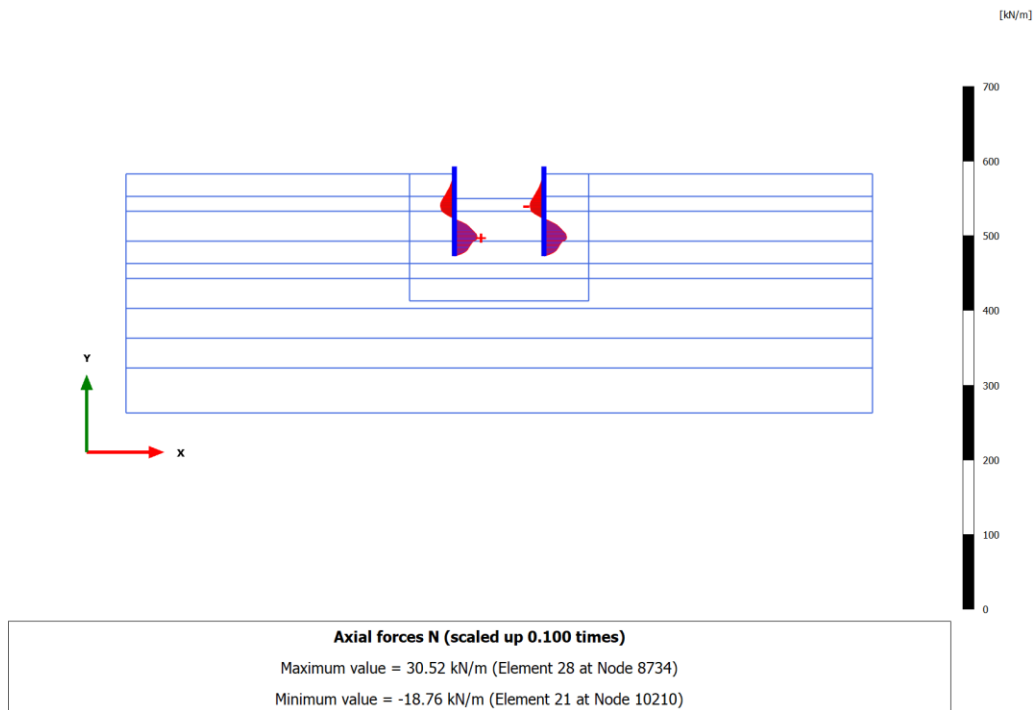
No results

3.1.1.3.2 Calculation results, Plate, Palancolato [Phase_2] (2/5), Axial forces N

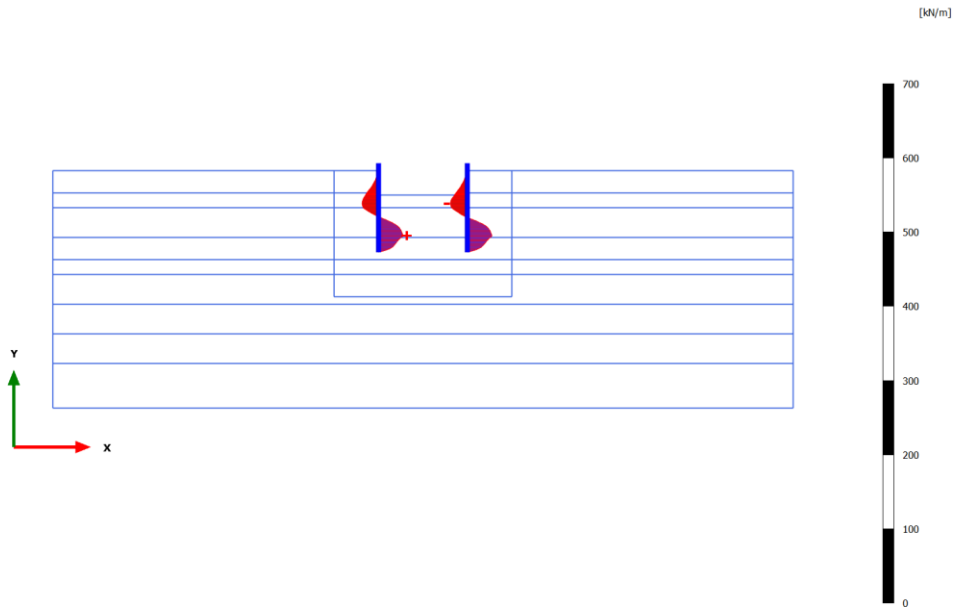


3

3.1.1.3.3 Calculation results, Plate, Savo max [Phase_3] (3/380), Axial forces N



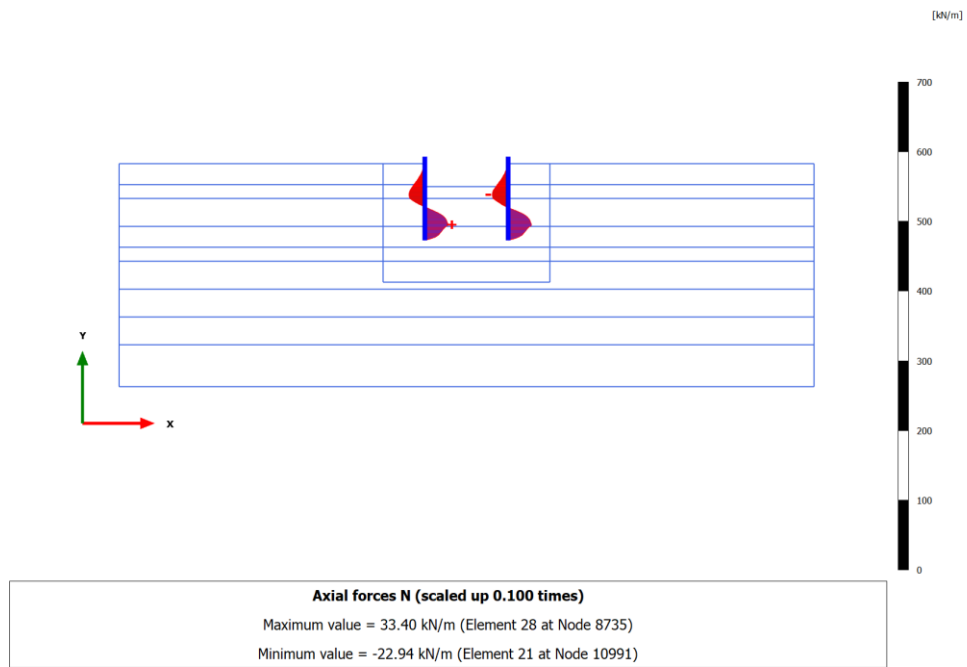
3.1.1.3.4 Calculation results, Plate, Sovraccarico [Phase_4] (4/636), Axial forces N

**Axial forces N (scaled up 0.100 times)**

Maximum value = 32.96 kN/m (Element 28 at Node 8735)

Minimum value = -22.87 kN/m (Element 22 at Node 10991)






3.1.1.3.5 Calculation results, Plate, Sovraccarico x1.5 (STRU-SLU/1.3) [Phase_5] (5/646), Axial forces N



5.2 Tabulati di calcolo sezione 2

PLAXIS Report

1.1.1.1.1 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb

Identification	Sabbia (3a)	Sabbia (3a)_Interface	Argilla (3b)	Argilla (3b)_Interface	Sabbia (4)
Identification number	1	2	3	4	5
Drainage type	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained
Colour					
Comments					
γ_{unsat}	kN/m ³ 18.50	18.50	18.50	18.50	19.00
γ_{sat}	kN/m ³ 18.50	18.50	18.50	18.50	19.00
Dilatancy cut-off	No	No	No	No	No
e_{init}	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
e_{min}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{max}	999.0	999.0	999.0	999.0	999.0
Rayleigh α	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Rayleigh β	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
E	kN/m ² 25.00E3	15.00E3	8000	8000	45.00E3
ν (nu)	0.3000	0.3000	0.3000	0.3000	0.3000
G	kN/m ² 9615	5769	3077	3077	17.31E3
E_{Oed}	kN/m ² 33.65E3	20.19E3	10.77E3	10.77E3	60.58E3
c_{ref}	kN/m ² 0.01000	0.01000	0.01000	0.01000	0.01000
ϕ (phi)	° 30.00	20.00	26.00	17.00	34.00
ψ (psi)	° 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Identification	Sabbia (3a)	Sabbia (3a)_Interface	Argilla (3b)	Argilla (3b)_Interface	Sabbia (4)
V_s	m/s 71.41	55.31	40.39	40.39	94.53
V_p	m/s 133.6	103.5	75.57	75.57	176.9
Set to default values	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
E_{inc}	kN/m ² /m 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
y_{ref}	m 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
c_{inc}	kN/m ² /m 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
