



Autorità di Sistema Portuale
dei Mari Tirreno Meridionale
e Ionio

**REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO
DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL
RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE
CIG: 945919784C - CUP: F11J18000050005**

PROGETTO DEFINITIVO

GRUPPO DI PROGETTAZIONE INDICATO

Mandataria:



Mandanti:



Ing. Arturo VELTRI

Progettazione:

HYSOMAR - Ing. Alberto BORSANI (Coordinatore e responsabile delle Integrazioni Specialistiche)
HYSOMAR - (Progettazione generale e marittima)
HYPRO - (Progettazione strutturale, impiantistica, paesaggistica ed ambientale)
Ing. Arturo VELTRI - (Modelli specialistici)

Geologia:

HYPRO - Dott. Giuseppe CERCHIARO

Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione:

HYSOMAR - Ing. Antonella PASTORE (Coordinamento sicurezza in fase di progettazione)

Gruppo di lavoro:

Ing. Gianluigi FILIPPO (HYSOMAR)
Geom. Alfredo VOMMARO (HYSOMAR)
Ing. Maurizio CARUSO (HYPRO)
Ing. Raffaele CIARDULLO (HYPRO)
Ing. Vincenzo SECRETI (HYPRO)



Appaltatore:

FRANCO GIUSEPPE s.r.l



Elaborato:

**RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E
CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA**

CODIFICA

Al 12 - 2022

CODICE DOCUMENTO

1 0,4 OM R,H 0,5

REV.

0

SCALA

ELABORATO

04.OM.R05

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
0	Giugno 2023	1° EMISSIONE	M. ADEL	F. PAGLIUSO	A. BORSANI

Visto:

Il Responsabile Unico del Procedimento

Ing. Maria Carmela DE MARIA

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	1
2. INQUADRAMENTO GENERALE E STATO DEI LUOGHI.....	2
2.1. Ubicazione territoriale del Porto Vecchio di Crotona	2
2.2. Inquadramento geologico	3
3. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO.....	5
3.1. Descrizione tecnica della Diga Foranea di progetto	5
3.2. Descrizione delle opere a gettata in massi e/o scogli naturali (sezione di progetto in testata).....	7
3.3. Descrizione delle opere a gettata in massi e/o scogli naturali (sezione di progetto in mezzera).....	9
4. VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE	11
4.1. Software di calcolo Midas, Gts e Nx.....	11
4.2. Sequenza di Modello e calcolo	11
4.2.1. Modellazione geometrica	11
4.2.2. Generazione Mesh.....	12
4.2.3. Condizioni di analisi.....	12
4.2.4. Procedura per il calcolo del fattore di sicurezza	13
4.3. Normativa di calcolo	13
5. DATI SISMICI	15
6. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DEL MODELLO.....	16
6.1. Parametri geotecnici del terreno.....	16

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

6.2.	Stratigrafia	17
6.3.	Parametri di calcolo dei terreni	18
7.	ANALISI DEI CARICHI	20
8.	MODELLAZIONE E CALCOLO	20
8.1.	Sezione 16.....	20
8.1.1.	Modello di calcolo.....	21
8.1.2.	Mesh	21
8.1.3.	Condizione al contorno.....	22
8.1.4.	Carichi	23
8.1.5.	Fase di calcolo	25
8.1.6.	Risultati	27
8.1.6.1.	Spostamenti	27
8.1.6.1.1.	Fase iniziale.....	27
8.1.6.1.2.	Fase di costruzione (Statica)	28
8.1.6.2.	Condizione sismiche	30
8.1.6.3.	Tensioni	32
8.1.6.3.1.	Fase iniziale.....	32
8.1.6.3.2.	Fase di costruzione (Statica)	34
8.1.6.3.3.	Condizione sismiche.....	36
8.1.6.4.	Stabilità	38
8.1.6.5.	Cedimenti.....	40
8.2.	Sezione 18.....	41
8.2.1.	Modello di calcolo.....	41

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

8.2.2.	Mesh	41
8.2.3.	Carichi	42
8.2.4.	Fase di calcolo	42
8.2.5.	Risultati	45
8.2.5.1.	Spostamenti	45
8.2.5.1.1.	Fase iniziale	45
8.2.5.1.2.	Fase di costruzione (Statica)	46
8.2.5.1.3.	Condizione sismiche	47
8.2.5.2.	Tensioni	48
8.2.5.2.1.	Fase iniziale	48
8.2.5.2.2.	Fase di costruzione (Statica)	49
8.2.5.2.3.	Condizione sismiche	50
8.2.5.3.	Stabilità	51
8.2.5.4.	Cedimenti	52

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

1. PREMESSA

Il presente elaborato fornisce il calcolo per la verifica di stabilità e cedimenti per la progettazione del prolungamento del molo foraneo esistente del Porto Vecchio di Crotona.

L'opera foranea contemplata dal presente progetto esecutivo è stata progettata nel rispetto degli elementi geometrici e costruttivi migliorativi offerti in sede di gara e sulla base dei rilievi topo-batimetrici aggiornati.

2. INQUADRAMENTO GENERALE E STATO DEI LUOGHI

2.1. Ubicazione territoriale del Porto Vecchio di Crotona

L'area portuale ricade nel territorio costiero di Crotona, comune calabrese che si affaccia sul mar Ionio.



Figura 1.1 – Inquadramento territoriale Porto Vecchio di Crotona

Il territorio di Crotona è caratterizzato da un paesaggio costiero, interessato da coste rocciose e da insenature di sabbia tra le quali quella occupata dall'area interessata al progetto di prolungamento della diga foranea di sopraflutto.

2.2. Inquadramento geologico

Il riconoscimento delle caratteristiche geologiche permette di definire l'assetto stratigrafico dei terreni presenti nell'area investigata in termini di individuazione delle singole unità litologiche, modalità ed età della loro messa in posto, caratteri evolutivi reciproci rapporti geometrici, definizione e caratteri delle acque di scorrimento superficiali e profonde.

Nel sito oggetto di studio e per un'area sufficientemente ampia affiorano terreni di origine sedimentaria che si sono depositati in un intervallo di tempo compreso tra 3,4 milioni di anni fa e l'attuale. In particolare si tratta di una potente formazione argilloso marnosa di colore grigio azzurro ricoperta, attraverso uno spessore variabile, ma in genere ridotto, di sabbia mi e medio fini a tratti limose e talora localmente di a ghiaiose. Le argille si presentano, generalmente laminate e con una consistenza variabile da media ad alta.

Verso la linea di costa, in corrispondenza della zona tidale ed intertidale, la formazione argillosa viene ricoperta da sedimenti granulari di età olocenica. Si tratta di sabbie medio-fini generalmente a granulometria uniforme, prive di matrice fine o localmente, nella zona posta a Nord ossia nel "Porto Nuovo" poco limose.

Tale deposito presenta uno spessore piuttosto ridotto nella zona a Sud del promontorio di Crotona, mentre si approfondisce fino a 25-30 m nella zona posta nei pressi del "Molo Giunti" situato nel Porto Nuovo, per poi assottigliarsi nuovamente nella restante porzione dello stesso porto.

Per maggiori dettagli, circa il modello geologico dell'area, si rimanda, comunque, alle apposite sezioni geologiche, alla carta geologica ed alle stratigrafie di riferimento dei sondaggi geognostici realizzati nel luogo.

Diversi fronti di scavo presenti nelle aree vicinali permettono una conoscenza diretta della litologia affiorante mentre, per i depositi più profondi si fa riferimento alla bibliografia geologica disponibile e ai sondaggi meccanici effettuati.

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

Dai rilievi di campagna, dalla consultazione della Carta Geologica della Calabria, dall'esame aerofotogrammetrico e dallo studio di campagna non sono stati riscontrati elementi strutturali tali da creare problemi all'intervento previsto in progetto.

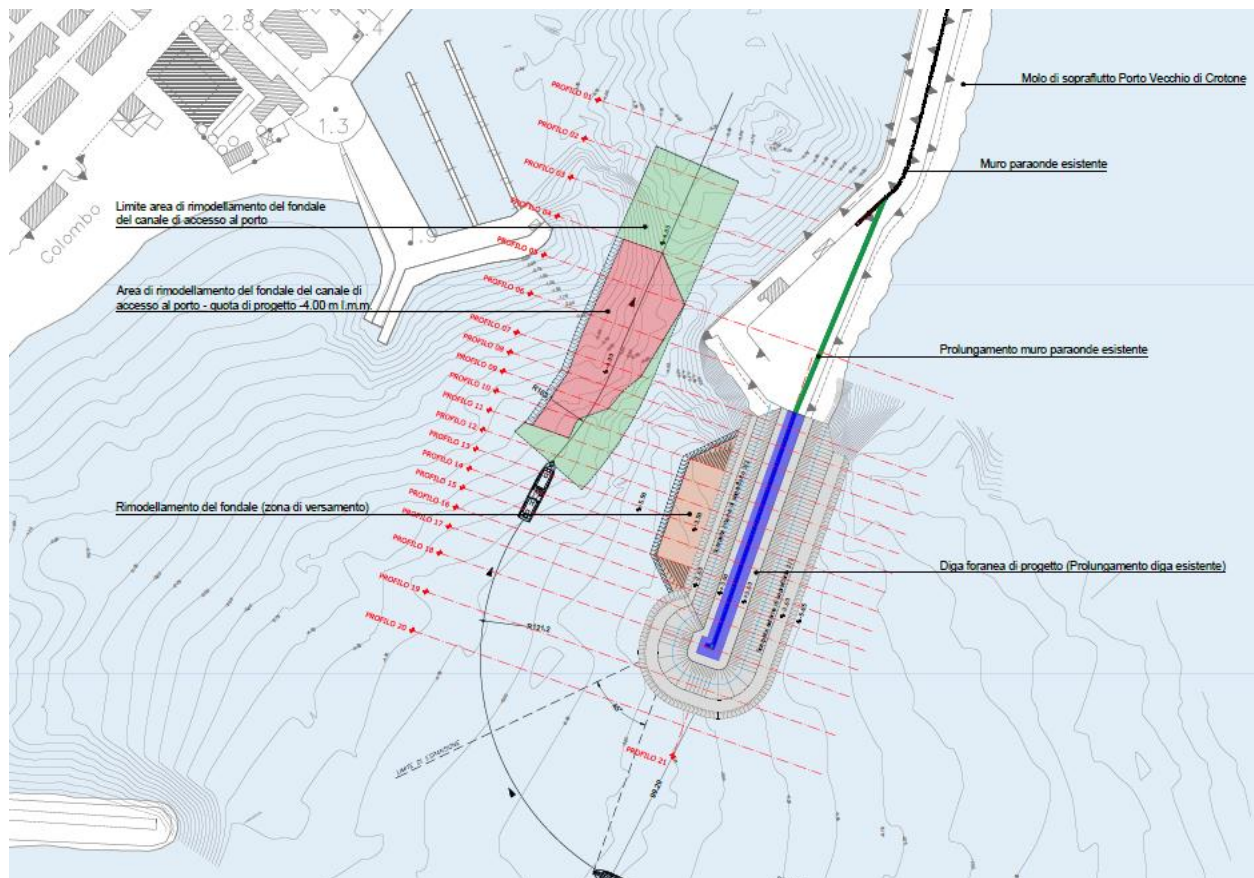
Inoltre, dal punto di vista strutturale l'area si presenta stabile; il rilievo geologico non ha, infatti, evidenziato faglie o movimenti tettonici attivi o quiescenti e stratigraficamente l'area in esame presenta uno schema abbastanza semplice.

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

3. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO**3.1. DESCRIZIONE TECNICA DELLA DIGA FORANEA DI PROGETTO**

La configurazione del prolungamento del molo foraneo di sopraflutto del Porto Vecchio di Crotona è caratterizzata da un naturale proseguimento del molo foraneo esistente. Il layout di progetto del prolungamento del molo foraneo di sopraflutto del Porto Vecchio di Crotona è mostrato in Figura.

**Figura 3.1 - Layout portuale di progetto**

L'opera di progetto consiste nei seguenti elementi principali:

- Il prolungamento della diga di sopraflutto a protezione del porto, di lunghezza complessiva di circa 130 m a partire dal tronco radicato al molo esistente, si sviluppa in direzione SW. Il molo è costituito da una scogliera esterna di protezione con mantellata in massi artificiali Antifer (elementi da 5.0 m³), postati in doppio

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

strato in modalità “*random*” con pendenza 2:1. Lo stesso poggia su uno strato filtro costituito da scogli naturali in 1^a categoria (500-1000 kg) con pendenza 2:1 e su una berma al piede costituita da massi naturali di 3^a categoria (3-7 t) con pendenza 2:1. Il molo è dotato di muro paraonde che sovrasta la struttura fino ad una quota massima di + 5,60 m s.l.m.m. La parte interna è costituita da una scogliera con mantellata in scogli naturali di 3^a categoria (3-7 t) e con pendenza 3:2. Lo stesso poggia su uno strato filtro costituito da scogli naturali in 1^a categoria (500-1000 kg) con pendenza 3:2 e su una berma al piede costituita da massi naturali di 2^a categoria (1-3 t) con pendenza 3:2. Le scogliere di protezione e lo strato filtro sono poggiati su un nucleo in Tout Venant. Il piano di posa dei piedi interni ed esterni è costituito da uno scanno di imbasamento in pietrame (100-500 kg) di spessore 70 cm, protetto al fondo da uno strato di geotessuto 400g/mq.

Si fornisce di seguito una descrizione dettagliata di tutte le componenti e le parti di opera di carattere strettamente marittimo, che rappresentano la parte predominante dei lavori. In particolare, sarà data una descrizione tecnica dettagliata del prolungamento del molo analizzate per singola sezione di opera, delle tecnologie costruttive e dei materiali impiegati.

Sarà inoltre fornita la descrizione tecnica del muro paraonde, delle caratteristiche della agibilità imboccatura portuale, del sistema di manovrabilità interno al bacino, del sistema di segnalazione d'ingresso dal porto.

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

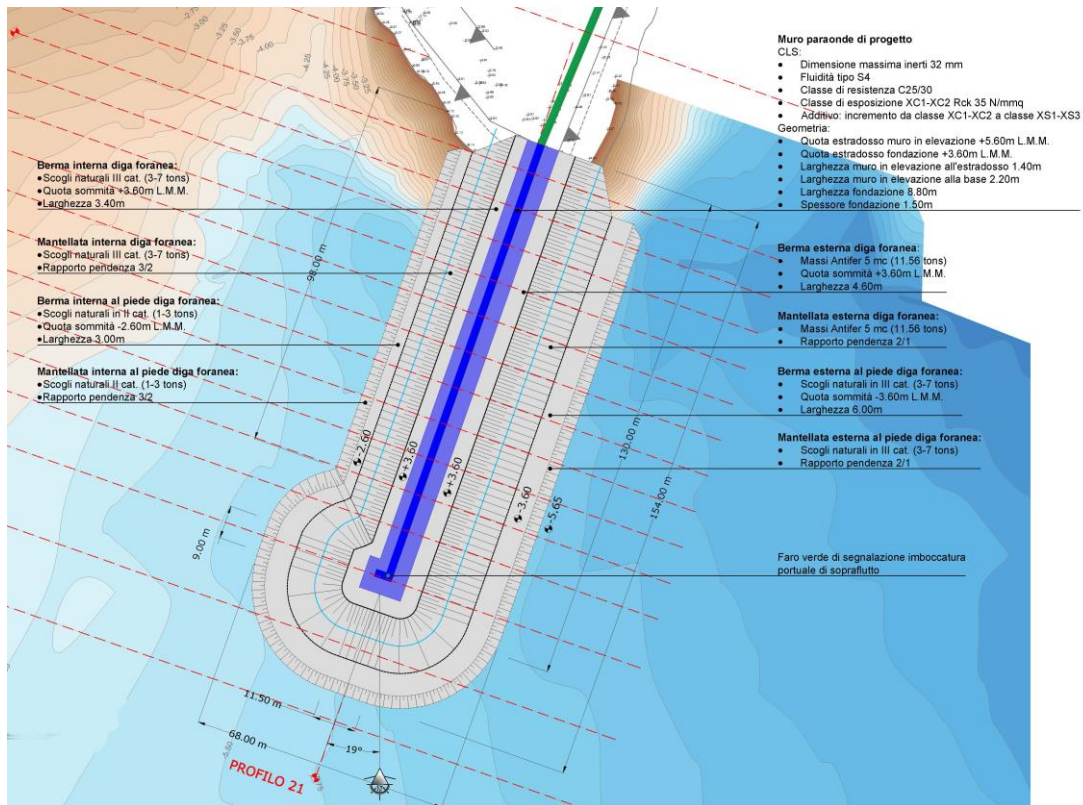


Figura 4.2 – Prolungamento della diga foranea di sopraflutto

3.2. DESCRIZIONE DELLE OPERE A GETTATA IN MASSI E/O SCOGLI NATURALI (SEZIONE DI PROGETTO IN TESTATA)

La testata di sopraflutto è la porzione finale della diga foranea. Questa presenta una conformazione a prisma a base cilindrica protetta dal muro paraonde sia sul fronte mare che sul fronte terra. Il muro paraonde si sviluppa lungo il naturale andamento della testata della diga.

