

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78

S.G.C. GROSSETO - FANO

Adeguamento a 4 Corsie nel Tratto Grosseto - Siena
(S.S. 223 "DI PAGANICO") dal Km 27+200 al Km 30+038 - Lotto 4

PROGETTO ESECUTIVO

COD. FI13

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



Dott. Ing. N. Granieri
Dott. Arch. N. Kamenicky
Dott. Ing. V. Truffini
Dott. Arch. A. Bracchini
Dott. Ing. F. Durastanti
Dott. Geol. G. Cerquiglioni
Geom. S. Scopetta
Dott. Ing. L. Sbrenna
Dott. Ing. E. Sellari
Dott. Ing. L. Stoppini
Dott. Ing. L. Dinelli
Dott. Ing. L. Nani
Dott. Ing. F. Pambianco
Dott. Agr. F. Berti Nulli

Dott. Ing. D. Carlaccini
Dott. Ing. S. Sacconi
Dott. Ing. G. Cordua
Dott. Ing. V. De Gori

Dott. Ing. V. Rotisciani
Dott. Ing. F. Macchioni
Dott. Ing. M. Sorbelli
Dott. Ing. V. Piunno
Dott. Ing. G. Pulli

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Federico Durastanti
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° A844

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglioni
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

IL R.U.P.

Dott. Ing. Antonio Scalamandrè

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA



OPERE D'ARTE MAGGIORI: GALLERIE ARTIFICIALI IMBOCCHI
GALLERIA POGGIO TONDO ASSE DESTRO

Relazione geotecnica degli imbocchi: imbocco Sud

CODICE PROGETTO

NOME FILE

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

L0702B E 1701

CODICE ELAB.

T00GA01OSTRE02

A

-

A	Emissione	16/10/2017	E.Sellari	F.Durastanti	N.Granieri
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	2
2.1 NORMATIVE, RACCOMANDAZIONI, LINEE GUIDA.....	2
3. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DI CALCOLO	3
3.1 IMBOCCO SUD LATO GROSSETO.....	3
4. CARATTERISTICHE E CRITERI DI VERIFICA DEI MATERIALI STRUTTURALI.....	4
5. DESCRIZIONE DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI DELLA PARETE CHIODATA.....	6
5.1 APPROCCIO DELLE ANALISI.....	7
5.2 ANALISI DEI MODELLI	9
5.2.1 FASI DI CALCOLO DEL MODELLO 1	14
5.2.2 FASI DI CALCOLO DEL MODELLO 2	32
5.3 OUTPUT E CONCLUSIONI DEL MODELLO 1	35
5.4 OUTPUT E CONCLUSIONI DEL MODELLO 2	37
5.5 VERIFICA DEI CHIODI.....	38

GALLERIA POGGIO TONDO ASSE DESTRO
Relazione geotecnica degli imbocchi: imbocco sud

1. PREMESSA

Nella presente relazione vengono verificate le opere di sostegno propedeutiche agli scavi dell'imbocco sud lato Grosseto (planimetria in , che insiste su una parete sub verticale per la quale si è deciso al fine di aumentare il coefficiente di sicurezza nei confronti dello scavo di consolidare in maniera sistematica e uniforme il fronte di scavo.

Tale consolidamento viene effettuato attraverso una chiodatura uniformemente distribuita di barre Dywidag L=6.00 m o 12.00 m maglia 3x3 insieme ad una rete elettrosaldata e spritz. Durante gli scavi il profilo del versante verrà rimodellato con banche di 2 metri ogni 5 metri con pendenza 1/5.

Per maggiore chiarezza si rimanda i seguenti elaborato progettuali:

- Decreto Ministeriale 5 novembre 2001, n. 6792 (S.O. n.5 alla G.U. n.3. del 4.1.02) - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade.
- Decreto Ministeriale 14/01/2008 – Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni.
- Circolare 02/02/2009 C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14/01/2008.

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 NORMATIVE, RACCOMANDAZIONI, LINEE GUIDA

- Decreto Ministeriale 5 novembre 2001, n. 6792 (S.O. n.5 alla G.U. n.3. del 4.1.02) - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade.
- Decreto Ministeriale 14/01/2008 – Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni.
- Circolare 02/02/2009 C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14/01/2008.

3. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DI CALCOLO

La campagna di indagini effettuata ha permesso il riconoscimento dei litotipi, la successione stratigrafica e la caratterizzazione meccanica dei terreni lungo tutto lo sviluppo del tracciato di progetto. I risultati di dette indagini sono descritti nella relazione geotecnica alla quale si rimanda per ulteriori approfondimenti.

I valori dei parametri geotecnici utilizzati nei calcoli di verifica della presente relazione sono riportati nella tabella seguente

3.1 IMBOCCO SUD LATO GROSSETO

Di seguito sono riportati i parametri di resistenza e deformabilità dei terreni presenti.

Parametri	Verrucano
Peso di volume γ (kN/m ³)	23
Coesione efficace c' (kPa)	105
Angolo di resistenza al taglio φ' (°)	36.5
Modulo elastico E' (MPa)	1000

4. CARATTERISTICHE E CRITERI DI VERIFICA DEI MATERIALI STRUTTURALI

È previsto l'impiego dei seguenti materiali strutturali:

- Calcestruzzo:

SLU

Calcestruzzo C25/30

$R_{ck} \geq 30$ MPa resistenza a compressione cubica caratteristica (frattile 5%)

$\gamma_c = 1.5$ coefficiente parziale per SLU

$\alpha = 0.85$ fattore che tiene conto degli effetti dei carichi di lunga durata

$f_{ck} = 0.83 R_{ck} = 24.90$ MPa resistenza a compressione cilindrica caratteristica (frattile 5%)

$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.90$ MPa resistenza a compressione cilindrica media per SLU

$f_{cd} = \alpha f_{ck} / \gamma_c = 14.11$ MPa resistenza a compressione cilindrica di progetto per SLU

$f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{(2/3)} = 2.56$ MPa resistenza a trazione media (frattile 50%)

$f_{ctk,0.05} = 0.7 f_{ctm} = 1.79$ MPa resistenza a trazione caratteristica (frattile 5%)

$f_{ctk,0.95} = 1.3 f_{ctm} = 3.33$ MPa resistenza a trazione caratteristica (frattile 95%)

$f_{ctd} = f_{ctk,0.05} / \gamma_c = 1.19$ MPa resistenza a trazione di progetto

$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm} = 3.07$ MPa resistenza a trazione per flessione media (frattile 50%)

$f_{ctk,0.05} = 0.7 f_{cfm} = 2.15$ MPa resistenza a trazione per flessione caratteristica (frattile 5%)

$f_{ctk,0.95} = 1.3 f_{cfm} = 3.99$ MPa resistenza a trazione per flessione caratteristica (frattile 95%)

$E_{cm} = 22000(f_{cm} / 10)^{(0.3)} = 31447$ MPa modulo di elasticità medio

SLE

$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 2.13$ MPa stato limite di formazione delle fessure

$\sigma_c < 0.60 f_{ck} = 14.94$ MPa stato limite delle tensioni di esercizio (per combinazione rara)

$\sigma_c < 0.45 f_{ck} = 11.21$ MPa stato limite delle tensioni di esercizio (combinaz. quasi perm.)

- Acciaio per cemento armato:

B450C

SLU

GALLERIA POGGIO TONDO ASSE DESTRO
Relazione geotecnica degli imbocchi: imbocco sud

$f_{yk} \geq 450$ MPa tensione di snervamento caratteristica (frattile 5%)

$\gamma_s = 1.15$ coefficiente parziale per SLU

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.30$ MPa tensione di snervamento di calcolo

$E_s = 210000$ MPa modulo elastico

SLE

$\sigma_s < 0.80 f_{yk} = 360$ MPa stato limite delle tensioni di esercizio

$n = 15$ coefficiente di omogeneizzazione

copriferro = 5 cm

- Acciaio per tubi e profilati

UNI EN 10025-2 - S 355

$\gamma_M = 1.05$ coefficiente parziale per SLU

$f_{tk} = 510$ MPa tensione di rottura caratteristica (frattile 5%)

$f_{yk} = 355$ MPa tensione di snervamento caratteristica (frattile 5%)

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_M = 338.10$ MPa tensione di snervamento di calcolo

$E_s = 210000$ MPa modulo elastico

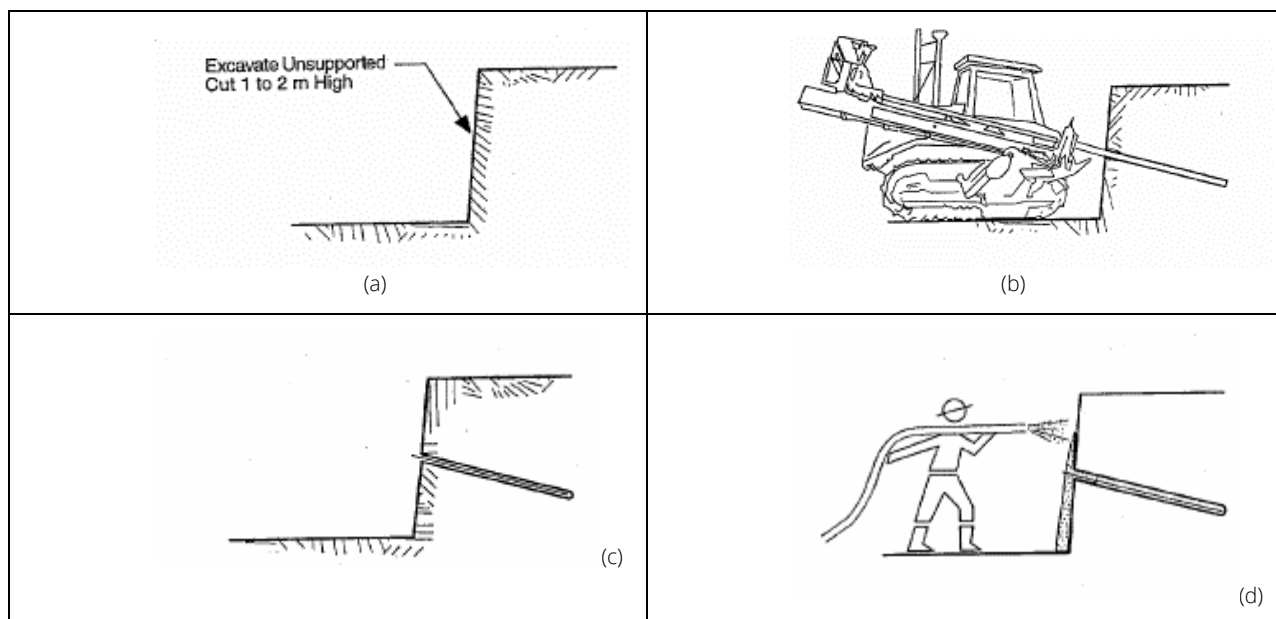
5. DESCRIZIONE DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI DELLA PARETE CHIODATA

L'imbocco sud lato Grosseto insiste su una parete sub verticale per la quale si è deciso al fine di aumentare il coefficiente di sicurezza nei confronti dello scavo di consolidare in maniera sistematica e uniforme il fronte di scavo. Tale consolidamento viene effettuato attraverso una chiodatura uniformemente distribuita di barre Dywidag L=6.00 m maglia 3x3 insieme ad una rete elettrosaldata e spritz. Durante gli scavi il profilo del versante verrà rimodellato con banche di 2 metri ogni 5 metri con pendenza 1/5.

In corrispondenza dell'imbocco della galleria naturale (sezione longitudinale all'asse) la prima banca ha un'altezza maggiore pari a 20 m per permettere lo scavo.

La realizzazione dell'opera avviene con il metodo "Top down" che consiste nei seguenti step:

- Step 1: Scavo non sostenuto di altezza massima 1-2 m
- Step 2: Esecuzione della perforazione di 100 mm per la chiodatura
- Step 3: Installazione del chiodo ϕ 26.5 mm
- Step 4: Applicazione spritz beton con rete elettrosaldata e piastra di contrasto del chiodo
- Step 5: Ripetizione degli step precedenti fino a 5 m di altezza
- Step 6 si crea una banca di 2 m per poi eseguire una successiva parete chiodata di altezza massima 5 m



GALLERIA POGGIO TONDO ASSE DESTRO
 Relazione geotecnica degli imbocchi: imbocco sud

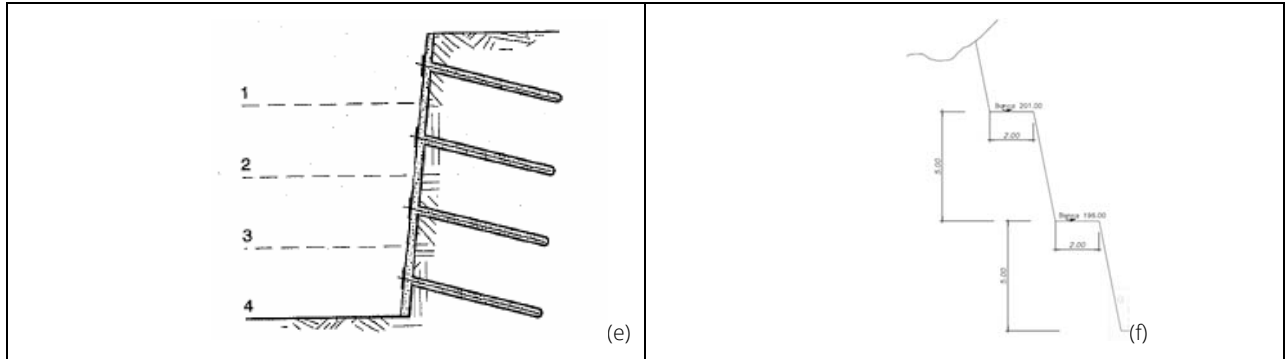


Figura 1: a. Step 1; b. Step 2; c. Step 3; d. Step 4; e. Step 5, f. Step 6

Il progetto dell'intervento è stata svolta l'ausilio del codice di calcolo agli elementi finiti Plaxis 2D tramite due sezioni significative una trasversale, che sarà di seguito identificata come modello 1, e una longitudinale che sarà di seguito identificata come modello 2. Per maggiore chiarezza si rimanda alla seguente Figura 2

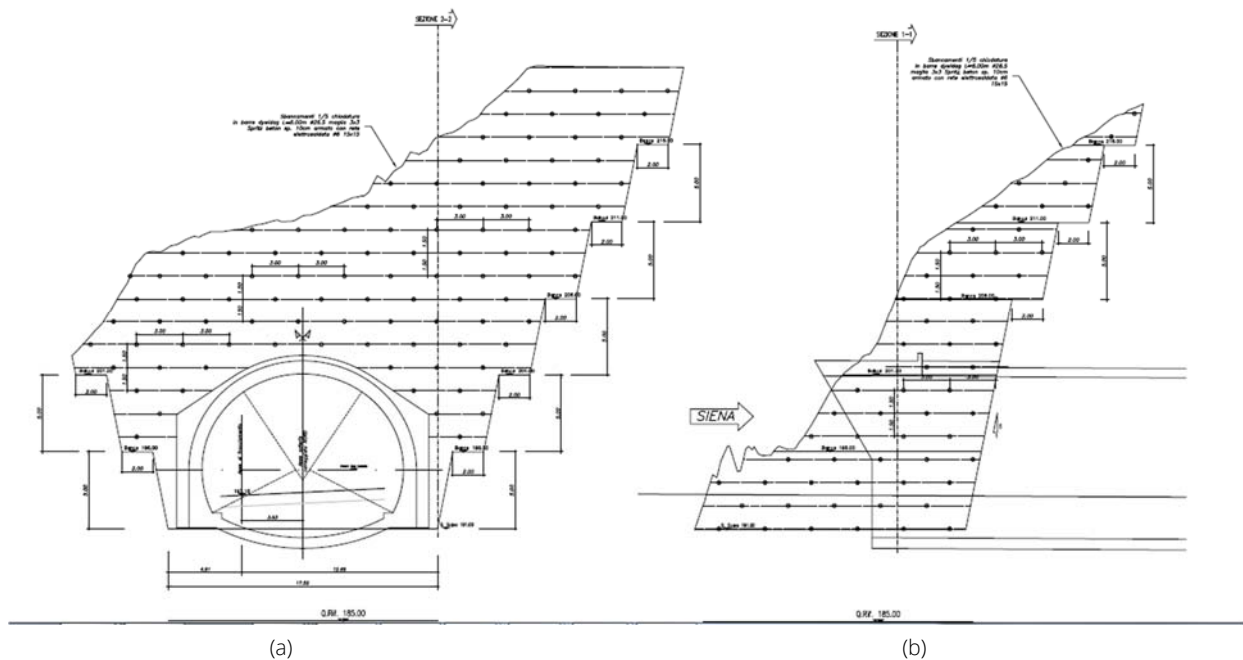


Figura 2: Sezioni significative della parete chiodata: a. sezione trasversale: b. sezione longitudinale.