y_{ref}	m 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tension cut-off	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m ² 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Undrained behaviour	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard

Skempton-B		0.9783	0.9783	0.9783	0.9783	0.9783
v_u		0.4950	0.4950	0.4950	0.4950	0.4950
$K_{w,ref} / n$	kN/m ²	937.5E3	562.5E3	300.0E3	300.0E3	1.687E6
Stiffness		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Strength		Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid
R_{inter}		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
δ_{inter}		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity, dk	m ³ /s/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
R	m ² K/kW	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K_0 determination		Automatic	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic

Identification		Sabbia (3a)	Sabbia (3a)_Interface	Argilla (3b)	Argilla (3b)_Interface	Sabbia (4)
$K_{0,x} = K_{0,z}$		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$K_{0,x}$		0.5000	0.6580	0.5616	0.7076	0.4408
$K_{0,z}$		0.5000	0.6580	0.5616	0.7076	0.4408
Data set		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Type		Coarse	Coarse	Fine	Fine	Coarse
< 2 μ m	%	10.00	10.00	46.00	46.00	10.00
2 μ m - 50 μ m	%	13.00	13.00	26.00	26.00	13.00
50 μ m - 2 mm	%	77.00	77.00	28.00	28.00	77.00
Use defaults		None	None	None	None	None
k_x	m/s	0.01300E-3	0.01300E-3	0.7000E-6	0.7000E-6	0.01300E-3
k_y	m/s	0.01300E-3	0.01300E-3	0.7000E-6	0.7000E-6	0.01300E-3
$-\psi_{unsat}$	m	10.00E3	10.00E3	10.00E3	10.00E3	10.00E3
e_{init}		0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
S_s	1/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
c_k		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12	1000E12
c_s	kJ/t/K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
λ_s	kW/m/K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ρ_s	t/m ³	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Solid thermal expansion		Volumetric	Volumetric	Volumetric	Volumetric	Volumetric
α_s	1/K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D_v	m ² /s	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
f_{TV}		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Identification	Sabbia (3a)	Sabbia (3a)_Interface	Argilla (3b)	Argilla (3b)_Interface	Sabbia (4)
Unfrozen water content	None	None	None	None	None