La testata è costituita da un muro paraonde in cls avente le seguenti caratteristiche:

- quota all'estradosso pari a +5,60 m s.l.m.m.;
- larghezza all'estradosso pari a 1,40 m ed alla base pari a 2,20 m;
- spessore fondazione pari a 1,50 m;
- profondità complessiva della fondazione pari a 8,80 m.

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

Il muro paraonde si sviluppa, planimetricamente, con il proseguo naturale della testata della diga foranea. La forma ad “L” in prossimità della testata garantisce il paramento del moto ondoso proveniente da S-E e proveniente da S-W.

Il muro paraonde è protetto da una diga foranea di impronta trasversale complessiva circa pari a 68,8 metri, poggiata su un fondale sabbioso, avente le seguenti caratteristiche:

- nucleo, a sezione trapezoidale, costituito da Tout Venant con quota di sommità fissata a +0,50 m s.l.m.m.,
- piede interno, costituito in scogli naturali di 2^a categoria (1000-3000 kg), con pendenza 2:1 con quota alla sommità di -3,60 m s.l.m.m., poggiante su scanno di imbasamento in pietrame (100-500 kg) di spessore 70 cm e strato in geotessuto (400 g/m²);
- piede esterno, costituito in scogli naturali di 3^a categoria (3000-7000 kg), con pendenza 2:1 con quota alla sommità di -3,60 m s.l.m.m., poggiante su scanno di imbasamento in pietrame (100-500 kg) di spessore 70 cm e strato in geotessuto (400 g/m²);
- strato filtro dello spessore di 2,00 m, costituito in scogli di 1^a categoria (500-1000 kg), con quota di sommità fissata a +2,10 m s.l.m.m., scarpa interna con pendenza 2:1 e scarpa esterna con pendenza 2:1;
- mantellata esterna dello spessore di 3,40 metri, costituita da massi artificiali di tipo Antifer da 5,00 mc (peso 11,56 t), disposti su due file in modalità “random”, con quota di sommità fissata a +3,60 m s.l.m.m. e larghezza pari a 4,60 metri, scarpa esterna con pendenza 2:1 con larghezza pari a 14,40 m;
- mantellata interna dello spessore di 3,13 metri, costituita da scogli naturali di 3^a categoria (3-7 t), con quota di sommità fissata a +3,60 m s.l.m.m. e larghezza pari a 3,40 metri, scarpa esterna con pendenza 3:2 con larghezza pari a 9,30 m.

Sul muro paraonde sarà riposizionato il faro di segnalazione a luce verde per l'accesso all'imboccatura portuale, che sarà dislocato dalla posizione originale.

3.3.DESCRIZIONE DELLE OPERE A GETTATA IN MASSI E/O SCOGLI NATURALI (SEZIONE DI PROGETTO IN MEZZERIA)

La sezione in mezzeria è descrittiva del tronco di diga foranea che precede la testata di sopraflutto.

La diga è costituita da un muro paraonde in cls avente le seguenti caratteristiche:

- quota all’estradosso pari a +5,60 m s.l.m.m.;
- larghezza all’estradosso pari a 1,40 m ed alla base pari a 2,20 m;
- spessore fondazione pari a 1,50 m;
- profondità complessiva della fondazione pari a 8,80 m.

Il muro paraonde è protetto da una diga foranea di impronta trasversale complessiva circa pari a 60 metri (la larghezza complessiva varia sezione per sezione) poggiata su un fondale sabbioso, avente le seguenti caratteristiche:

- nucleo, a sezione trapezoidale, costituito da Tout Venant con quota di sommità fissata a +0,50 m s.l.m.m.,
- piede interno, costituito in scogli naturali di 2^a categoria (1000-3000 kg), con pendenza 3:2 con quota alla sommità di -2,60 m s.l.m.m., poggiante su scanno di imbasamento in pietrame (100-500 kg) di spessore 70 cm e strato in geotessuto (400 g/m²);
- piede esterno, costituito in scogli naturali di 3^a categoria (3000-7000 kg), con pendenza 2:1 con quota alla sommità di -3,60 m s.l.m.m., poggiante su scanno di imbasamento in pietrame (100-500 kg) di spessore 70 cm e strato in geotessuto (400 g/m²);
- strato filtro dello spessore di 1,30 m dal lato interno e spessore 2,00 m dal lato esterno, costituito in scogli di 1^a categoria (500-1000 kg), con quota di sommità fissata a +2,10 m s.l.m.m., scarpa interna con pendenza 3:2 e scarpa esterna con pendenza 2:1;
- mantellata esterna dello spessore di 3,40 metri, costituita da massi artificiali di tipo Antifer da 5,00 mc (peso 11,56 t), disposti su due file in modalità “random”, con

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

quota di sommità fissata a +3,60 m s.l.m.m. e larghezza pari a 4,60 metri, scarpa esterna con pendenza 2:1 con larghezza pari a 14,40 m;

- o mantellata interna dello spessore di 3,13 metri, costituita da scogli naturali di 3^a categoria (3-7 t), con quota di sommità fissata a +3,60 m s.l.m.m. e larghezza pari a 3,40 metri, scarpa esterna con pendenza 3:2 con larghezza pari a 9,30 m.

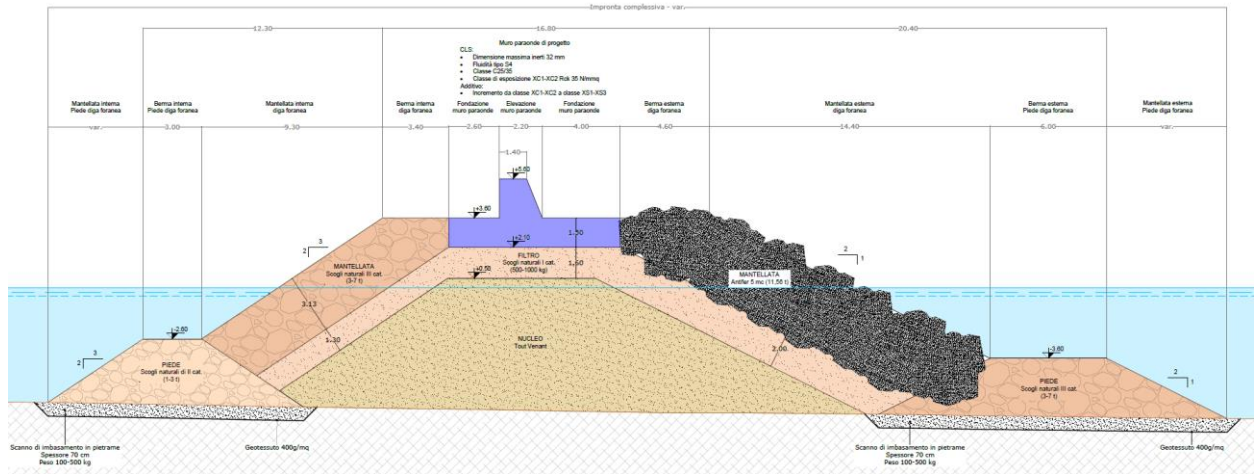


Figura 4.5 - Sezione tipo della diga foranea di Sopraflutto

4. VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE

4.1. SOFTWARE DI CALCOLO MIDAS, GTS E NX

La verifica di stabilità oggetto del presente capitolo è stata condotta attraverso il codice agli elementi finiti (FEM) MIDAS GTS NX. Si tratta di un sofisticato software per l'analisi della meccanica dei terreni, dotato di sofisticate analisi 3D per stress analysis, interazione terreno struttura (SSI), scavi, stabilità dei pendii, analisi dinamiche e sismiche, moti di filtrazione transienti e stazionari, consolidamenti, cedimenti.

Il programma dispone di un ambiente grafico intuitivo e moderno con modellazione diretta di geometrie di notevole complessità. Definita la geometria, applicati i carichi e le condizioni al contorno può essere generata il mesh di elementi finiti che risulta gestibile separatamente in modo da non perdere completamente i dati inseriti per effetto di eventuali modifiche del mesh. La maglia di discretizzazione può essere composta da elementi tetraedrici oppure da elementi ibridi esaedrici centrati.

La parte più importante nella generazione del mesh è il collegamento dei nodi fra solidi o elementi adiacenti. È possibile specificare direttamente le dimensioni del mesh e fissare la discretizzazione dei bordi che formano i solidi del modello prima della sua generazione automatica.

4.2. SEQUENZA DI MODELLO E CALCOLO

La sequenza di lavoro del suddetto software si articola in cinque fasi elencate di seguito:

4.2.1. MODELLAZIONE GEOMETRICA

Il primo passo per compiere una analisi agli elementi finiti è la generazione del modello geometrico. Il modello geometrico può essere direttamente creato in MIDAS usando le sue funzioni di modellizzazione o vi è anche la possibilità di importare file con altri programmi come ad esempio AUTOCAD. Dal momento che MIDAS GTS fornisce avanzate caratteristiche per la modellazione geometrica, modelli geotecnici complessi possono essere realizzati più efficacemente rispetto ad altri software di analisi

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

geotecnica. La stratigrafia e la posizione nello spazio della falda possono essere definite note le coordinate dei punti.

4.2.2. GENERAZIONE MESH

La mesh è generata sul modello geometrico creato precedentemente. Possono essere adoperati elementi mono, bi- o tridimensionale. Gli elementi piani disponibili sono triangoli a tre o sei nodi e quadrilateri a 4 o 8 nodi. Tridimensionalmente possono essere utilizzati elementi tetraedrici o esaedrici. Generalmente, l'uso degli elementi esaedrici o quadrangolari permette di raggiungere una maggiore accuratezza. Comunque, per un modello complesso, è ragionevole usare elementi tetraedrici o triangolari prodotti dalla funzione di Auto-Mesh fornita dal software.

Nel caso di elementi bidimensionali o tridimensionali, la dimensione e la forma influenzano notevolmente i risultati. La densità del mesh può essere controllata manualmente (fissando una divisione di elementi monodimensionali o aree con maggiore definizione) o tramite strumenti automatici.

4.2.3. CONDIZIONI DI ANALISI

I carichi e le condizioni al contorno possono essere applicate oltre che ai nodi e agli elementi, direttamente sulle forme geometriche, venendo incontro a problemi di forme notevolmente complesse. Le condizioni di carico possono essere suddivise come segue:

- Carichi distribuiti uniformi o di forma con funzione definita, su elementi e nodi;
- Pressioni distribuite uniformi o di forma con funzione definita, su forme geometriche;
- Forze concentrate;
- Deformazioni impresse;
- Gradienti termici;
- Carico gravitativo sull'intera struttura;
- Definizione di accelerogrammi sismici per analisi dinamiche;

Le analisi principali che il software offre sono:

- Analisi statiche lineari e non;

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

- Analisi Dinamiche;
- Analisi agli autovalori;
- Analisi di consolidazione;
- Analisi di filtrazione accoppiata e non;
- Construction Stages GTS.

4.2.4. PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL FATTORE DI SICUREZZA

Il fattore di sicurezza è determinato automaticamente dal programma mediante il metodo SRM (Strenght Reduction Method).

Tale metodo è basato sulla riduzione graduale della resistenza al taglio del terreno fino al raggiungimento di un meccanismo di collasso.

$$FOS = \frac{\int \tau ds}{\int \tau_f ds}$$

con

τ = resistenza al taglio del materiale;

τ_f = resistenza al taglio mobilitata;

$$c_f = \frac{c}{SRF}, \varphi_f = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \varphi}{SRF} \right) \rightarrow FS = \frac{\tau}{\tau_f} = \frac{c + \sigma_n \tan \varphi}{c_f + \sigma_n \tan \varphi_f} = SRF$$

4.3. NORMATIVA DI CALCOLO

La verifica di stabilità del molo è stata verificata per gli stati limite ultimi In accordo al contesto normativo di riferimento: Approccio 1 (DA1) -Eurocodici- con la combinazione 2 dei parametri di fattorizzazione dei carichi e delle resistenze del terreno.

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

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

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti G_2 ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Tab. 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	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	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_r	γ_γ	1,0	1,0

Tab. 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

In particolare, è stato applicato il metodo SRM (Strength Reduction Method) utilizzando i valori della tensione e resistenza fornita del software di calcolo all'elementi finiti. All'analisi è stato applicato l'Approccio di progetto A2+M2+R2 con R2 = 1.1 in condizioni statiche e l'Approccio di progetto 1.0+1.0+R2 con R2 = 1.2 in condizioni sismiche.

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

5. DATI SISMICI

Comune	Crotone
Provincia	Crotone
Regione	Calabria
Latitudine	39.087891
Longitudine	17.121890
Indice punti di interpolazione	40793 - 40794 - 40572 - 40571
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	III
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	75 anni

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]		1.787	0.652
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]		0.182	0.066
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.427	2.391
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.375	0.325
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	

Coefficiente di intensità sismica orizzontale $K_h = 14.00$ Coefficiente di intensità sismica orizzontale $K_h = 7.00$ Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

6. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DEL MODELLO**6.1. Parametri geotecnici del terreno**

Nella seguita tabella, si riporta i parametri di calcolo.

Nr.	Descrizione	γ	γ	ϕ'	c'	ϕ_u	c_u
—	—	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[grad]	[kPa]	[grad]	[kPa]
1	Sabbie sciolte siltose	18.00	18.00	31	0.0	0.00	0.0
2	Argilla mediante consistente	20.00	20.00	24	24.0	0.00	250.0
3	Argilla siltose consistenti	20.00	20.00	23	20.0	0.00	450.0
4	Massi antifer	22.56	22.56	42	0.0	42.00	0.0
5	Scogli 1-3 tonn	25.50	25.50	40	0.0	0.00	39.2
6	Scogli 3-7 tonn	25.50	25.50	42	0.0	0.00	39.2
7	Tout-Venant	25.50	25.50	39	0.0	0.00	39.2
8	Scogli 500-1000	25.50	25.50	30	0.0	0.00	39.2
9	Calcestruzzo	24.00	24.00	45	0.0	0.00	0.0

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

Tabella 1 parametri di resistenza e deformazione del terreno

6.2. Stratigrafia

La stratigrafia per le sezioni considerati nel calcolo sono riportati nella seguente Figure:

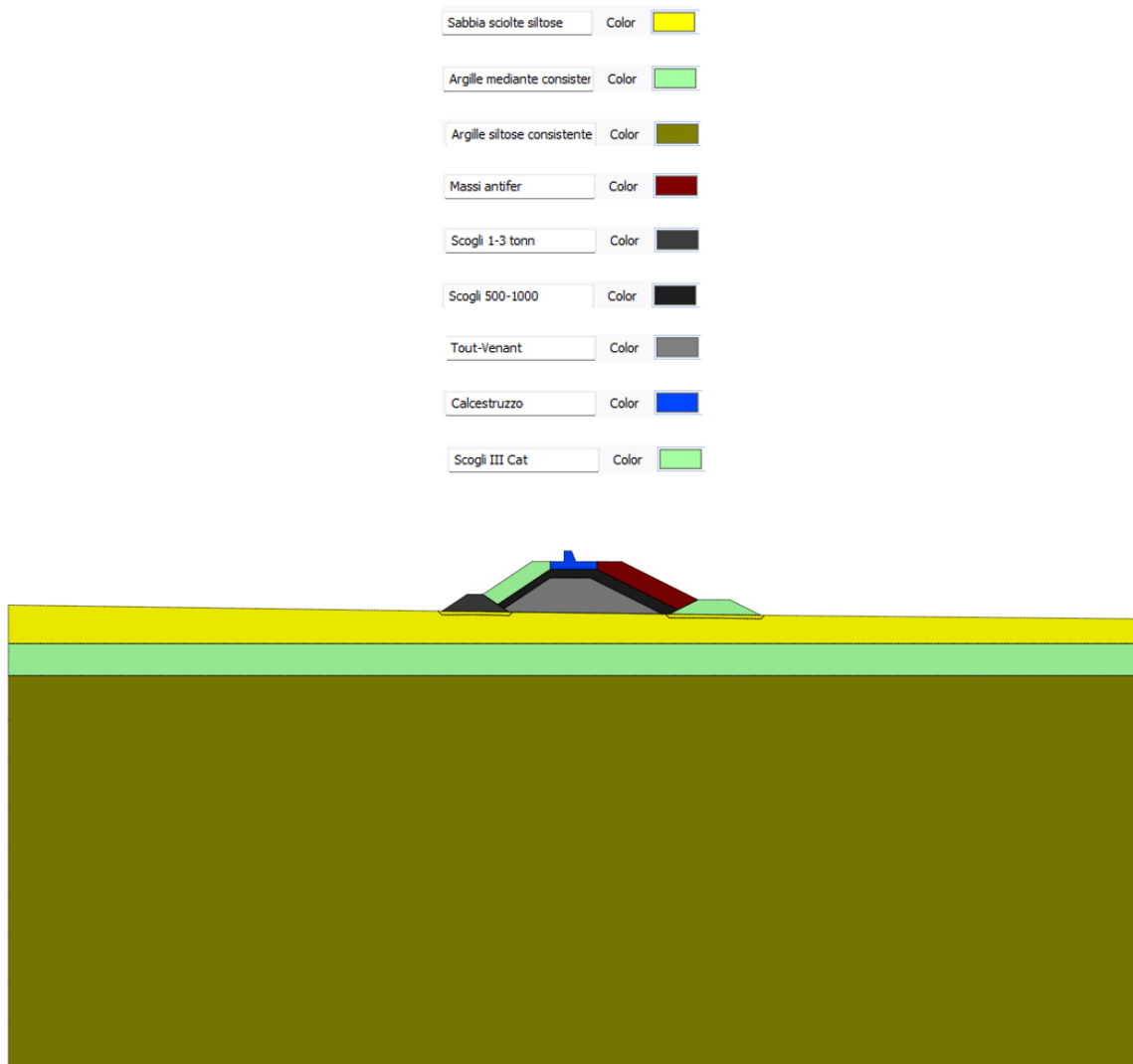
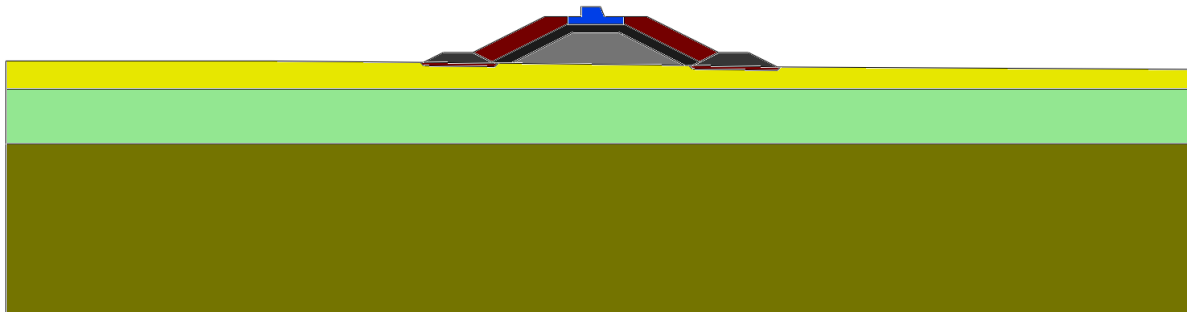


Figura 6.2-1 Stratigrafia Sezione 16

**Figura 6.2-2 Stratigrafia Sezione 18**

6.3. Parametri di calcolo dei terreni

Il codice di calcolo consente di adottare un modello di comportamento del terreno elastico-perfettamente plastico basato sul criterio di rottura di Mohr-Coulomb, con legge di flusso associata.

La funzione di plasticizzazione f definita dal criterio di rottura consente di individuare quelle zone di terreno in cui lo stato tensionale ha superato il limite al di sotto del quale il materiale mantiene un comportamento elastico e che sono quindi soggette a sollecitazioni tali da comportare deformazioni irreversibili nell'ammasso. La funzione di plasticizzazione può essere espressa come:

$$f = |\tau| + \sigma_n \tan \phi - c = 0$$

Dove:

τ = tensione a taglio limite;

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

σ_n = tensione normale al piano di plasticizzazione;

ϕ = angolo di attrito interno;

c = coesione.

Esprimendo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb usando le tensioni principali σ_1 , σ_2 , σ_3 , la funzione di plasticizzazione può essere riscritta come:

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = -\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \sin \phi + c \cos \phi$$

$$\sigma_1 \frac{1 + \sin \phi}{2c \cos \phi} - \sigma_3 \frac{1 - \sin \phi}{2c \cos \phi} = 1$$

$$\frac{\sigma_1}{f'_t} - \frac{\sigma_3}{f'_c} = 1$$

Tale criterio è rappresentato, nello spazio delle tensioni principali, da una piramide a base esagonale non regolare avente, come asse, la trisettrice del primo ottante:

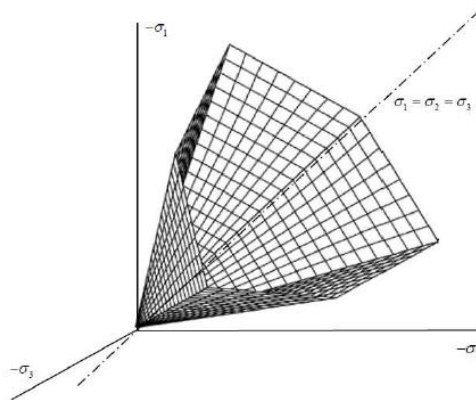


Figura 6.3-1- Criterio di rottura di Mohr-Coulomb nello spazio delle tensioni.

In particolare, i vari strati di terreno sono stati modellati come elementi bidimensionali (plane strain), impiegando il suddetto modello costitutivo.

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

7. ANALISI DEI CARICHI

Si considera un carico variabile uniformemente distribuito con l'intensità pari a 20 kPa per la simulazione del carico cantieri.

Il peso proprio del terreno è stato considerato con il calcolo in automatico del software utilizzando il peso specifica del terreno e l'accelerazione della gravità.

8. MODELLAZIONE E CALCOLO

Nel calcolo sono stati considerati due sezioni per eseguire le verifiche alla stabilità globale e il calcolo dei cedimenti per motivo di avere diversi materiali di costruzione (Diverse stratigrafie nel corpo prolungamento del molo).

8.1. Sezione 16

Figura 8.1-1 Sezione longitudinale

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

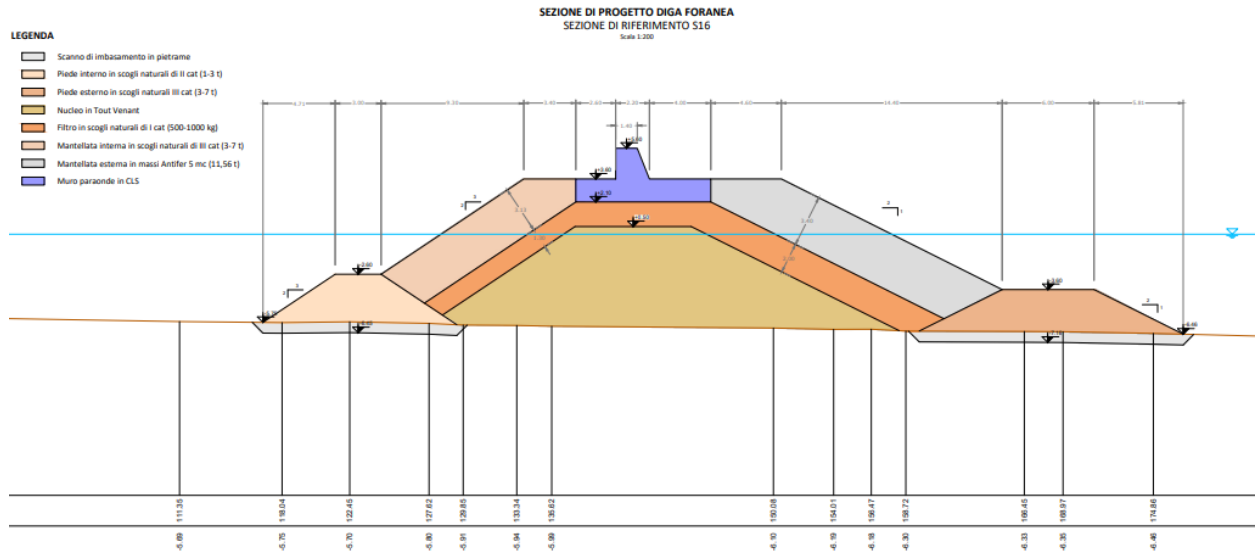


Figura 8.1-2 Sezione trasversale

8.1.1. Modello di calcolo

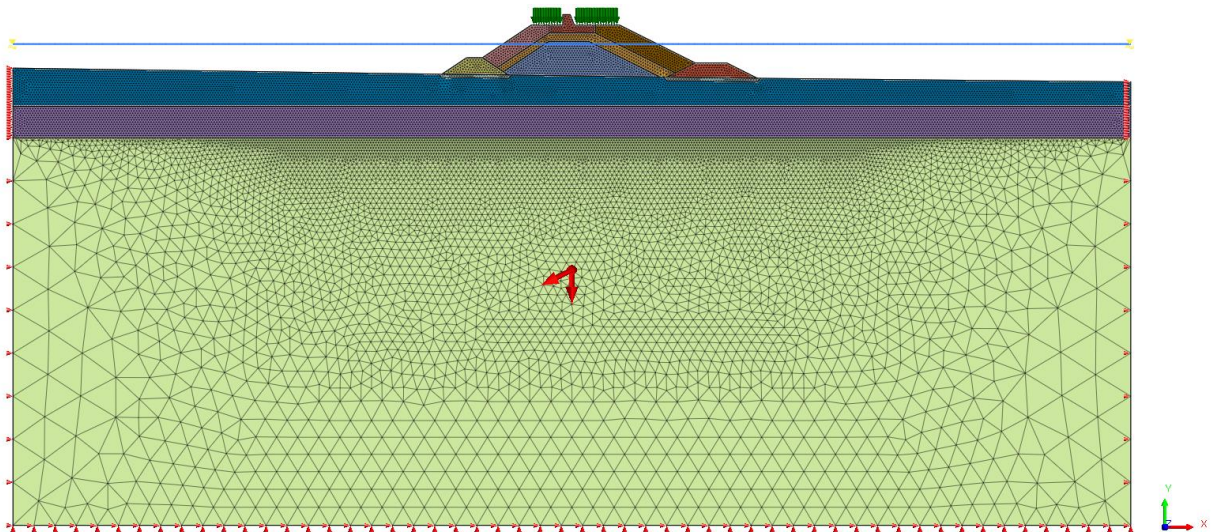
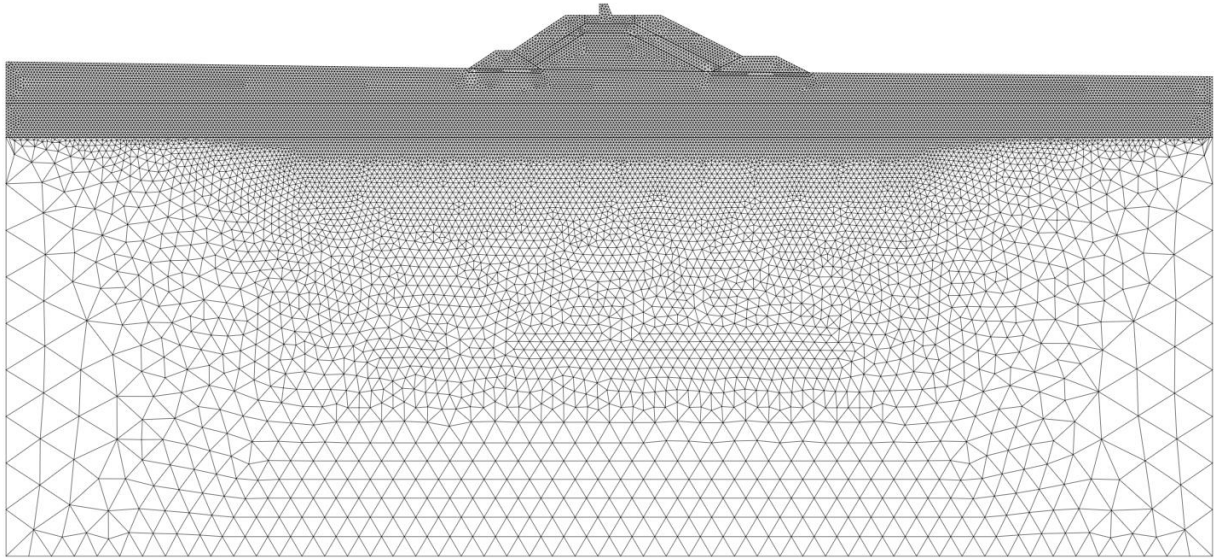


Figura 8.1.1-1 Modello di calcolo

8.1.2. Mesh

Il modello di calcolo è stato discretizzato con una mesh composta da n°116820 nodi e n°38940 elementi di forma triangolare.

**Figura 8.1.2-1** La mesh

Il software prevede il controllo della dimensione della mesh sui vari elementi mediante il comando “Size control”. Pertanto, sono state specificate le dimensioni della mesh lungo gli elementi che necessitano di una più accurata definizione ovvero in corrispondenza della scarpata con un passo di 0.30m.

Il terreno è stato modellato come elemento bidimensionale (plane-strain).

8.1.3. Condizione al contorno

Per le condizioni al contorno del modello è sono stati utilizzati i vincoli per bloccare gli spostamenti nella direzione orizzontale e sono stati bloccati gli spostamenti in tutte le direzioni al lato inferiore del modello.

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

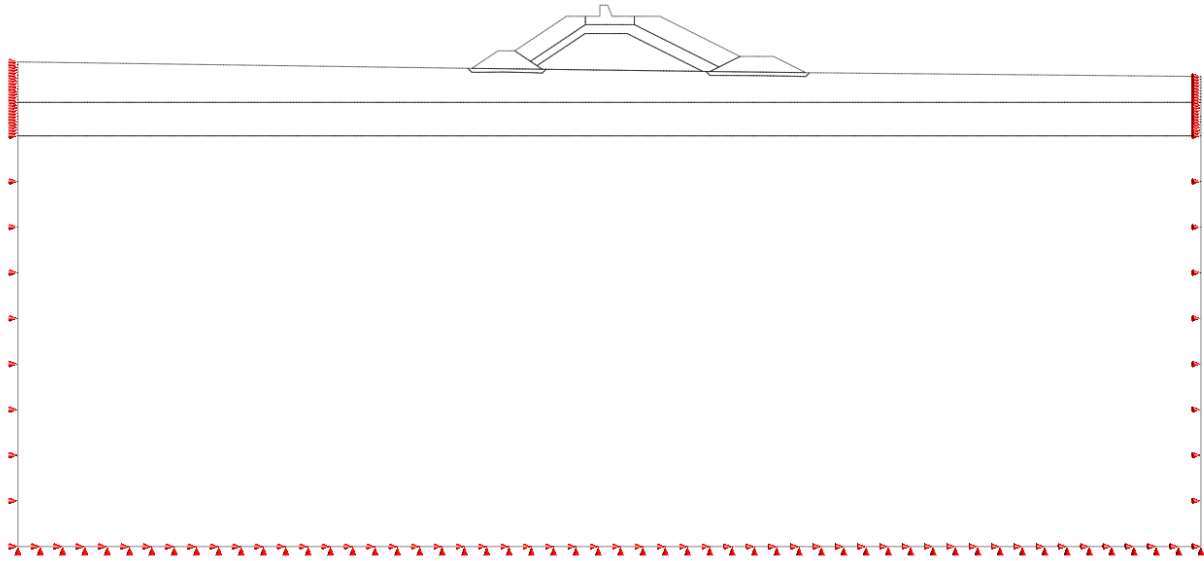
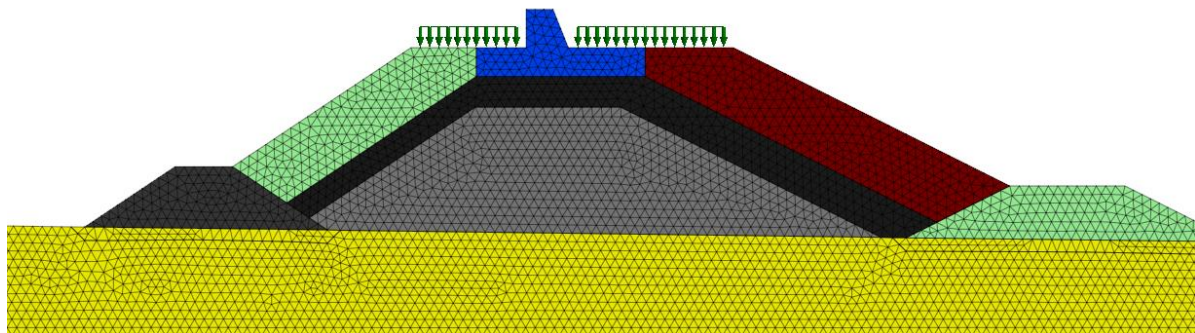


Figura 8.1.3-1 Boundary condition

8.1.4. Carichi

Il carico variabile del valore di 20 kPa è stato applicato come mostrato nella seguente figure, come una pressione applicato sul mesh.