5.1 APPROCCIO DELLE ANALISI

Ai fini delle analisi di stabilità si è fatto riferimento al cap. 6.8 "Opere di materiali sciolti e fronti di scavo" delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni e circolare esplicativa (DM Infrastrutture 14 gennaio 2008 e Circolare 02 febbraio 2009 n. 617/C.S.LL.PP.).

In particolare si riportail par. 6.8.2 della suddetta norma:

GALLERIA POGGIO TONDO ASSE DESTRO
Relazione geotecnica degli imbocchi: imbocco sud

Deve risultare rispettata la condizione (6.2.1), verificando che non si raggiunga una condizione di stato limite ultimo con i valori di progetto delle azioni e dei parametri geotecnici.

Le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.

Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

Si richiede che il valore di progetto dell'azione E_d non sia superiore al valore di progetto della resistenza R_d ovvero si rispetti la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

I coefficienti parziali per le azioni A2 e per le resistenze M2 sono riportati nelle seguenti tabelle:

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	γ_ϕ	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_r	1,0	1,0

GALLERIA POGGIO TONDO ASSE DESTRO
Relazione geotecnica degli imbocchi: imbocco sud

5.2 ANALISI DEI MODELLI

Le sezioni di calcolo sono rappresentate in **Errore**. L'origine riferimento non è stata trovata..

I modelli presentati nel seguito permettono di analizzare la stabilità dell'opera in condizioni temporanee e definitive.

Le caratteristiche meccaniche della formazione del Verrucano

Unità Geotecnica B											
Opera	σ_c [MPa]	GSI	m_i	per le fdz		per le opere provvisorie dei viadotti e degli imbocchi delle gallerie		per le fdz		per le opere provvisorie dei viadotti e degli imbocchi delle gallerie	
				D	E [MPa] da Serafim e Pereira	D	E [MPa] da Serafim e Pereira	c' [kPa]	φ' [°]	c' [kPa]	φ' [°]
Galleria Poggio Tondo (imbocco Sud)	10	35	12	-	-	0,4	1000	-	-	105	36,5

Tabella 1 – Parametri fisici e meccanici dei terreni utilizzati nei calcoli.

Le sezioni sono state discretizzate agli elementi finiti secondo il reticolo di calcolo riportato in Figura 3 ed in Figura 4. Il modello 1 è caratterizzato da una ampiezza di 66 m ed una altezza di 15 m circa. Sono stati considerati elementi di forma triangolare a 15 nodi (il cui numero è riportato in Tabella 2 ed in); il problema è studiato in termini di deformazione piana.

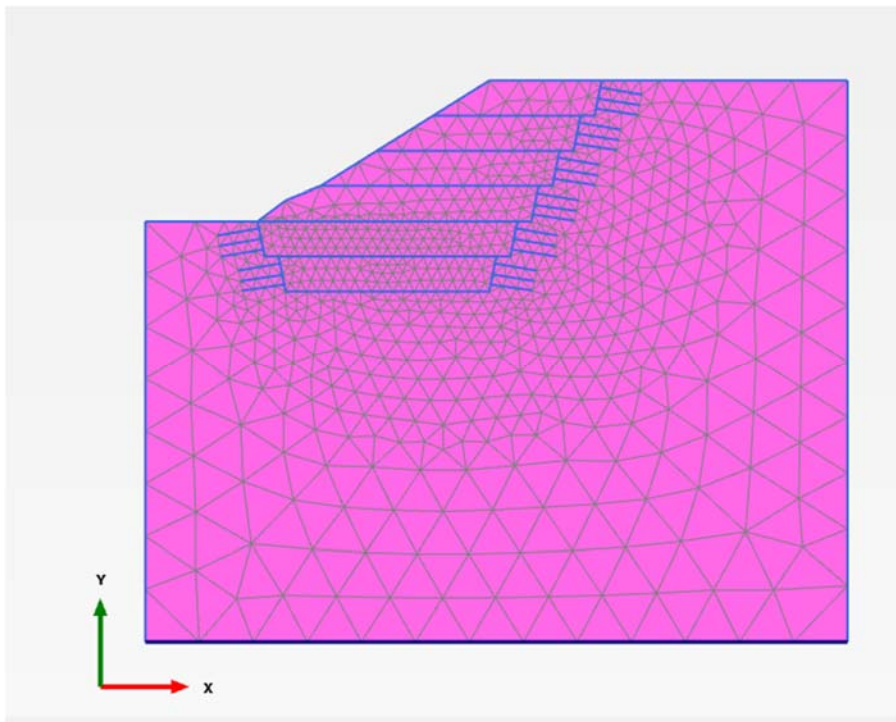


Figura 3– Reticolo agli elementi finiti del modello 1.

GALLERIA POGGIO TONDO ASSE DESTRO
 Relazione geotecnica degli imbocchi: imbocco sud

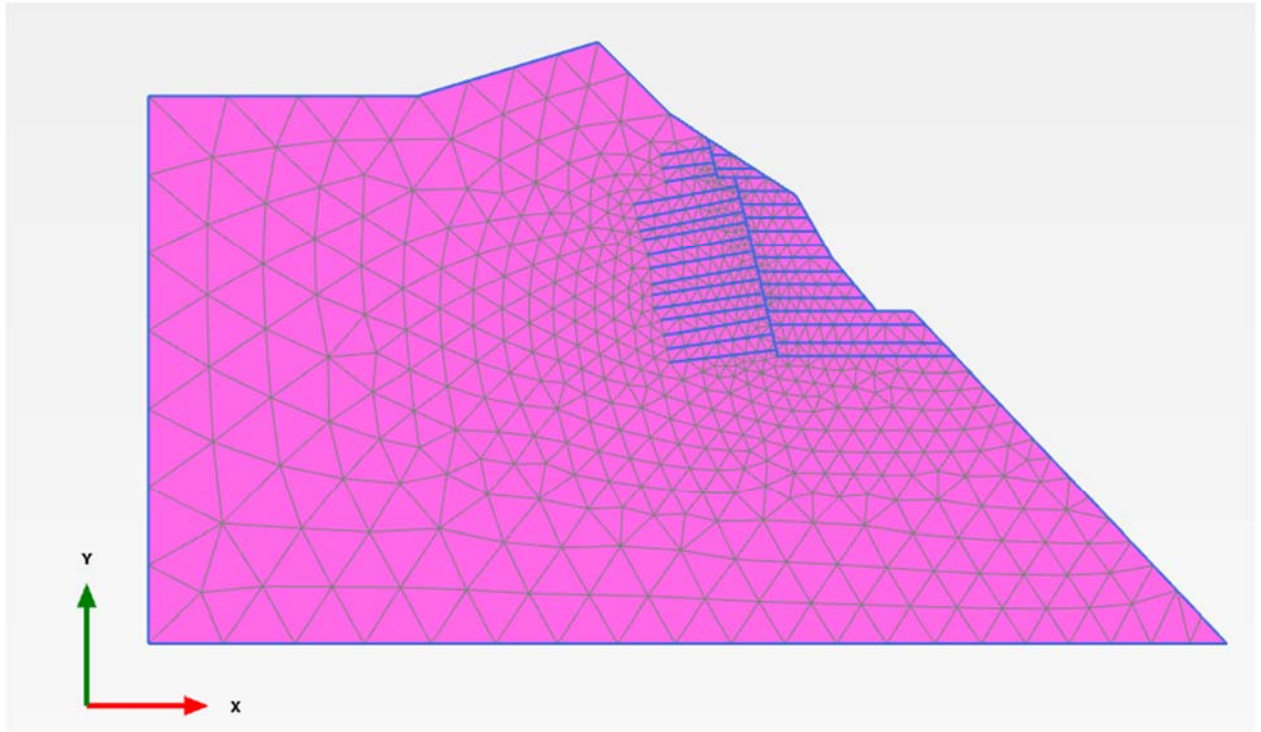


Figura 4– Reticolo agli elementi finiti del modello 2.

Model	Plane strain
Elements	15-Noded
Acceleration	
Gravity angle	-90.00°
x-acceleration	0.000 G
y-acceleration	0.000 G
Earth gravity	9.810 m/s ²
Mesh	
Nr of soil elements	1504
Nr of nodes	12157
Average element size	2.852 m
Maximum element size	11.10 m

Tabella 2 – Informazioni generali del modello 1.

GALLERIA POGGIO TONDO ASSE DESTRO
Relazione geotecnica degli imbocchi: imbocco sud

Model	Plane strain
Elements	15-Noded
Acceleration	
Gravity angle	-90.00°
x-acceleration	0.000 G
y-acceleration	0.000 G
Earth gravity	9.810 m/s ²
Mesh	
Nr of soil elements	1227
Nr of nodes	9967
Average element size	2.764 m
Maximum element size	9.773 m

Tabella 3 – Informazioni generali del modello 2.

Il comportamento meccanico della roccia viene assunto elasto-plastico secondo il modello di Mohr – Coulomb, i valori dei parametri di calcolo in ingresso al modello di calcolo (material data sets) sono riportati nella seguente Tabella 4 – Valori dei parametri fisici e meccanici della roccia e del rinterro. Tabella 4.



Identification		B	rinterro
Identification number		1	2
Drainage type		Drained	Drained
Colour			
Comments			
Y _{unsat}	kN/m ³	23.00	19.00
Y _{sat}	kN/m ³	23.00	19.00
Dilatancy cut-off		No	No
E	kN/m ²	1.000E6	10.00E3
v (nu)		0.3000	0.3000
G	kN/m ²	384.6E3	3846
E _{oed}	kN/m ²	1.346E6	13.46E3
C _{ref}	kN/m ²	105.0	0.1000
φ (phi)	°	36.50	30.00

Tabella 4 – Valori dei parametri fisici e meccanici della roccia e del rinterro.

GALLERIA POGGIO TONDO ASSE DESTRO
Relazione geotecnica degli imbocchi: imbocco sud

I chiodi e lo spritz sono stati modellati tramite elementi beam. Lo spritz è stato assimilato ad un elemento trave di spessore 10 cm e ogni fila di chiodi come trave il cui spessore equivalente è stato calcolato con il seguente foglio di calcolo che tiene conto dell'interasse di 3.0 m tra un chiodo e l'altro.

Valutazione inerzia e Spessore Equivalente Paratia Berlinese in Micropali o Jetting

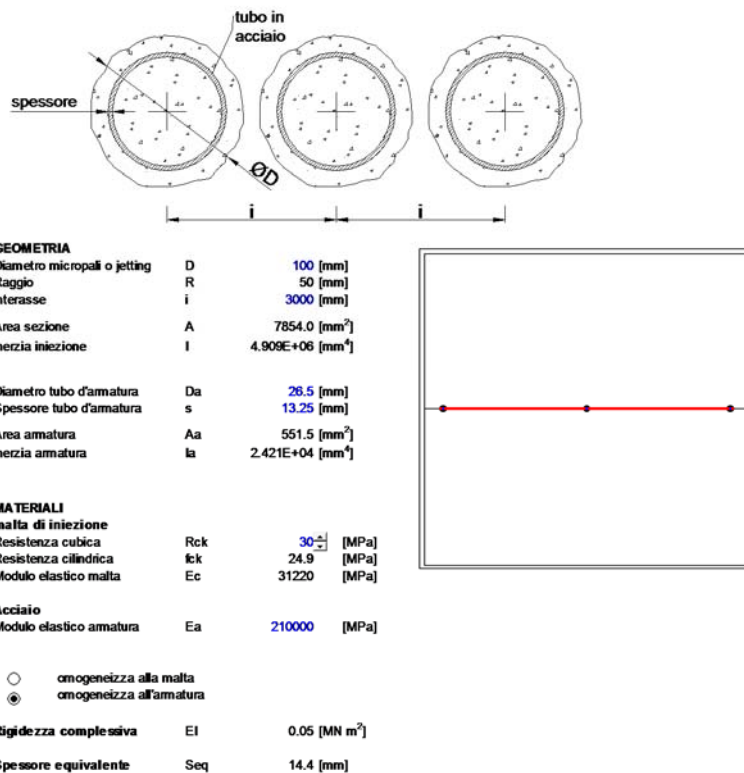


Tabella 5 – Calcolo dello spessore equivalente dei chiodi.

PROGETTO ESECUTIVO

GALLERIA POGGIO TONDO ASSE DESTRO
Relazione geotecnica degli imbocchi: imbocco sud



Identification		spritz	chiodi
Identification number		1	2
Comments			
Colour			
Material type		Elastic	Elastic
Isotropic		Yes	Yes
End bearing		No	No
EA ₁	kN/m	3.120E6	3.020E6
EA ₂	kN/m	3.120E6	3.020E6
EI	kN m ² /m	2600	52.30
d	m	0.1000	0.01442
w	kN/m/m	2.500	20.00
v (nu)		0.1500	0.000
Rayleigh α		0.000	0.2320
Rayleigh β		0.000	8.000E-3
Identification number		1	2

Tabella 6 – Caratteristiche degli elementi strutturali del modello: chiodi e spritz-beton.

5.2.1 FASI DI CALCOLO DEL MODELLO 1

Le fasi di calcolo sono riportate per maggiore chiarezza nelle seguenti figure.

In Figura 5 si riporta lo scavo della prima banca.

