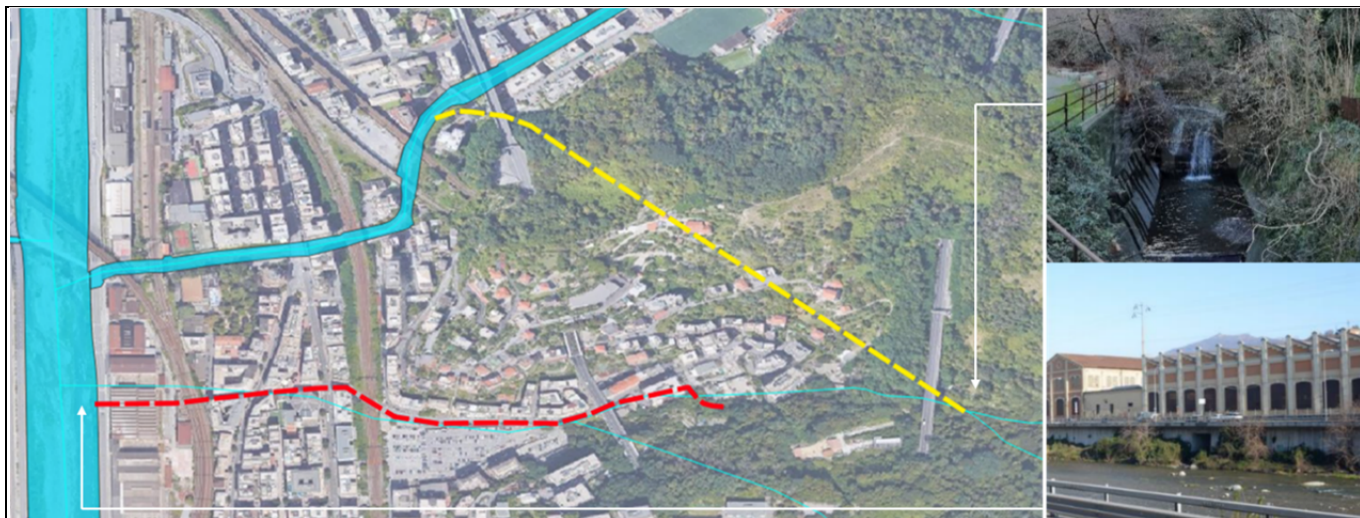





COMUNE DI GENOVA



Servizio di Progettazione di Fattibilità Tecnica ed Economica e definitiva (per appalto integrato) nonché del coordinamento della sicurezza in fase di progettazione delle “Opere di adeguamento idraulico del tratto tombinato di valle del rio Maltempo, affluente del torrente Polcevera”

PROGETTO DEFINITIVO

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Arch. Roberto Valcalda

PROGETTAZIONE:	MANDATARIA: 	MANDANTE: Dott.ssa Claudia Pizzinato
----------------	--	---

RESPONSABILE DELLE INTEGRAZIONI DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE: Ing. Simone Venturini

OPERE CONTENIMENTO TERRA:
 Scolmatore rio Maltempo - Scatolare di collegamento
 Paratie di imbocco e di trincea



CODICE ESTESO ELABORATO:	SCALA:	DATA:
II151F-PD-STR-R041_0	-	09/2022
NOME FILE: II151F-PD-STR-R041_0 .docx		

ELABORAZIONE PROGETTUALE:	REVISIONI					
	REV.	DATA	MOTIVO	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
Ing. SIMONE VENTURINI Ordine degli ingegneri Della Provincia di Verona N. A2515	0	09/2022	Emissione	A.CACCIATORI	S.VENTURINI	S.VENTURINI



INDICE

	Pag.
1	PREMESSA 1
2	OGGETTO E SCOPO 3
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO 6
4	SOFTWARE DI CALCOLO 7
4.1	Calcolo delle paratie 7
4.1.1	Origine e caratteristiche dei codici di calcolo7
4.1.2	Ipotesi generali di calcolo7
4.1.3	Affidabilità dei codici di calcolo.....7
4.1.4	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati7
4.2	Analisi di stabilità globale..... 8
4.2.1	Origine e caratteristiche dei codici di calcolo8
4.2.2	Ipotesi generali di calcolo8
4.2.3	Affidabilità dei codici di calcolo.....9
4.2.4	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati9
4.3	Altri software..... 9
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI..... 10
5.1	Calcestruzzo 10
5.2	Acciaio..... 10
5.3	Ulteriori specifiche relative ai materiali 11
5.3.1	Calcestruzzo.....11
6	CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE E GEOTECNICHE 14
6.1	Stratigrafia di progetto 14
7	VALUTAZIONE SISMICA..... 16
7.1	Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento 16
7.2	Pericolosità sismica 17
7.3	Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche 17
7.4	Valutazione dell'azione pseudostatici 20
7.4.1	Azione pseudostatica per le paratie20
7.4.2	Azione pseudostatica per le verifiche di stabilità globale.....21
8	CRITERI DI CALCOLO..... 23
8.1	Premesse..... 23
8.2	Combinazioni delle azioni..... 23
8.3	Coefficienti delle azioni agli stati limite 24
8.4	Verifica agli Stati Limite delle paratie 24
8.4.1	SLU.....24
8.4.2	SLV25
8.4.3	SLE.....26
9	CRITERI DI VERIFICA..... 27
9.1	Stati Limite di Esercizio (SLE) 27
9.1.1	Verifica delle tensioni27
9.1.2	Verifica dell'apertura delle fessure27
9.2	Stati Limite Ultimi (SLU)..... 28
9.2.1	Verifica degli elementi in calcestruzzo armato.....29
9.3	Criteri di verifica delle sezioni in acciaio 30
9.4	Verifica dei puntoni 31
9.5	Verifica di stabilità globale 31
9.5.1	SLU.....31
9.5.2	SLV31
10	IMPOSTAZIONE DEL MODELLO..... 33
10.1.1	Origine e caratteristiche dei codici di calcolo33
10.1.2	Ipotesi generali di calcolo33
10.1.3	Affidabilità dei codici di calcolo.....33
10.1.4	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati33



10.2	Analisi di stabilità globale.....	34
10.2.1	Origine e caratteristiche dei codici di calcolo	34
10.2.2	Ipotesi generali di calcolo	34
10.2.3	Affidabilità dei codici di calcolo.....	35
10.2.4	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati	35
10.3	Altri software.....	35
10.4	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	36
10.4.1	Geometria.....	36
10.4.2	Fasi costruttive paratia d'imbocco.....	37
10.4.3	Fasi costruttive paratia canale di collegamento	40
11	ANALISI DEI CARICHI	44
11.1	Carichi permanenti	44
11.2	Carichi variabili	44
11.3	Azione sismica.....	44
12	RISULTATI MODELLO.....	46
12.1	Pali	46
12.1.1	Sezione di imbocco	46
12.1.2	Sezione su scatolare	51
12.2	Sistemi di contrasto	56
12.2.1	Sezione di imbocco	56
13	VERIFICHE STRUTTURALI	57
13.1	Verifica dei pali lato imbocco	57
13.1.1	Verifica a flessione	57
13.1.2	Verifica a Taglio.....	57
13.1.3	Verifica a fessurazione	58
13.2	Verifica dei pali scatolare di collegamento	61
13.2.1	Verifica a flessione	61
13.2.2	Verifica a Taglio.....	61
13.2.3	Verifica a fessurazione	62
13.3	Verifica puntoni.....	65
13.4	Verifica trave di ripartizione.....	66
14	VERIFICHE STABILITÀ GLOBALE.....	69
15	CONCLUSIONI	72
16	ALLEGATO 1: report delle analisi ParatiePlus.....	73
16.1	Paratia d'imbocco.....	73
16.2	Paratia canale – Eccetto SLD	92
16.3	Paratia d'imbocco – SLD.....	112
17	ALLEGATO 2: report delle analisi di stabilità globale.....	133
17.1	Condizioni statiche.....	133
17.2	Condizioni sismiche	142

c_0969 - Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E

Committente:



Comune di Genova
"Opere di adeguamento idraulico del tratto tombinato di valle del rio Maltempo, affluente del torrente Polcevera"
Progetto Definitivo

Rev. 0

09/2022

Titolo

c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E

Progettista:

Mandataria



Mandante

Dott.ssa Claudia Pizzinato



INDICE DELLE FIGURE

	Pag.
Figura 1-1 – Rio Maltempo – In blu il bacino idrografico del torrente Maltempo; in verde quello del Rio Torbella. In.....	1
Figura 1-2 – Opere principali. In rosso il tratto tombato del Rio Maltempo, in giallo la nuova galleria scolmatrice	2
Figura 2-1 – Planimetria	3
Figura 2-2 – Pianta paratia di imbocco	4
Figura 2-3 –Sviluppata paratia di imbocco.....	4
Figura 6-1 – Profilo geologico dell’opera	14
Figura 6-2 – Legenda.....	15
Figura 6-3 – Caratterizzazione geotecnica di progetto	15
Figura 7-1 – SLV	19
Figura 7-2 – SLD.....	20
Figura 9-1 – Schema di verifica a flessione	29
Figura 9-2: Coefficienti parziali γ_R le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo in condizioni statiche (tab.6.8.I delle ntc2018)	31
Figura 12-1: SLU/SLV - Inviluppo dei momenti flettenti.....	47
Figura 12-2: SLU/SLV - Inviluppo dei tagli.....	48
Figura 12-3: SLE-rara/SLD - Inviluppo dei momenti flettenti	48
Figura 12-4: SLE-rara/SLD - Inviluppo degli spostamenti laterali.....	49
Figura 12-5: SLE-frequente - Inviluppo dei momenti flettenti	50
Figura 12-6: SLE-frequente - Inviluppo degli spostamenti laterali.....	50
Figura 12-7: SLU/SLV - Inviluppo dei momenti flettenti.....	52
Figura 12-8: SLU/SLV - Inviluppo dei tagli.....	53
Figura 12-9: SLE-rara/SLD - Inviluppo dei momenti flettenti	53
Figura 12-10: SLE-rara/SLD - Inviluppo degli spostamenti laterali.....	54
Figura 12-11: SLE-frequente - Inviluppo dei momenti flettenti	55
Figura 12-12: SLE-frequente - Inviluppo degli spostamenti laterali.....	55
Figura 13-1 – Pianta paratia di imbocco	65
Figura 14-1: Geometria del modello per la valutazione della stabilità globale	69

c_d9969 - Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



1 PREMESSA

Il Comune di Genova ha affidato a Technital la progettazione delle opere di sistemazione idraulica e adeguamento della capacità idraulica del Rio Maltempo, affluente in sinistra idrografica del Torrente Polcevera, del quale è nota l'insufficienza della sezione a convogliare le portate aventi tempo di ritorno di 200 anni.

Ciò è anche in parte dovuto all'estesa urbanizzazione che ha portato alla tombinatura del tratto terminale; tombinatura che risulta degradata, caratterizzata da dimensioni non costanti e ristretta per la presenza di numerosi sottoservizi.

La soluzione prospettata, in grado di risolvere le criticità idrauliche esistenti, prevede la realizzazione di una galleria scolmatrice che raccoglie le acque provenienti dalla parte più a monte e non antropizzata del bacino per colletterle nel tratto terminale del Rio Torbella.

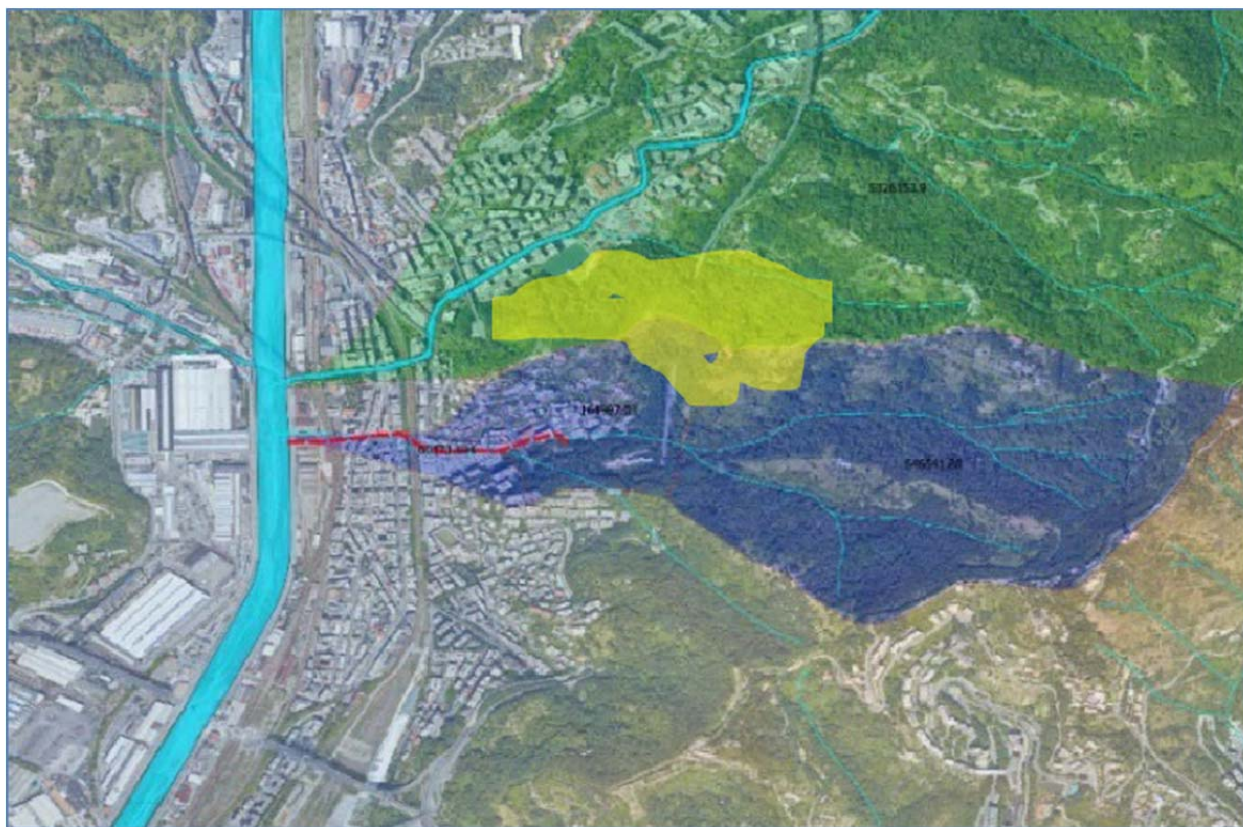


Figura 1-1 – Rio Maltempo – In blu il bacino idrografico del torrente Maltempo; in verde quello del Rio Torbella. In rosso il tratto tombato

Il progetto così concepito comprende la risoluzione delle principali interferenze riscontrate lungo il tratto terminale del Rio Maltempo con: la realizzazione di un'opera di presa a monte del viadotto autostradale ①, un pozzo di dissipazione del salto ②, una galleria scolmatrice del diametro di circa 4 m e lunghezza 543 m ③ dotata di pozzo di aerazione, l'opera di confluenza nel rio Torbella ④, la sistemazione idraulica del tratto terminale del rio Torbella fino alla confluenza nel Torrente Polcevera ed il rifacimento del ponte



stradale su Via Rossini ⑤.