“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

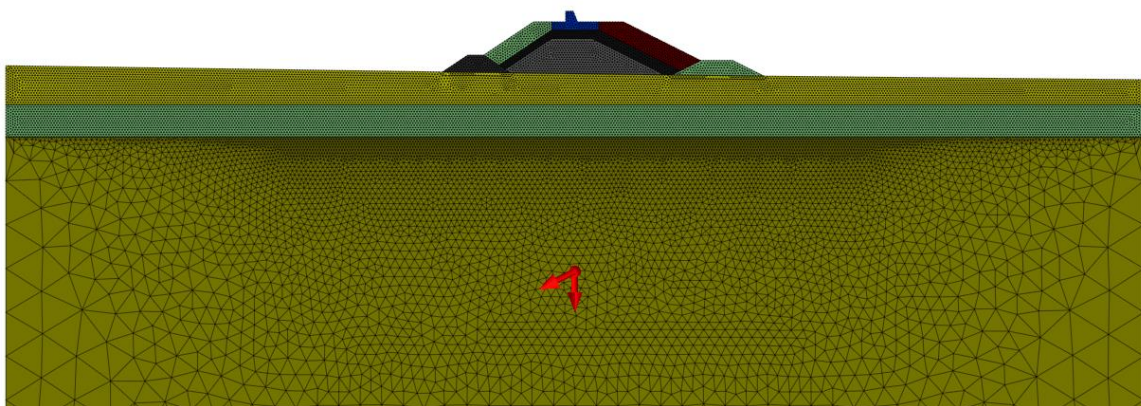
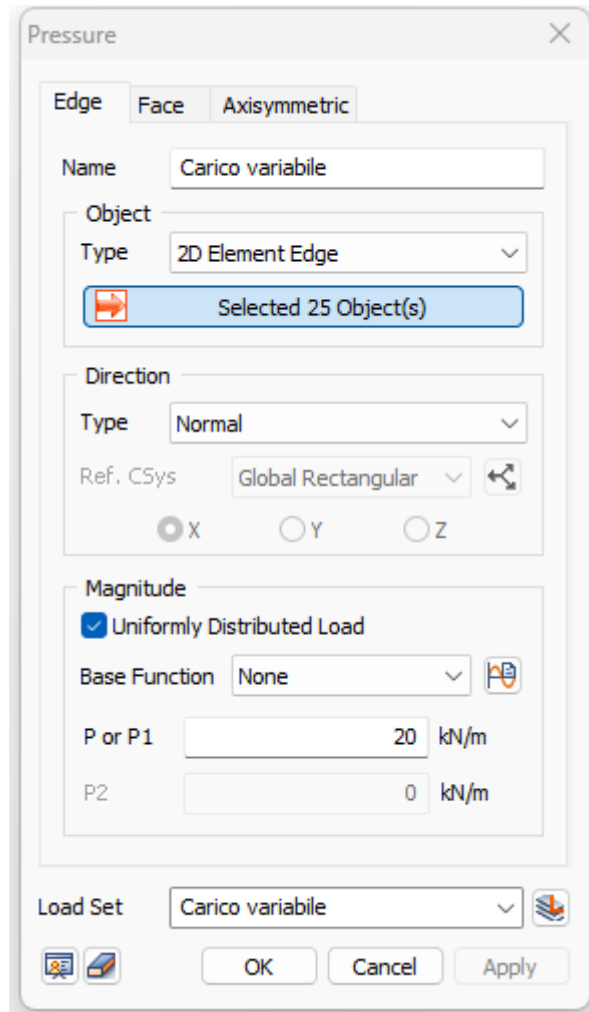


Figura 8.1.4-1 Carichi

8.1.5. Fase di calcolo

La analisi è stata considerata con il tipo Construction stage, dove sono definiti i seguenti fasi:

Fase 1: Condizione iniziale

Nella prima fase sono stati attivati la mesh degli strati del terreno (Sea-bed), il peso proprio, il livello della falda del mare e i vincoli dei bordi per la generazione dello stato tensionale iniziale nel terreno. Tali spostamenti forniti sono stati eliminati per le fasi successivi (Reset displacement).

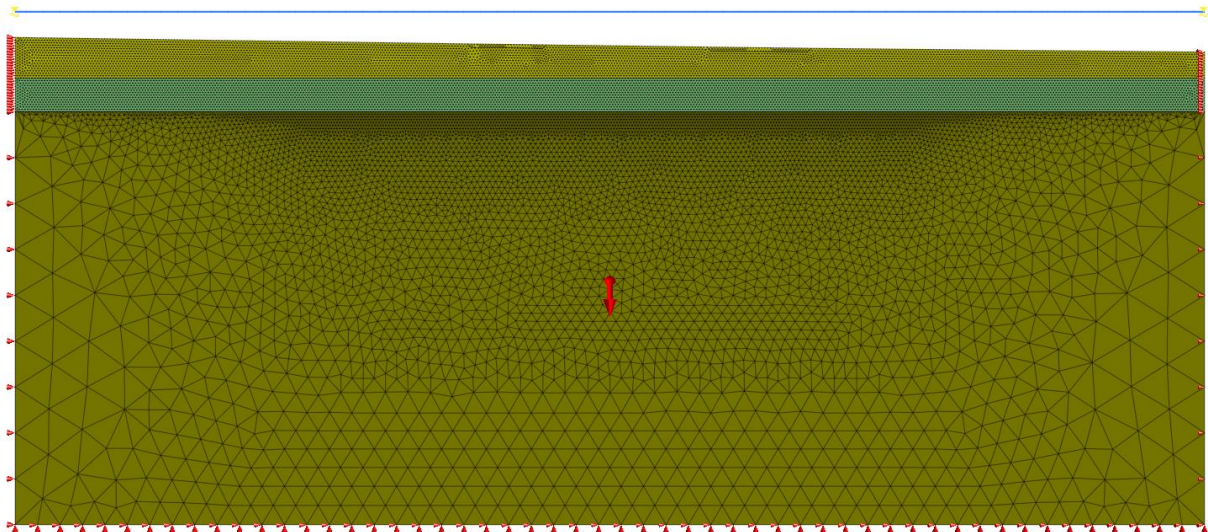


Figura 8.1.5-1 Condizione iniziale

Fase 2: Fase di costruzione

In questa fase, sono attivati i diversi terreni costruttivi del corpo porto e carichi distribuiti considerati nel modello.

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

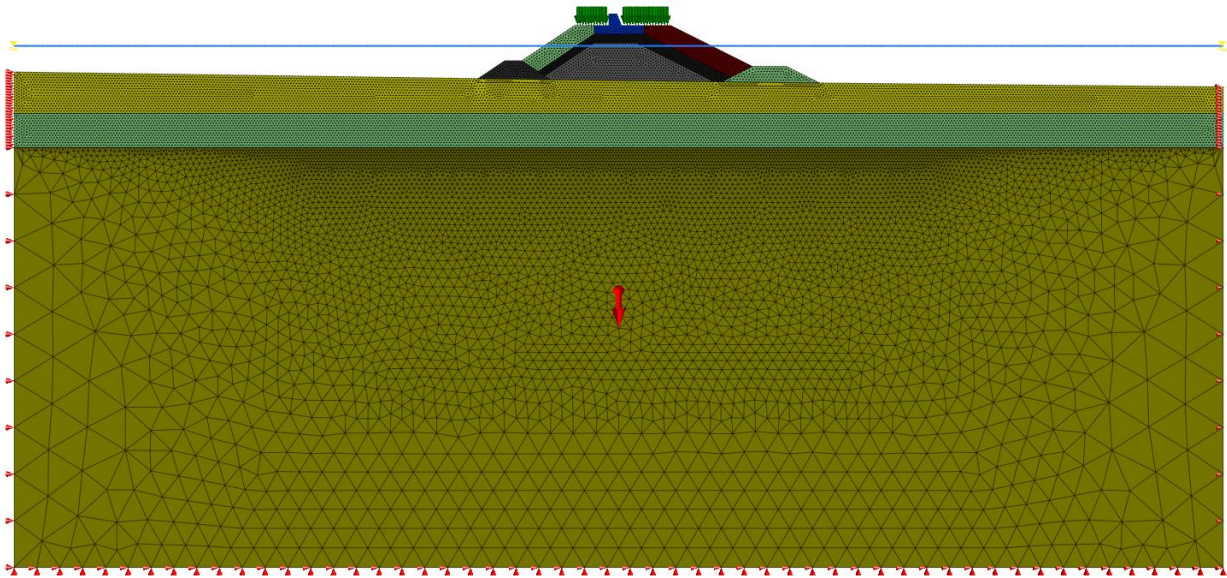


Figura 8.1.5-2 Fase 2

Fase 3: Condizione sismica

In tale fase, viene attivata la forza per la simulazione del sisma alla condizione pseudo-statico.

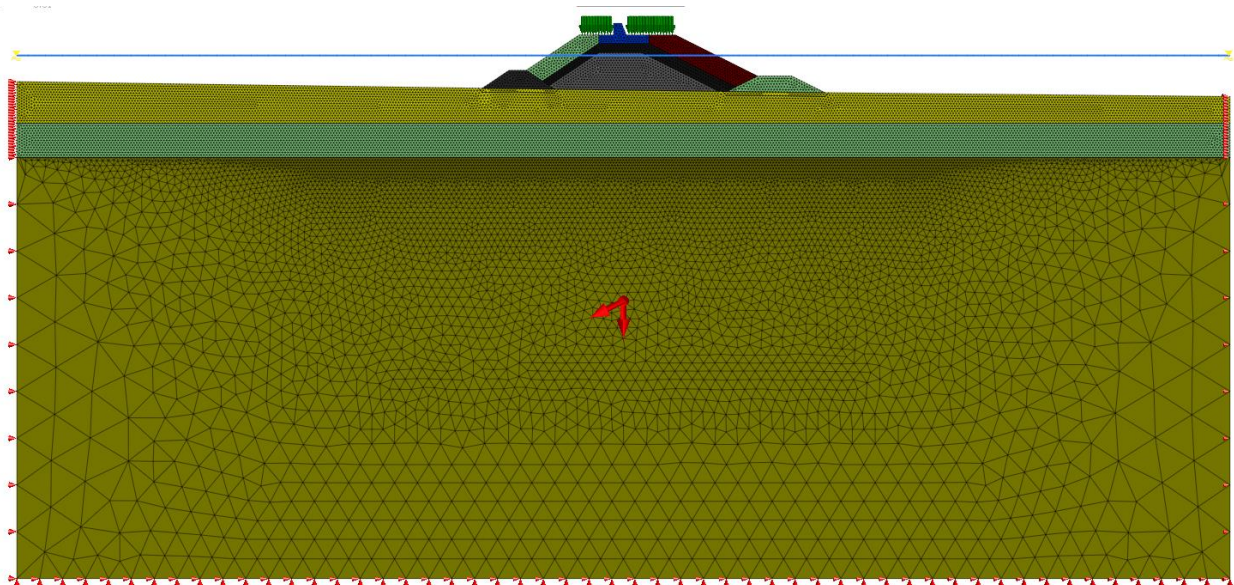


Figura 8.1.5-3 Fase 3 (applicazione del sisma)

Fase 4: Analisi della stabilità globale:

Finalmente, Nel quarto di calcolo, è stato calcolato il fattore di sicurezza con il metodo SRM per la condizione statica e sismica.

8.1.6. Risultati

In seguito, sono riportati i risultati del calcolo in termine di spostamenti, tensioni, stabilità globale e cedimenti per le diverse fasi di calcolo

8.1.6.1. Spostamenti

Sono riportati i risultati degli spostamenti per le diverse fasi nelle direzioni verticale e trasversale.