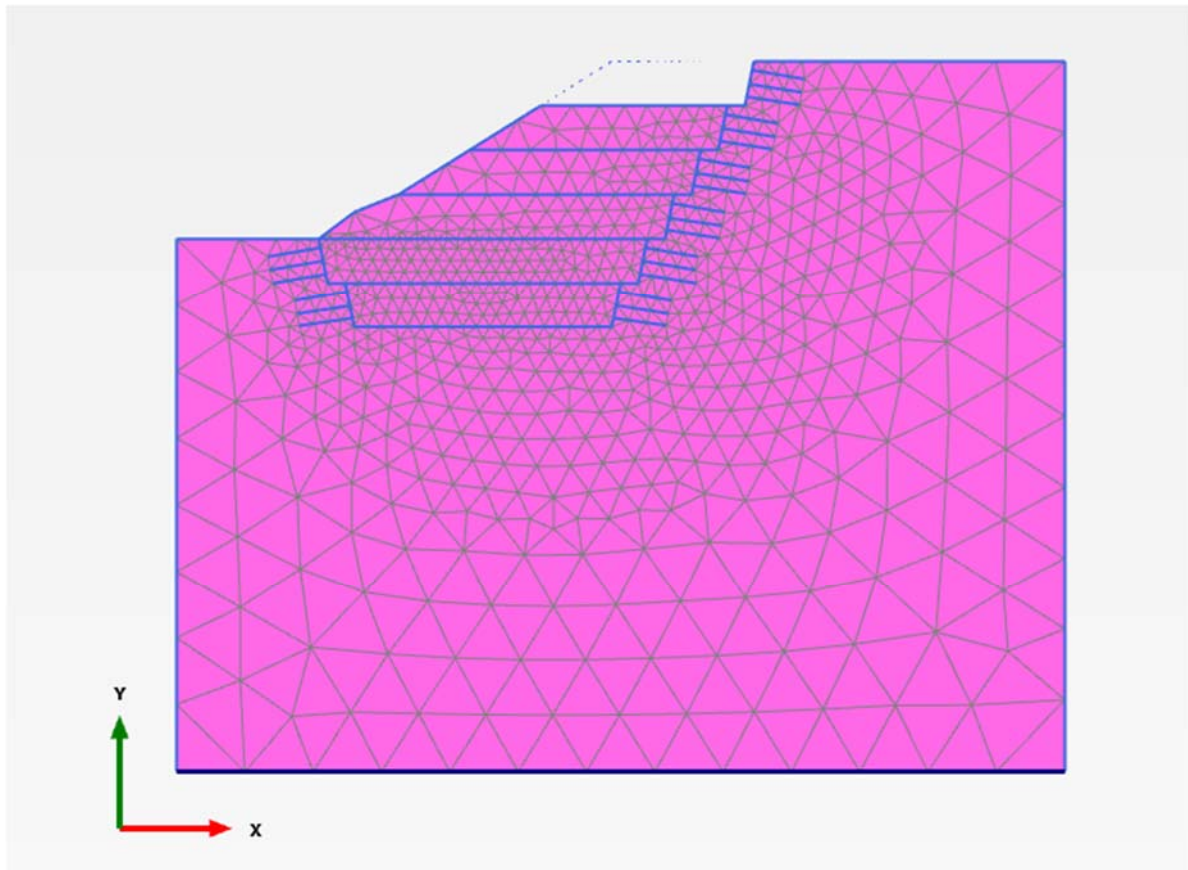


Figura 5 – Fase 1: Scavo della prima banca.

In Figura 6 si installa la prima parete chiodata.

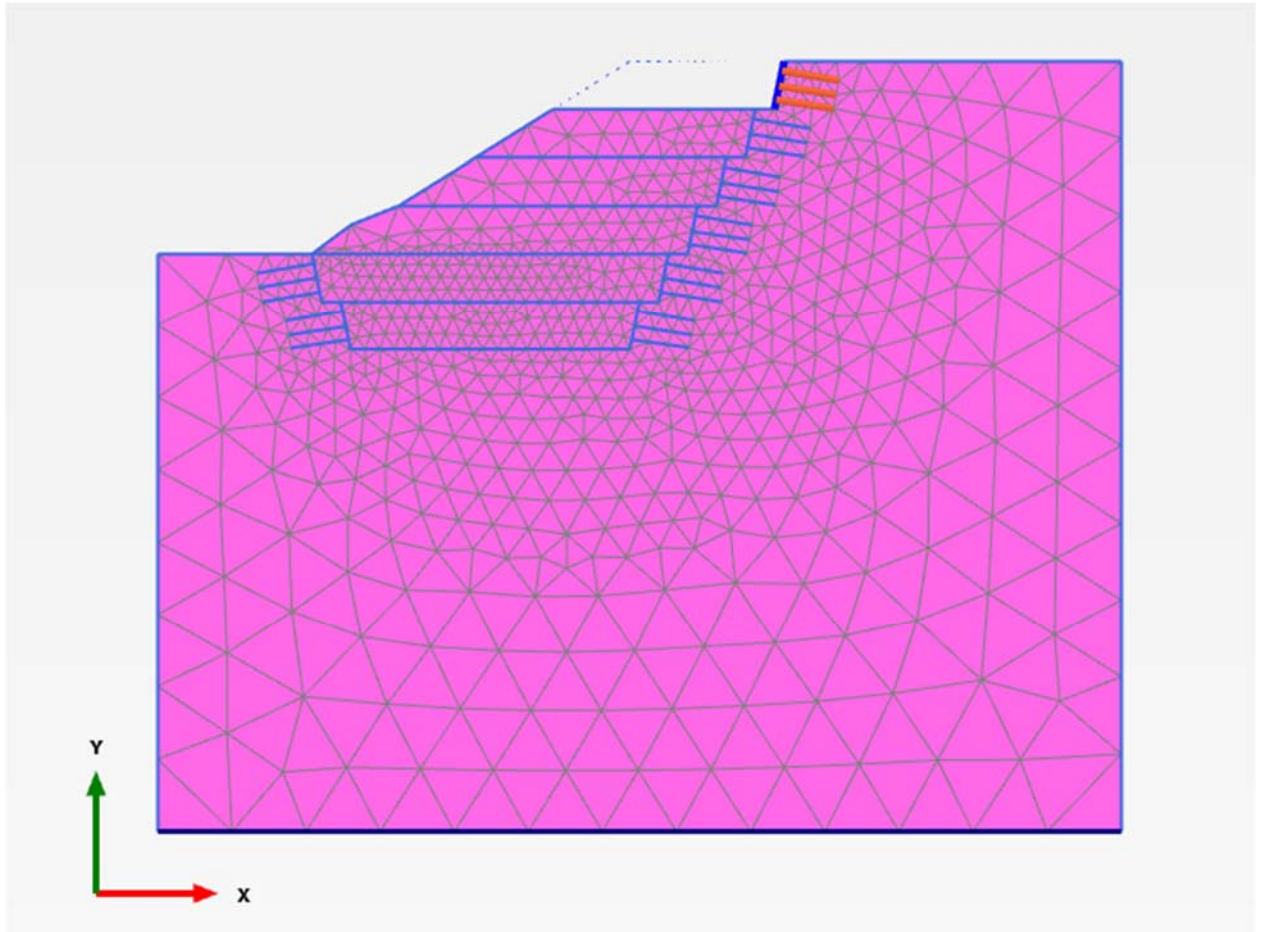


Figura 6 – Fase 2: Installazione dello spritz-beton e dei chiodi della prima banca.

Nelle seguenti figure si procede in maniera analogo con scavo ed installazione.

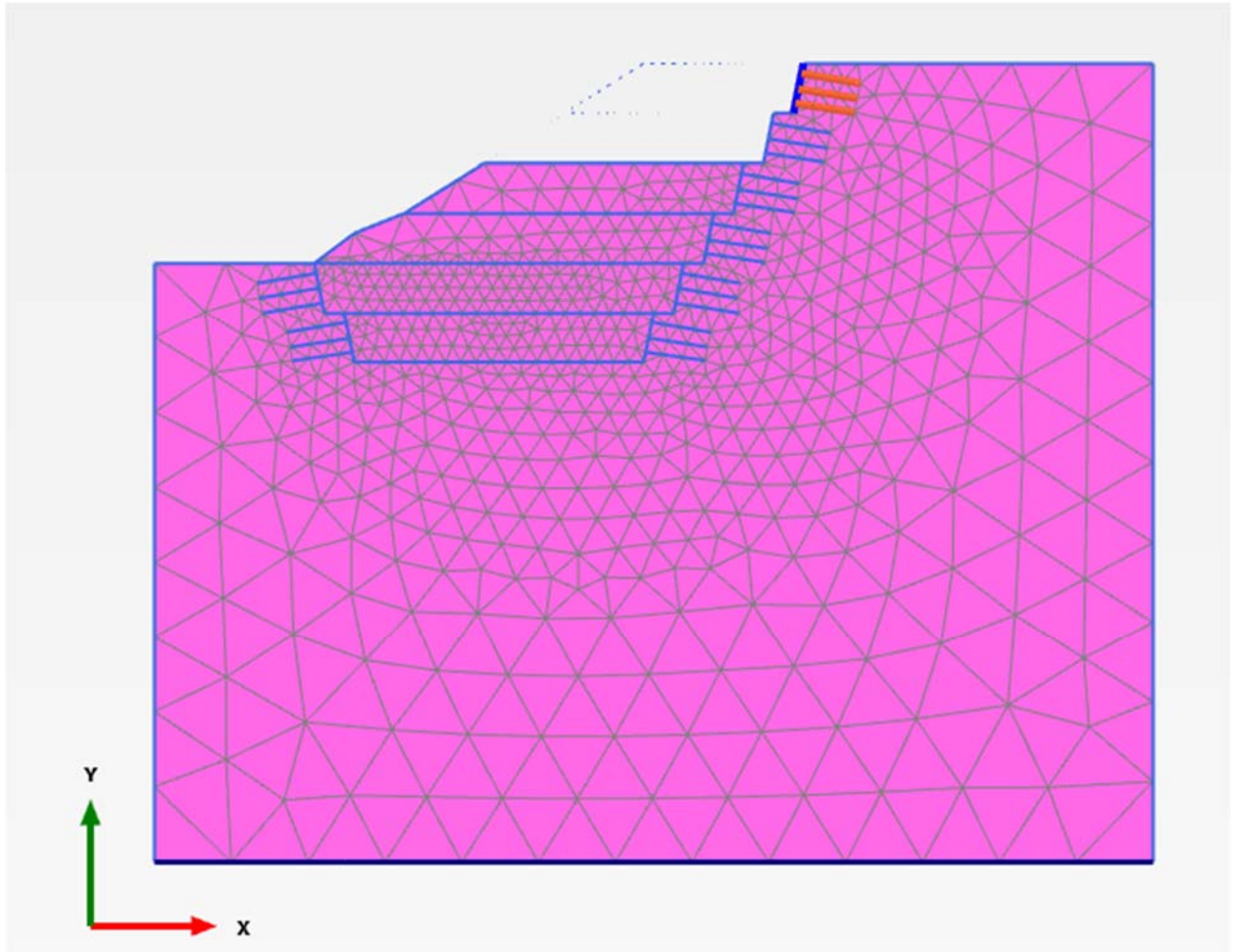


Figura 7 – Fase 3: Scavo della seconda banca.

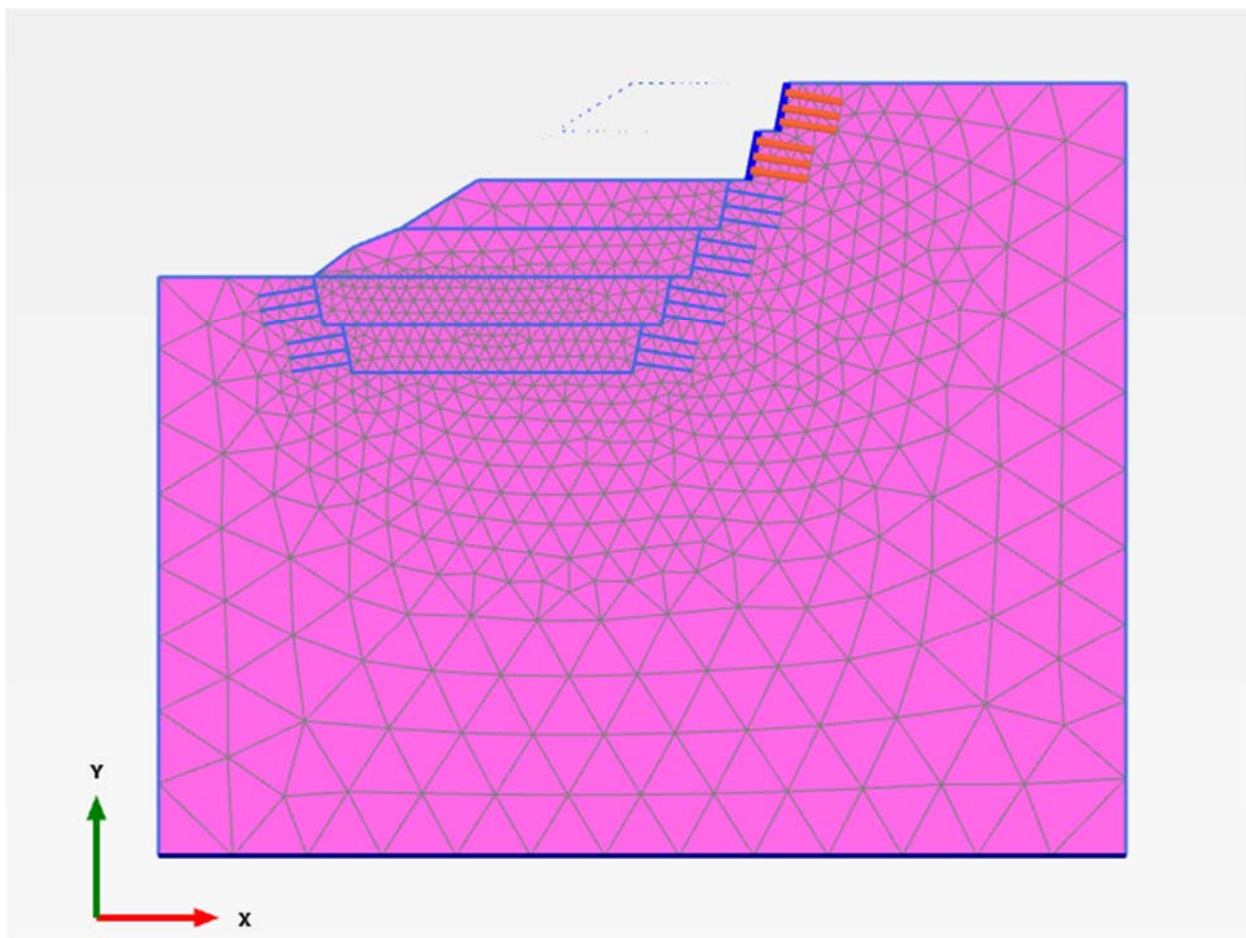


Figura 8 – Fase 4: Installazione dello spritz-beton e dei chiodi della seconda banca.