1.1.1.2 Materials - Plates -

Identification	U18
----------------	-----

Identification number 1

Comments	
----------	--

Colour 

Material type	Elastic
---------------	---------

Isotropic Yes

EA ₁	kN/m	3.429E6
-----------------	------	---------

EA₂ kN/m 3.429E6

EI	kN m ² /m	81.16E3
----	----------------------	---------

d m 0.5329

w	kN/m/m	1.260
---	--------	-------

v (nu) 0.000

Rayleigh α	0.000
------------	-------

Rayleigh β 0.000

Prevent punching	No
------------------	----

Identification number 1

c	kJ/t/K	0.000
---	--------	-------

λ kW/m/K 0.000

Identification	U18
----------------	-----

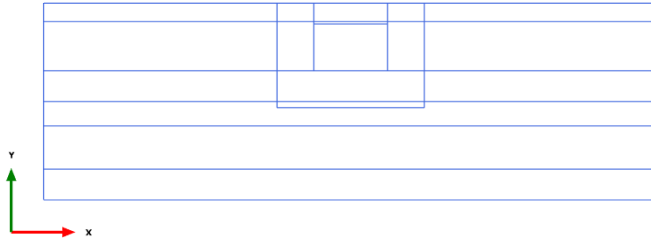
ρ t/m³ 0.000

α	1/K	0.000
---	-----	-------

3.1.1.1.1



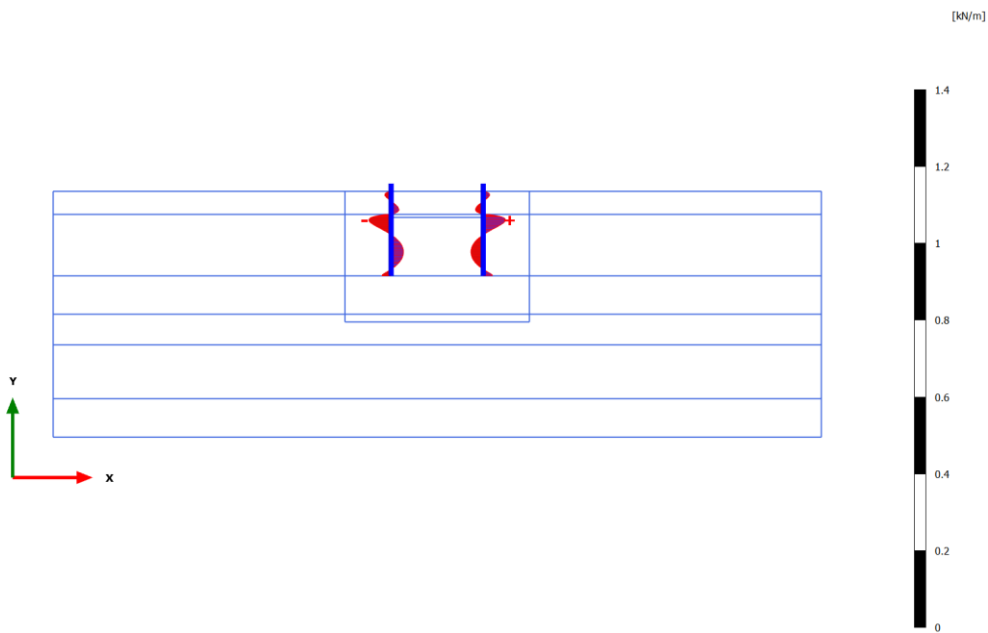
Calculation results, Plate, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Shear forces Q