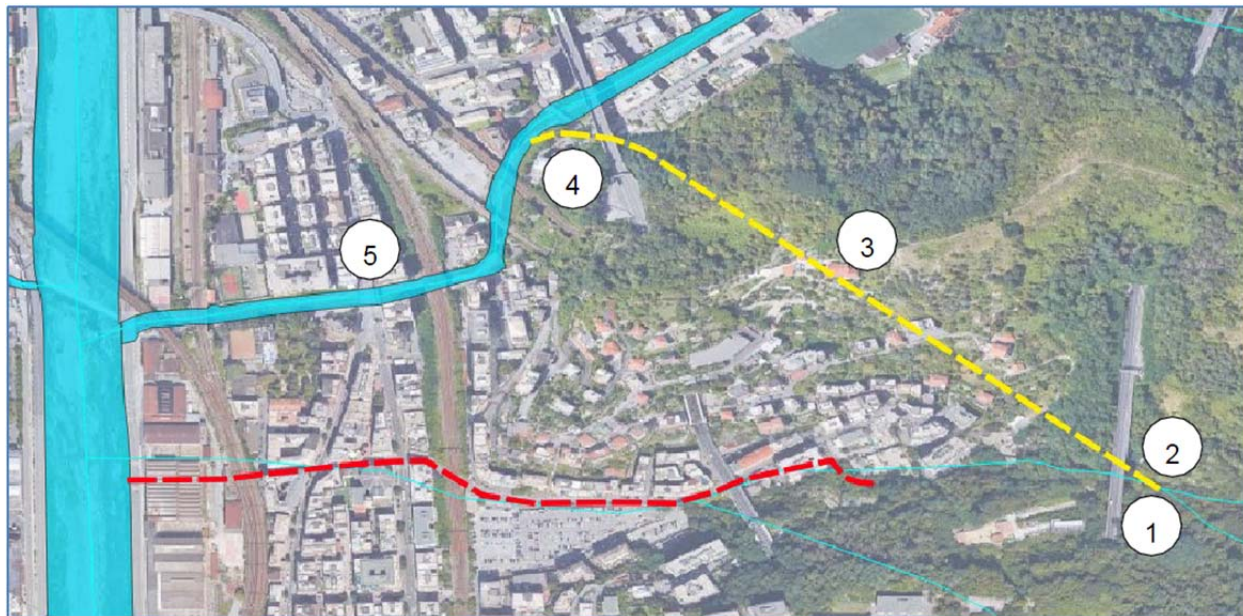


Figura 1-2 – Opere principali. In rosso il tratto tombato del Rio Maltempo, in giallo la nuova galleria scolmatrice



2 OGGETTO E SCOPO

Nella presente relazione viene descritta l'analisi e la verifica dell'opera di confluenza nel rio Torbella a valle della galleria scolmatrice; in particolare, saranno mostrate le analisi e le verifiche delle opere di sostegno atte a sostenere lo scavo durante la costruzione del manufatto di collegamento.

L'opera è realizzata mediante una berlinese di pali $\varnothing = 600\text{mm}$ puntonati in prossimità dell'imbocco e libera nella parte relativa al canale di collegamento al rio. L'altezza di scavo è variabile lungo lo sviluppo della paratia e raggiunge il massimo valore di 11,00 m. I pali in corrispondenza dell'imbocco della galleria sono lunghi complessivamente 20 m e presentano un ordine di puntoni a circa 3,90 m dalla testa dei pali. L'opera di sostegno e il sistema di contrasto sono resi solidali mediante una trave di ripartizione costituita da 2 profili HEB240.

Lungo il canale di collegamento, invece l'altezza rimane circa costante ed è pari a 5,00m di altezza di scavo con pali di 12m disposti a quinconce con interesse di 1,20m in direzione longitudinale e di 0,80m in direzione trasversale.

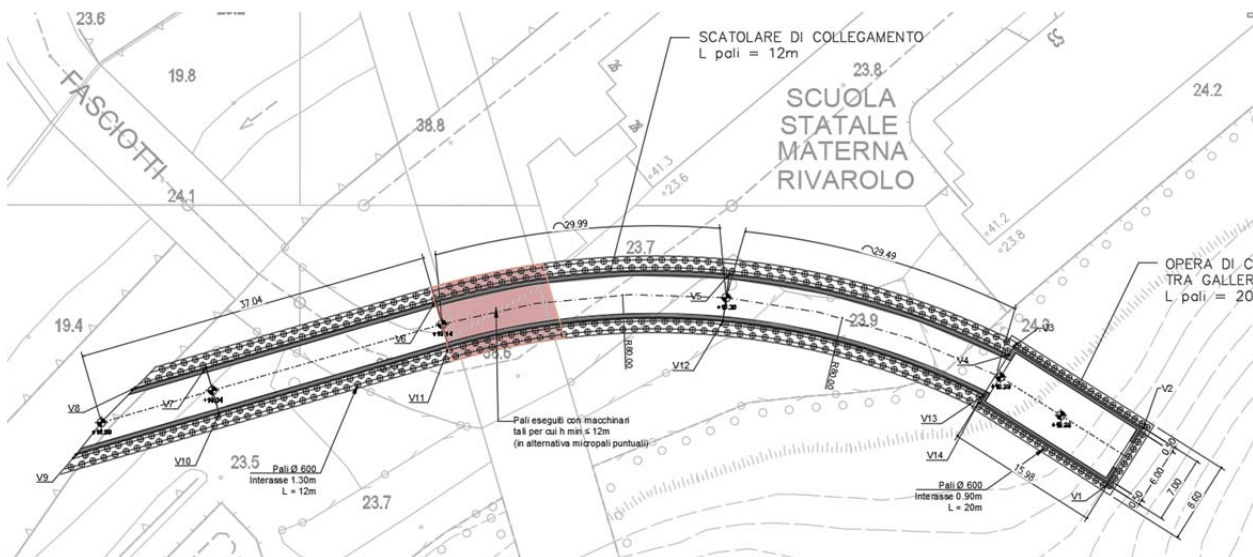


Figura 2-1 – Planimetria

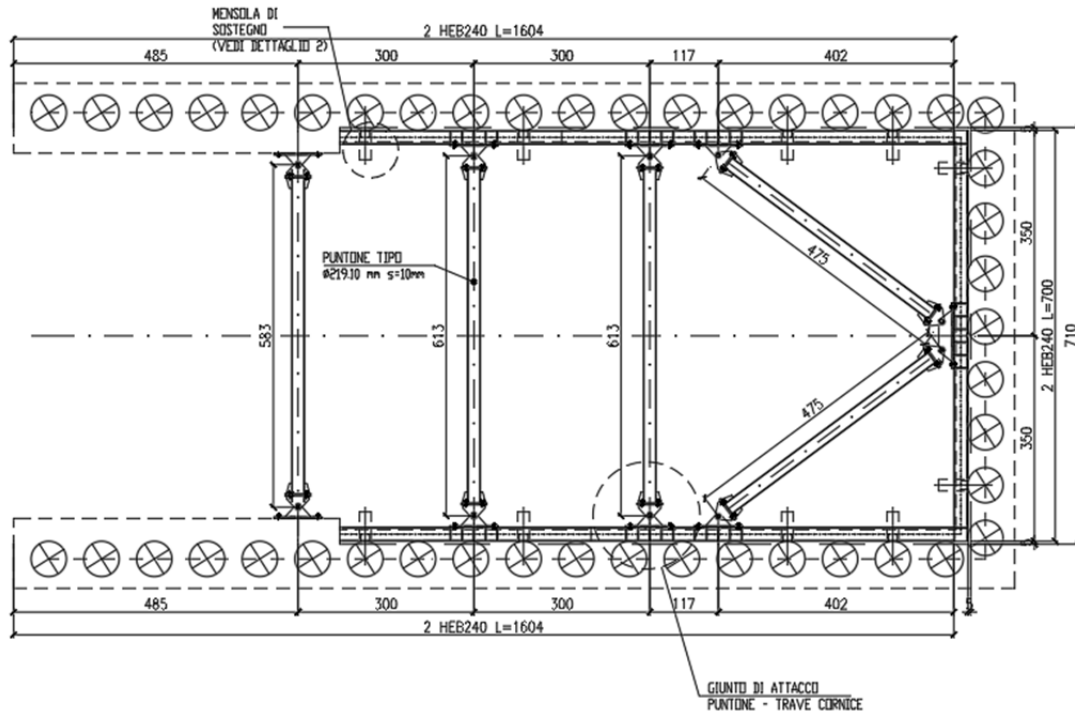


Figura 2-2 – Pianta paratia di imbocco

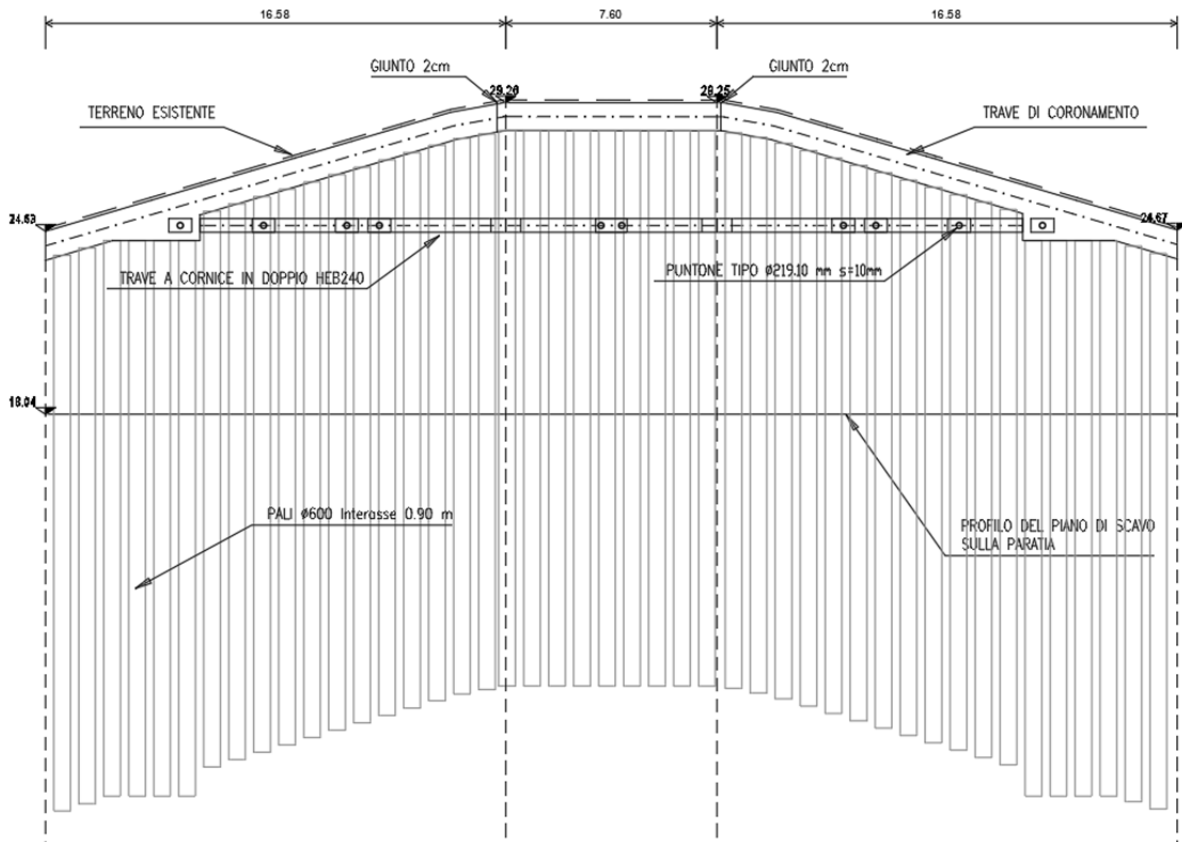


Figura 2-3 – Sviluppata paratia di imbocco



Nelle tabelle sottostanti sono mostrate le caratteristiche geometriche e meccaniche della paratia e degli ancoraggi:

- Paratia d'imbocco

Diametro di perforazione [m]	0.60
Lunghezza [m]	20.00
Interasse [m]	0.90

Tabella 2-1: Geometria dei pali d'imbocco

- Paratia canale

Diametro di perforazione [m]	0.60
Lunghezza [m]	12.00
Interasse s [m]	1.20
Interasse n [m]	0.80

Tabella 2-2: Geometria dei pali canale di collegamento



3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si riporta nel seguito l'elenco delle leggi e dei decreti di carattere generale, assunti come riferimento.

- Legge 5-1-1971 n.1086 – Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica;
- Legge. 2 Febbraio 1974, n.64 – Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D.M. 17 Gennaio 2018 – “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)”;
- Circolare 21 Gennaio 2019, n.7 – Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- UNI EN 1992-1-1 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo;
- UNI EN 206-1-2016 – Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- UNI EN 1997-1: 1994 – Progettazione geotecnica;
- Regolamento UE N.1299/2014 della commissione del 18 Novembre 2014 e successivo Regolamento di esecuzione (UE) 2019/776 della commissione del 16 Maggio 2019.
- UNI EN 1993-1-1 EUROCODICE 3- Progettazione delle strutture in acciaio -Parte 1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1998-5 EUROCODICE 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5 - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;



4 SOFTWARE DI CALCOLO

4.1 Calcolo delle paratie

4.1.1 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

- Titolo ParatiePlus
- Versione 22.0
- Produttore Harpaceas

4.1.2 Ipotesi generali di calcolo

ParatiePlus è un codice alle differenze finite che simula il problema di uno scavo sostenuto da diaframmi flessibili e permette di valutare il comportamento della parete di sostegno durante tutte le fasi intermedie e nella configurazione finale.

La modellazione numerica dell'interazione terreno-struttura e del tipo a “trave su suolo elastico”, in cui le pareti di sostegno vengono rappresentate con elementi finiti trave il cui comportamento è definito dalla rigidità flessionale, mentre il terreno viene simulato attraverso elementi elasto-plastici monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie laddove c'è la presenza di terreno.

Per ogni approfondimento circa il software di calcolo, sui relativi algoritmi e sulle ipotesi di comportamento elasto-plastico del terreno si rimanda al manuale tecnico del software.