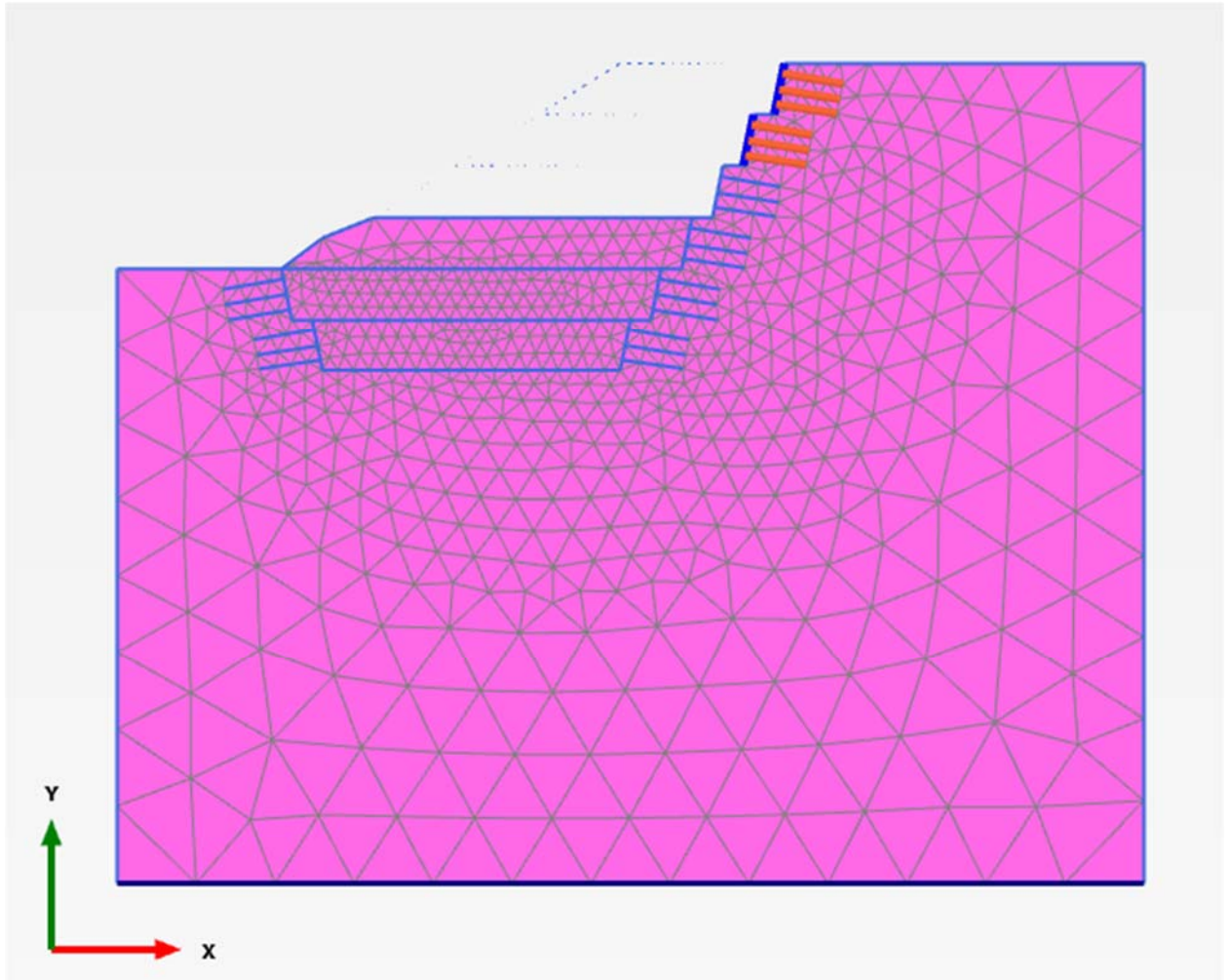


Figura 9 – Fase 5: Scavo della terza banca.

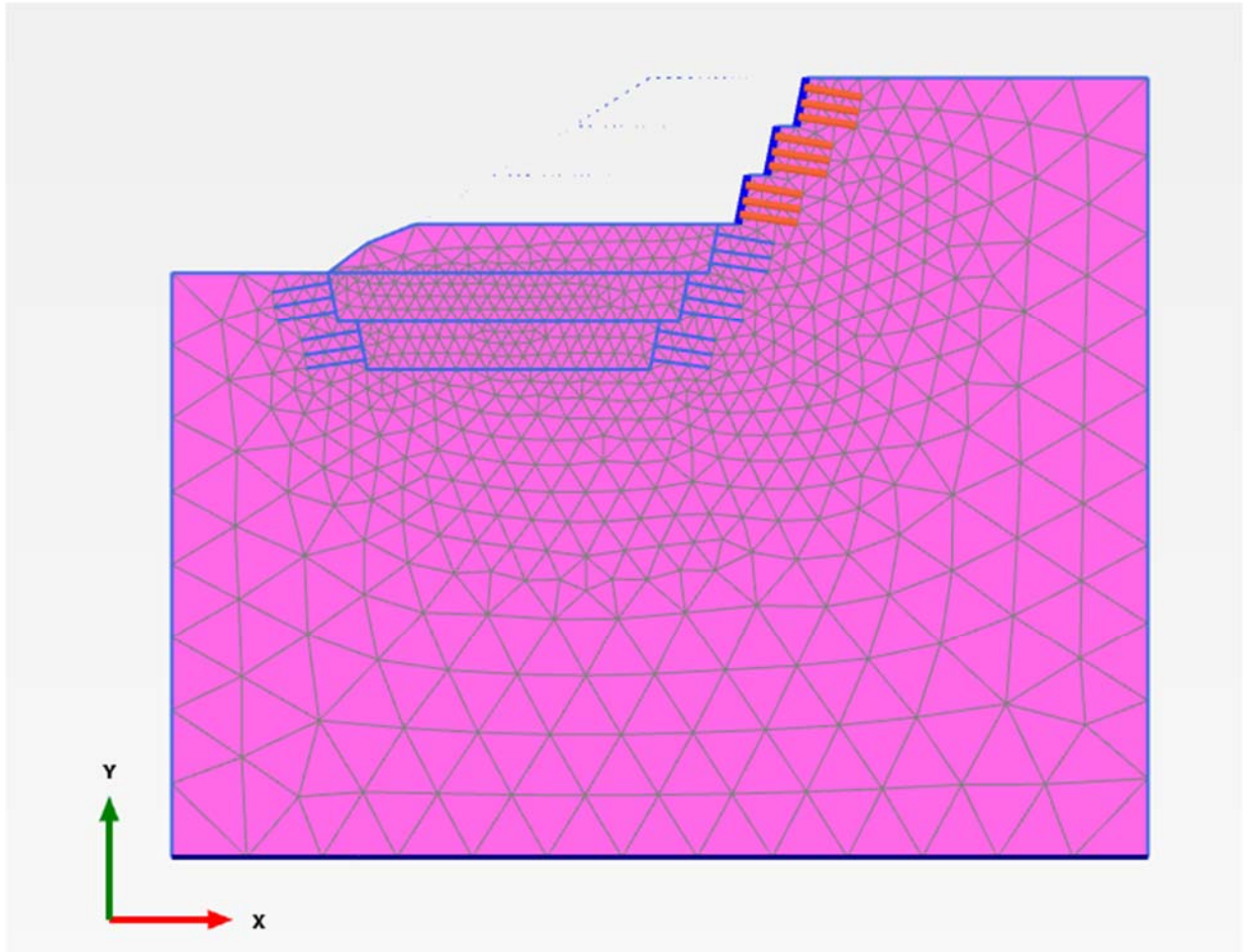


Figura 10 – Fase 6: Installazione dello spritz-beton e dei chiodi della terza banca.

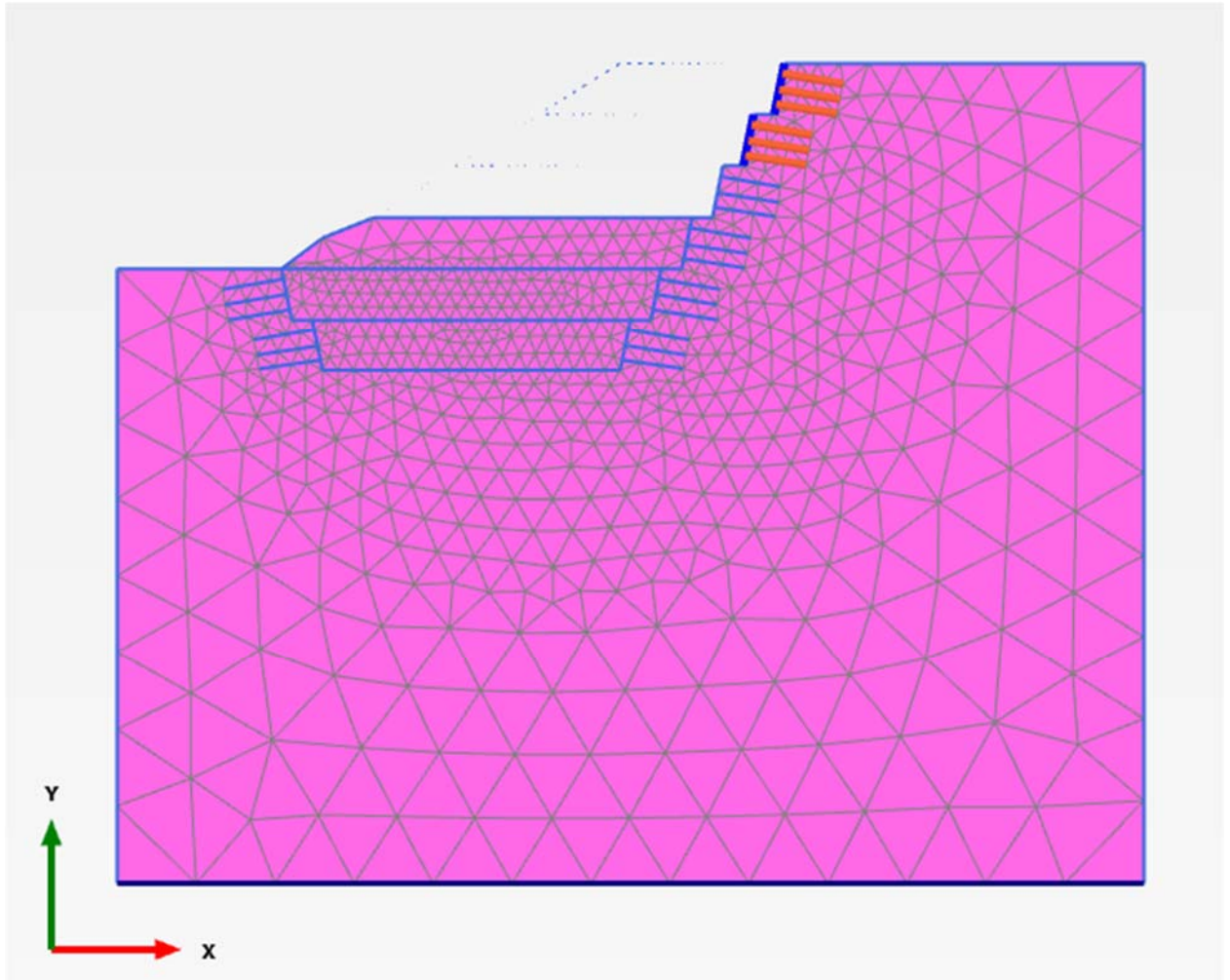


Figura 11 – Fase 5: Scavo della terza banca.

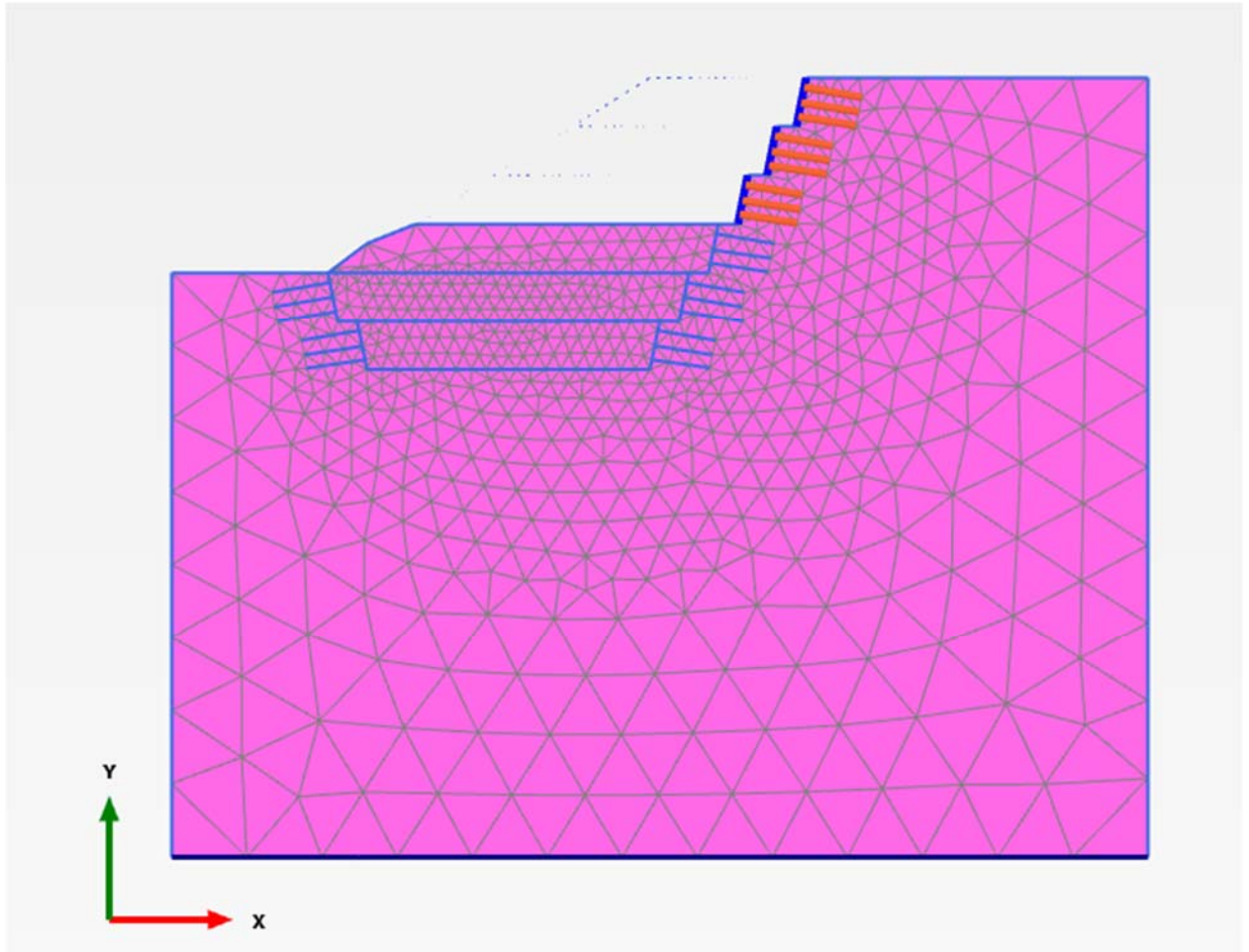


Figura 12 – Fase 6: Installazione dello spritz-beton e dei chiodi della terza banca.