Shear forces Q (scaled up 1.00 times)
No results

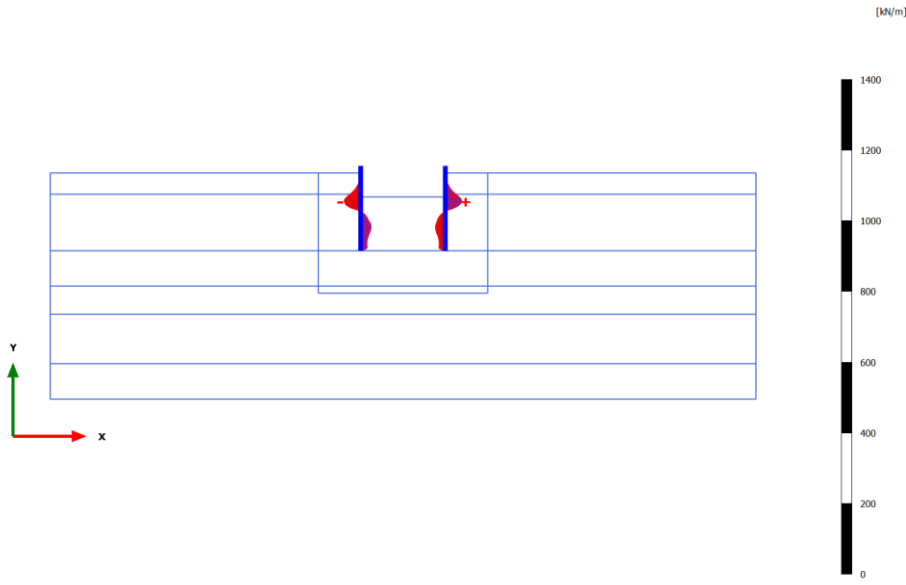
(2/4), Shear forces Q

3.1.1.1.2 Calculation results, Plate, Palancolato [Phase_2]



Shear forces Q (scaled up 50.0 times)
Maximum value = 0.05827 kN/m (Element 27 at Node 15332)
Minimum value = -0.05830 kN/m (Element 15 at Node 1285)

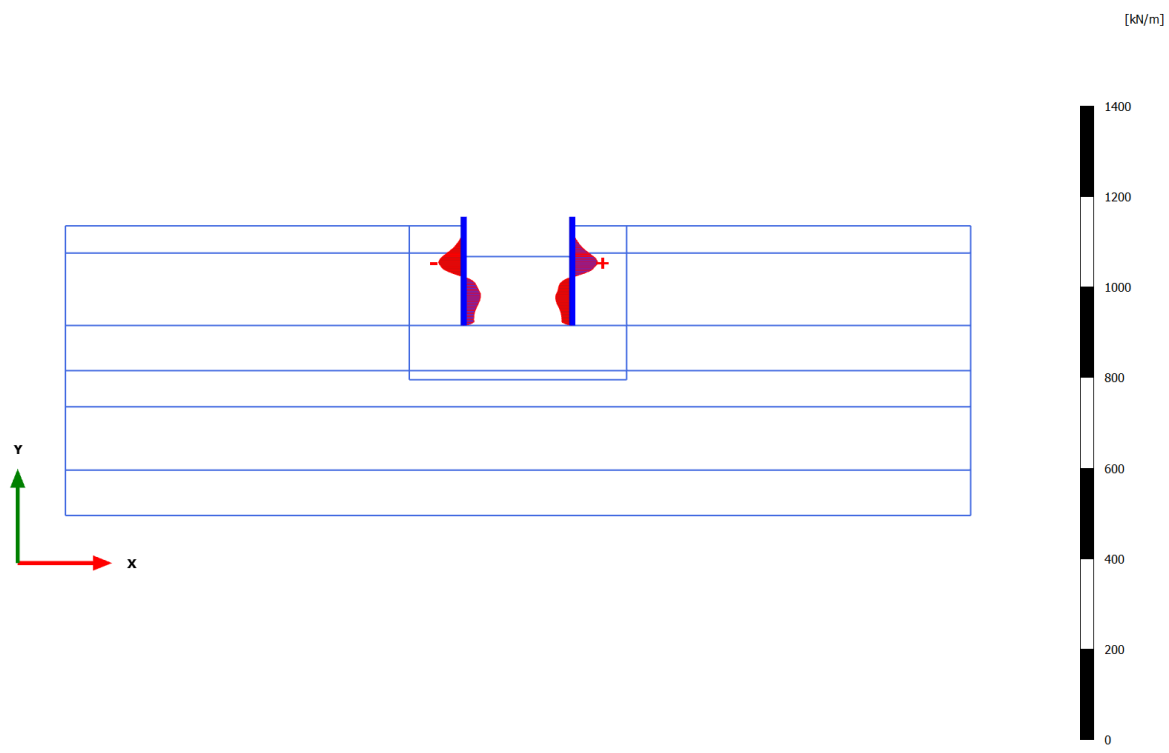
3.1.1.1.3 Calculation results, Plate, Scavo max [Phase_3] (3/164), Shear forces Q



Shear forces Q (scaled up 0.0500 times)
 Maximum value = 46.58 kN/m (Element 27 at Node 15968)
 Minimum value = -47.02 kN/m (Element 15 at Node 1663)