Le analisi sono state svolte considerando le seguenti ipotesi di tipo “generale”.

- Stato piano nelle deformazioni (paratia di lunghezza infinita);
- Terreno modellato come un letto di molle con legame costitutivo elastoplastico incrudente con criterio di rottura di Mohr-Coulomb (terreni granulari in condizioni drenate);
- Struttura discretizzata in elementi perfettamente elastici;
- Puntoni modellati per mezzo di un vincolo fisso;
- Sovraccarichi a monte ed a valle della paratia trasformati in spinte sul paramento in accordo a quanto previsto dalla teoria elastica;
- Mobilitazione della spinta della terra funzione del livello di deformazione partendo da una condizione iniziale di spinta a riposo (K_0). I valori massimi e minimi della spinta vengono definiti in funzione dei coefficienti di spinta passiva (K_p) e attiva (K_A) rispettivamente.

4.1.3 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego.

La società produttrice ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

4.1.4 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali.

Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la



validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni. In base a quanto sopra, si asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

4.2 Analisi di stabilità globale

4.2.1 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

- Titolo Geostudio
- Versione 8.15
- Produttore GEO-SLOPE International, Ltd.

4.2.2 Ipotesi generali di calcolo

L'analisi di stabilità globale è effettuata attraverso il Slope/W, un modulo compreso all'interno del programma GeoStudio 2012.

Slope/W consente di valutare il fattore di sicurezza della stabilità di pendii bi-dimensionali attraverso il metodo dell'equilibrio limite. In generale, in questo metodo si valuta l'equilibrio di un volume di terreno che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura. Tra i vari metodi appartenenti all'equilibrio, i cosiddetti "metodi dei conci" sono tra dei più conosciuti e versatili: essi consistono nel suddividere il volume di terreno in conci verticali. Ciascun concio è soggetto al peso proprio W_i , alla reazione normale N_i' , a quella tangenziale T_i (definita solitamente secondo il criterio di Mohr-Coulomb in condizioni drenate e secondo quello di Tresca in condizioni non drenate) ed all'eventuale pressione dell'acqua U_i lungo la superficie di scorrimento ed alle azioni orizzontali H_i e verticali V_i agenti sulle facce laterali.

Il sistema è, eccetto casi particolari, iperstatico, e generalmente si impongono alcune ipotesi sulle azioni sulle facce laterali e sui punti di applicazione delle azioni al fine di ridurre le incognite. Tra i metodi dei conci, il metodo di Bishop è uno dei più utilizzati: le ipotesi sono:

- Il meccanismo di rottura è definito da un arco di circonferenza;
- Il punto di applicazione dell'azione normale N_i' coincide con il punto medio del concio;
- Le azioni verticali lungo le facce laterali dei conci V_i sono nulle

Imponendo l'equilibrio verticale di ciascun concio e l'equilibrio alla rotazione globale, si perviene alla formula del fattore di sicurezza (che si ricava iterativamente):

$$F_S = \frac{\sum \left(\frac{W_i - U_i \cos \alpha_i - \frac{c' \Delta x}{F_S \cos \alpha_i}}{\cos \alpha_i - \sin \alpha_i \left(\frac{\tan \phi'}{F_S} \right)} \cdot \tan \phi' + \frac{c' \Delta x}{\cos \alpha_i} \right)}{\sum W_i \sin \alpha_i}$$

Utilizzando questo metodo per una serie di ipotetiche superfici di rottura (definite da un centro di rotazione ed un raggio) si perviene a definire il meccanismo più probabile, corrispondente al fattore di sicurezza minore.



4.2.3 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego.

La società produttrice ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

4.2.4 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali.

Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni. In base a quanto sopra, si asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

4.3 Altri software

Per l'elaborazione dei dati di input/output e la creazione di tabelle riepilogative, si adottano procedure opportunamente implementate in fogli elettronici **Microsoft® Office Excel** e **Visual Basic for Application (VBA)**.

Per la verifica della trave di ripartizione è stato utilizzato il freeware Profili_V6, messo a disposizione dal prof. Gelfi.



5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

5.1 Calcestruzzo

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo e per la definizione della classe di resistenza di queste ultime in funzione delle condizioni ambientali, si farà riferimento alle indicazioni contenute nelle norme UNI EN 206-1 ed UNI 11104. Dato il contatto con acque di prima pioggia, generalmente acide, si considerano i seguenti materiali:

- **Calcestruzzo per getto trave di coronamento**

Conforme alla norma UNI EN 206-1/UNI11104		
Classe di resistenza minima:	C_{min}	C32/40
Classe di esposizione:		XA1
Classe di consistenza:	S	S4
Dimensione massima aggregati [mm]	D_{max}	20
Copriferro minimo [mm]	c	40

- **Calcestruzzo per getto pali**

Conforme alla norma UNI EN 206-1/UNI11104		
Classe di resistenza minima:	C_{min}	C28/35
Classe di esposizione:		XC2
Classe di consistenza:	S	S4
Dimensione massima aggregati [mm]	c	20
Copriferro minimo [mm]	C_{min}	60

5.2 Acciaio

- **Acciaio per armature ordinarie**

Acciaio in barre ad aderenza migliorata tipo B450C controllato in stabilimento		
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	$\geq 450N/mm^2$
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	$\geq 540N/mm^2$

- **Acciaio per profili laminati**



Acciaio per carpenteria metallica S355 secondo norma UNI EN 10025		
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	$\geq 355N/mm^2$
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	$\geq 510N/mm^2$

5.3 Ulteriori specifiche relative ai materiali

5.3.1 Calcestruzzo

La prescrizione del calcestruzzo all'atto del progetto deve essere caratterizzata almeno mediante la classe di resistenza, la classe di consistenza al getto ed il diametro massimo dell'aggregato, nonché la classe di esposizione ambientale, di cui alla norma UNI EN 206:2016.

Per le caratteristiche dei calcestruzzi si fa riferimento alle formule indicate di seguito:

- resistenza a compressione cubica: R_{ck}
- resistenza a compressione cilindrica: $f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$
- resistenza a compressione cilindrica media: $f_{cm} = f_{ck} + 8$ [N/mm²]
- resistenza media a trazione semplice per classi <C50/60: $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$
- modulo elastico: $E_{cm} = 22000 \cdot \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3}$ [N/mm²]
- coefficiente di Poisson: 0.20

La forte importanza che riveste la durabilità dell'opera in funzione dell'ambiente nel quale è inserita ha comportato una notevole attenzione alle tipologie dei materiali da utilizzarsi per le strutture da realizzare. Si consideri, infatti, che il manufatto deve garantire adeguati livelli di sicurezza anche dopo l'inevitabile degrado dei materiali dovuto al tempo ed all'azione degli agenti atmosferici.

Tutti questi elementi ambientali costituiscono dei fattori importantissimi dai quali non è possibile esulare quando si stabilisce la tipologia dei materiali che saranno impiegati per la realizzazione dell'opera, pensando questo nell'ottica di garantire alla stessa una vita media compatibile con l'investimento che si sta realizzando.

Ai fini di una corretta prescrizione del calcestruzzo, occorre classificare l'ambiente nel quale ciascun elemento strutturale sarà inserito. Per "ambiente", in questo contesto, si intende l'insieme delle azioni chimico-fisiche alle quali si presume che potrà essere esposto il calcestruzzo durante il periodo di vita delle opere e che causa effetti che non possono essere classificati come dovuti a carichi o ad azioni indirette quali deformazioni impresse, cedimenti e variazioni termiche.

In funzione di tali azioni, sono individuate le classi e sottoclassi di esposizione ambientale del calcestruzzo elencate nella tabella che segue.



Classi di esposizione per calcestruzzo strutturale, in funzione delle condizioni ambientali secondo norma UNI 11104:2004 e UNI EN 206-1:2006

Classe esposizione norma UNI 9858	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206-1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco						
1	X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.	-	C 12/15	
2 Corrosione indotta da carbonatazione						
Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.						
2 a	XC1	Asciutto o permanentemente bagnato.	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.	0,60	C 25/30	
2 a	XC2	Bagnato, raramente asciutto.	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	0,60	C 25/30	
5 a	XC3	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non comprese nella classe XC2.	0,50	C 32/40	
3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare						
5 a	XD1	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XD2	Bagnato, raramente asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenete cloruri (Piscine).	0,50	C 32/40	
5 c	XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	0,45	C 35/45	

c_d9969 - Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



Classe esposizione norma UNI 9858	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206-1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare						
4 a 5 b	XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.	0,50	C 32/40	
	XS2	Permanentemente sommerso.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immersi in acqua.	0,45	C 35/45	
	XS3	Zone esposte agli spruzzi o alle marea.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.	0,45	C 35/45	
5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti *						
2 b	XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.	0,50	C 32/40	
3	XF2	Moderata saturazione d'acqua, in presenza di agente disgelante.	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.	0,50	C 25/30	3,0
2 b	XF3	Elevata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.	0,50	C 25/30	3,0
3	XF4	Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.	0,45	C 28/35	3,0
6 Attacco chimico**						
5 a	XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acque reflue.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.	0,50	C 32/40	
5 c	XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquame provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi di gas di scarico industriali.	0,45	C 35/45	
*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione: - moderato: occasionalmente gelato in condizione di saturazione; - elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione. **) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.						

Le resistenze caratteristiche R_{ck} della tabella precedente sono da considerarsi quelle minime in relazione agli usi indicati in funzione della classe di esposizione.

La definizione di una soglia minima per il dosaggio di cemento risponde all'esigenza di garantire in ogni caso una sufficiente quantità di pasta di cemento, condizione essenziale per ottenere un calcestruzzo indurito a struttura chiusa e poco permeabile. Nelle normali condizioni operative, il rispetto dei valori di R_{ck} e a/c della tabella precedente può comportare dosaggi di cemento anche sensibilmente più elevati del valore minimo indicato.

Nel caso in esame sarà necessario che il cemento sia resistente ai solfati.



6 CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE E GEOTECNICHE

6.1 Stratigrafia di progetto

Per la definizione della stratigrafia di progetto e delle caratteristiche dei materiali si è fatto riferimento al profilo geotecnico, alla relazione geotecnica e successive integrazioni a cui si rimanda.

Dal profilo si rileva che la vasca e il canale sono inseriti e poggianti su strati di coltri eluvio-colluviali e depositi alluvionali antichi. Data la natura granulare dei terreni presenti sono necessarie delle opere di sostegno atte a sostenere lo scavo durante le fasi costruttive. Tali opere poi collaboreranno con la loro rigidità al sostegno delle azioni orizzontali del terreno.

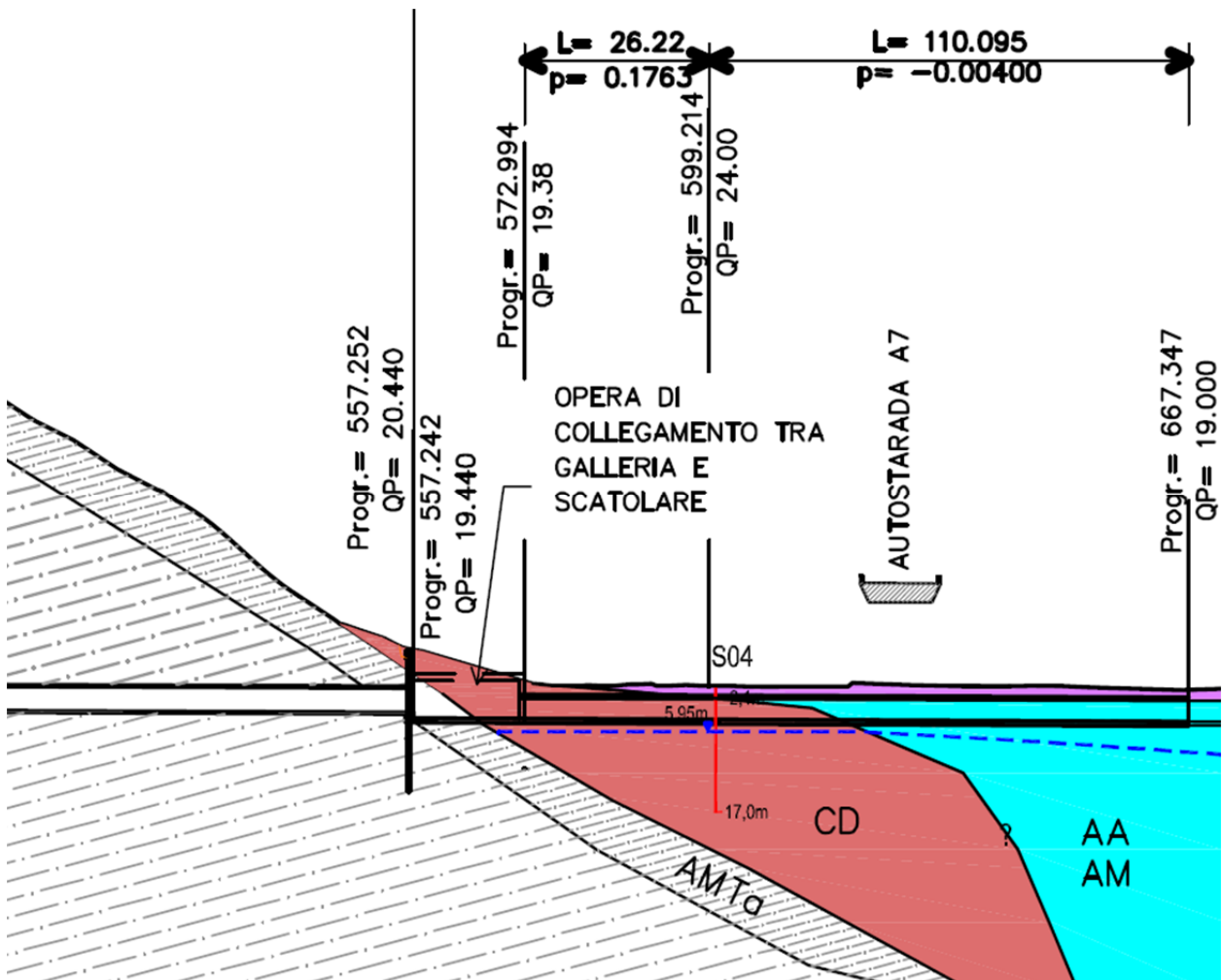


Figura 6-1 – Profilo geologico dell'opera

- RIP** Riporti artificiali e depositi rimaneggiati. (Quaternario)
 Composizione eterogenea, prevalentemente ghiaioso sabbiosi in matrice limoso argillosa.
 Possibile presenza di frammenti di laterizio

- CD** Coltri eluvio-colluviali di importanza particolare. (Quaternario)
 Clasti eterometrici in abbondante matrice sabbioso limosa o limoso argillosa

- AA**
AM Depositi alluvionali antichi, recenti e di alveo attuale (Quaternario)
 Depositi ghiaiosi e sabbiosi anche posti a quota più elevata rispetto agli alvei attuali o al livello del mare, talvolta terrazzati. Possibili orizzonti sabbioso limosi in profondità. Al piede del versante possono inglobare coltri colluviali e/o accumuli di antica frana



Figura 6-2 – Legenda

Di seguito si riportano i valori di riferimento per l'opera in esame.