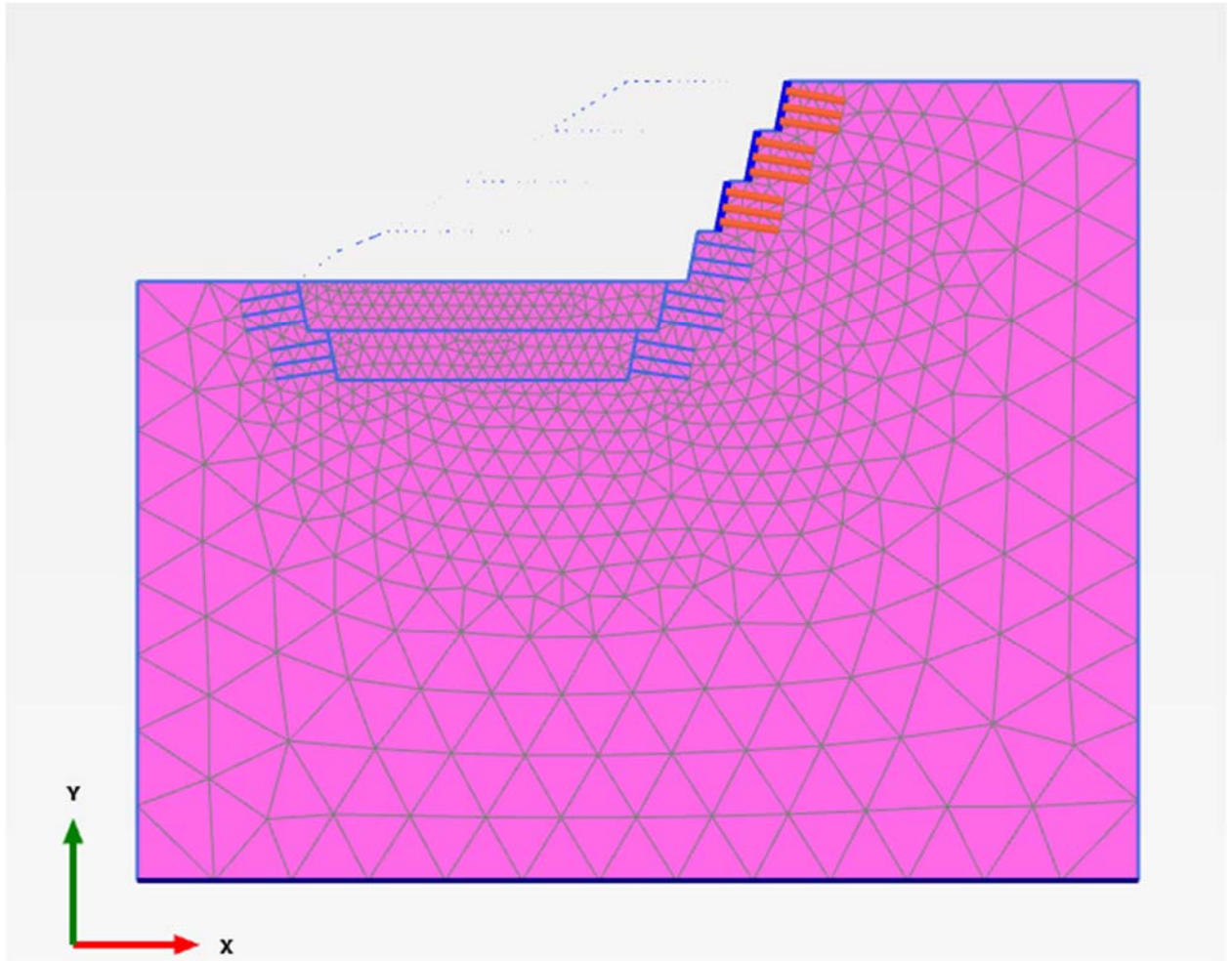


Figura 13 – Fase 7: Scavo della quarta banca.

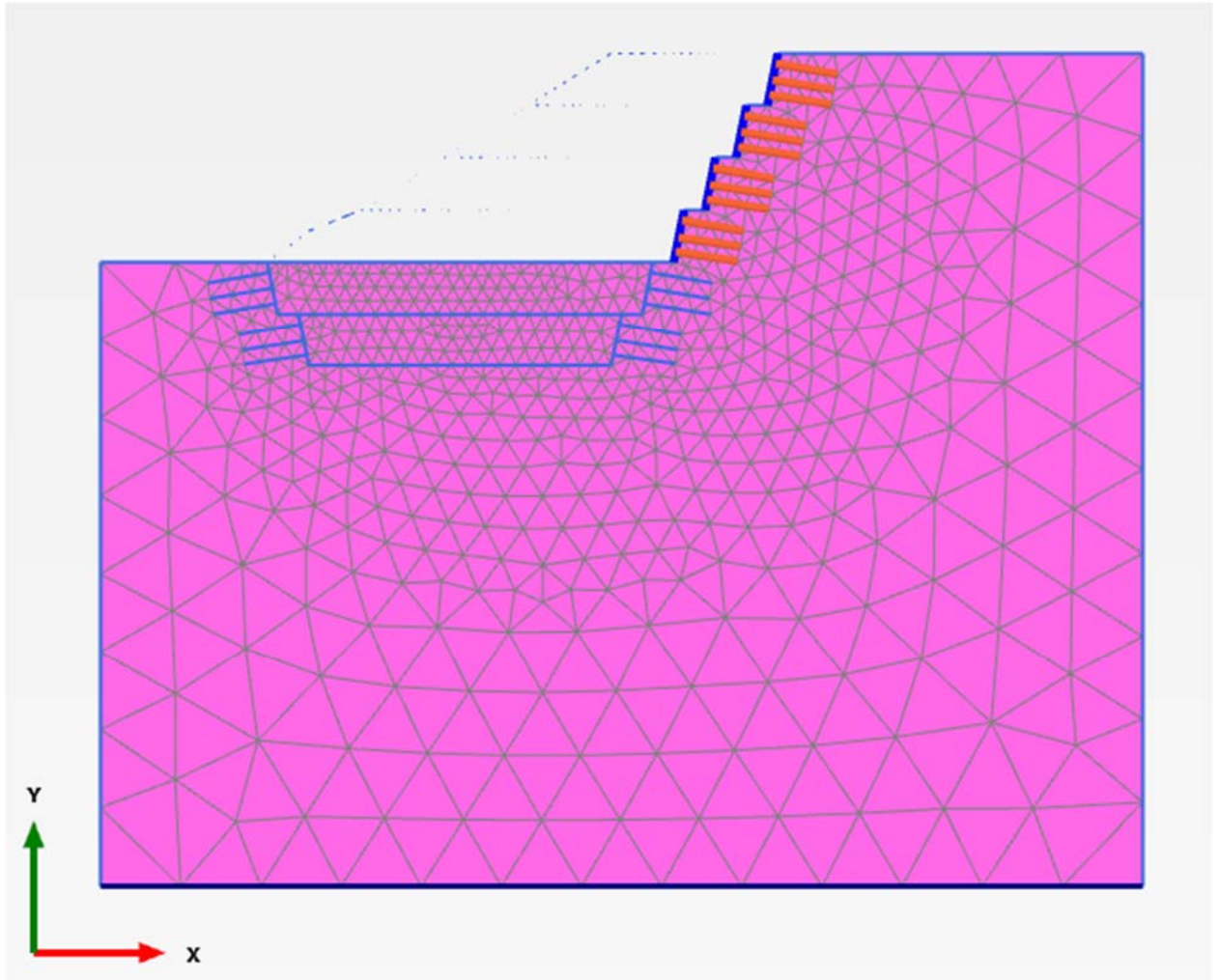


Figura 14 – Fase 8: Installazione dello spritz-beton e dei chiodi della quarta banca.

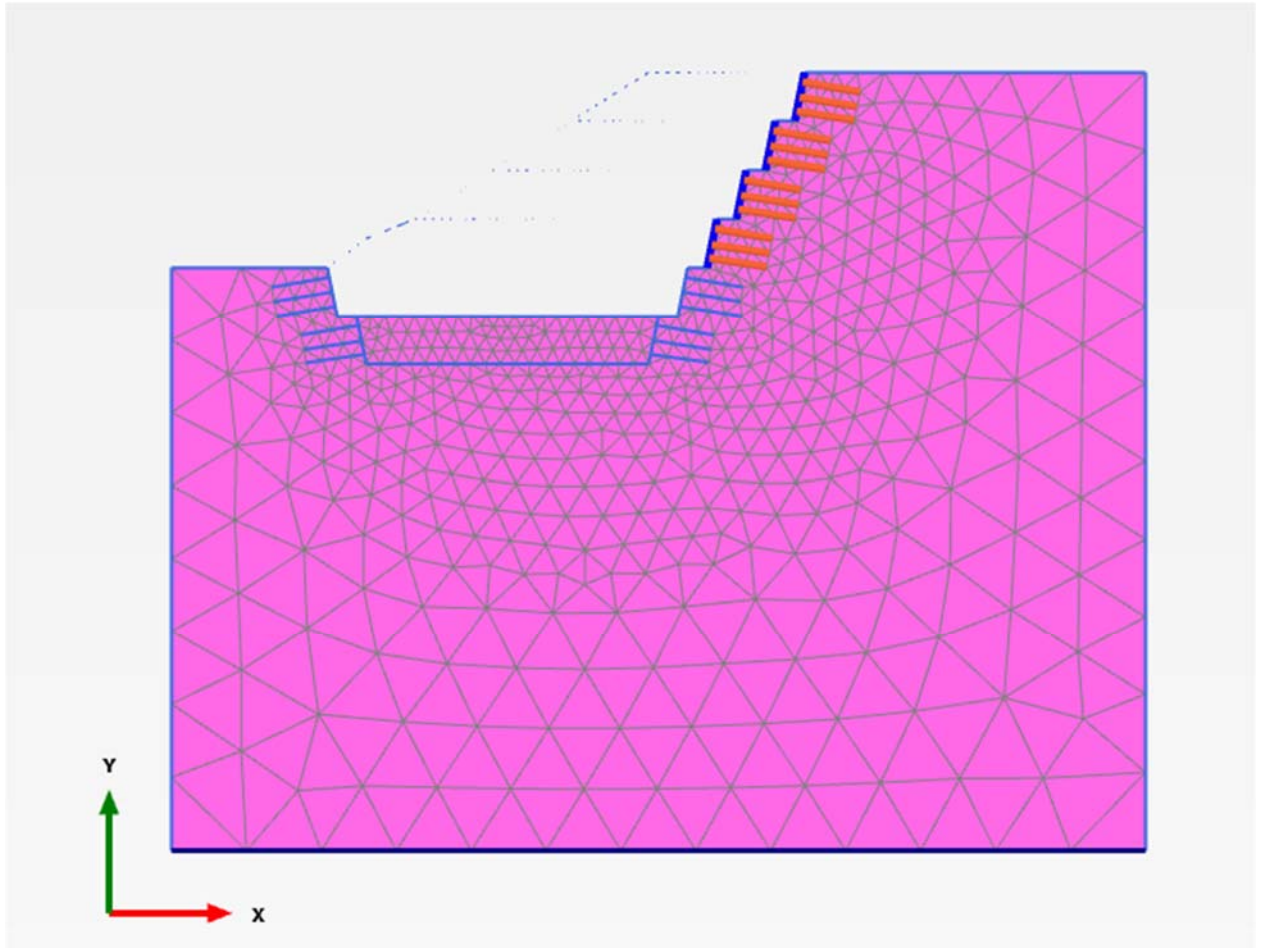


Figura 15 – Fase 9: Scavo della quinta banca.

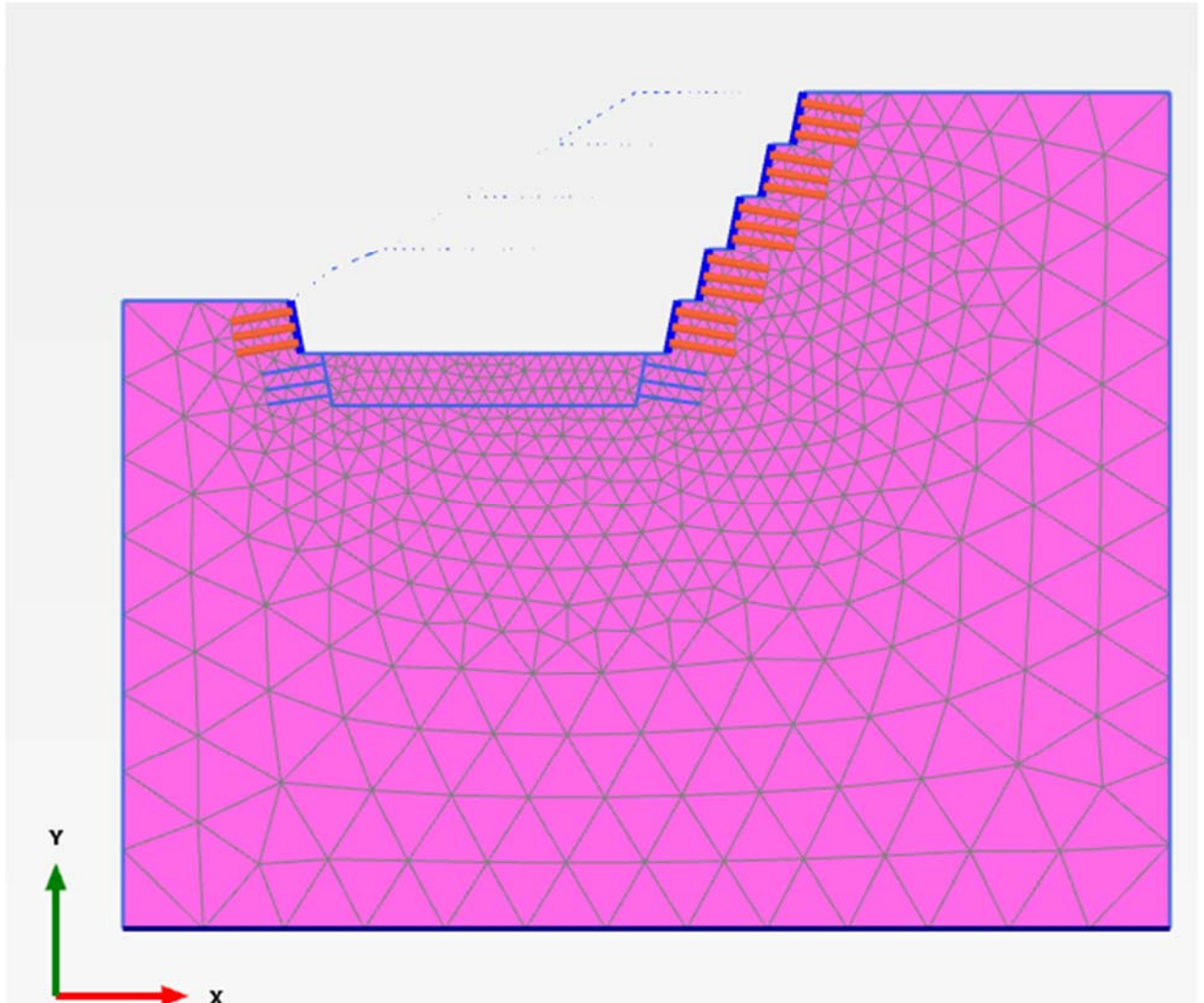


Figura 16 – Fase 10: Installazione dello sgritz-beton e dei chiodi della quinta banca.