8.1.6.1.1. Fase iniziale

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

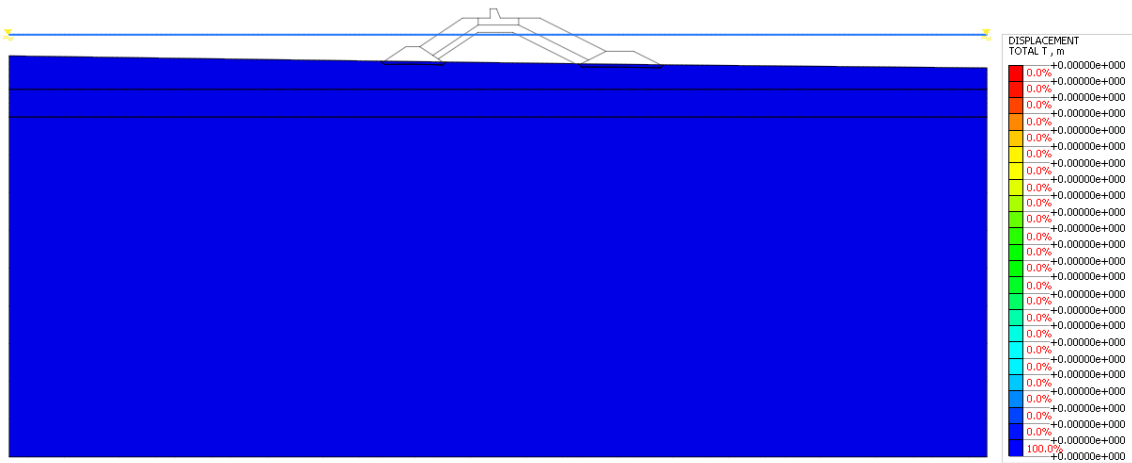


Figura 8.1.6.1.1-1 Spostamenti totali

8.1.6.1.2. Fase di costruzione (Statica)

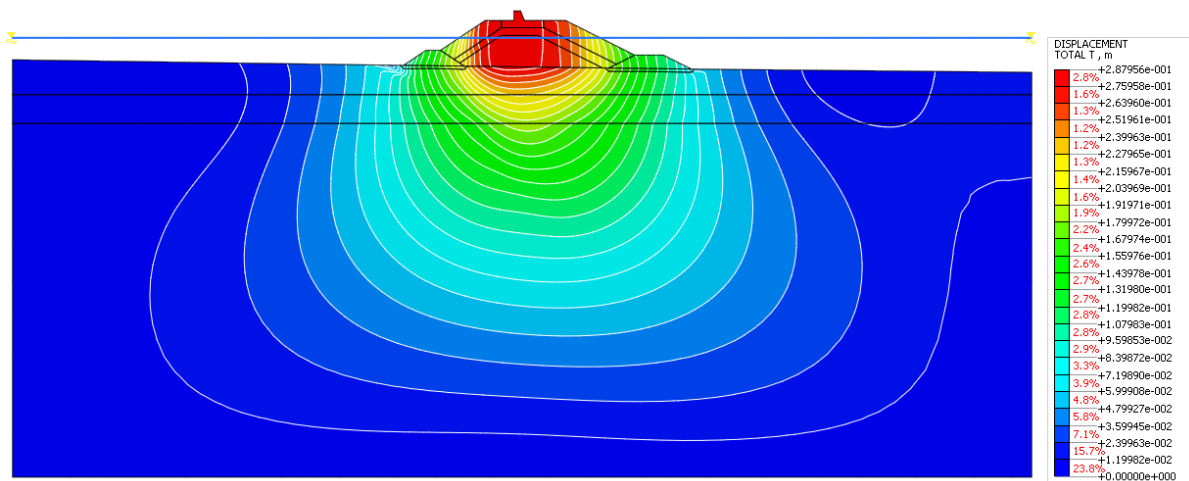


Figura 8.1.6.1.2-1 Spostamenti totali

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

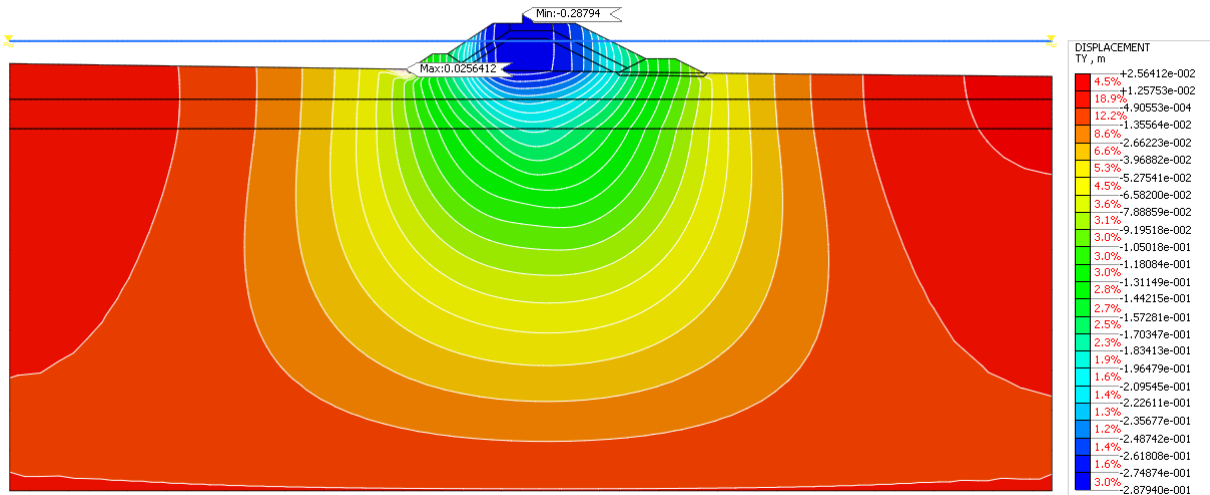


Figura 8.1.6.1.2-2 Spostamenti verticali

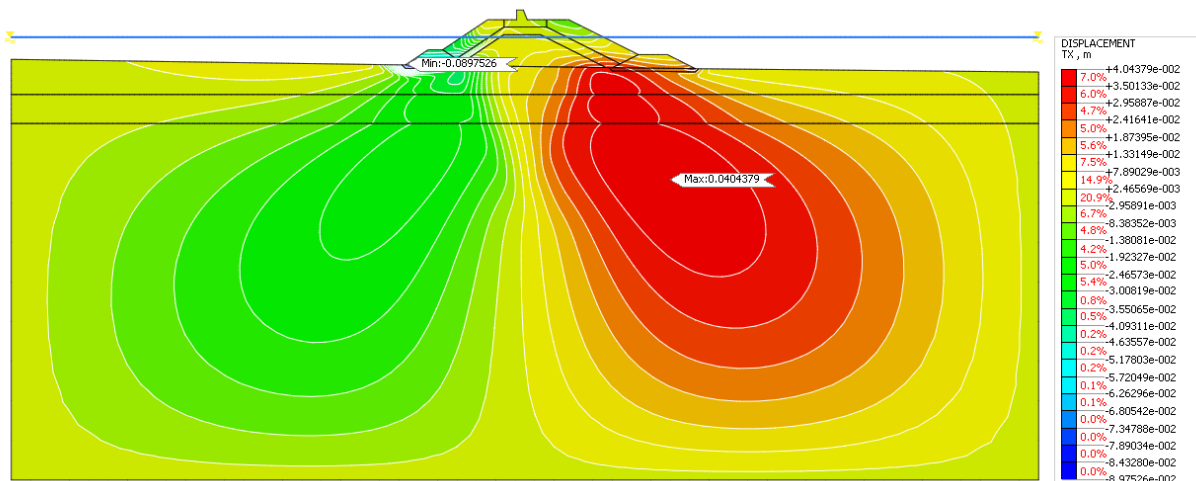


Figura 8.1.6.1.2-3 Spostamenti orizzontale

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

8.1.6.2. Condizione sismiche

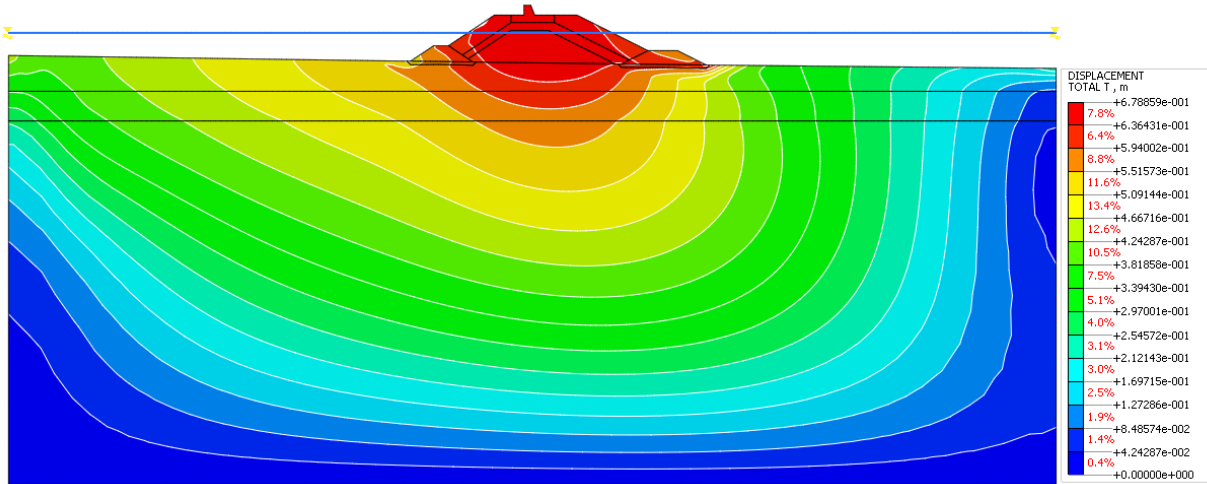


Figura 8.1.6.2-1 Spostamenti totali

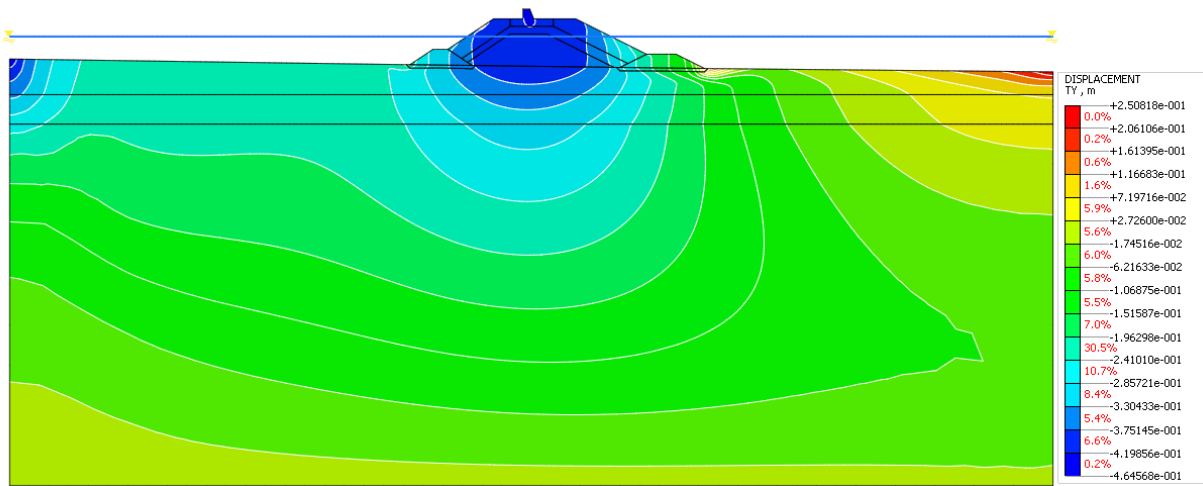


Figura 8.1.6.2-2 Spostamenti verticali

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

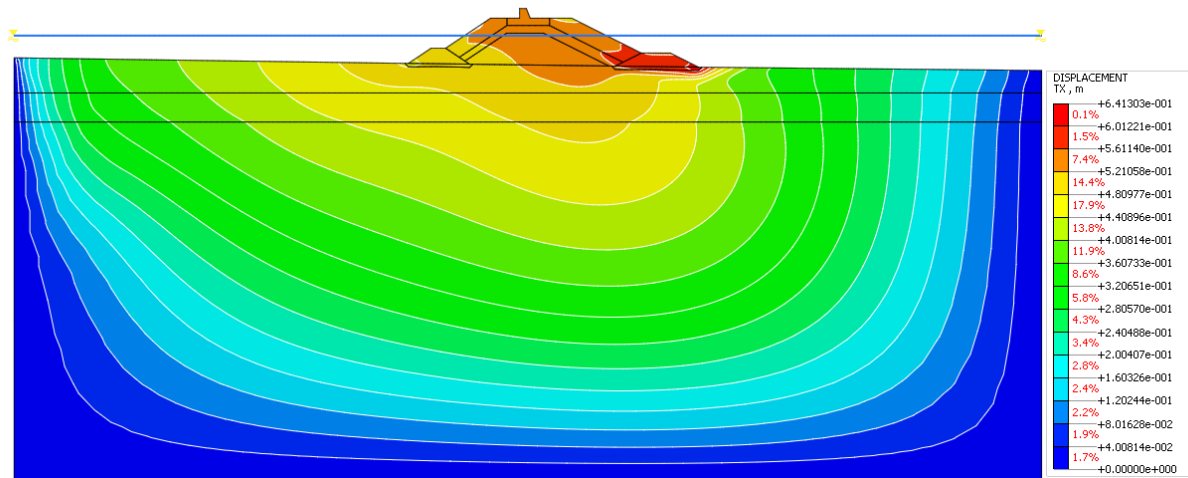


Figura 8.1.6.2-3 Spostamenti orizzontali

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

8.1.6.3. Tensioni

8.1.6.3.1. Fase iniziale

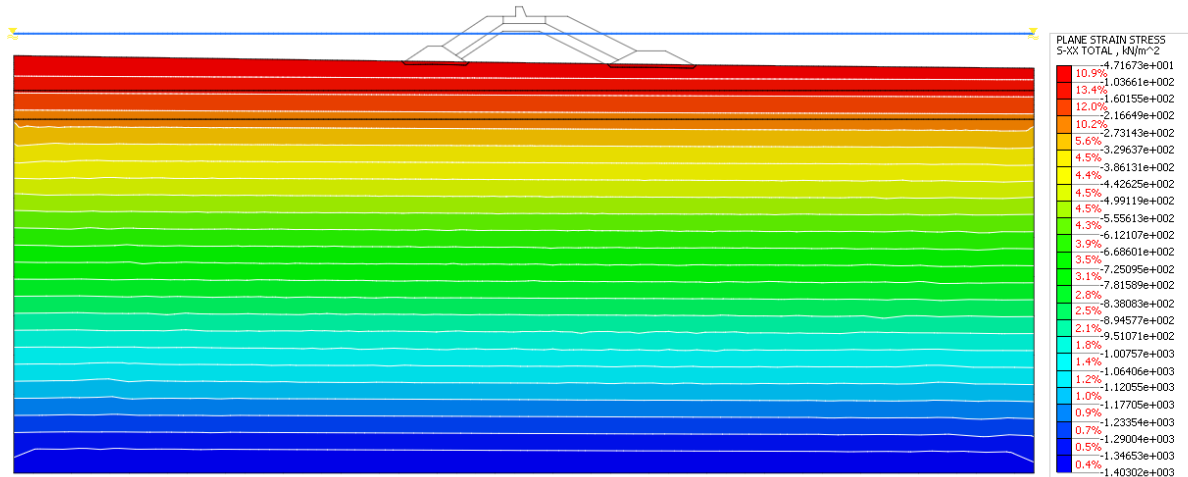


Figura 8.1.6.3.1-1 tensione totale nella dir orizzontale(σ -xx)

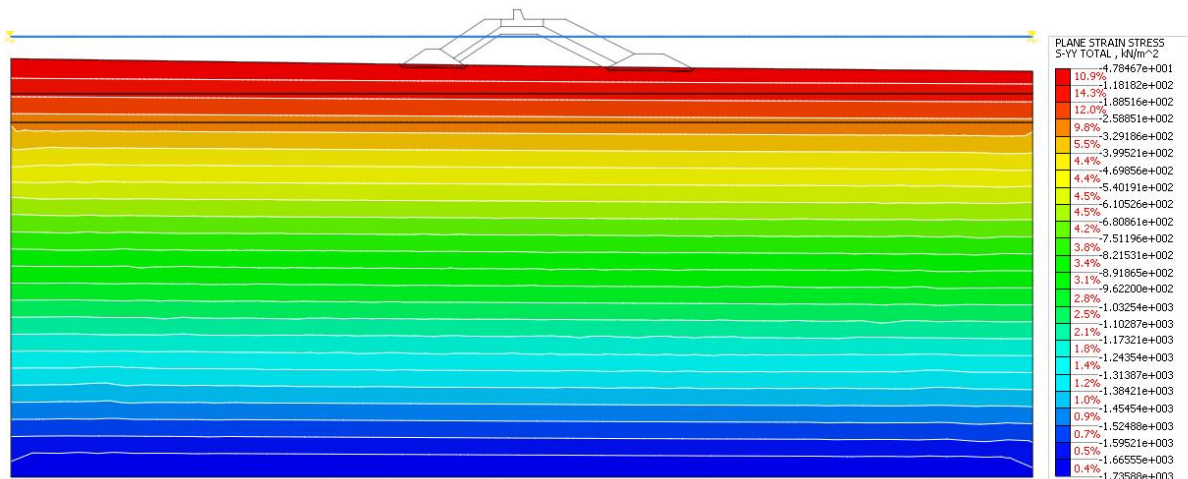


Figura 8.1.6.3.1-2 tensione totale nella dir orizzontale(σ -yy)

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

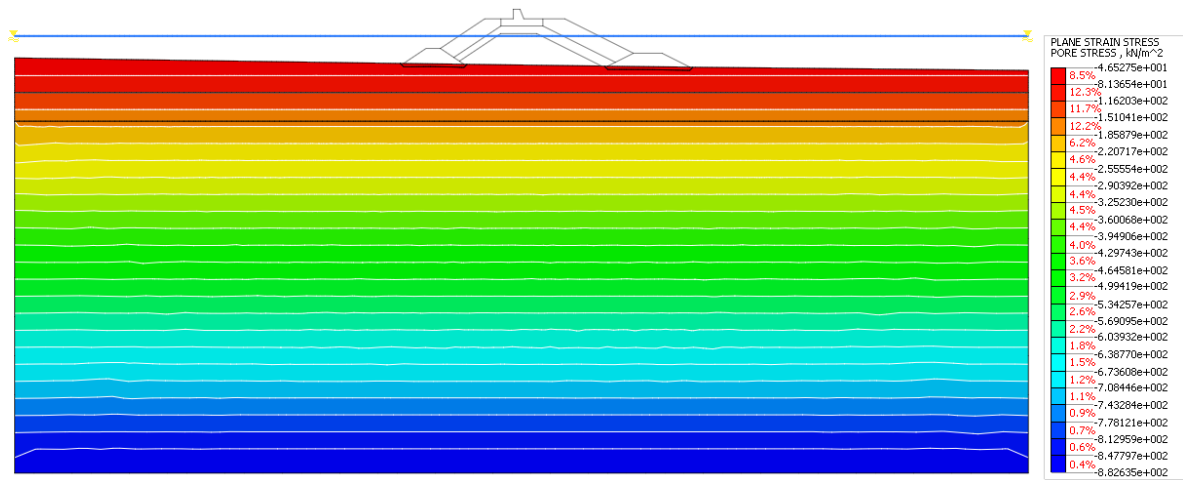


Figura 8.1.6.3.1-3 Pore pressure

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

8.1.6.3.2. Fase di costruzione (Statica)

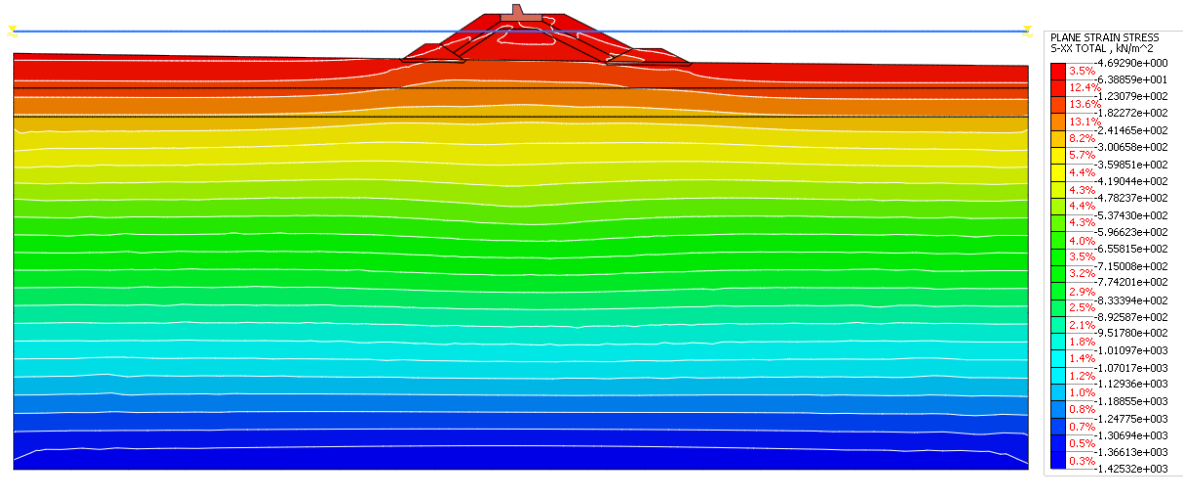


Figura 8.1.6.3.2-1 tensione totale nella dir orizzontale(σ -xx)