Sigla	Unità stratigrafica	γ (kN/m ³)	GSI	RMR	Classe Bieniawsky	c' (kPa)	ϕ (°)	E (MPa)	K (m/s)
RIP	Ripporto	18	-	-	-	0	28	20	1.0E-05
CD	Depositi eluviali-colluviali	19	-	-	-	5	29	25	1.0E-05
AA/AM	Alluvioni Torbella	19	-	-	-	0	31	28	1.0E-04
AMT	Argilliti di Montanesi	27	30	27	IV	100	38	1200	1.5E-07
AMTa	Argilliti di Montanesi, materiale alterato e zona di faglia	25	20	16	V	25	28	350	4.0E-07

Figura 6-3 – Caratterizzazione geotecnica di progetto



7 VALUTAZIONE SISMICA

7.1 Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R . Ai fini della normativa vigente le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Ai fini delle verifiche strutturali, si considera lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV). Per la valutazione degli spostamenti si considera lo Stato Limite di Danno (SLD).

Per la definizione delle azioni sismiche di progetto si sono adottati i seguenti parametri:

- Vita nominale $V_N = 50$ anni
- Classe d'uso: IV
- Coefficiente d'uso $C_U = 2,0$
- Vita di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N \cdot C_U = 100$ anni.

La strategia di progettazione per i differenti stati limite di cui al punto 3.2.1 delle NTC-2018 è quindi ricavata dalla seguente formula (formula 3.2.0 delle NTC-2018), in funzione delle probabilità di superamento P_{VR} indicate in tabella 3.2.I nel periodo di riferimento V_R (si veda anche la tabella seguente):

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

I valori del tempo di ritorno T_R in anni per l'opera in esame risultano pertanto:

Tempo di ritorno T_R	
SLO	60 anni
SLD	101 anni
SLV	949 anni
SLC	1950 anni



7.2 Pericolosità sismica

Nelle norme tecniche NTC-2018 (Allegato B) sono forniti, secondo un reticolo di riferimento e per differenti intervalli di riferimento, i parametri sismici a_g , F_0 e T_c^* per un sito rigido orizzontale (come definiti al paragrafo 3.2 delle NTC-2018) necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Qualora l'area in esame non ricada in corrispondenza dei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri di interesse possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento, mediante la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

in cui:

p è il valore del parametro di interesse nel punto in esame;

p_i è il valore del parametro di interesse nell' i -esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;

d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo punto della maglia suddetta.

Inoltre, qualora le tabelle di pericolosità sismica su reticolo di riferimento non contemplino il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e P_{VR} prefissati, il valore del generico parametro p (a_g , F_0 , T_c^*) ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione a partire dai dati relativi di T_R previsti nella pericolosità sismica, utilizzando la seguente espressione, in allegato A alle NTC-2018:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

in cui:

p è il valore del parametro di interesse al T_R desiderato;

T_{R1}, T_{R2} sono i periodi di ritorno più prossimi a T_R per i quali si dispone dei valori di p_1 e p_2 del generico parametro p .

Di seguito si riportano i valori dei parametri sismici a_g , F_0 , T_c^* riferiti alle coordinate geografiche dell'opera oggetto di verifica.

<i>Coordinate 44,4222° N / 8,9052° E</i>				
	T_R (anni)	a_g [g]	F_0	T_c^* (s)
SLO	60	0,032	2,534	0,214
SLD	100	0,038	2,555	0,243
SLV	950	0,087	2,532	0,297
SLC	1950	0,111	2,524	0,303

7.3 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

In accordo alle Norme Tecniche, le categorie di sottosuolo vengono distinte principalmente in funzione dei valori di V_s che caratterizzano il volume significativo del terreno con cui l'opera interagisce. La scelta deriva dal fatto che l'amplificazione sismica di un deposito è dipendente dal modulo di taglio a piccole



deformazioni (G_0), a sua volta legato alla velocità di propagazione delle onde di taglio a piccole deformazioni mediante la ben nota relazione:

$$G_0 = \rho \cdot V_S^2$$

essendo ρ la densità del materiale che costituisce il deposito.

Per un dato sito, le Norme definiscono la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ($V_{S,eq}$) mediante la formula:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

essendo H lo spessore complessivo del deposito sopra al substrato, h_i =spessore (in metri) dell' i -esimo strato compreso e $V_{S,i}$ =velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato.

Per i siti nei quali la profondità del substrato è maggiore di 30 m (condizione sempre riscontrata lungo il tracciato), si pone $H = 30$ m e nella formula si considereranno gli strati fino a 30 m. La velocità equivalente viene indicata come $V_{S,30}$.

In accordo alle NTC2018, l'effetto della risposta sismica locale sulla pericolosità di base si valuta mediante il coefficiente di sito (S), funzione sia della categoria di sottosuolo sopra determinata (S_S) sia dell'andamento piano altimetrico della superficie topografica (S_T):

$$S = S_S \cdot S_T.$$

Il coefficiente S_S per ciascuna categoria di sottosuolo si ricava dalle espressioni fornite in Tabella 3.2.IV al par. 3.2.3 delle Norme Tecniche.

Tabella 7-1: Tab. 3.2.IV delle Norme Tecniche (espressioni di S_S e di C_C)

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

Per quanto riguarda l'eventuale amplificazione topografica, al coefficiente S_T possono essere assegnati i valori seguenti in funzione della categoria topografica corrispondente.

Tabella 7-2: Tab. 3.2.III delle Norme Tecniche (categorie topografiche)



Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Per quanto concerne la paratia lato imbocco, data la presenza di roccia, ci si pone in una condizione di classe B. Per quanto attiene infine al coefficiente di amplificazione topografica, ai sensi del punto 3.2.2 delle NTC-2018 si assume che le aree in esame siano sempre riferibili alla categoria T2, ovvero quali "superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \geq 15^\circ$ " con $h/H=1$. I coefficienti assunti per la valutazione della massima accelerazione attesa in sito sono quindi i seguenti:

$$S_s = 1.2$$

$$S_T = 1.2$$

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato II SLV

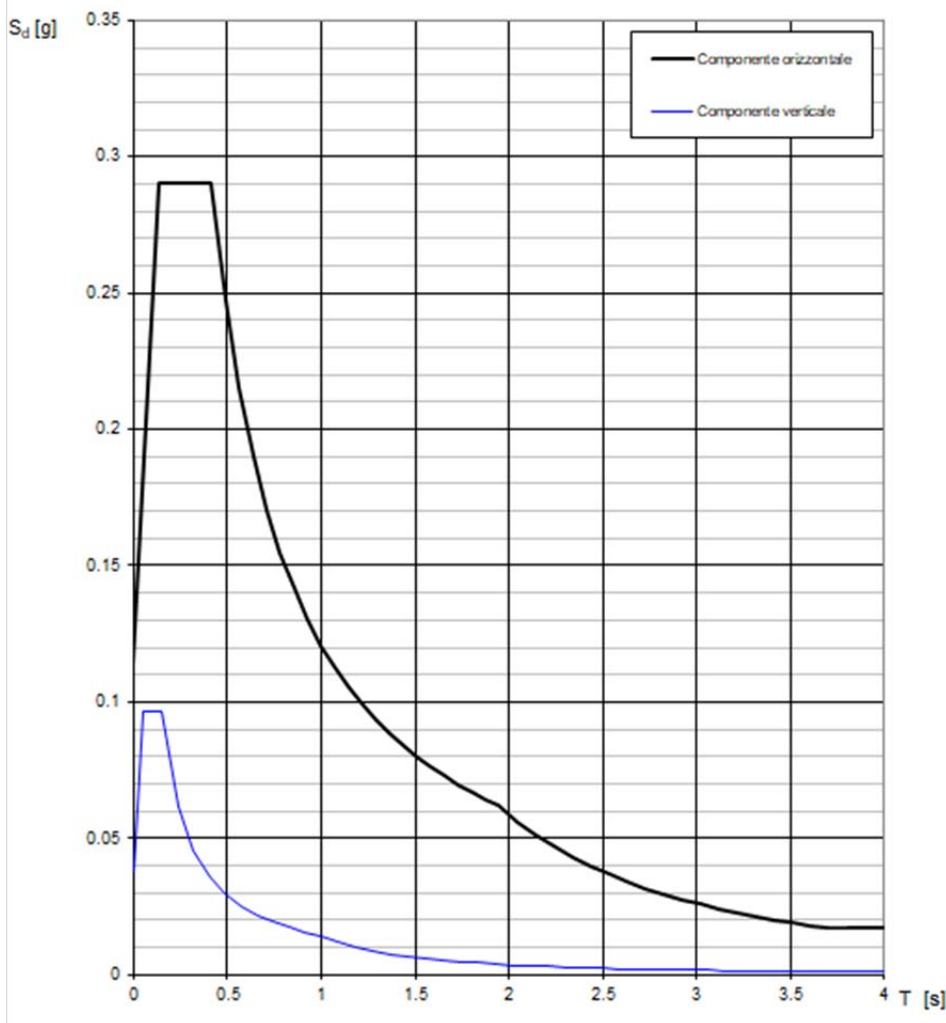


Figura 7-1 – SLV



Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLD

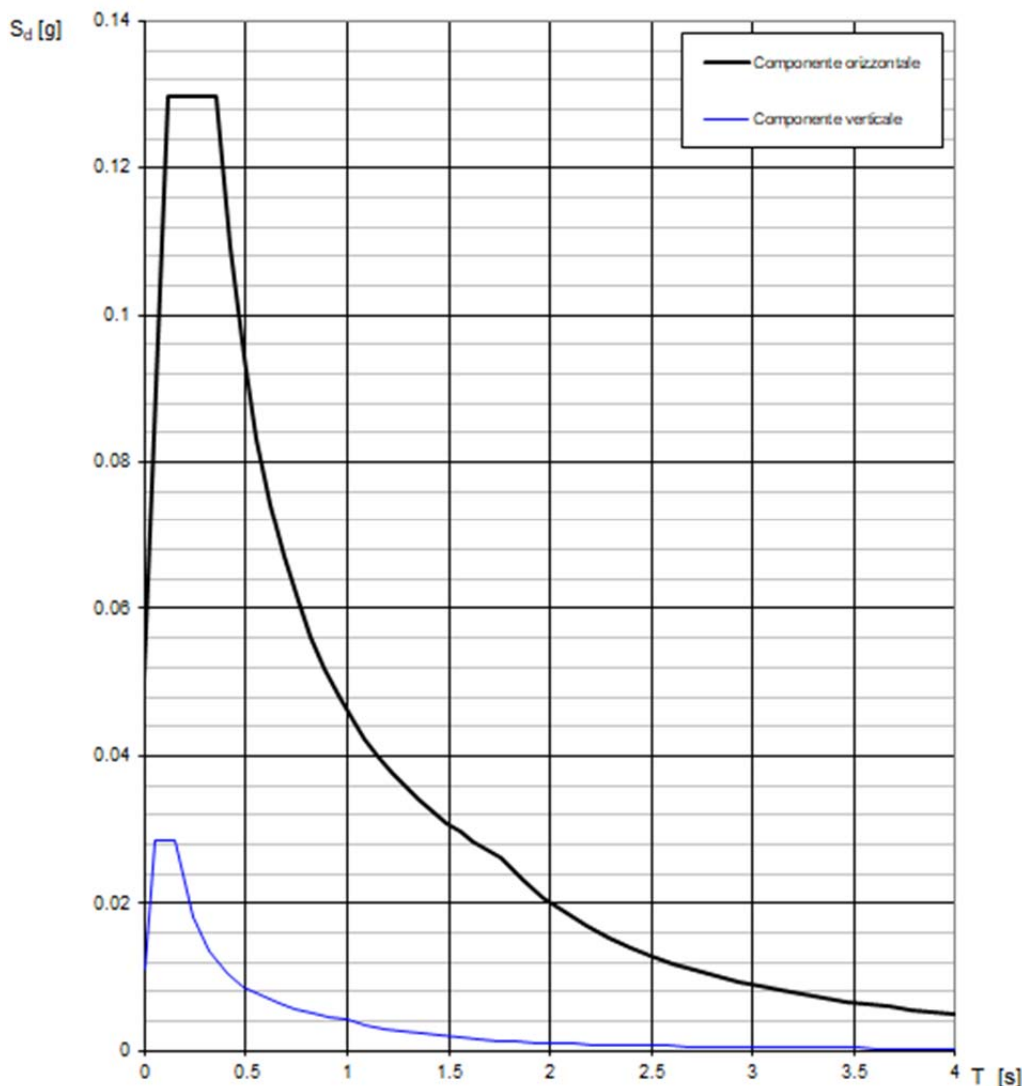


Figura 7-2 – SLD

Mentre per la paratia lato canale:

$$S_s = 1.5$$

$$S_T = 1.0$$

7.4 Valutazione dell'azione pseudostatici

Secondo quanto prescritto al Par. 7.11.6.2.3 delle NTC2018, l'analisi delle opere di sostegno in condizioni sismiche può essere eseguita mediante i metodi pseudo-statici e i metodi degli spostamenti.

Se la struttura può spostarsi, l'analisi pseudo-statica si esegue mediante i metodi dell'equilibrio limite.

7.4.1 Azione pseudostatica per le paratie

Seguendo l'approccio pseudo-statico, l'azione sismica è rappresentata tramite una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Le componenti orizzontale e verticale a_h e a_v dell'accelerazione equivalente devono essere ricavate in



funzione delle proprietà del moto sismico atteso nel volume di terreno significativo per l'opera e della capacità dell'opera di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici, a_h può essere legata all'accelerazione di picco a_{max} attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione:

$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$$

Dove:

- k_h = coefficiente sismico orizzontale;
- $\alpha \leq 1$ = coefficiente riduttivo dipendente dalla deformabilità dei terreni interagenti con l'opera;
- $\beta \leq 1$ = coefficiente riduttivo dipendente dalla capacità dell'opera di subire spostamenti senza significative cadute di resistenza;
- g = accelerazione di gravità

Tali coefficienti possono essere dedotti a partire dalle Figure 7.11.2 e 7.11.3 presenti nelle NTC2018 e di seguito riportate.