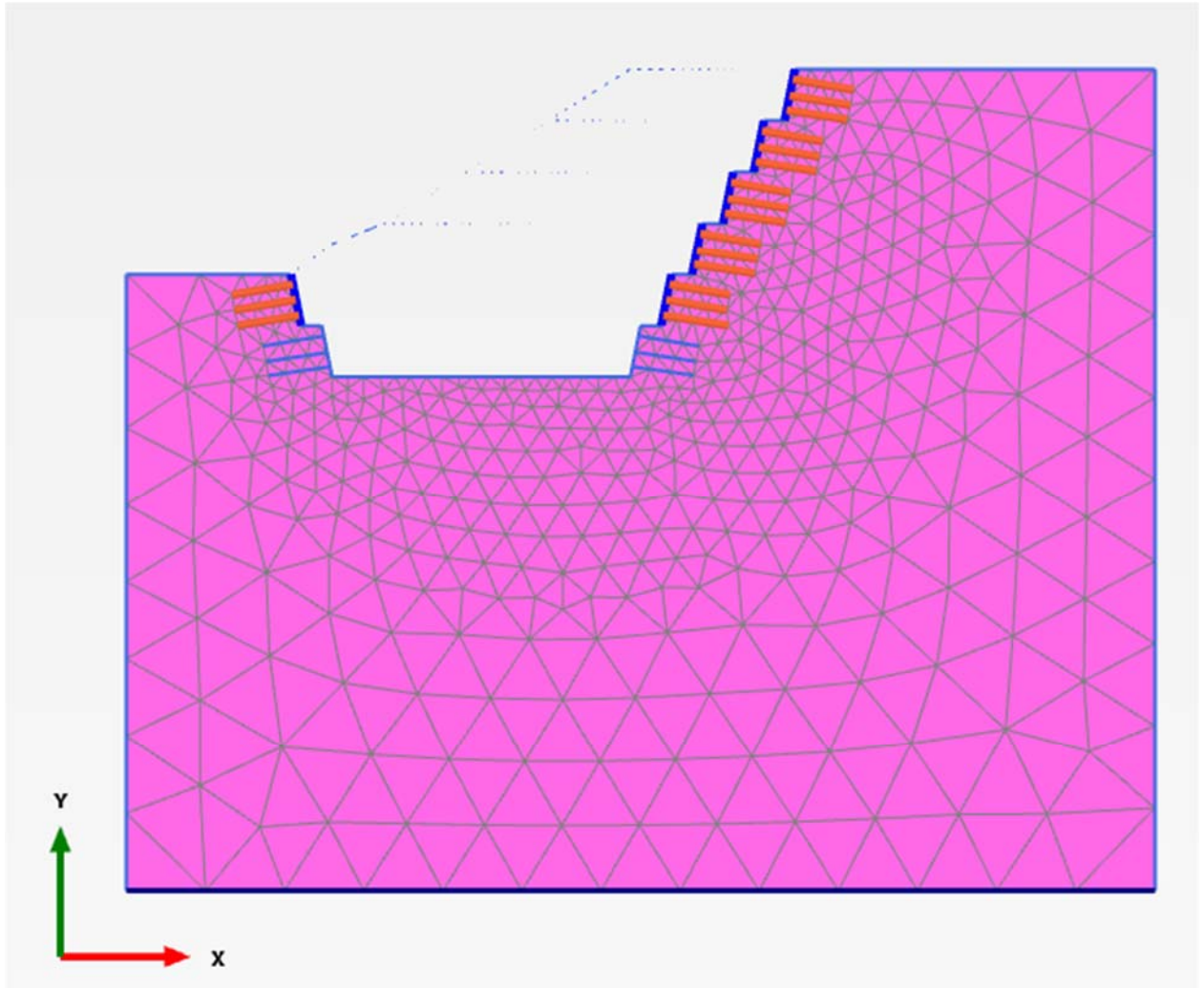


Figura 17 – Fase 11: Scavo della sesta banca.

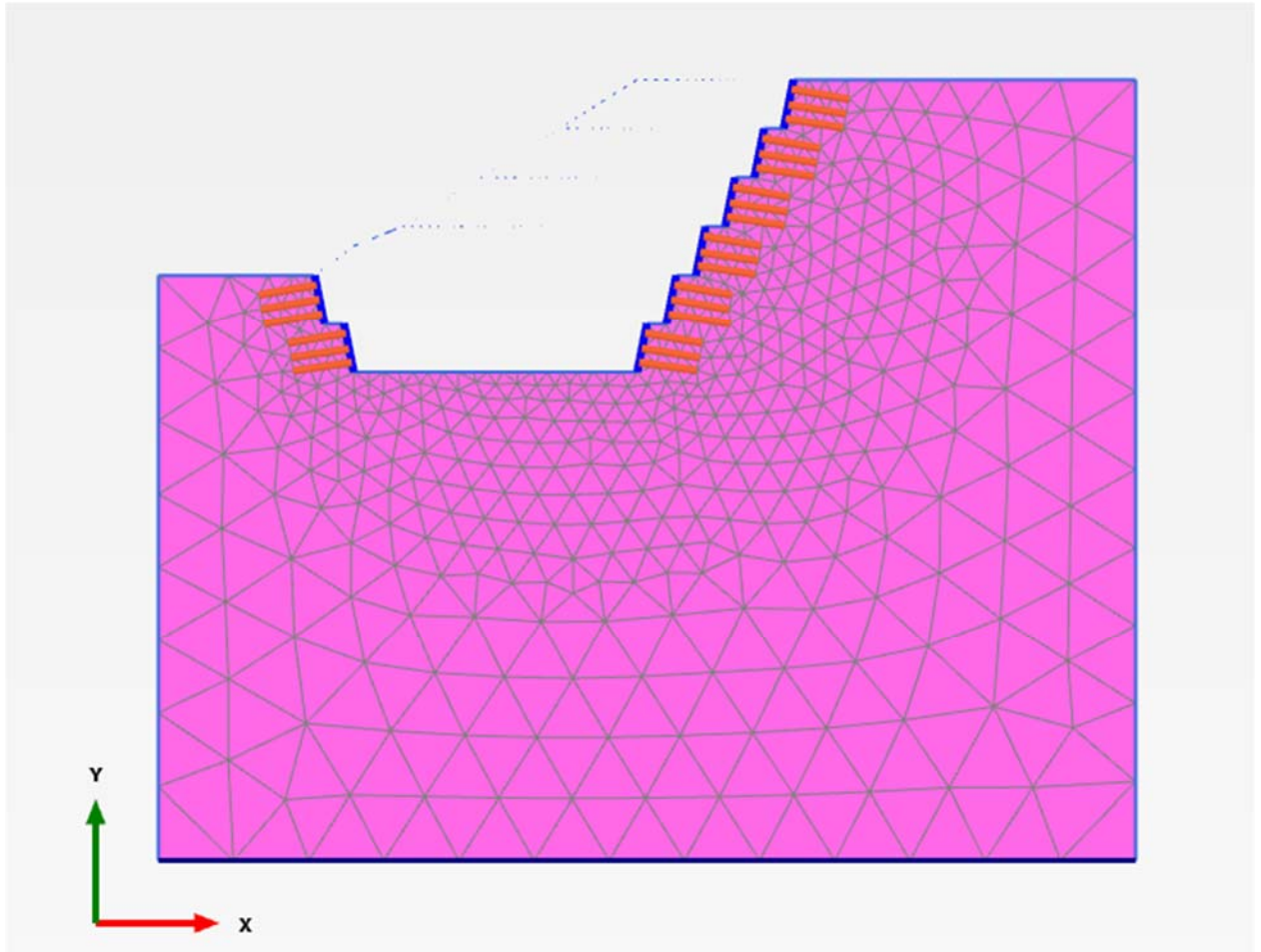


Figura 18 – Fase 12: Installazione dello spritz-beton e dei chiodi della sesta banca.

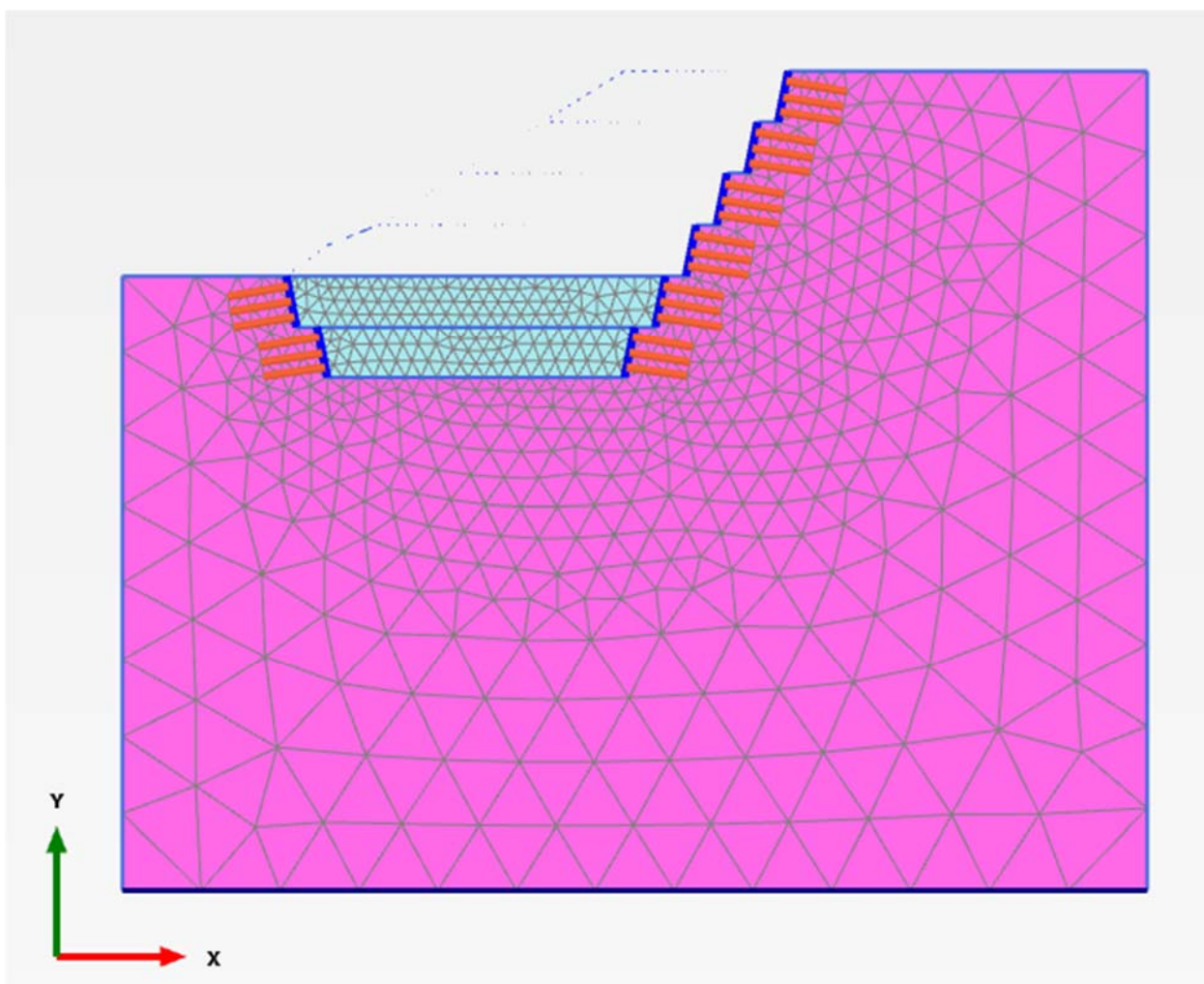


Figura 19 – Fase 13: Fase definitiva a seguito del rinterro.


Sono state considerate anche le fasi sismiche per le due:

- nella condizione temporanea di massimo scavo , corrispondente alla fase 12
- nella condizione permanente a seguito della costruzione della galleria artificiale, corrispondente alla fase 13

Nella fase 12 in quanto opere provvisorie, le parati chiodate hanno vita nominale $V_N \leq 10$ anni; per quanto riguarda la valutazione dell'azione sismica, in conformità al paragrafo 2.4.3 delle NTC08, il periodo di riferimento V_R è stato assunto pari a 35 anni. Con riferimento allo Stato Limite di salvaguardia della Vita, il periodo di ritorno $T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = 332$ anni. I parametri sismici sono stati determinati utilizzando il foglio di calcolo Spettri-NTC ver.1.0.3 sulla base delle coordinate geografiche del sito.

PROGETTO ESECUTIVO

GALLERIA POGGIO TONDO ASSE DESTRO
Relazione geotecnica degli imbocchi: imbocco sud



FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate: LONGITUDINE 11.28663, LATITUDINE 43.01626

Ricerca per comune: REGIONE Toscana, PROVINCIA Grosseto, COMUNE Civitella Marittima

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N 10 info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U 0.7 info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R 35 info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE

- SLO - $P_{VR} = 81\%$ 30
- SLD - $P_{VR} = 63\%$ 35

Stati limite ultimi - SLU

- SLV - $P_{VR} = 10\%$ 332
- SLC - $P_{VR} = 5\%$ 682

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato SLV info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo B info

Categoria topografica T2 info

$S_B = 1.200$ info

$C_C = 1.429$ info

$h/H = 1.000$ info

$S_T = 1.200$ info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Figura 20 – Estratto del foglio di calcolo Spettri-NTC ver.1.0.3.

I parametri sismici utilizzati nelle verifiche sono riassunti in Tabella 7.

accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale	a_g	0.124
valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale	F_0	2.481
periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale	T_C^*	0.270 s
coefficiente di amplificazione stratigrafica (categoria di sottosuolo B)	S_S	1.2
coefficiente di amplificazione topografica (categoria topografica T2)	S_T	1.2
accelerazione orizzontale massima attesa al sito	a_{max}	0.179g

Tabella 7 – Parametri sismici utilizzati nelle verifiche in condizione temporanea.

In quanto opera definitiva, la paratia ha vita nominale $V_N \geq 50$ anni; per quanto riguarda la valutazione dell'azione sismica, in conformità al paragrafo 2.4.3 delle NTC08, il periodo di riferimento V_R è stato assunto pari a $V_R = V_N \cdot C_U = 100$ anni, considerando che l'opera ricada in Classe d'Uso IV (coefficiente d'uso $C_U = 2.0$). Con riferimento allo Stato Limite di salvaguardia della Vita, il periodo di ritorno $T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = 949$ anni. I parametri sismici sono stati determinati utilizzando il foglio di calcolo Spettri-NTC ver.1.0.3 sulla base delle coordinate geografiche del sito.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATTITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N : info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U : info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R : info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R : info

Stati limite di esercizio - SLE

SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="60"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="101"/>

Stati limite ultimi - SLU

SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="949"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="1950"/>

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato: info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo: info

Categoria topografica: info

$S_B =$ $C_C =$ info

$h/H =$ $S_T =$ info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Figura 21 – Estratto del foglio di calcolo Spettri-NTC ver.1.0.3.

I parametri sismici utilizzati nelle verifiche sono riassunti in Tabella 8.

accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale	a_g	0.174g
valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale	F_0	2.516
periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale	T_C^*	0.281 s
coefficiente di amplificazione stratigrafica (categoria di sottosuolo B)	S_S	1.2
coefficiente di amplificazione topografica (categoria topografica T1)	S_T	1.0
accelerazione orizzontale massima attesa al sito	a_{max}	0.209g

Tabella 8 – Parametri sismici utilizzati nelle verifiche in condizione permanente.

GALLERIA POGGIO TONDO ASSE DESTRO
Relazione geotecnica degli imbocchi: imbocco sud

La verifica di stabilità è stata effettuata mediante la procedura “ ϕ -c reduction”, un’opzione implementata dal codice di calcolo PLAXIS, che consiste in una progressiva riduzione dei parametri di resistenza (c' e $\tan\phi$) di tutti i terreni fino a una condizione di collasso. I parametri vengono ridotti contemporaneamente per tutti i terreni secondo una stessa percentuale.

Ad ogni passo di calcolo la procedura calcola il rapporto F_s inizialmente pari a 1 e che cresce mano a mano che il programma riduce i valori dei parametri di resistenza fino a tendere ad un valore massimo in corrispondenza delle condizioni di collasso.

$$F_s = \frac{\tan \varphi_{input}}{\tan \varphi_{ridotto}} = \frac{c'_{input}}{c'_{ridotto}}$$

Il valore di F_s come sopra definito, calcolato in corrispondenza della condizione di collasso, individua il fattore di sicurezza rispetto alle condizioni di calcolo iniziali.