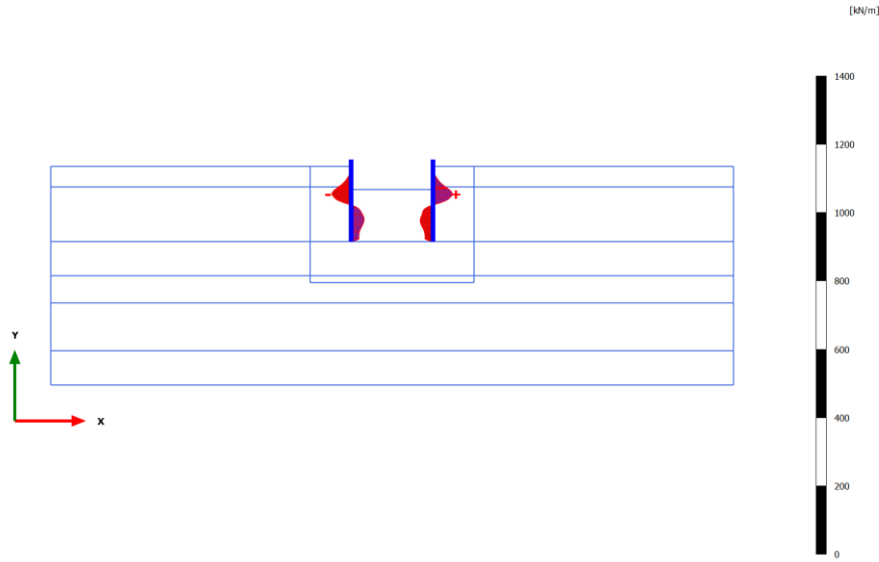
Sovraccarico [Phase_4] (4/201), Shear forces Q

3.1.1.1.4 Calculation results, Plate,



Shear forces Q (scaled up 0.0500 times)
 Maximum value = 56.11 kN/m (Element 27 at Node 15968)
 Minimum value = -55.63 kN/m (Element 16 at Node 1663)

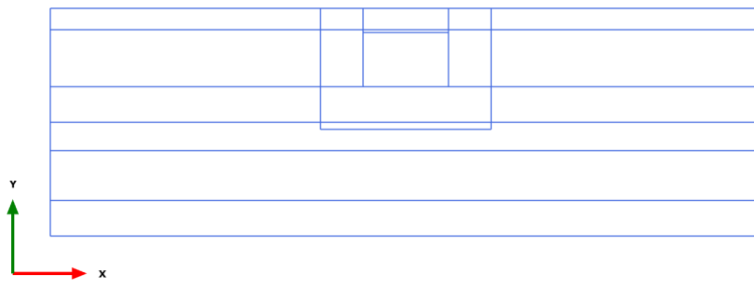
3.1.1.1.5 Calculation results, Plate, Sovraccarico x1.5 (STRU-SLU/1.3) [Phase_5] (5/207), Shear forces Q



Shear forces Q (scaled up 0.0500 times)
 Maximum value = 57.46 kN/m (Element 27 at Node 15968)
 Minimum value = -57.05 kN/m (Element 16 at Node 1663)

phase [InitialPhase] (0/0), Bending moments M

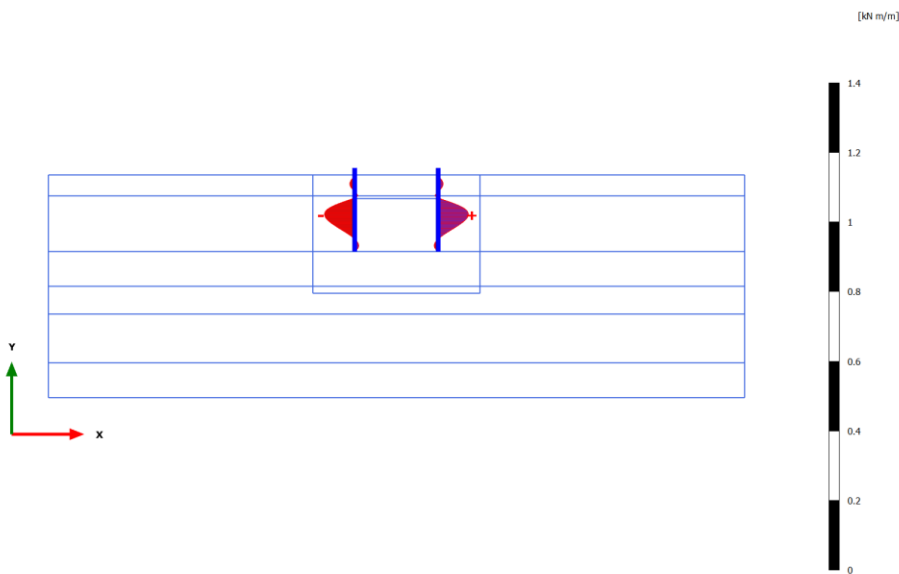
3.1.1.2.1 Calculation results, Plate, Initial