In ogni caso è necessario che $u_s \leq 0,005 \cdot H$

Se $\alpha \cdot \beta < 0,2$ sarà da assumere $k_h = 0,2 \cdot \frac{a_{max}}{g}$

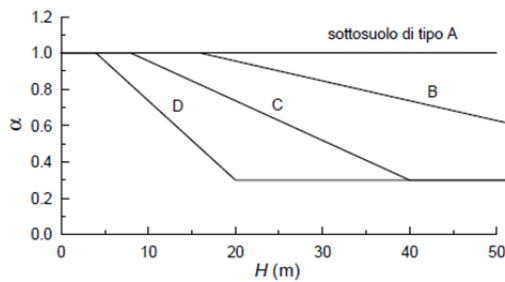


Figura 7.11.2 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α

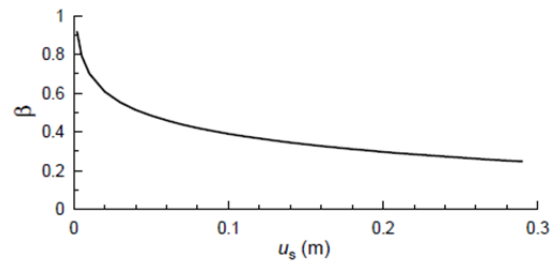


Figura 7.11.3 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β

Nel caso in esame, si pongono cautelativamente entrambi i fattori pari all'unità. Il fattore k_h di conseguenza assume i seguenti valori:

I valori dei coefficienti sismici k_h e k_v sono quindi definiti di seguito:

- SLV imbocco: $k_h = 0.0802$ $k_v = 0.0401$; $\beta = 0.90$
- SLV canale: $k_h = 0.1308$ $k_v = 0.07504$; $\beta = 1$

7.4.2 Azione pseudostatica per le verifiche di stabilità globale

Seguendo l'approccio pseudo-statico, l'azione sismica è rappresentata tramite una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico:

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W$$

Dove i coefficienti k_h e k_v sono rispettivamente:



$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

β_s è un coefficiente riduttivo dell'accelerazione massima, che tiene conto delle deformazioni attese dal sistema, e quindi dipende in generale dalla categoria di sottosuolo e dall'accelerazione attesa. A seconda che ci si riferisca alla stabilità di pendii oppure di fronti di scavo e rilevati, il valore di β_s assume i seguenti valori:

- Stabilità dei pendii (Par. 7.11.3.5.2 delle NTC2018):

Tab. 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Tabella 7-3: Valori di β_s per pendii

I valori dei coefficienti sismici k_h e k_v sono quindi definiti di seguito:

- $k_h = 0.079 \cdot 0.20 = 0.016$
- $k_v = \pm 0.008$



8 CRITERI DI CALCOLO

8.1 Premesse

Le verifiche contenute nel presente documento fanno riferimento a quanto prescritto nelle NTC2018 e successiva circolare esplicativa e negli Eurocodici.

Le verifiche strutturali sono eseguite nei confronti degli Stati Limite Ultimi (SLU) e degli Stati Limite di Salvaguardia della Vita (SLV). Gli stati limite di esercizio esaminati per il soddisfacimento delle prestazioni richieste ai manufatti sono: danneggiamenti locali che possono ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto (controllo delle tensioni massime e della fessurazione del calcestruzzo con verifiche sezionali); eccessive deformazioni che possono limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto (verifica dei rapporti limite deformazione massima o spessore/luce di calcolo).

Per ogni stato limite deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d \quad (\text{eq. 6.2.1 delle NTC2018})$$

dove

E_d valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

R_d valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

8.2 Combinazioni delle azioni

Ai fini delle verifiche agli stati limite, la combinazione delle azioni è effettuata secondo quanto disposto dalle NTC-2018.

In particolare, si fa riferimento alle seguenti combinazioni:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i>1} \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \sum_{i>1} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} Q_{k1} + \sum_{i>1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica:



$$E + G_1 + G_2 + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Per la determinazione degli effetti complessivamente indotti dal sisma, si è proceduto ad una combinazione direzionale considerando le necessarie permutazioni del segno:

$$\pm 1,00 E_1 \pm 0,30 E_2 \pm 0,30 E_3$$

8.3 Coefficienti delle azioni agli stati limite

Per la definizione dei coefficienti di combinazione si fa riferimento alla tab. 2.5.I riportate nelle NTC18.

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_{0i}	ψ_{1i}	ψ_{2i}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)	da valutarsi caso per caso		
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Mentre la definizione dei coefficienti parziali di sicurezza si fa riferimento alla tab. 2.6.I delle NTC18:

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente γ_f	EQU	A1	A2
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

γ_{G1} coefficiente parziale dei carichi permanenti G_1 ;

γ_{G2} coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali G_2 ;

γ_Q coefficiente parziale delle azioni variabili Q.

Nel caso in cui l'azione sia costituita dalla spinta del terreno, per la scelta dei coefficienti parziali di sicurezza valgono le indicazioni riportate nel Capitolo 6.

8.4 Verifica agli Stati Limite delle paratie

8.4.1 SLU

Nel rispetto delle norme vigenti (NTC 2018, par. 6.5.3.1.2), per le paratie devono essere prese in considerazione almeno le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) di seguito indicate.



- **SLU di tipo Geotecnico (GEO) e di tipo idraulico (UPL e HYD)**
 - collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
 - collasso per carico limite verticale;
 - sfilamento di uno o più ancoraggi;
 - instabilità del fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate;
 - instabilità del fondo scavo per sollevamento;
 - sifonamento del fondo scavo;
 - instabilità globale del complesso opera di sostegno- terreno;
- **SLU di tipo strutturale (STR)**
 - Raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;
 - Raggiungimento della resistenza in uno o più puntoni o di sistemi di contrasto;
 - Raggiungimento della resistenza strutturale della paratia;

La verifica di stabilità globale dell'insieme opera si sostegno-terreno deve essere svolta secondo l'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2 + M2 + R2), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali sulle resistenze riportate nelle tabelle 6.2.I, 6.2. II e 6.8.I delle NTC 2018.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1, considerando le due combinazioni di coefficienti

- Combinazione 1: (A1+M1+R1);
- Combinazione 2: (A2+M2+R1);

tenendo conto dei valori dei coefficienti riportati nelle tabelle 6.2.I e 6.2.II delle NTC 2018, con i coefficienti γ_R del gruppo R1 pari all'unità.

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_{Q1}	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	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_Y	γ_Y	1,0	1,0

8.4.2 SLV



Come prescritto dalle NTC2018 Al Par. 7.11.1, le verifiche si eseguono con coefficienti parziali unitari sulle azioni e impiegando i parametri e le resistenze di progetto.

In accordo con il Capitolo 7.11.6.3.1 delle NTC2018, l'analisi della spinta delle terre in condizioni sismiche può essere effettuata seguendo un metodo pseudo-statico.

Questa tipologia di analisi consente di considerare l'azione dinamica indotta dal sisma attraverso una statica equivalente: essa è pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. Nelle verifiche allo Stato Limite Ultimo (SLV) l'accelerazione laterale di progetto può essere calcolata mediante la seguente espressione:

$$k_h = \alpha \cdot \beta \frac{a_{max}}{g}$$

Dove il coefficiente α è funzione della deformabilità dei terreni interagenti con la struttura e dell'altezza dell'opera, mentre β dipende dalla capacità della struttura di subire spostamenti. Tali coefficienti possono essere dedotti a partire dalle Figure 7.11.2 e 7.11.3 presenti nelle NTC2018 e di seguito riportate.

In ogni caso è necessario che $u_s \leq 0,005 \cdot H$

Se $\alpha \cdot \beta < 0,2$ sarà da assumere $k_h = 0,2 \cdot \frac{a_{max}}{g}$

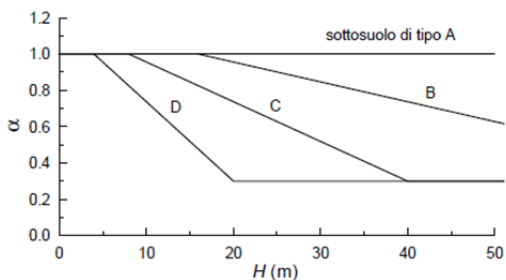


Figura 7.11.2 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α

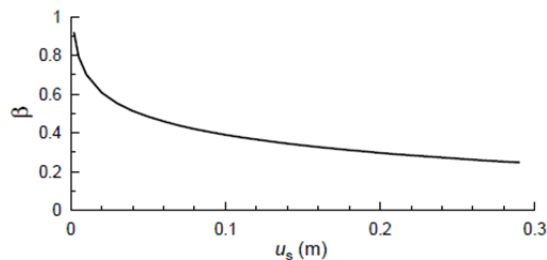


Figura 7.11.3 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β

8.4.3 SLE

Per quanto riguarda le verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE), è necessario verificare che gli spostamenti dell'opera siano compatibili con la corretta operabilità della struttura con la sicurezza e funzionalità del contesto circostante. Al fine di garantire quanto detto sopra, nel seguito si assume il seguente criterio:

$$\delta \leq 0.005 H$$

Dove:

- δ = spostamento laterale massimo della parata;
- H = altezza di scavo.



9 CRITERI DI VERIFICA

9.1 Stati Limite di Esercizio (SLE)

Le verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE) sono eseguite sulle tensioni massime degli elementi della sezione resistente in c.a. e sugli elementi in acciaio.

9.1.1 Verifica delle tensioni

Le verifiche delle tensioni sono eseguite in fasi di applicazione dei carichi: si verifica l'intera sezione alle combinazioni di carico Rara, Frequente e Quasi permanente.

9.1.2 Verifica dell'apertura delle fessure

Per gli SLE occorre verificare che l'ampiezza delle fessure w_k , per gli elementi con armature lente, sia al di sotto del valore limite fissato per le classi di esposizione in oggetto. Si riportano per completezze le tabelle Tab. 4.1.III e 4.1.IV delle NTC18.

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile Stato limite	w_k	Poco sensibile Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

In particolare, devono essere rispettati i seguenti limite:

- Combinazione di carico frequente: $w_k = 0.3 \text{ mm}$;
- Combinazione di carico quasi permanente: $w_k = 0.2 \text{ mm}$

L'ampiezza caratteristica w_k delle lesioni si valuta attraverso l'espressione:

$$w_k = s_{r,max}(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Dove:

$s_{r,max}$ è il massimo interasse tra le fessure;
 ε_{sm} è il valor medio della deformazione nell'acciaio.



ε_{cm} è il valor medio della deformazione nel calcestruzzo fra le fessure.

La differenza $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ può valutarsi attraverso l'espressione:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - \frac{k_t}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Dove:

σ_s è la tensione nell'acciaio calcolata in sezione parzializzata;

E_s è il modulo elastico dell'acciaio;

$\rho_{p,eff}$ è il rapporto tra l'area dell'armatura tesa e l'area effettiva di calcestruzzo in trazione;

α_e è il rapporto tra il modulo elastico dell'acciaio e quello del calcestruzzo

$k_t = 0.4$ (carico di lunga durata).

Detta s la distanza massima tra le barre di armatura, il massimo interasse tra le fessure si può valutare attraverso la seguente espressione:

$$\begin{cases} s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}}, & \text{se } s \leq 5 \cdot (c + \phi/2) \\ s_{r,max} = 1.3 \cdot (H - y_n), & \text{se } s > 5 \cdot (c + \phi/2) \end{cases}$$

Dove:

c è il copriferro (distanza tra bordo del calcestruzzo e l'armatura; assunto uguale a 4cm);

y_n è la distanza dell'asse neutro dal lembo superiore;

ϕ è il diametro delle barre;

H è l'altezza della sezione;

$k_1 = 0.8$ (per barre ad aderenza migliorata);

$k_2 = 0.5$ (per flessione);

$k_3 = 3.4$ (valore consigliato);

$k_4 = 0.425$ (valore consigliato).

9.2 Stati Limite Ultimi (SLU)

Le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) sono eseguite sulle azioni interne della sezione resistente per definire le caratteristiche sezionali dell'elemento principale (trave in acciaio) e della soletta in calcestruzzo.



9.2.1 Verifica degli elementi in calcestruzzo armato

9.2.1.1 Verifica a flessione

Con riferimento alla sezione pressoinflessa retta, la capacità, in termini di resistenza e duttilità, si determina in base alle ipotesi di calcolo e ai modelli $\sigma - \epsilon$:

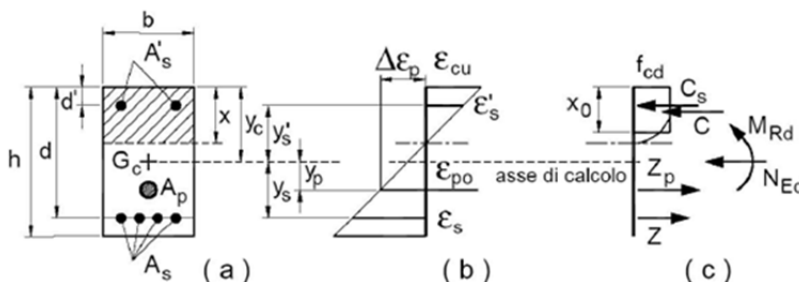


Figura 9-1 – Schema di verifica a flessione

Le verifiche a flessione vengono condotte confrontando le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando il corrispondente fattore di sicurezza (FS) come rapporto tra la sollecitazione resistente e la massima agente. $FS = \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \geq 1$

Le verifiche flessionali agli SLU sono eseguite adottando le seguenti ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane;
- Perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
- Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla;
- Rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione;
- Rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima.

9.2.1.2 Verifica a taglio

Per la verifica di resistenza agli SLU, con riferimento alle sollecitazioni taglianti, deve risultare: $FS = \frac{V_{Rd}}{V_{Ed}} \geq 1$

Per il calcolo della resistenza di calcolo V_{Rd} si fa riferimento ai seguenti valori:

- Resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio:

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \left[\frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d; (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}$$

- Valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento:



$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}(\alpha) + \text{ctg}(\theta)) \cdot \sin \alpha$$

- Valore di progetto del massimo di sforzo di taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse:

$$V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot f'_{cd} \cdot \frac{\text{ctg}(\alpha) + \text{ctg}(\theta)}{1 + \text{ctg}^2(\theta)}$$

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

- $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$, con d espresso in mm;
- $\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale;
- A_{sl} è l'area dell'armatura tesa;
- b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa;
- $\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0.2 \cdot f_{cd}$ è la tensione media di compressione della sezione;
- A_c è l'area della sezione in calcestruzzo;
- $v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$;
- A_{sw} è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio;
- s è il passo delle staffe;
- f_{yd} è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio
- α è l'inclinazione dell'armatura resistente a taglio rispetto all'asse dell'elemento;
- θ è l'inclinazione della biella di calcestruzzo compressa e deve essere $1 \leq \cot \theta \leq 2.5$.