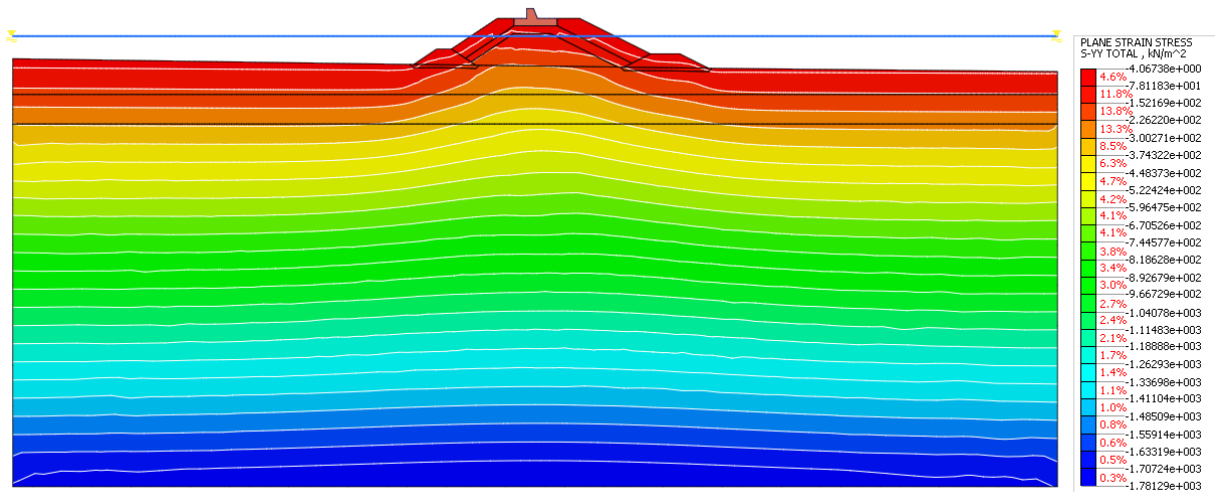


Figura 8.1.6.3.2-2 tensione totale nella dir orizzontale(σ -yy)

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

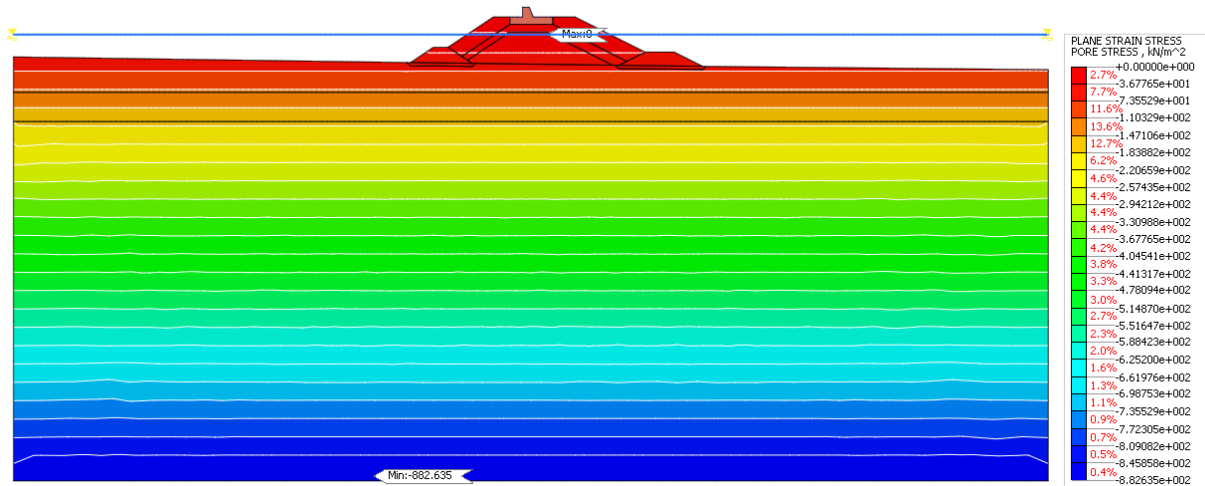


Figura 8.1.6.3.2-3 Pore pressure

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

8.1.6.3.3. Condizione sismiche

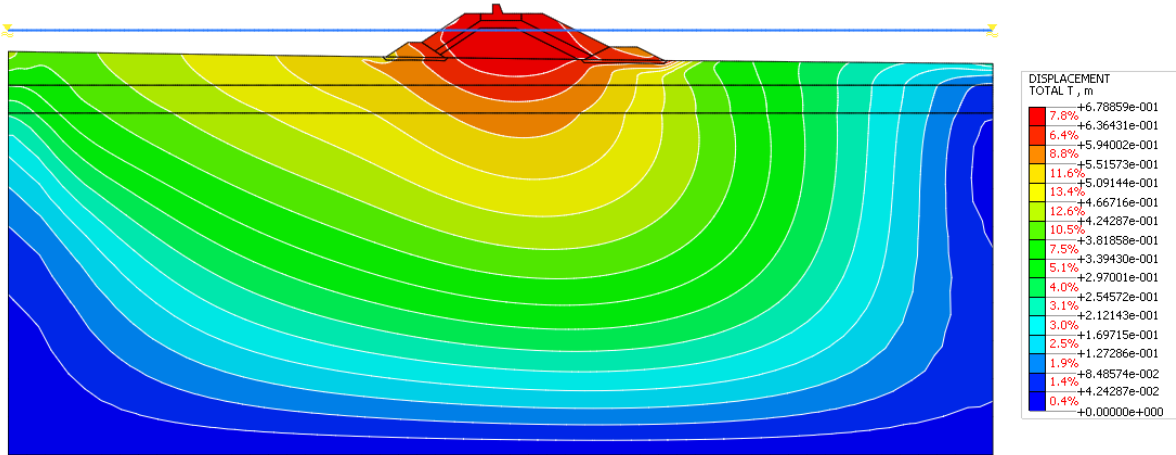


Figura 8.1.6.3.3-1 Spostamenti totali

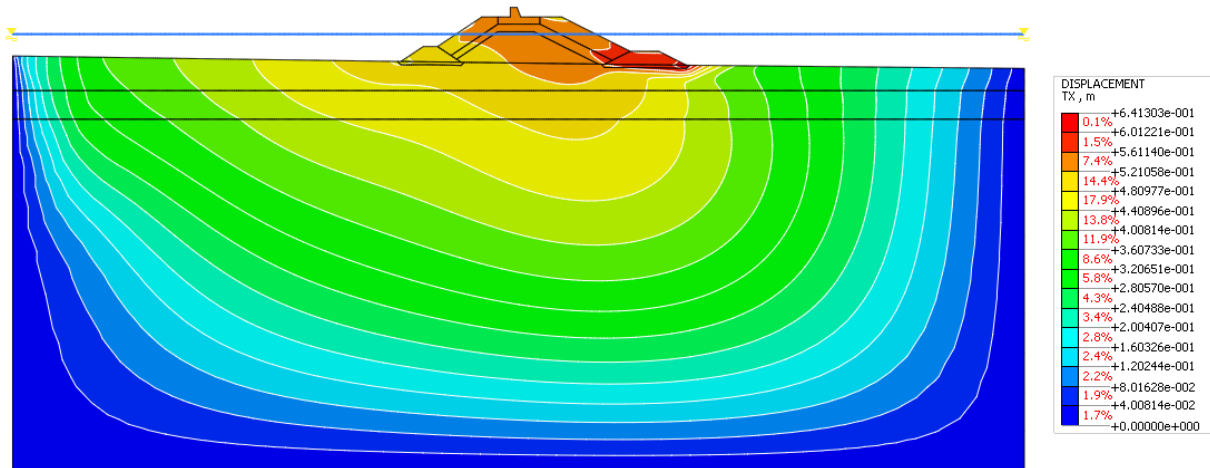


Figura 8.1.6.3.3-2 Spostamenti orizzontali

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

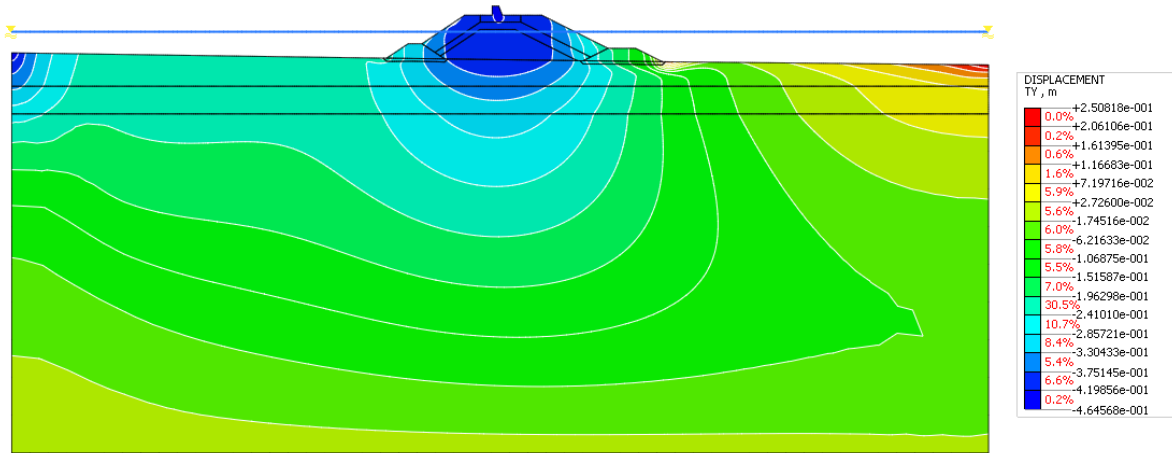


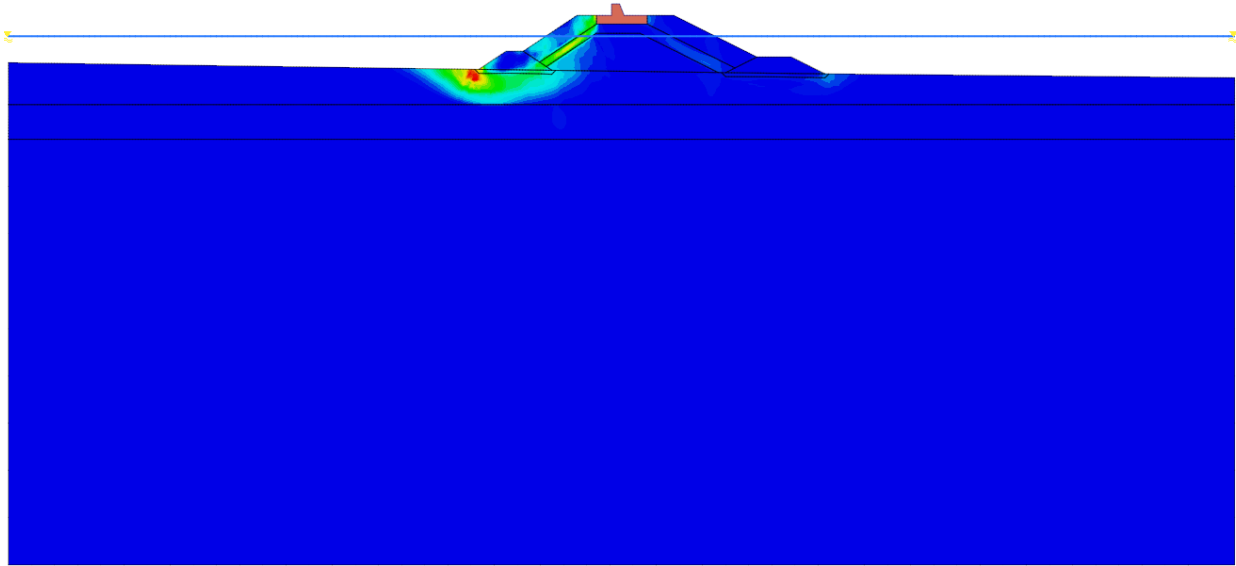
Figura 8.1.6.3.3-3 Spostamenti verticali

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

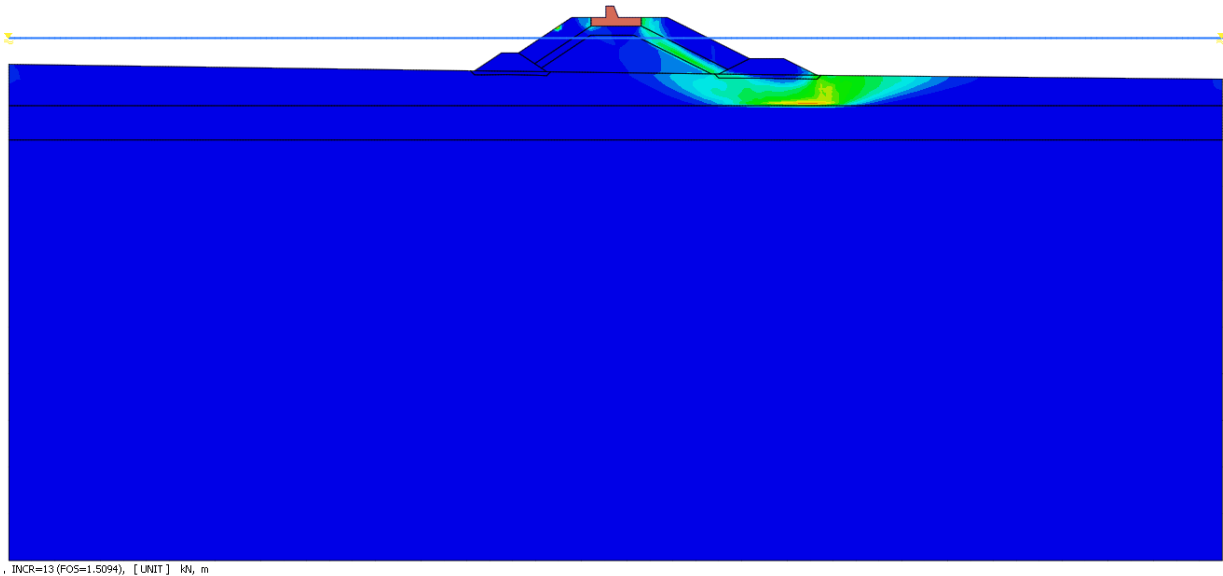
04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

8.1.6.4. Stabilità

Sono riportati i fattori di sicurezza per le diverse fasi analizzati in Figure il fattore di sicurezza per la sezione di calcolo analizzata è pari a:



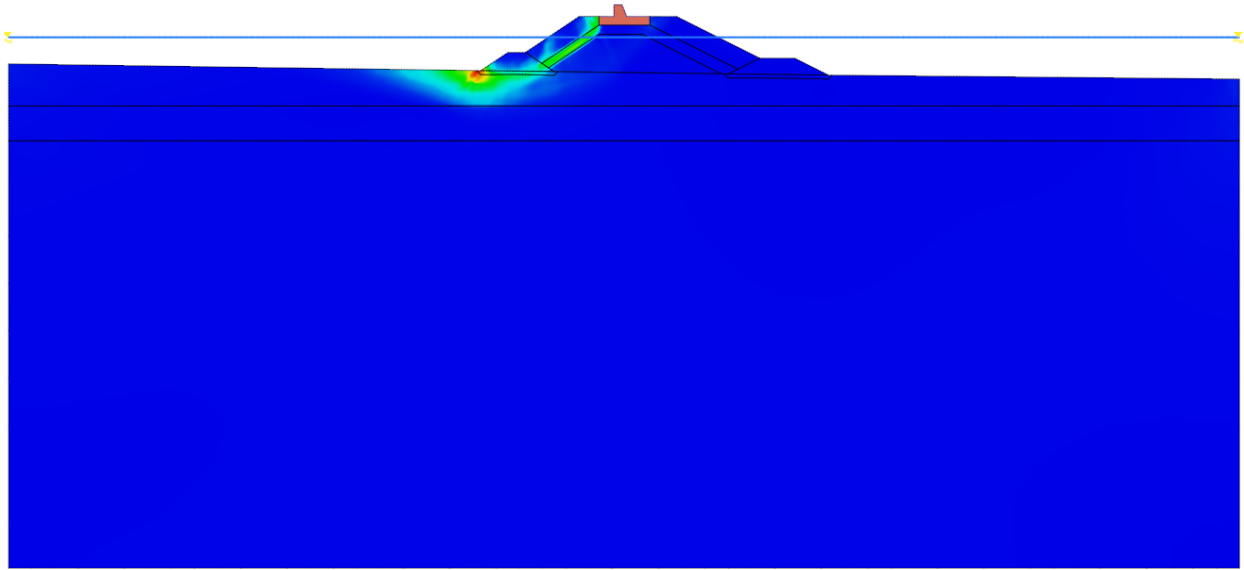
FS = 1.60 > 1.10 (Condizione statica)



FS = 1.51 > 1.20 (Condizione sismiche +)

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA



INCR=10 (FOS=1.5250), [UNIT] kN, m

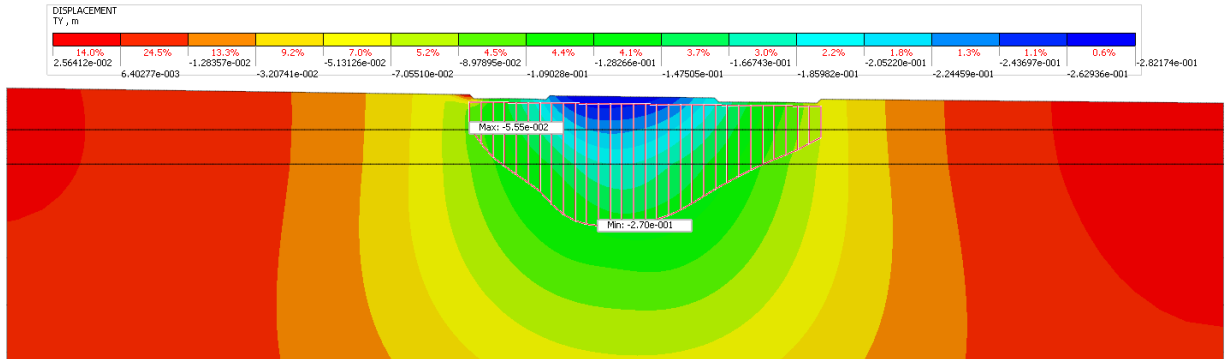
FS = 1.525 > 1.20 (Condizione sismiche -)

Pertanto, i requisiti di Normativa risultano soddisfatti.