Bending moments M (scaled up 1.00 times)
 No results

Palancolato [Phase_2] (2/4), Bending moments M

3.1.1.2.2 Calculation results, Plate,



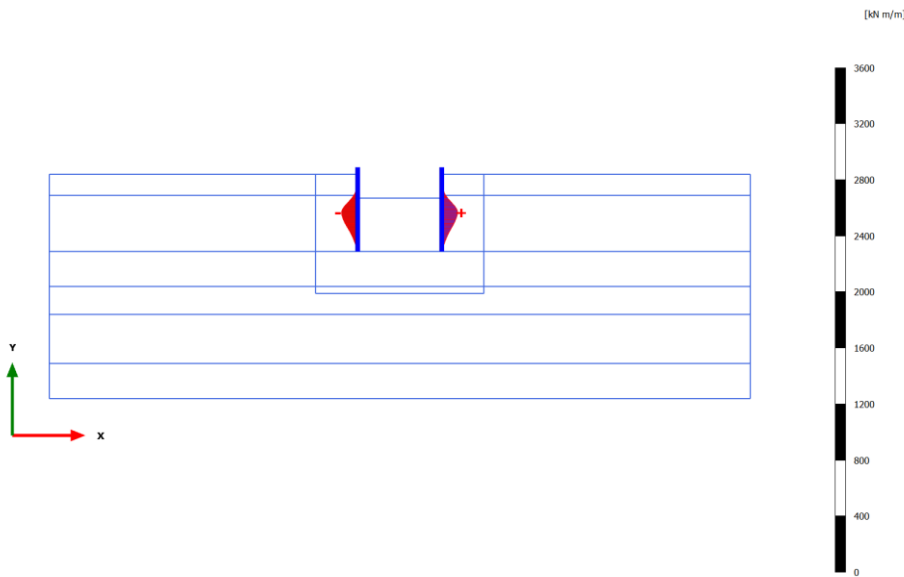
Bending moments M (scaled up 50.0 times)

Maximum value = 0.08677 kN m/m (Element 30 at Node 16405)

Minimum value = -0.08680 kN m/m (Element 18 at Node 2918)

max [Phase_3] (3/164), Bending moments M

3.1.1.2.3 Calculation results, Plate, Scavo



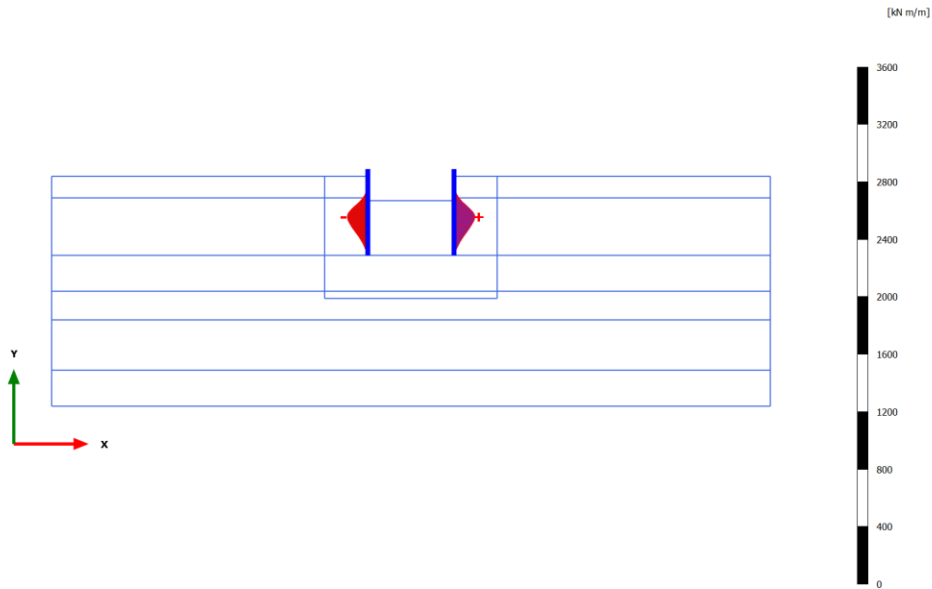
Bending moments M (scaled up 0.0200 times)

Maximum value = 112.5 kN m/m (Element 30 at Node 16403)

Minimum value = -114.8 kN m/m (Element 18 at Node 2920)

Sovraccarico [Phase_4] (4/201), Bending moments M

3.1.1.2.4 Calculation results, Plate,



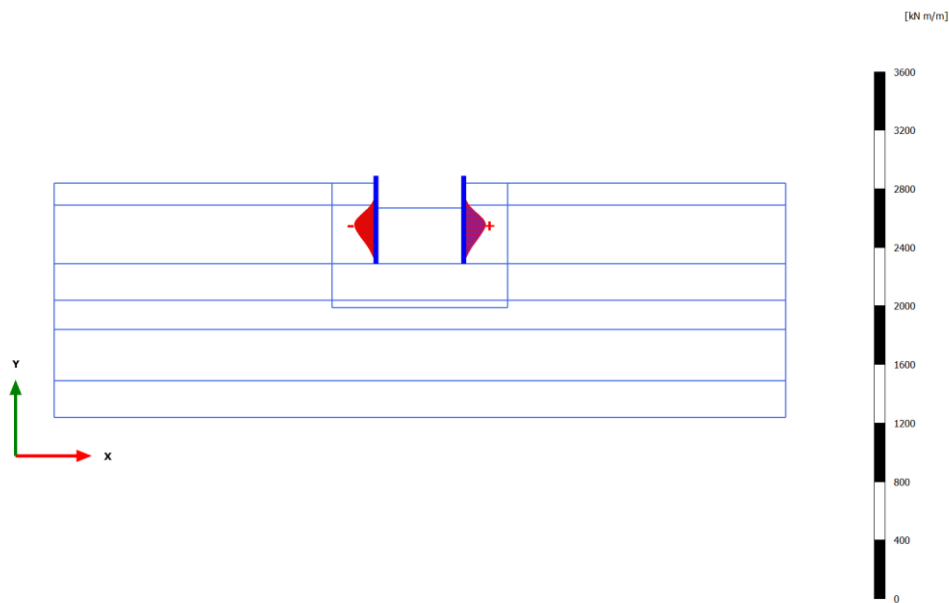
Bending moments M (scaled up 0.0200 times)