9.3 Criteri di verifica delle sezioni in acciaio

Le resistenze di progetto di un profilato in acciaio seguono le prescrizioni riportate al par. 4.2.4.1.2 del D.M. 17/01/2018 e al par. 6.2.9 del EN 1993-1-1:

- Flessione:

$$M_{Rd} = \frac{W f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

- Taglio:

$$V_{Rd} = \frac{A_s \frac{f_{yk}}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

- Flessione biassiale:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \sqrt{\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}}\right)^2} \leq 1.0$$

Dove:

- W modulo di resistenza
- A_s area di taglio



- f_{yd} tensione di snervamento dell'acciaio
- γ_{M0} coefficiente parziale dei materiali pari a 1.05 (vedi Tabella 4.2.VII del D.M. 20/02/2018)

Secondo il paragrafo 6.2.5 dell'Eurocodice 3 – parte 1, il modulo di resistenza da utilizzare – elastico o plastico – dipende dalla classe della sezione trasversale dell'elemento.

9.4 Verifica dei puntoni

Le verifiche di sicurezza agli SLU dei puntoni fanno riferimento ai criteri di verifica di una sezione d'acciaio. Per la valutazione del suo stato di sforzo si è fatta un'ipotesi conservativa e in particolare si considera un vincolo fisso posizionato lungo l'asse dei puntoni.

Tale ipotesi sottostima i cedimenti ma sovrastima l'azione agente nei puntoni e nelle paratie. Per tale motivo si ritiene tale ipotesi plausibile e a favore di sicurezza.

9.5 Verifica di stabilità globale

9.5.1 SLU

Le verifiche di stabilità globale sono condotte secondo quanto specificato al Par. 6.8 delle NTC 2018 (Opere di materiali sciolti e fronti di scavo). Secondo quanto prescritto al Par. 6.8.2, le verifiche di stabilità globale sono condotte seguendo le seguenti combinazioni

- Combinazione 2 dell'Approccio 1 (A2 + M2 + R2)

Tab. 6.8.1 - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

Figura 9-2: Coefficienti parziali γ_R le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo in condizioni statiche (tab.6.8.1 delle ntc2018)

9.5.2 SLV

Secondo quanto riportato al Cap. 7.11.4 delle NTC 2018, le verifiche in condizioni sismiche per i pendii ed i fronti di scavo riguardano la stabilità dei pendii, e possono essere utilizzati come metodi di verifica sia i metodi pseudostatici, sia metodi agli spostamenti. Per quanto riguarda la prima metodologia, l'azione sismica è rappresentata mediante un'azione statica equivalente proporzionale al peso del terreno. Le componenti verticale ed orizzontale di tale forza possono essere espresse come:

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W$$

Dove i coefficienti k_h e k_v sono rispettivamente:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

β_s è un coefficiente riduttivo dell'accelerazione massima, che tiene conto delle deformazioni attese dal sistema, e quindi dipende in generale dalla categoria di sottosuolo e dall'accelerazione attesa. Per quanto riguarda i fronti di scavo ed i rilevati, la normativa suggerisce i seguenti valori del coefficiente:



Tab. 7.11.1 – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni impiegando lo stesso approccio di cui al § 6.8.2 per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$.

Infine, si nota che le verifiche dell'opera sono condotte considerando l'opera isolata, ovvero non interagente con altri manufatti esistenti.



10 IMPOSTAZIONE DEL MODELLO

10.1.1 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

- Titolo ParatiePlus
- Versione 22.0
- Produttore Harpaceas

10.1.2 Ipotesi generali di calcolo

ParatiePlus è un codice alle differenze finite che simula il problema di uno scavo sostenuto da diaframmi flessibili e permette di valutare il comportamento della parete di sostegno durante tutte le fasi intermedie e nella configurazione finale.

La modellazione numerica dell'interazione terreno-struttura e del tipo a “trave su suolo elastico”, in cui le pareti di sostegno vengono rappresentate con elementi finiti trave il cui comportamento è definito dalla rigidità flessionale, mentre il terreno viene simulato attraverso elementi elasto-plastici monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie laddove c'è la presenza di terreno.

Per ogni approfondimento circa il software di calcolo, sui relativi algoritmi e sulle ipotesi di comportamento elasto-plastico del terreno si rimanda al manuale tecnico del software.

Le analisi sono state svolte considerando le seguenti ipotesi di tipo “generale”.

- Stato piano nelle deformazioni (paratia di lunghezza infinita);
- Terreno modellato come un letto di molle con legame costitutivo elastoplastico incrudente con criterio di rottura di Mohr-Coulomb (terreni granulari in condizioni drenate);
- Struttura discretizzata in elementi perfettamente elastici;
- Tiranti modellati per mezzo di molle di opportuna rigidità;
- Sovraccarichi a monte ed a valle della paratia trasformati in spinte sul paramento in accordo a quanto previsto dalla teoria elastica;
- Mobilitazione della spinta della terra funzione del livello di deformazione partendo da una condizione iniziale di spinta a riposo (K_0). I valori massimi e minimi della spinta vengono definiti in funzione dei coefficienti di spinta passiva (K_p) e attiva (K_A) rispettivamente.

10.1.3 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego.

La società produttrice ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

10.1.4 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali.

Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la



validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni. In base a quanto sopra, si asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

10.2 Analisi di stabilità globale

10.2.1 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

- Titolo Geostudio
- Versione 8.15
- Produttore GEO-SLOPE International, Ltd.

10.2.2 Ipotesi generali di calcolo

L'analisi di stabilità globale è effettuata attraverso il Slope/W, un modulo compreso all'interno del programma GeoStudio 2012.

Slope/W consente di valutare il fattore di sicurezza della stabilità di pendii bi-dimensionali attraverso il metodo dell'equilibrio limite. In generale, in questo metodo si valuta l'equilibrio di un volume di terreno che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura. Tra i vari metodi appartenenti all'equilibrio, i cosiddetti "metodi dei conci" sono tra dei più conosciuti e versatili: essi consistono nel suddividere il volume di terreno in conci verticali. Ciascun concio è soggetto al peso proprio W_i , alla reazione normale N_i' , a quella tangenziale T_i (definita solitamente secondo il criterio di Mohr-Coulomb in condizioni drenate e secondo quello di Tresca in condizioni non drenate) ed all'eventuale pressione dell'acqua U_i lungo la superficie di scorrimento ed alle azioni orizzontali H_i e verticali V_i agenti sulle facce laterali.

Il sistema è, eccetto casi particolari, iperstatico, e generalmente si impongono alcune ipotesi sulle azioni sulle facce laterali e sui punti di applicazione delle azioni al fine di ridurre le incognite. Tra i metodi dei conci, il metodo di Bishop è uno dei più utilizzati: le ipotesi sono:

- Il meccanismo di rottura è definito da un arco di circonferenza;
- Il punto di applicazione dell'azione normale N_i' coincide con il punto medio del concio;
- Le azioni verticali lungo le facce laterali dei conci V_i sono nulle

Imponendo l'equilibrio verticale di ciascun concio e l'equilibrio alla rotazione globale, si perviene alla formula del fattore di sicurezza (che si ricava iterativamente):

$$F_S = \frac{\sum \left(\frac{W_i - U_i \cos \alpha_i - \frac{c' \Delta x}{F_S \cos \alpha_i}}{\cos \alpha_i - \sin \alpha_i \left(\frac{\tan \phi'}{F_S} \right)} \cdot \tan \phi' + \frac{c' \Delta x}{\cos \alpha_i} \right)}{\sum W_i \sin \alpha_i}$$

Utilizzando questo metodo per una serie di ipotetiche superfici di rottura (definite da un centro di rotazione ed un raggio) si perviene a definire il meccanismo più probabile, corrispondente al fattore di sicurezza minore.



10.2.3 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego.

La società produttrice ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

10.2.4 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali.

Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni. In base a quanto sopra, si asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

10.3 Altri software

Per l'elaborazione dei dati di input/output e la creazione di tabelle riepilogative, si adottano procedure opportunamente implementate in fogli elettronici **Microsoft® Office Excel** e **Visual Basic for Application (VBA)**.

Per la verifica della trave di ripartizione è stato utilizzato il freeware **Profili_V6**, messo a disposizione dal prof. Gelfi.



10.4 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

10.4.1 Geometria

L'opera ha la funzione di sostegno dello scavo necessario per realizzare la vasca di dissipazione posta a valle della galleria scolmatrice. Date le differenti condizioni al contorno che si hanno lungo la sviluppata dell'opera, si è scelto di valutare le due sezioni più gravose:

- Sezione di imbocco: dotata della massima altezza di scavo e vincolata in roccia;
- Sezione obbligata del canale scolmatore: altezza minima ma vincolata e soggetta a spinte di terreni più deformabili.

Nelle seguenti tabelle sono riportate le grandezze geometriche della paratia e degli ancoraggi:

10.4.1.1 Paratia

- Paratia d'imbocco

Diametro di perforazione [m]	0.60
Lunghezza [m]	20.00
Interasse [m]	0.90

Tabella 10-1: Geometria dei pali d'imbocco

- Paratia canale

Diametro di perforazione [m]	0.60
Lunghezza [m]	12.00
Interasse s [m]	1.20
Interasse n [m]	0.80

Tabella 10-2: Geometria dei pali canale di collegamento

10.4.1.2 Contrasti

Tipo	Tubolare: D 219.1 s10mm
Acciaio	S355
Ordini	1
Posizione da testa trave di coronamento [m da testa paratia]	3.9 m circa
Lunghezza libera [m]	6.00
Interasse [m]	3.00

Tabella 10-3: Geometria delle opere di contrasto

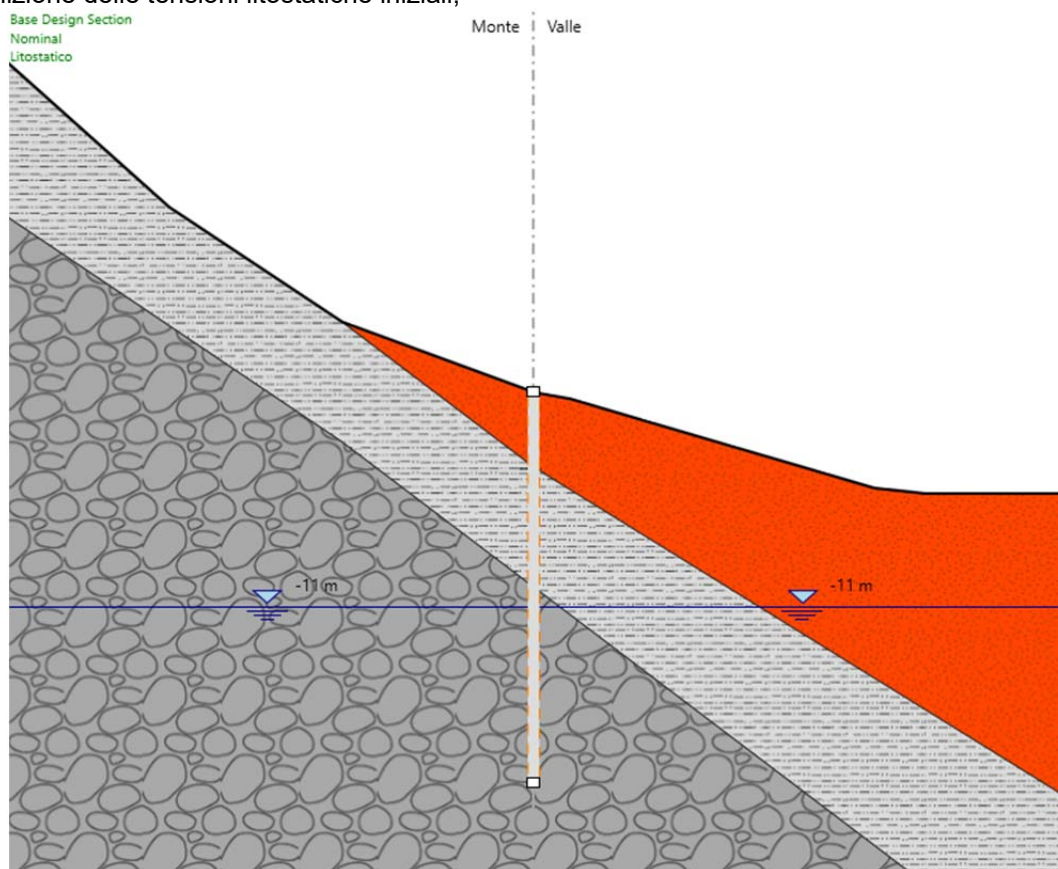


10.4.2 Fasi costruttive paratia d'imbocco

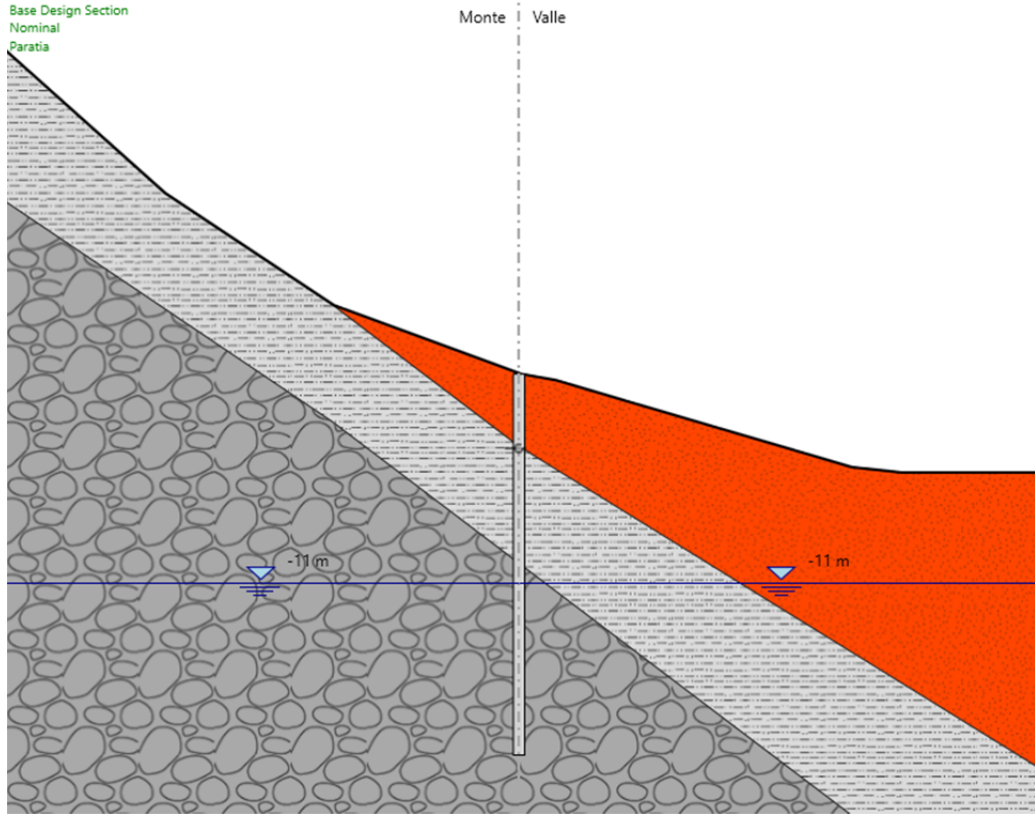
Per la modellazione della costruzione dell'opera, si sono considerate le seguenti fasi:

1. Definizione delle tensioni litostatiche iniziali;
2. Realizzazione della paratia;
3. Scavo fino a 1 metro sotto la quota del puntone
4. Realizzazione del puntone
5. Scavo fino a fondo scavo
6. Sisma provvisoriale

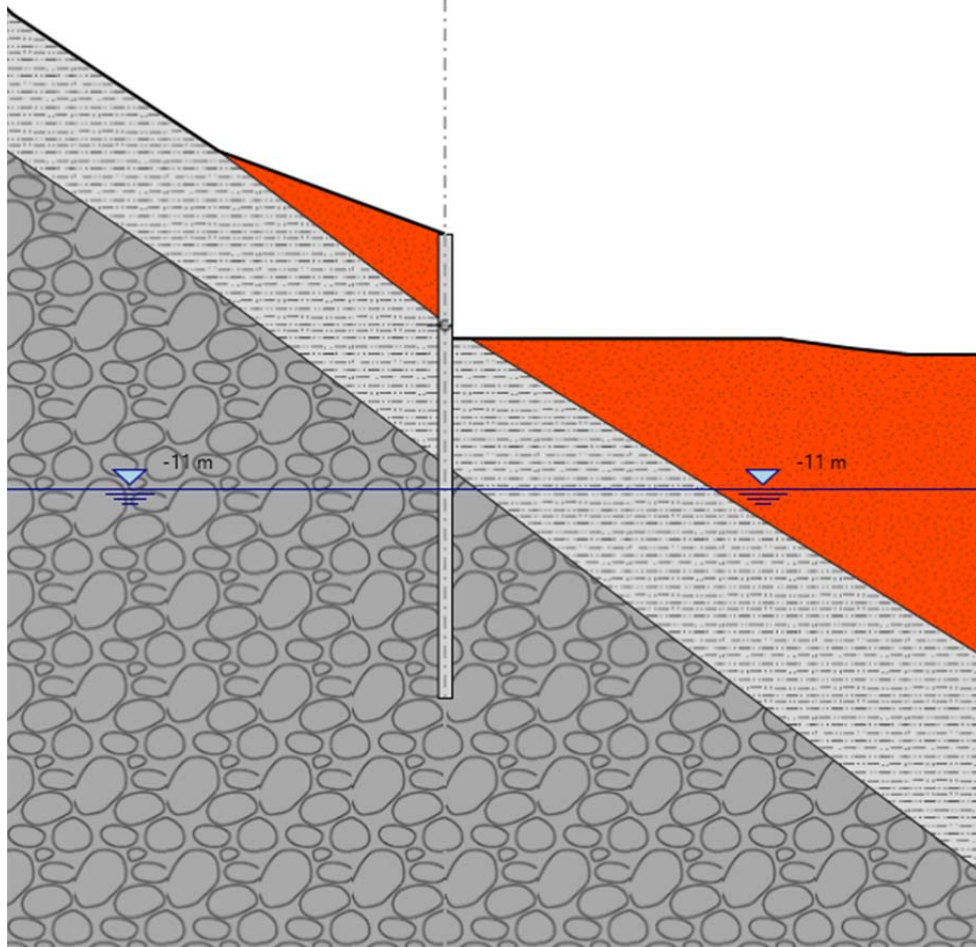
1. Definizione delle tensioni litostatiche iniziali;