Il fattore di sicurezza è riportato nel seguente paragrafo dei risultati di calcolo.

5.2.2 FASI DI CALCOLO DEL MODELLO 2

Le fasi di calcolo sono riportate per maggiore chiarezza nelle seguenti figure.

In Figura 5 si riporta lo scavo della prima banca.

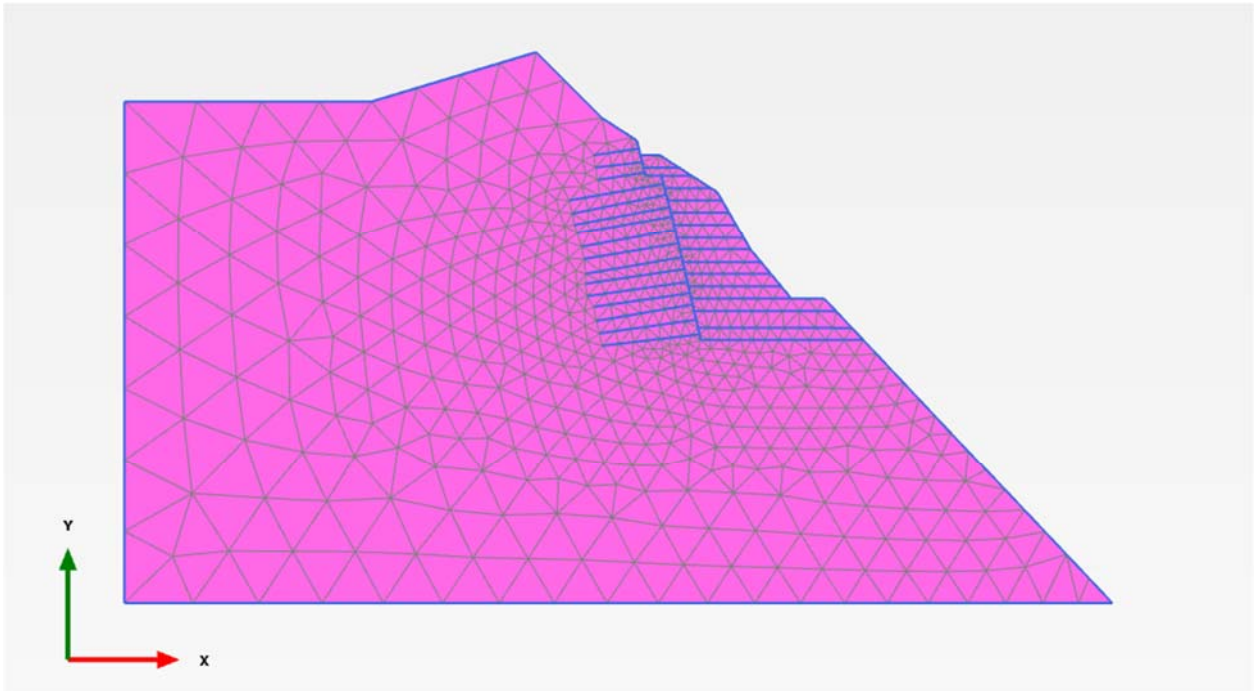


Figura 22 – Fase 1: Primo scavo

In Figura 23 si installa il primo livello di chiodi.

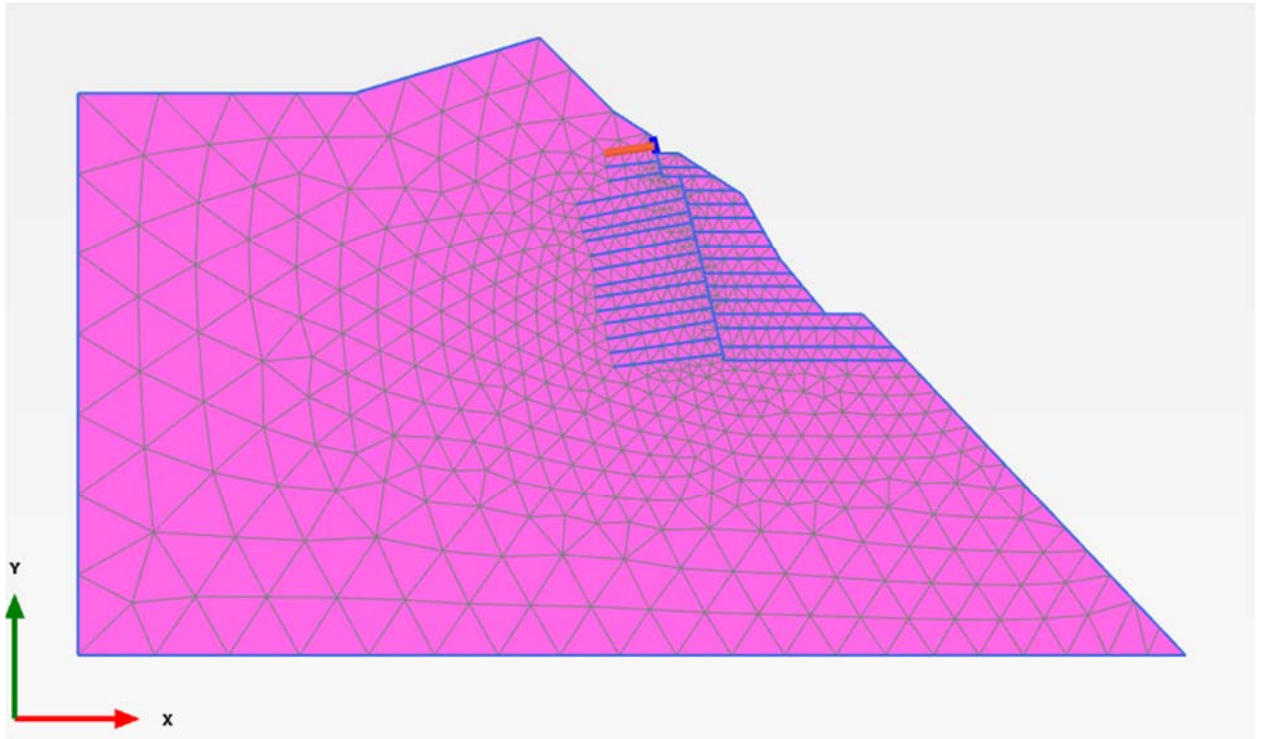


Figura 23 – Fase 2: Installazione dello spritz-beton e del primo livello di chiodi.

Si procede in maniera analoga per ogni livello fino alla fase di fine scavo riportata nella seguente Figura 24

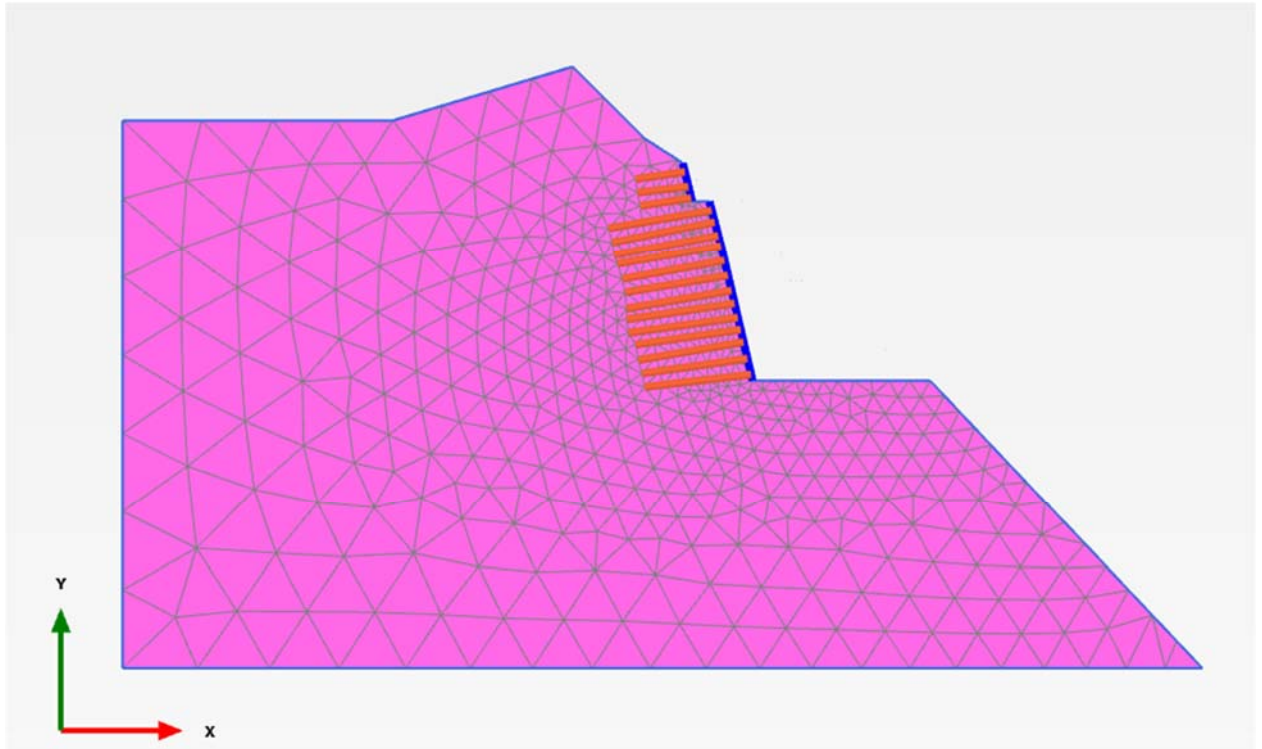


Figura 24 – Fase 33: Installazione ultimo livello di chiodi.

Per questo modello si è considerata solo la fase sismica in condizione temporanea di massimo scavo, corrispondente alla fase 33.

Per il sisma si fa riferimento a quanto riportato in Tabella 7.

La verifica di stabilità è stata effettuata mediante la procedura “ ϕ -c reduction”, descritta nel paragrafo 0.

5.3 OUTPUT E CONCLUSIONI DEL MODELLO 1

Nella seguenti figure si riporta la distribuzione degli spostamenti quindi le superfici di rottura individuate nella analisi di stabilità di fine costruzione (Fase 12 in Figura 18) e definitiva (Fase 13 in Figura 19) nella combinazione GEO.

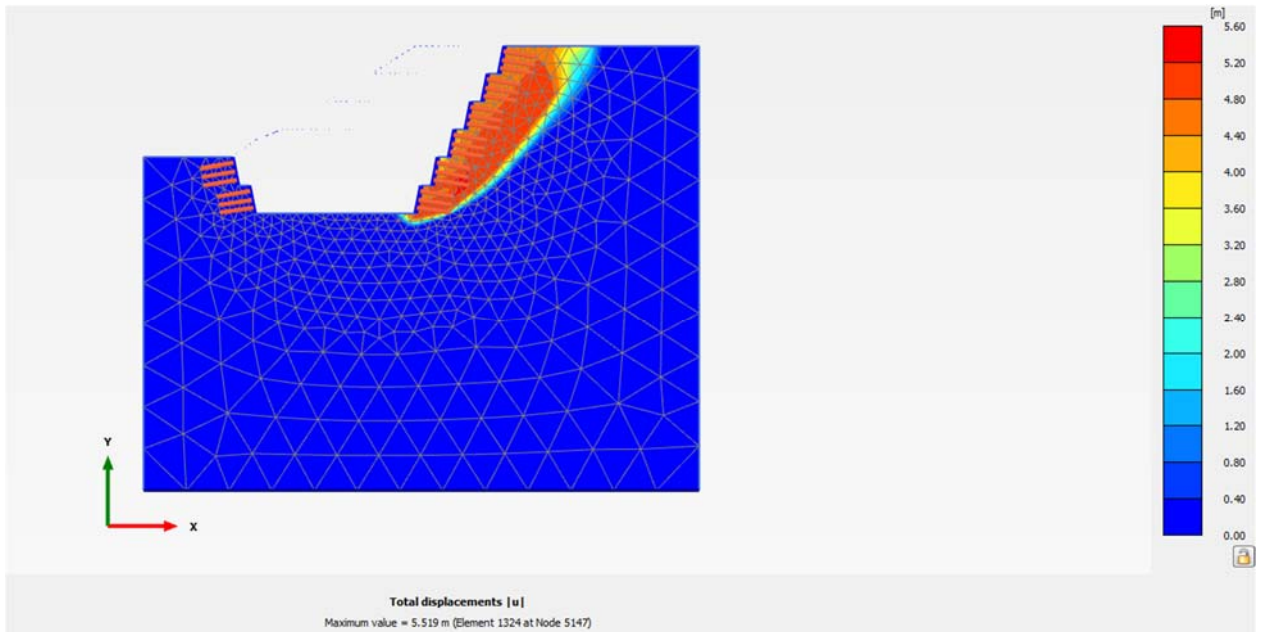


Figura 25 – Superfici di rottura per l'analisi di stabilità di fine costruzione (FS=1.41) – condizione statica.

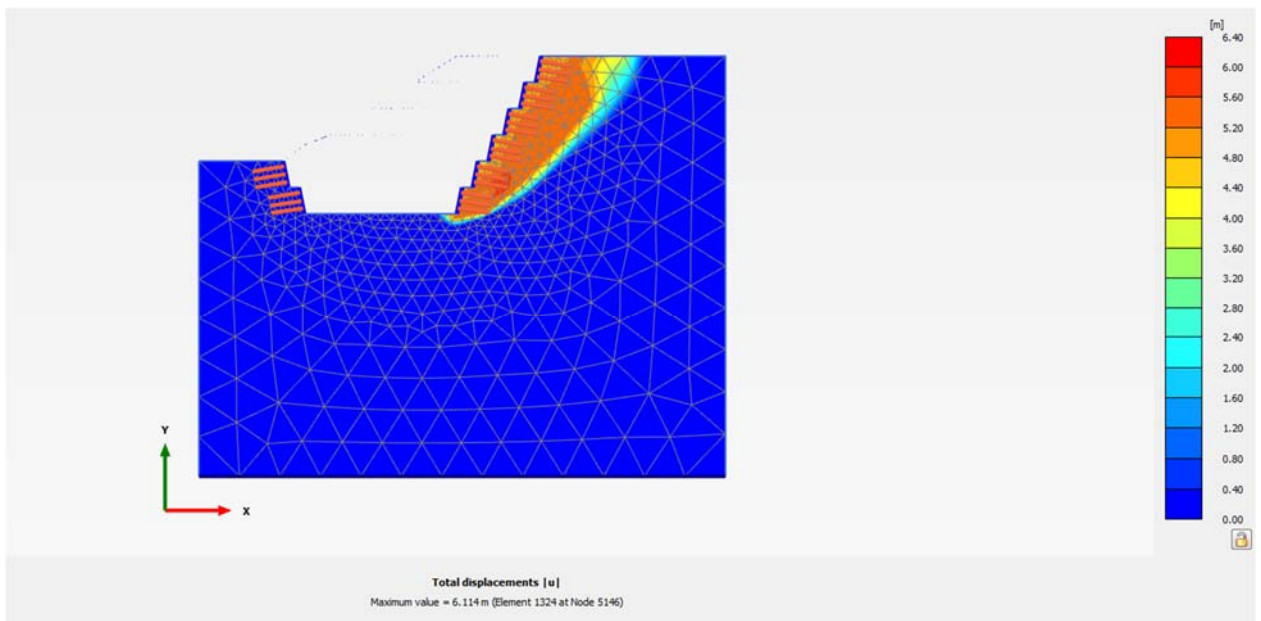


Figura 26 – Superfici di rottura per l'analisi di stabilità di fine costruzione (FS=1.34) – condizione sismica.