Maximum value = 144.8 kN m/m (Element 30 at Node 16404)

Minimum value = -142.9 kN m/m (Element 18 at Node 2919)

Sovraccarico x1.5 (STRU-SLU/1.3) [Phase_5] (5/207), Bending moments M

3.1.1.2.5 Calculation results, Plate,



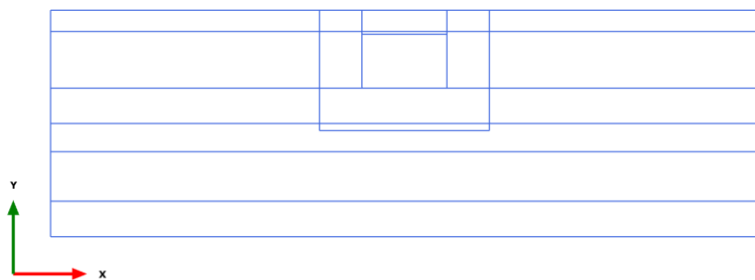
Bending moments M (scaled up 0.0200 times)

Maximum value = 148.8 kN m/m (Element 30 at Node 16405)

Minimum value = -147.1 kN m/m (Element 18 at Node 2918)

Initial phase [InitialPhase] (0/0), Axial forces N

3.1.1.3.1 Calculation results, Plate,

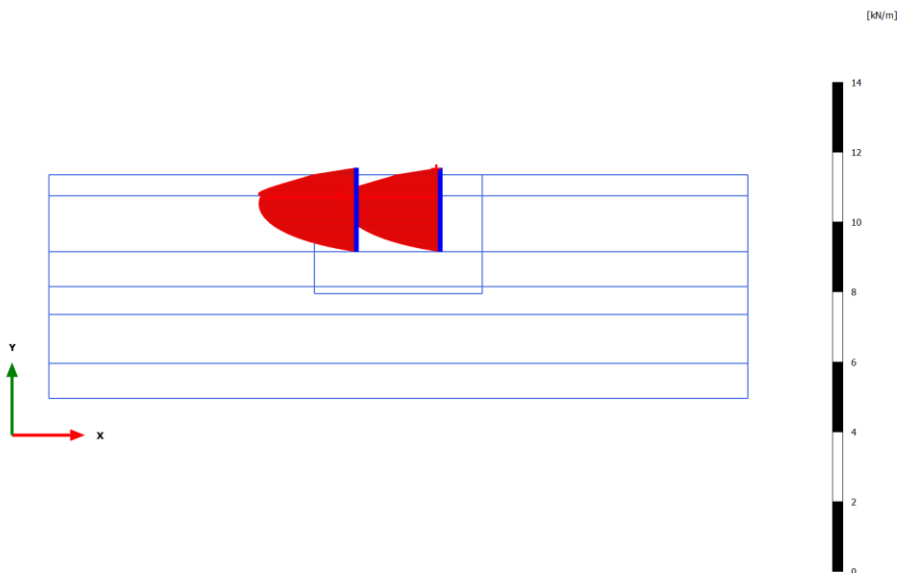


Axial forces N (scaled up 1.00 times)

No results

Palancolato [Phase_2] (2/4), Axial forces N

3.1.1.3.2 Calculation results, Plate,



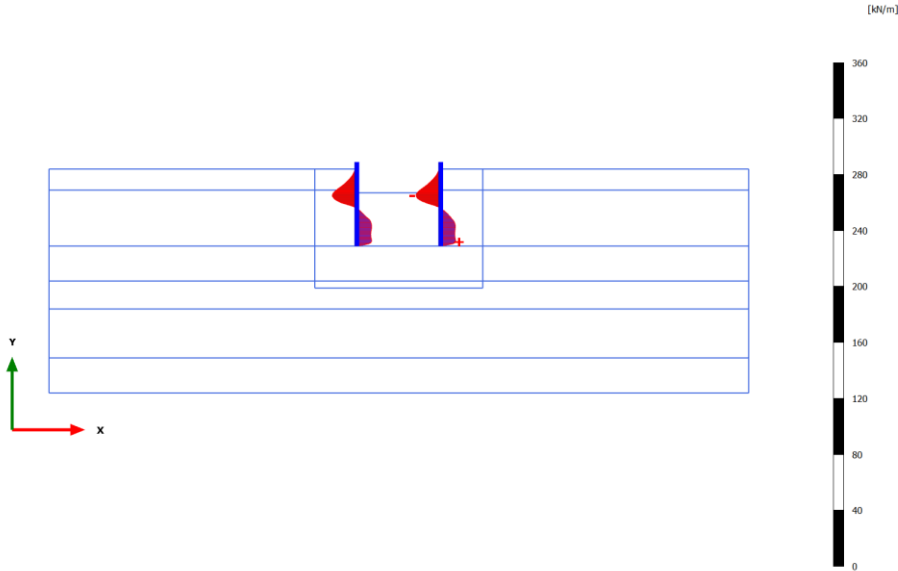
Axial forces N (scaled up 5.00 times)