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

8.1.6.5. Cedimenti



Il cedimento massimo assoluto è pari a 27 cm.

Il cedimento massimo relativa è pari a 21.5 cm

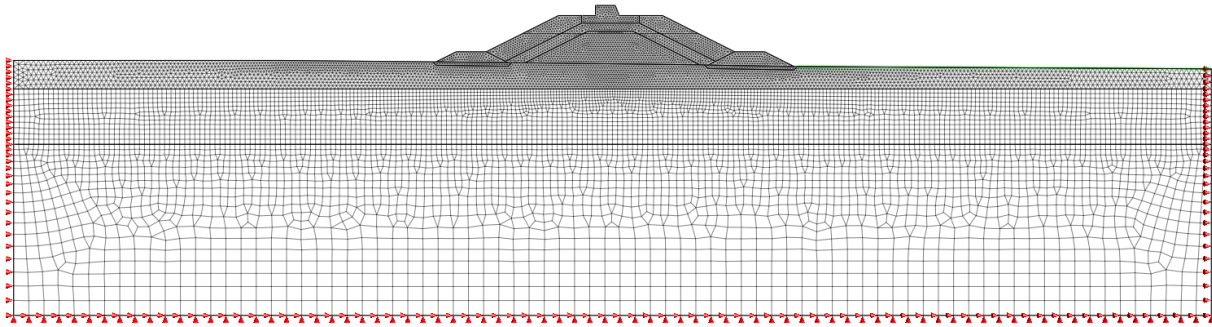


Figura 8.2.2-1 La mesh

Il software prevede il controllo della dimensione della mesh sui vari elementi mediante il comando “Size control”. Pertanto, sono state specificate le dimensioni della mesh lungo gli elementi che necessitano di una più accurata definizione ovvero in corrispondenza della scarpata con un passo di 0.30m.

Il terreno è stato modellato come elemento bidimensionale (plane-strain).

8.2.3. Carichi

8.2.4. Fase di calcolo

La analisi è stata considerata con il tipo Construction stage, dove sono definiti i seguenti fasi:

Fase 1: Condizione iniziale

Nella prima fase sono stati attivati la mesh degli strati del terreno (Sea-bed), il peso proprio, il livello della falda del mare e i vincoli dei bordi per la generazione dello stato tensionale iniziale nel terreno. Tali spostamenti forniti sono stati eliminati per le fasi successivi (Reset displacement).

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

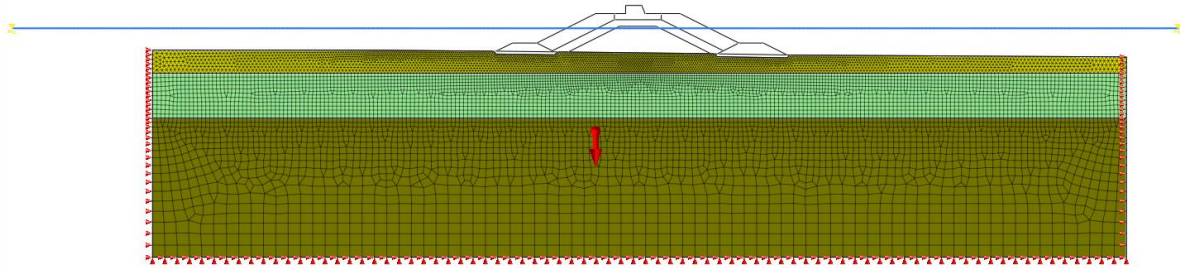


Figura 8.2.4-1 Condizione iniziale

Fase 2: Situazione attuale:

In questa fase, sono attivati i diversi terreni costruttivi del corpo porto con i carichi distribuiti considerati nel modello.

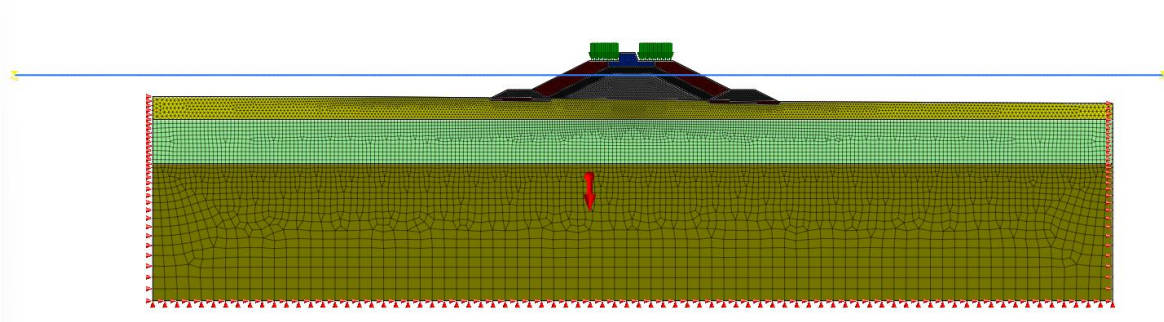


Figura 8.2.4-2 Fase 2

Fase 3: Analisi della stabilità globale:

Finalmente, Nel terzo fase di calcolo, è stato calcolato il fattore di sicurezza con il metodo SRM.

Fase 4: Condizione sismiche

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

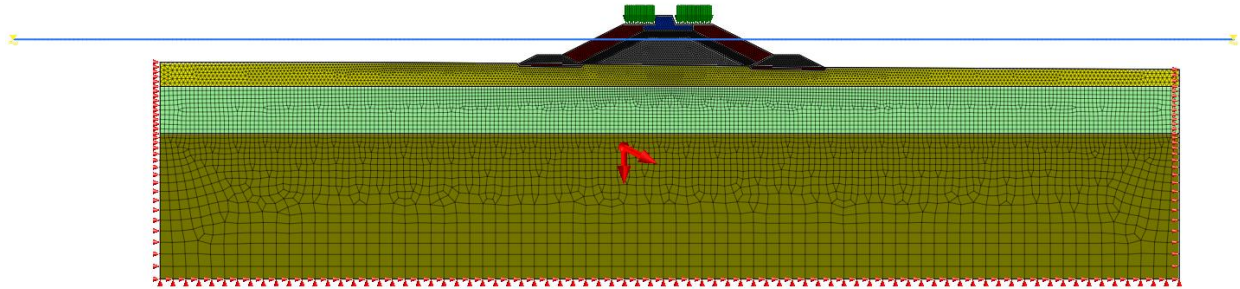


Figura 8.2.4-3 Fase 3

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

8.2.5. Risultati

8.2.5.1. Spostamenti

Sono riportati i risultati degli spostamenti per le diverse fasi nelle direzioni verticale e trasversale.

8.2.5.1.1. Fase iniziale

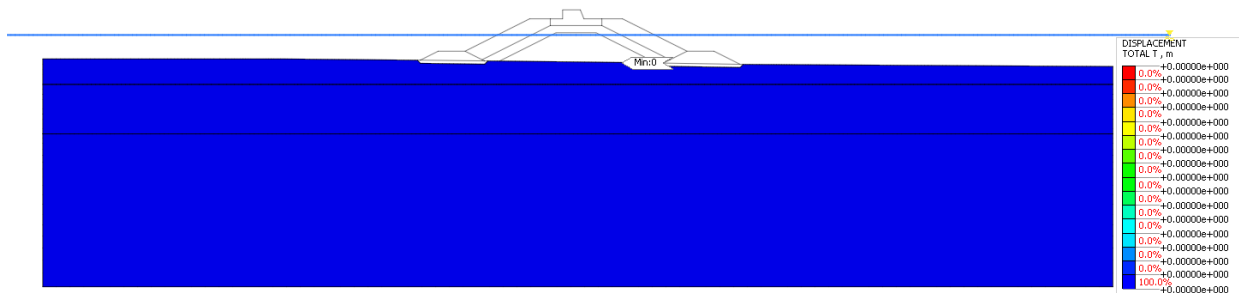


Figura 8.2.5.1.1-1 Spostamenti totali

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

8.2.5.1.2. Fase di costruzione (Statica)

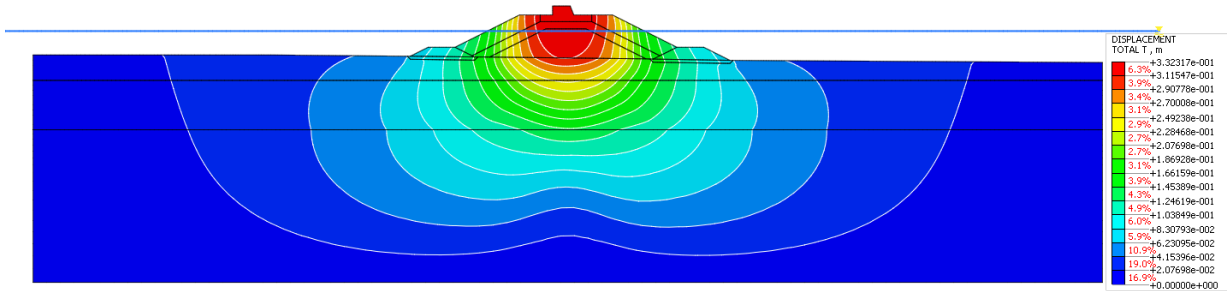


Figura 8.2.5.1.2-1 Spostamenti totali

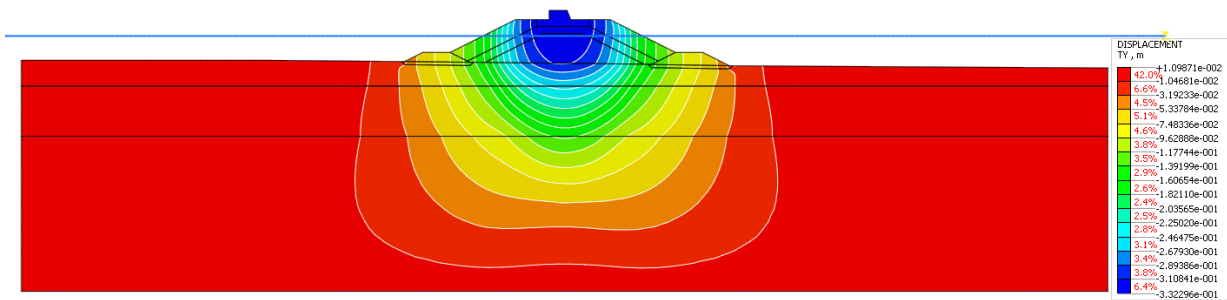


Figura 8.2.5.1.2-2 Spostamenti verticali

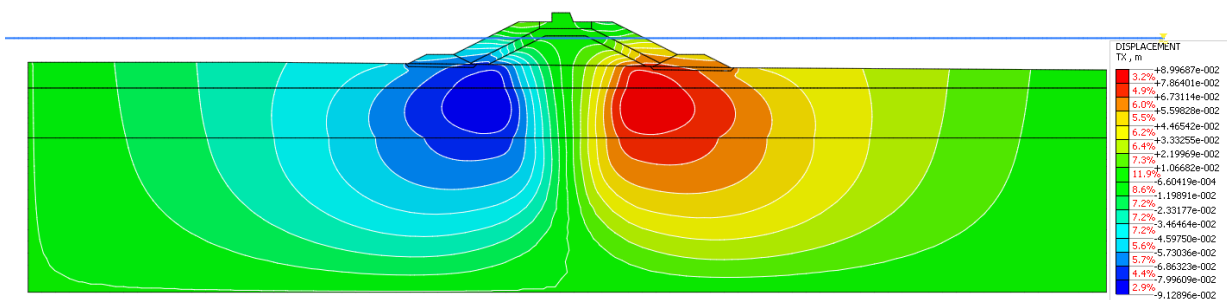


Figura 8.2.5.1.2-3 Spostamenti orizzontali

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

8.2.5.1.3. Condizione sismiche

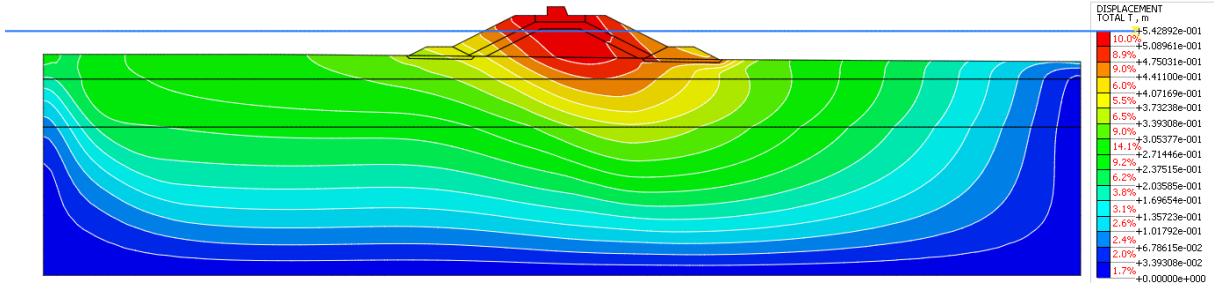


Figura 8.2.5.1.3-1 Spostamenti totali

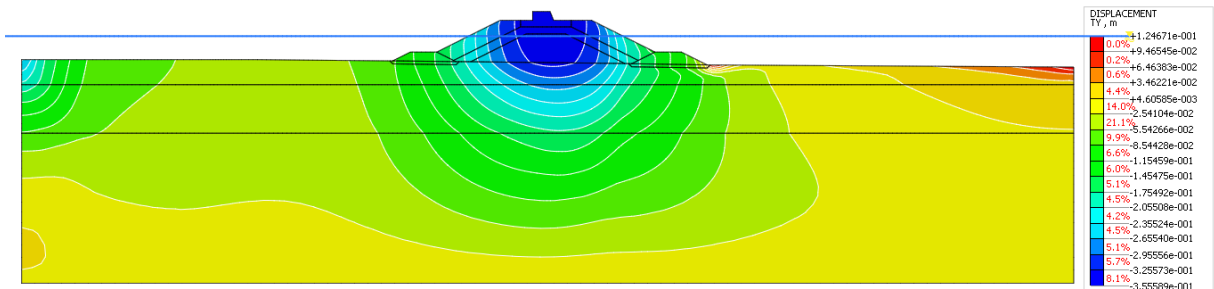


Figura 8.2.5.1.3-2 Spostamenti verticali

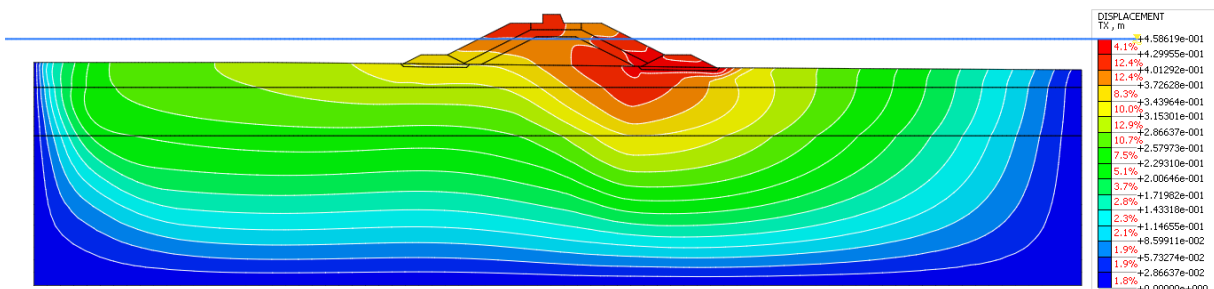


Figura 8.2.5.1.3-3 Spostamenti orizzontali

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

8.2.5.2. Tensioni

8.2.5.2.1. Fase iniziale

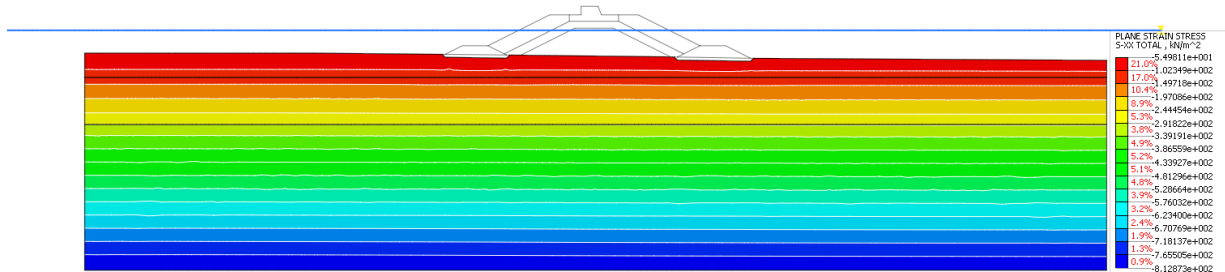


Figura 8.2.5.2.1-1 tensione totale nella dir orizzontale(σ -xx)