GALLERIA POGGIO TONDO ASSE DESTRO
 Relazione geotecnica degli imbocchi: imbocco sud

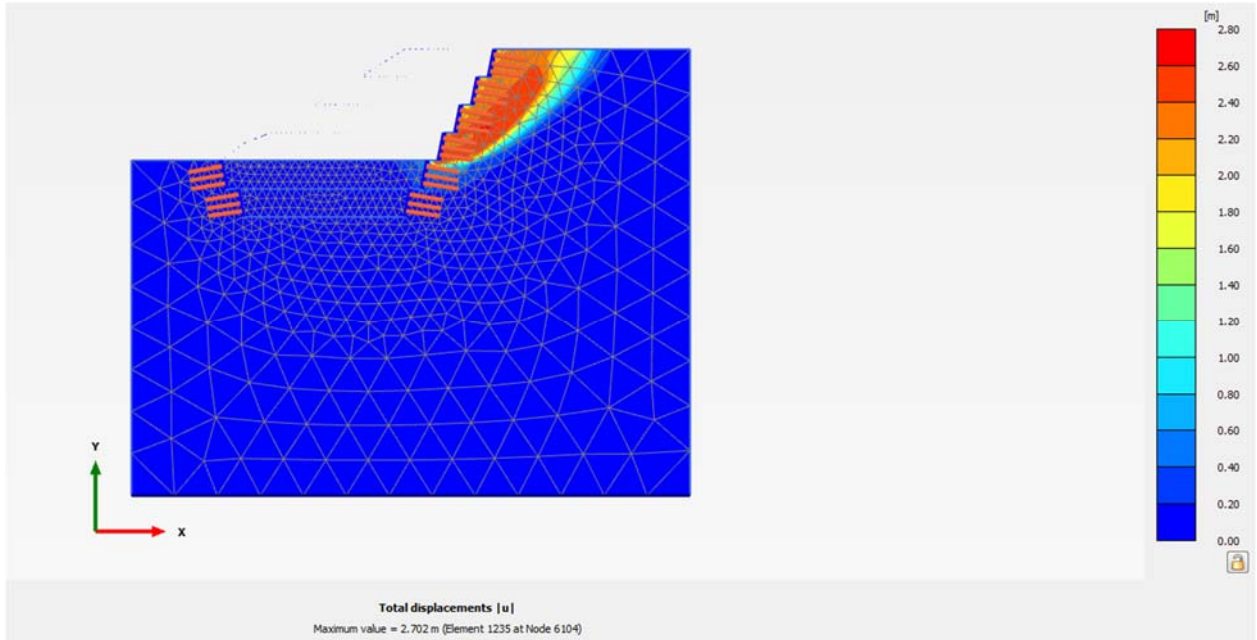


Figura 27 – Superfici di rottura per l'analisi di stabilità nella condizione definitiva (FS=1.89) – condizione statica.

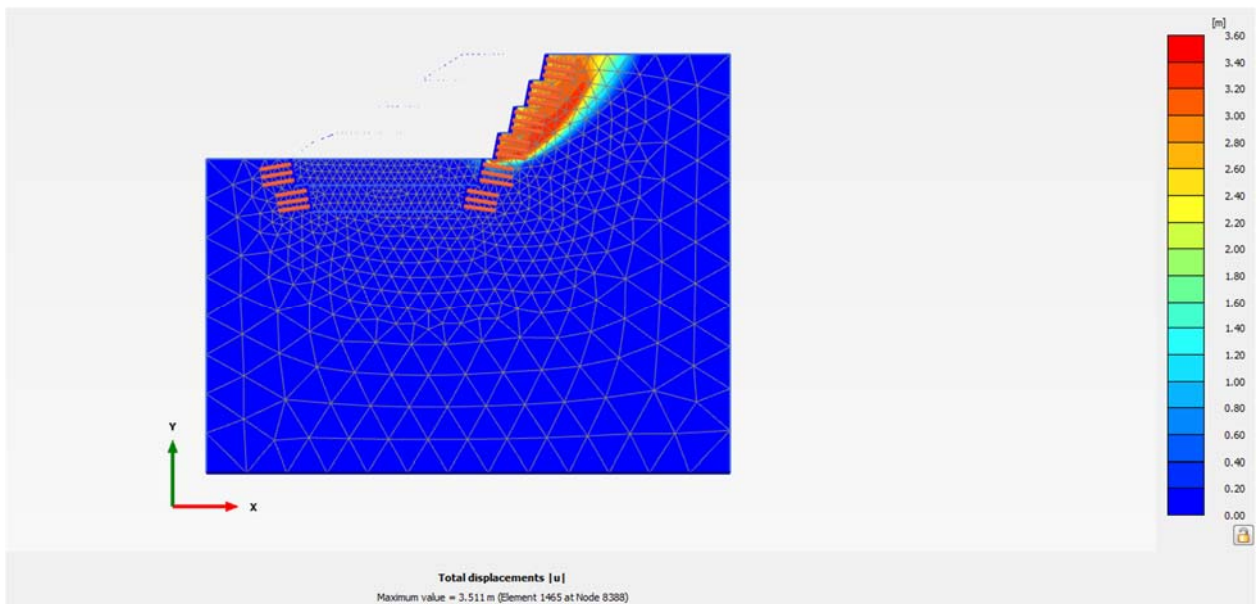


Figura 28 – Superfici di rottura per l'analisi di stabilità nella condizione definitiva (FS=1.72) – condizione sismica.

La condizione peggiore si ha in corrispondenza della situazione sismica in condizioni temporanee. Il coefficiente di sicurezza in questa condizione è pari a $1.34 > 1.1$, quindi la verifica è soddisfatta.

5.4 OUTPUT E CONCLUSIONI DEL MODELLO 2

Nelle seguenti figure si riporta la distribuzione degli spostamenti quindi le superfici di rottura individuate nella analisi di stabilità di fine costruzione (Fase 33 in Figura 24 Figura 18).

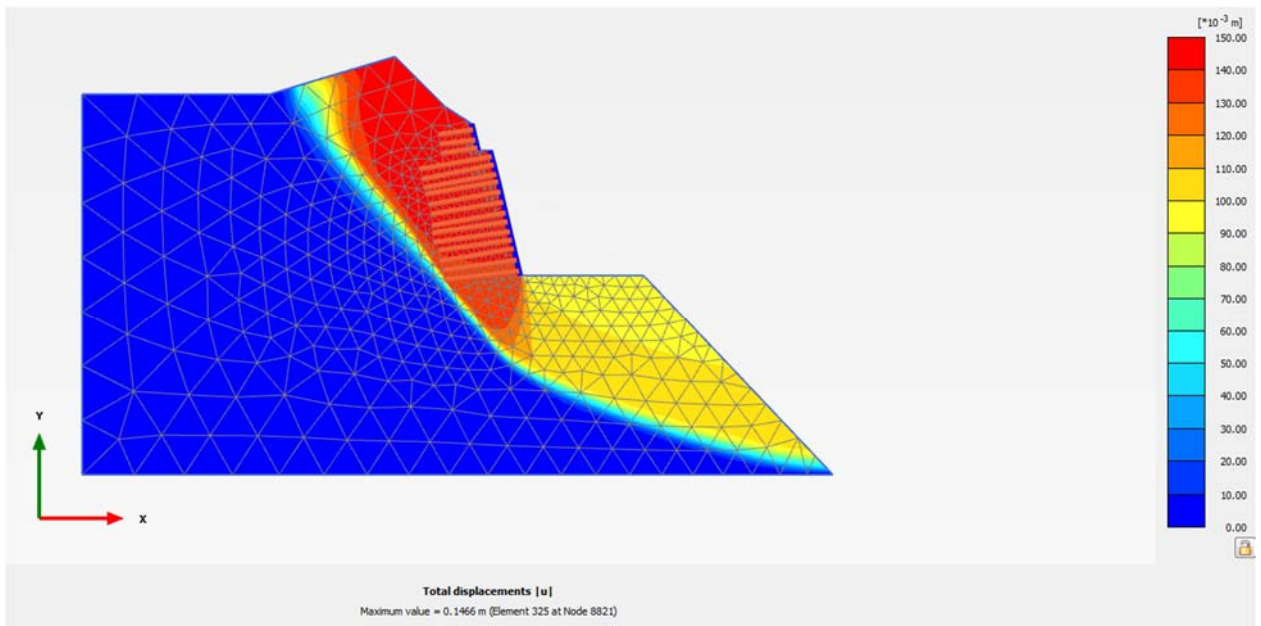


Figura 29 – Superfici di rottura per l'analisi di stabilità di fine costruzione (FS=1.19) – condizione statica.

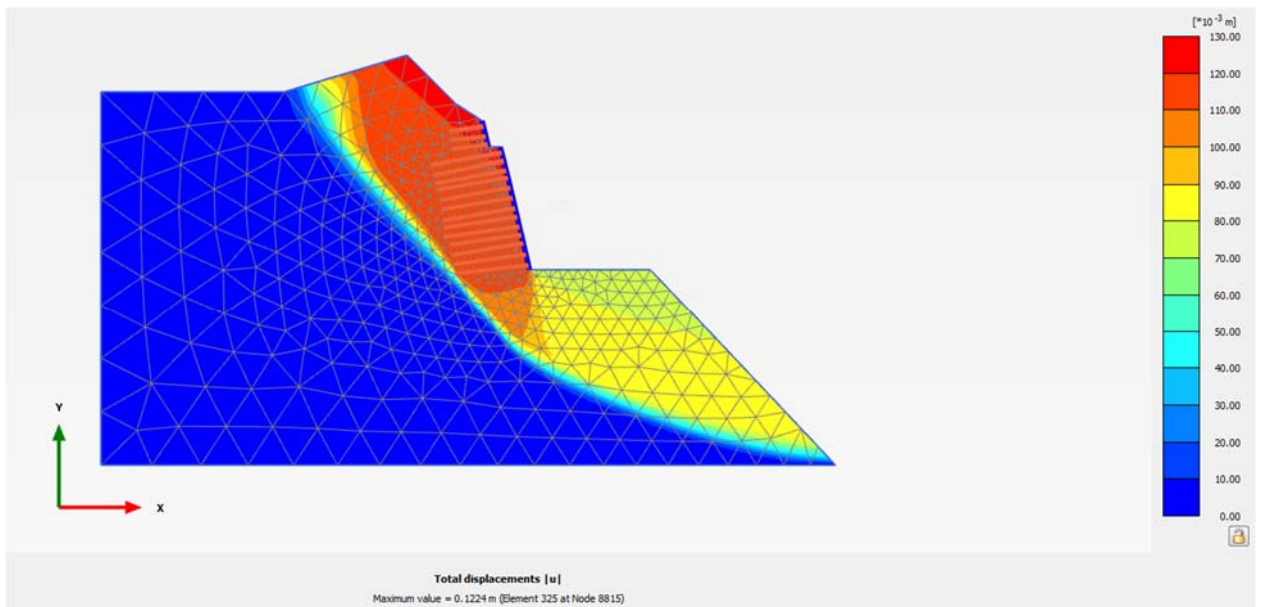


Figura 30 – Superfici di rottura per l'analisi di stabilità di fine costruzione (FS=1.11) – condizione sismica.

La condizione peggiore si ha in corrispondenza della situazione sismica. Il coefficiente di sicurezza in questa condizione è pari a $1.11 > 1.1$, quindi la verifica è soddisfatta.

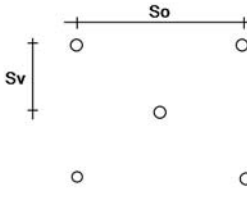
GALLERIA POGGIO TONDO ASSE DESTRO
Relazione geotecnica degli imbocchi: imbocco sud

La verifica di stabilità dell'opera risulta soddisfatta.

5.5 VERIFICA DEI CHIODI

La verifica dei chiodi è stata svolta con il seguente foglio di calcolo.

CHIODATURA CON BARRE PASSIVE

Sv = spaziatura verticale =	1.5	(m)	
So = spaziatura orizzontale =	3	(m)	
D = Diametro del fondino =	2.65	(cm)	
A = Area del fondino =	5.52	(cmq)	
Ds = Diametro della Perforazione	0.1	(m)	
Tipo di acciaio	B450C		
fyk = Tensione di snervamento dell'acciaio	450	(MPa)	
γs = coefficiente parziale acciaio	1.15		
Classe di resistenza malta	C25/30		
fck = resistenza caratteristica della malta	25	(MPa)	
γc = coefficiente parziale malta	1.5		
αcc = coeff. Riduttivo resistenze lunga durata	0.85		
fcd = resistenza di progetto della malta	14.2	(MPa)	
fctm = resistenza media a trazione malta	2.56	(MPa)	
ftk = resistenza caract. a trazione malta	1.80	(MPa)	

Forza limite di taglio del singolo chiodo

$T = f_{yk} \cdot A / \gamma_s$ $T = 215.82$ (kN)

Coesione equivalente dovuta alla presenza della chiodatura

$C_{eq} = T / A_{inf}$

$A_{inf} = (Sv) \cdot (So)$ = 4.50 (mq)

$C_{eq} = 47.96$ (kN/mq)

GALLERIA POGGIO TONDO ASSE DESTRO
Relazione geotecnica degli imbocchi: imbocco sud

Lunghezza di ancoraggio della barra

coefficienti parziali		Terreno
Metodo di calcolo		γ_R
Stato limite ultimo chiodi Temporanei	<input type="radio"/>	1.10
Stato limite ultimo chiodi Permanenti	<input checked="" type="radio"/>	1.20
Tensioni ammissibili	<input type="radio"/>	2.50
altro	<input type="radio"/>	1.30

n	1	2	3	4	≥ 5	TA	altro
ξ_3	1.80	1.75	1.70	1.65	1.60	1.00	1.27
ξ_4	1.80	1.70	1.65	1.60	1.55	1.00	1.12

$$L_s \min = T / (\pi \cdot D_s \cdot \tau_{s,d})$$

$$\tau_{s,med} = \text{tensione di adesione media} = 0.90 \text{ (Mili '12)}$$

$$\tau_{s,min} = \text{tensione di adesione minima} = 0.90 \text{ (MPa)}$$

$$\tau_{s,d} = \text{Min}(\tau_{s,med}/\xi_3 \cdot \gamma_R; \tau_{s,min}/\xi_4 \cdot \gamma_R)$$

$$\tau_{s,d} = \text{tensione di adesione di calcolo} = 0.42 \text{ (Mili '12)}$$

$$L_s \min = 1.65 \text{ (m)}$$

Verifica allo sfilamento della barra

$$N_{lim} = \pi \cdot D \cdot f_{bd} \cdot L \min$$

$$\eta = 1$$

$$L \min = \text{lunghezza di ancoraggio} = 1.65 \text{ (m)}$$

$$f_{bd} = \text{aderenza barra/malta} = 2.25 \cdot \eta \cdot f_{ctk} / \gamma_c = 2.69 \text{ (Mili '12)}$$

$$N_{lim} = 369.68 \text{ (kN)} \quad N_{lim} > T$$

verifica soddisfatta