Maximum value = $-0.07655 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 2 at Node 14094)

Minimum value = -2.813 kN/m (Element 12 at Node 15227)

max [Phase_3] (3/164), Axial forces N

3.1.1.3.3 Calculation results, Plate, Scavo



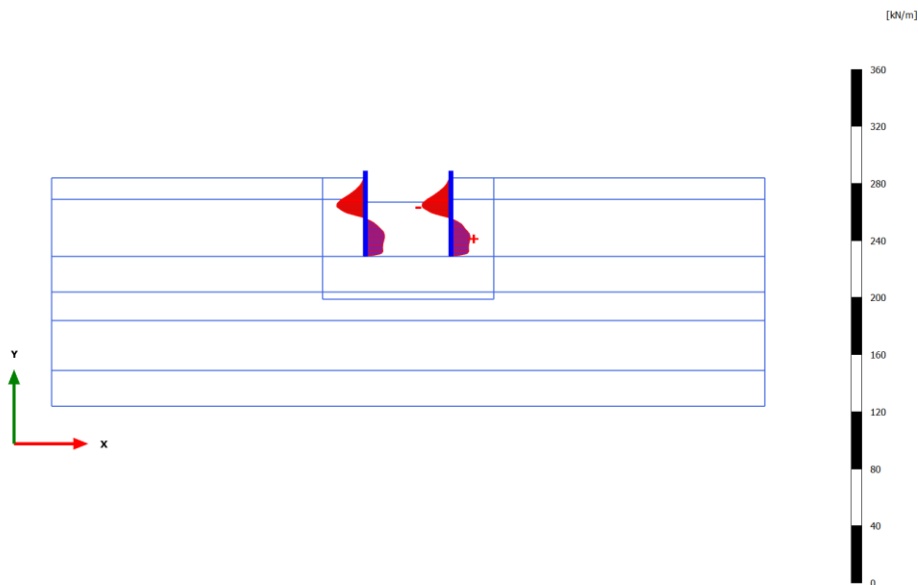
Axial forces N (scaled up 0.200 times)

Maximum value = 10.69 kN/m (Element 37 at Node 18870)

Minimum value = -17.72 kN/m (Element 27 at Node 15332)

Sovraccarico [Phase_4] (4/201), Axial forces N

3.1.1.3.4 Calculation results, Plate,



Axial forces N (scaled up 0.200 times)

Maximum value = 13.53 kN/m (Element 35 at Node 17334)

Minimum value = -20.30 kN/m (Element 27 at Node 15968)

Sovraccarico x1.5 (STRU-SLU/1.3) [Phase_5] (5/207), Axial forces N

3.1.1.3.5 Calculation results, Plate,

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



VI06B - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

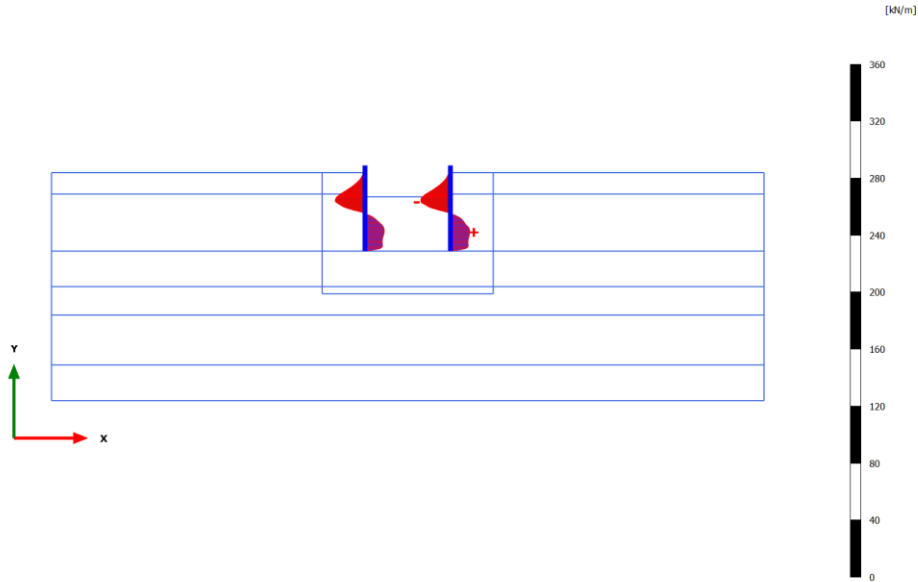
Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica Documento
EI2 CL VI 06 B 1 001

Rev.
C

Foglio
65 di 65



Axial forces N (scaled up 0.200 times)

Maximum value = 13.64 kN/m (Element 34 at Node 17015)

Minimum value = -20.99 kN/m (Element 27 at Node 15968)