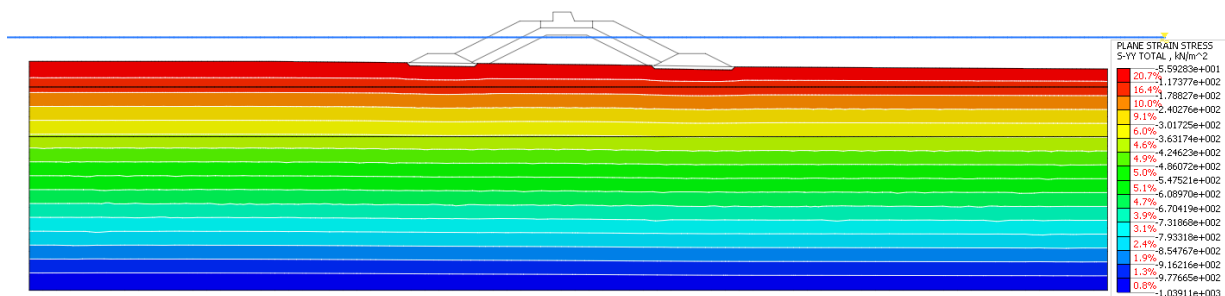


Figura 8.2.5.2.1-2 tensione totale nella dir orizzontale(σ -yy)

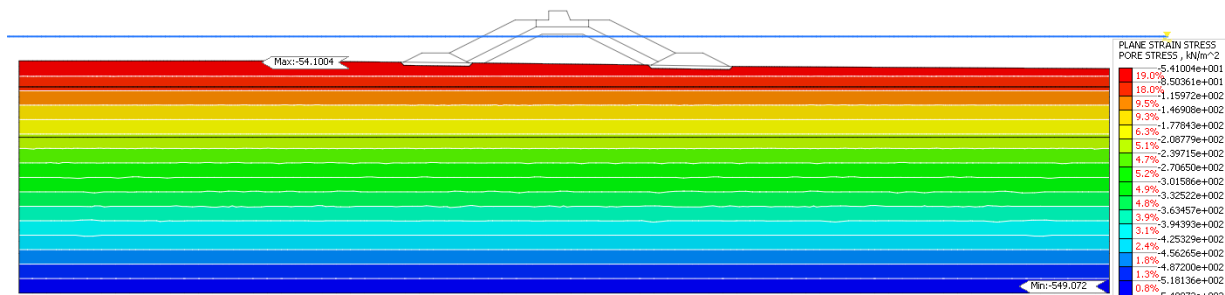


Figura 8.2.5.2.1-3 Pore pressure

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

8.2.5.2.2. Fase di costruzione (Statica)

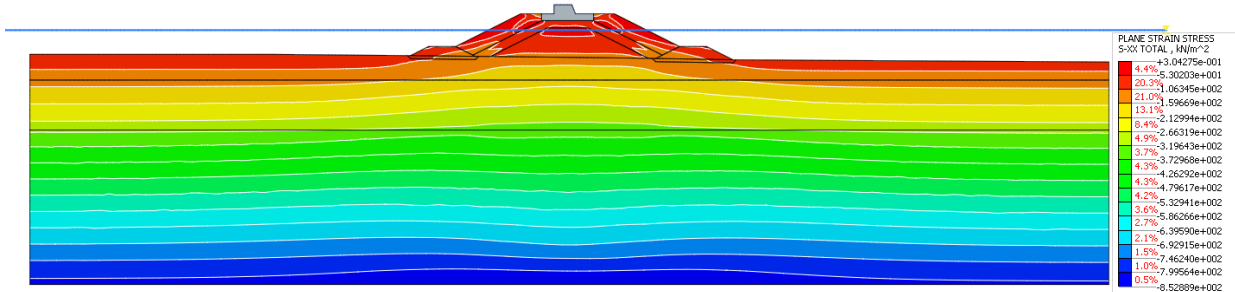


Figura 8.2.5.2.2-1 tensione totale nella dir orizzontale(σ -xx)

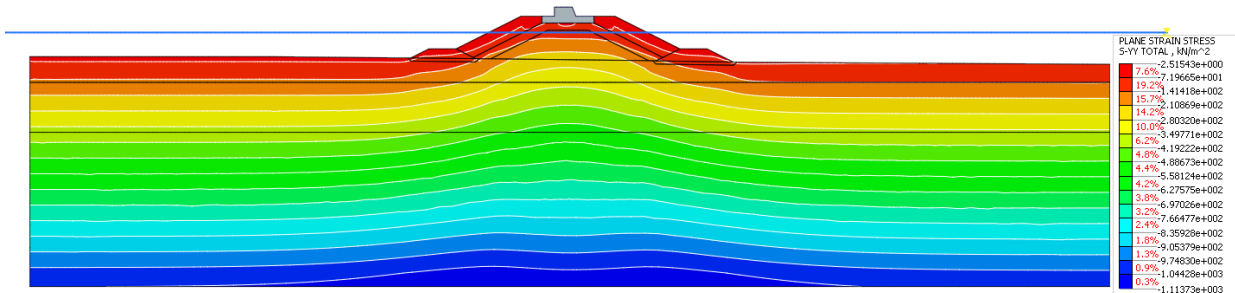


Figura 8.2.5.2.2-2 tensione totale nella dir orizzontale(σ -yy)

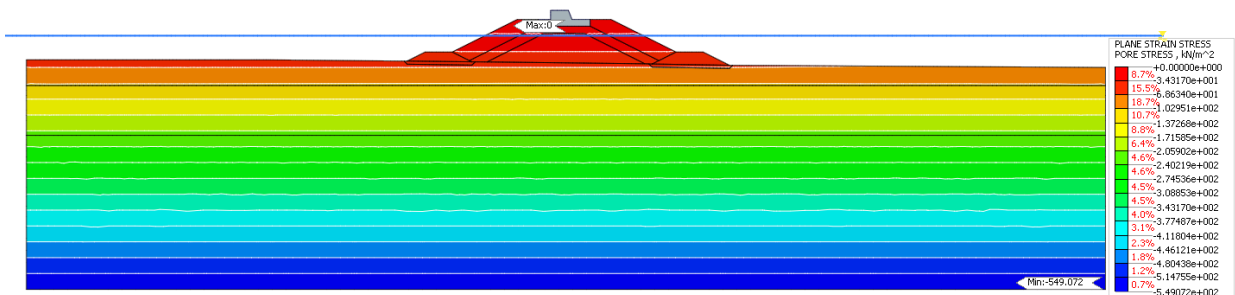


Figura 8.2.5.2.2-3 Pore pressure

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

8.2.5.2.3. Condizione sismiche

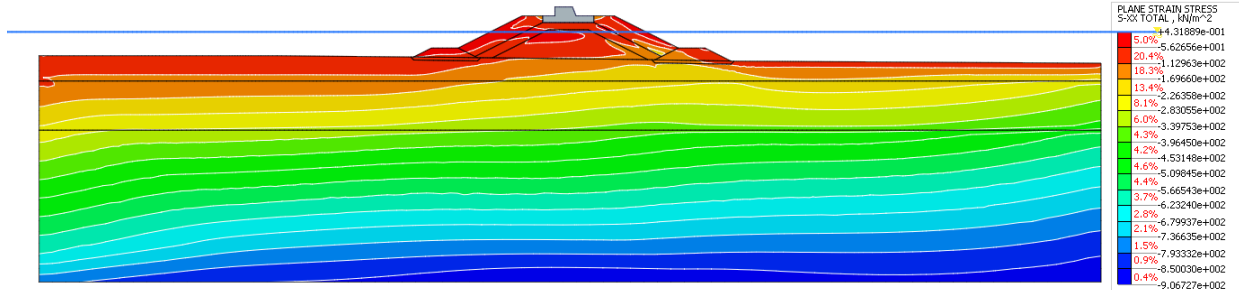


Figura 8.2.5.2.3-1 tensione totale nella dir orizzontale(σ -xx)

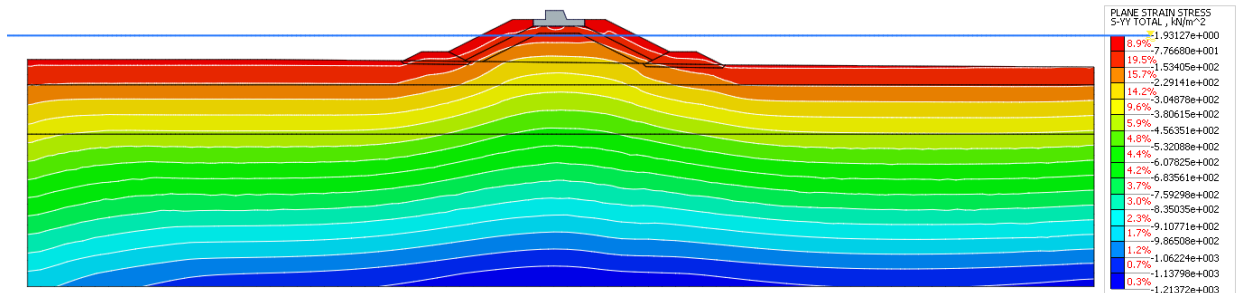


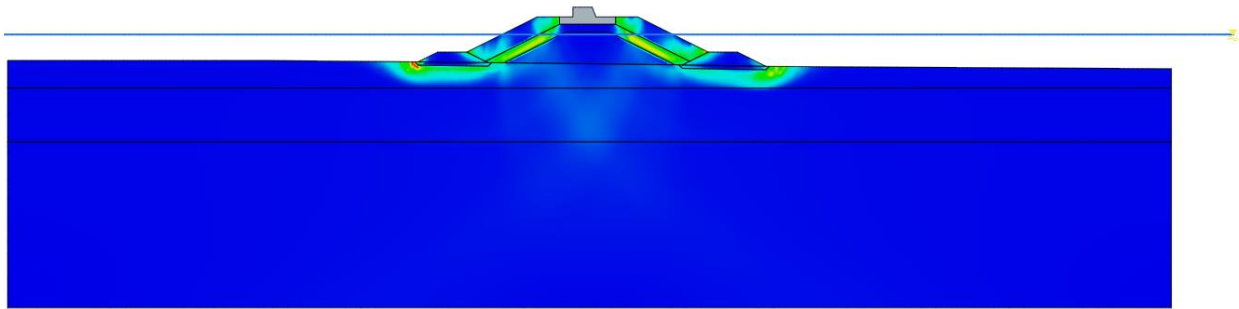
Figura 8.2.5.2.3-2 tensione totale nella dir orizzontale(σ -yy)

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

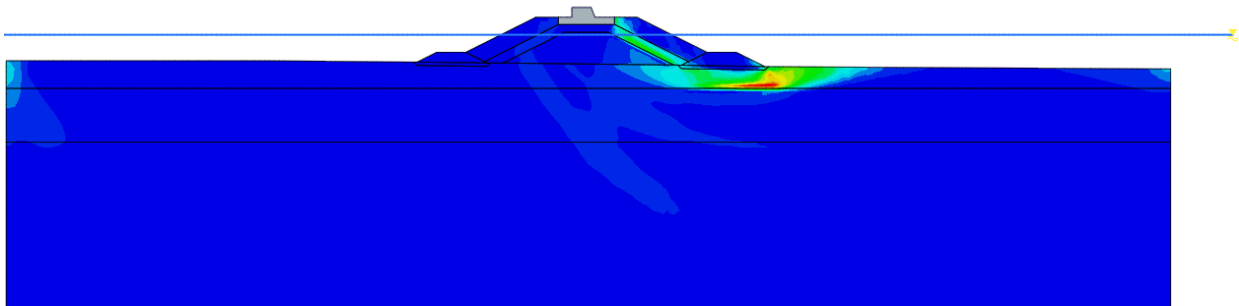
04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

8.2.5.3. Stabilità

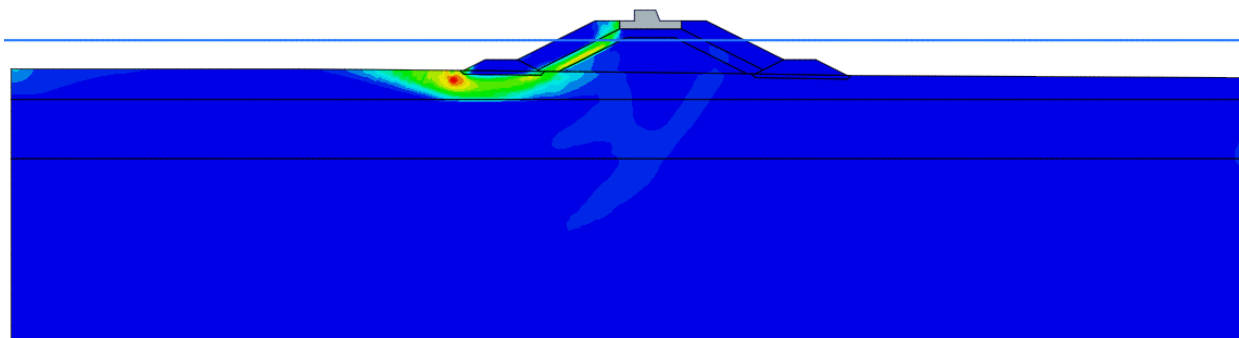
Sono riportati i fattori di sicurezza per le diverse fasi analizzati in Figure il fattore di sicurezza per la sezione di calcolo analizzata è pari a:



FS = 1.538 > 1.10 (Condizione statica)



FS = 1.50 > 1.20 (Condizione sismiche +)



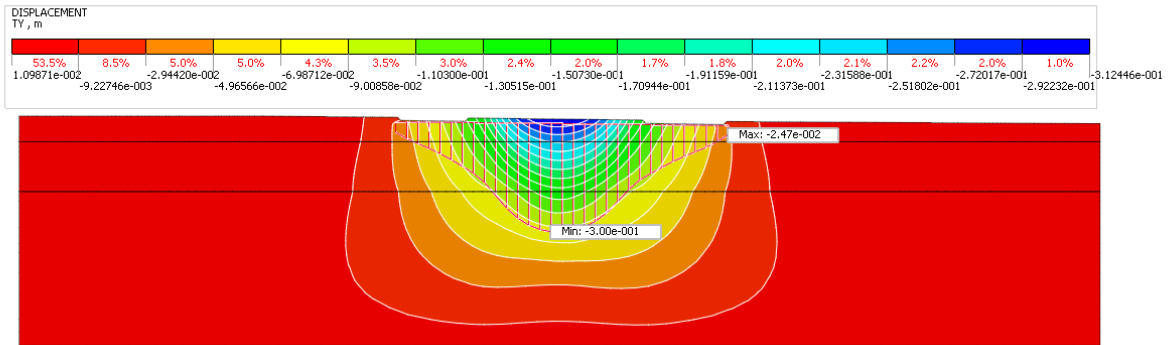
FS = 1.38 > 1.20 (Condizione sismiche -)

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R05 – RELAZIONE SULLA STABILITÀ GLOBALE E CALCOLO CEDIMENTI OPERE A GETTATA

Pertanto, i requisiti di Normativa risultano soddisfatti.

8.2.5.4. Cedimenti



Il cedimento massimo assoluto è pari a 30 cm.

Il cedimento massimo relativa è pari a 27.5 cm.