2. Realizzazione della paratia;

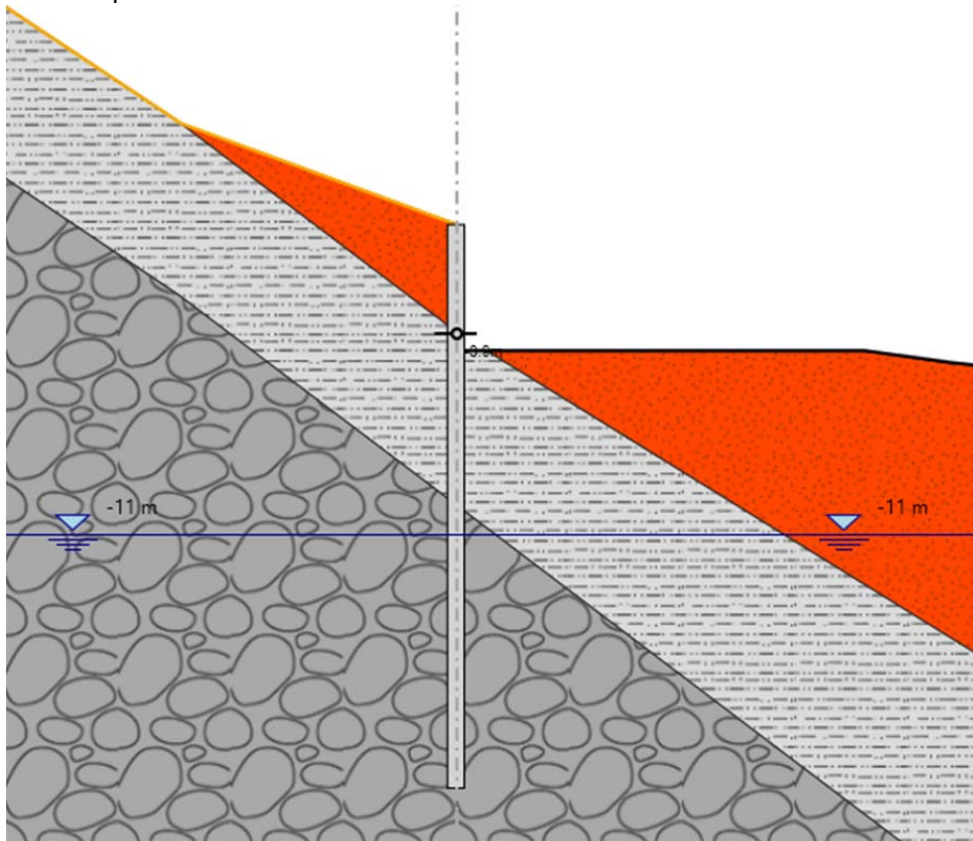


3. Scavo fino a 1 metro sotto la quota del puntone

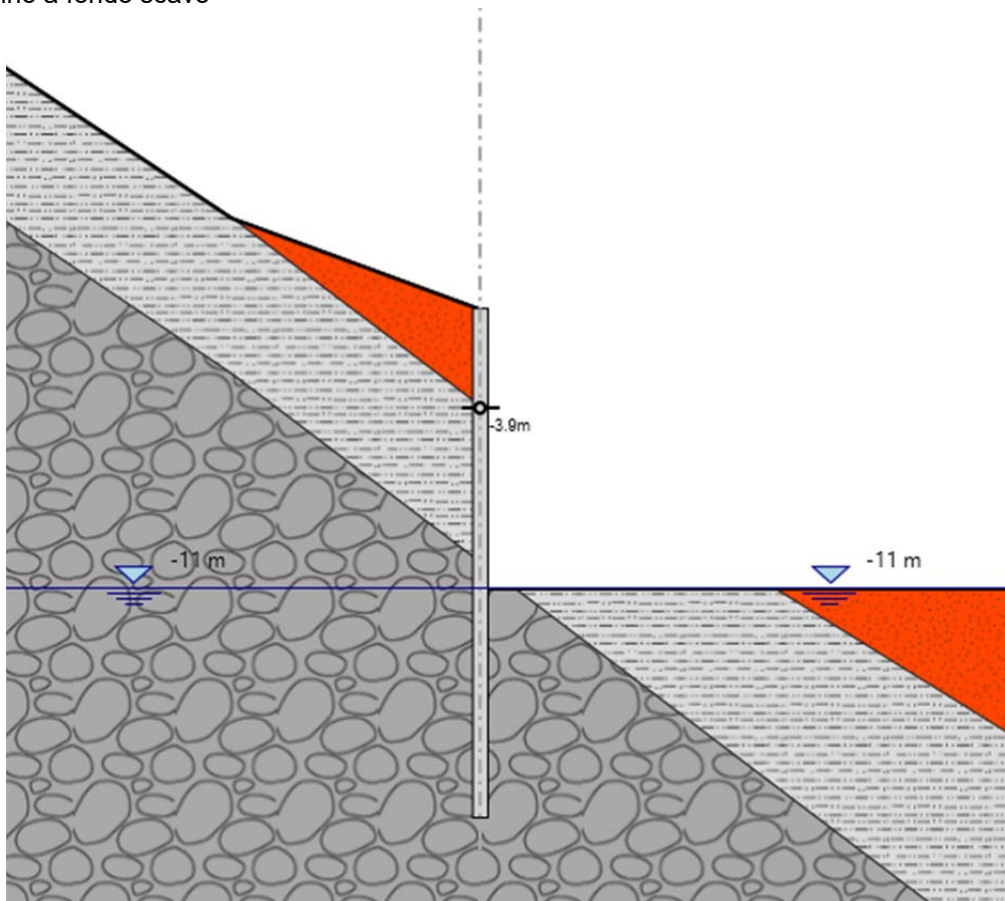




4. Realizzazione del puntone



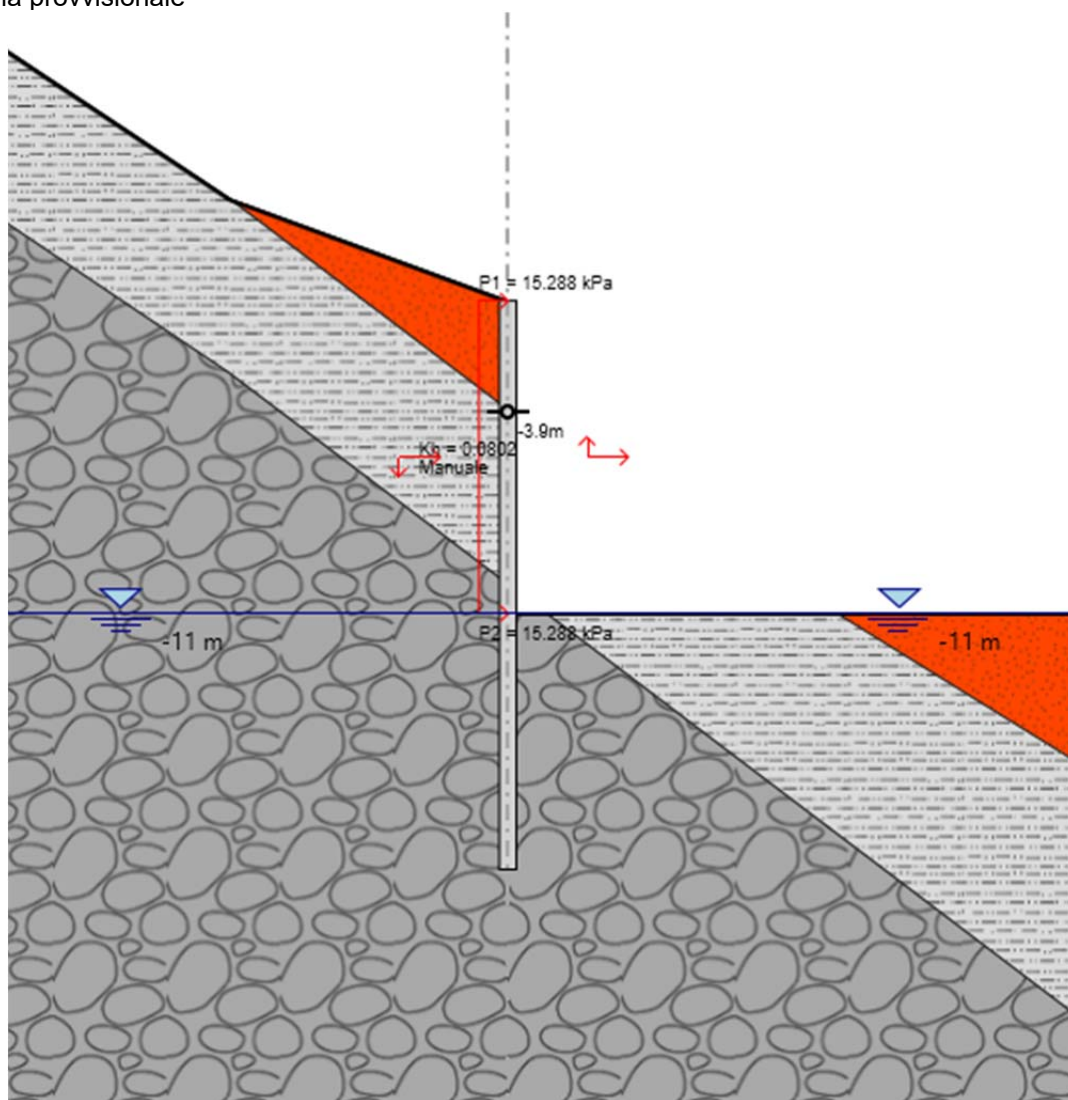
5. Scavo fino a fondo scavo



c_d9969 - Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



6. Sisma provvisoriale

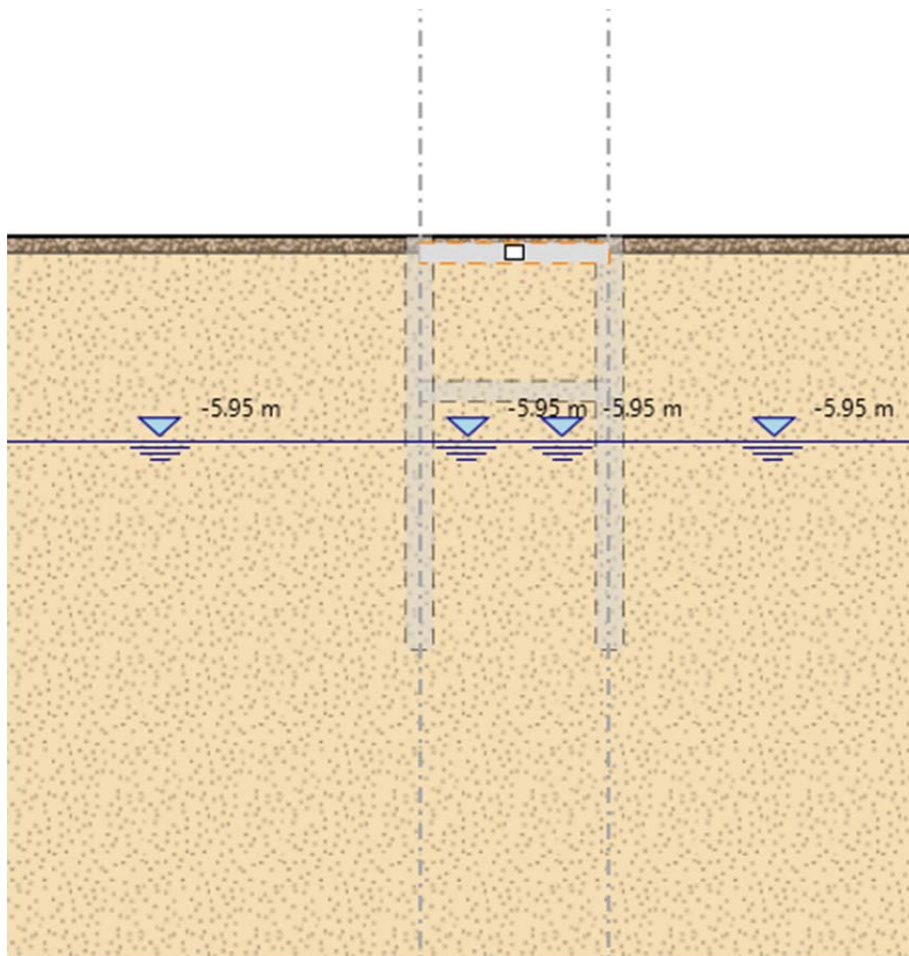


10.4.3 Fasi costruttive paratia canale di collegamento

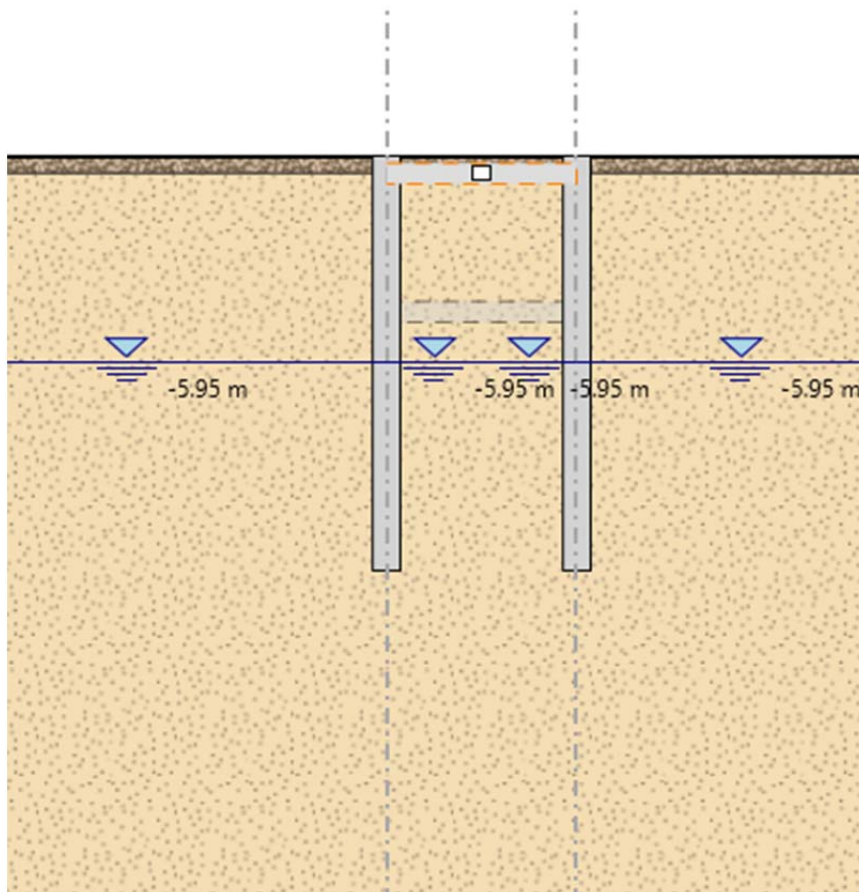
Per la modellazione della costruzione dell'opera, si sono considerate le seguenti fasi:

1. Definizione delle tensioni litostatiche iniziali;
2. Realizzazione delle paratie;
3. Scavo fino a fondo scavo;
4. Realizzazione del manufatto;
5. Sisma provvisoriale

1. Definizione delle tensioni litostatiche iniziali;

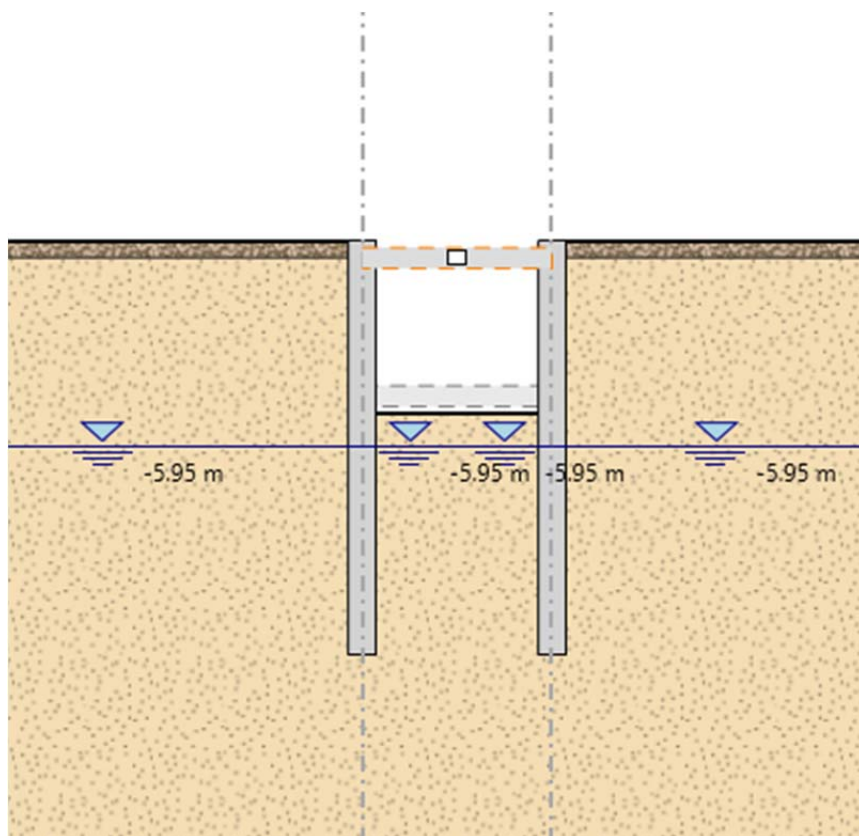


2. Realizzazione delle paratie;



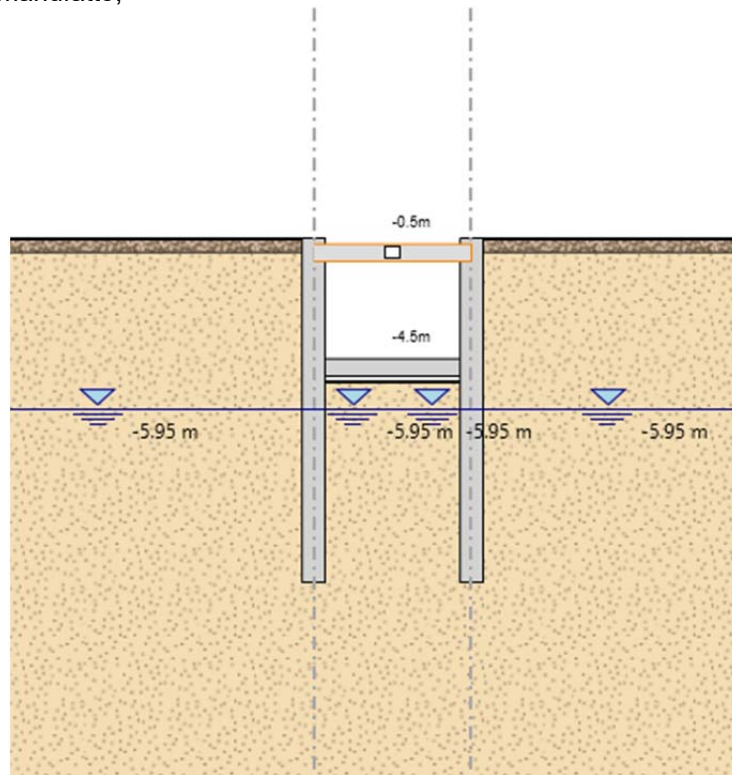
3. Scavo fino a fondo scavo;

4.

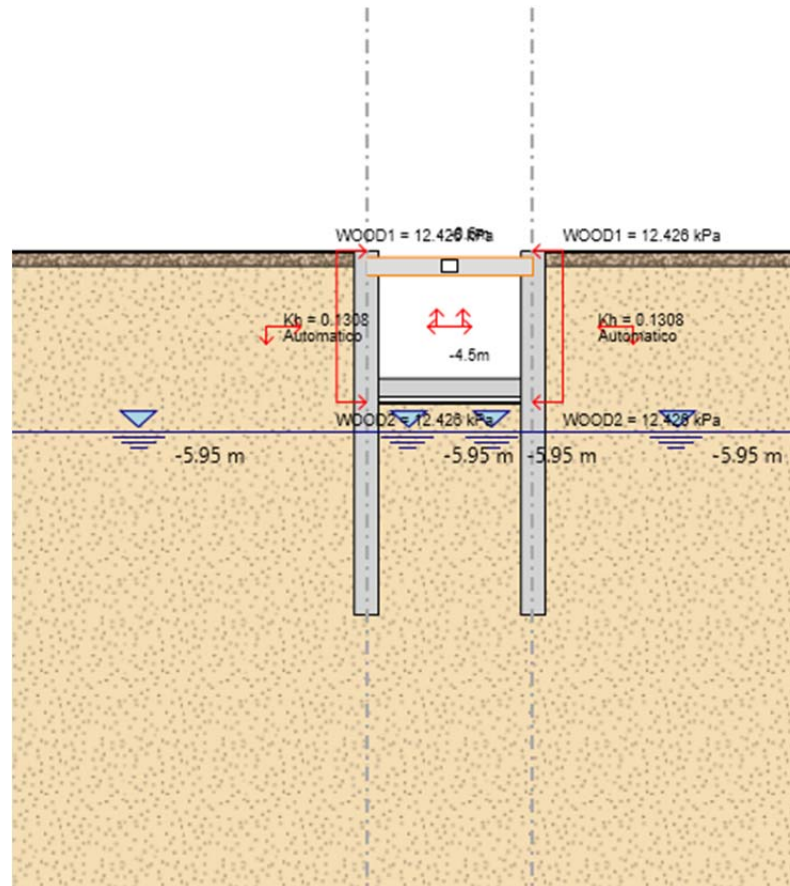




5. Realizzazione del manufatto;



6. Sisma Definitivo



c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



11 ANALISI DEI CARICHI

Si considerano i seguenti carichi nel calcolo delle sollecitazioni agenti sulle paratie:

- Carichi permanenti G1:
 - Peso proprio del terreno;
 - Peso proprio delle strutture. Per il calcestruzzo armato e la malta si è assunto un valore di 25 kN/m³;
 - Spinta dell'acqua (peso specifico = 9,81 kN/m³);
 - Spinta delle terre.
- Carichi variabili Q:
 - Sovraccarico dovuto alla presenza di veicoli pari a 20 kPa
- Azione del sisma:
 - Spinta delle terre

Poiché il modello di calcolo utilizzato per l'analisi schematizza una striscia di paratia profonda 1.0 m (sviluppo in direzione longitudinale) nel seguito i carichi e le sollecitazioni si intendono riferiti a detta striscia unitaria.

11.1 Carichi permanenti

Le pressioni nel terreno sono determinate sulla base dei pesi specifici delle stratigrafie relative al manufatto.

Nella presente analisi (terreno a monte e a valle inclinato) si è deciso di utilizzare la formulazione di Muller – Breslau per la definizione dei coefficienti di spinta attiva e passiva:

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi' - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\delta + \beta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi') \cdot \sin(\phi' - i)}{\cos(\delta + \beta) \cdot \cos(i - \beta)}} \right]^2}$$

$$K_p = \frac{\cos^2(\phi' + \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\delta - \beta) \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi') \cdot \sin(\phi' + i)}{\cos(\delta - \beta) \cdot \cos(i - \beta)}} \right]^2}$$

11.2 Carichi variabili

Si considera la presenza di mezzi di cantiere in corrispondenza della strada. Tali mezzi esercitano una pressione di 20 kPa.

11.3 Azione sismica

La spinta delle terre è calcolata attraverso il metodo di Mononobe-Okabe.

Tale metodo si rifà all'analisi dell'equilibrio limite di un cuneo di terreno instabile a contatto con l'opera di



sostegno, con superficie di scorrimento piana (metodo di Coulomb); in più, però, il metodo tiene conto della forza d'inerzia della massa del cuneo instabile, considerata applicata nel baricentro del cuneo stesso, derivante dall'accelerazione sismica.

A tale scopo, nella definizione del coefficiente di spinta attiva, il metodo considera un angolo di rotazione addizionale:

$$\theta = \arctan\left(\frac{k_h}{1 \mp k_v}\right)$$

dove k_h e k_v sono i coefficienti sismici, rispettivamente orizzontale e verticale definiti all'inizio del presente paragrafo.

L'espressione del coefficiente di spinta attiva si modifica, pertanto, come segue:

- per $\beta \leq \varphi - \theta$:

$$K_{a,s} = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi - \theta)}{\cos\theta \cdot \text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \cdot \left[\left(1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi - \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \beta)}} \right) \right]^2}$$

- per $\beta > \varphi - \theta$:

$$K_{a,s} = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi - \theta)}{\cos\theta \cdot \text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta)}$$

La spinta del terreno a tergo del muro in condizioni sismiche, pertanto, si valuta semplicemente sostituendo al coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche k_a il coefficiente $k_{a,s}$ sopra definito: $P_A = 0,5 \cdot \gamma' \cdot k_{a,s} \cdot H$.

Secondo quanto riportato al capitolo precedente nei metodi pseudostatici l'accelerazione orizzontale equivalente agente su una paratia può essere calcolata mediante la seguente formula (Eq. 7.11.9 delle NTC 2018):

$$a_h = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$$

Dove α tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti, mentre β dipende dalla capacità dell'opera di subire spostamenti senza perdite di resistenza.

Vista la natura dei terreni presenti, e in via cautelativa, si assumono entrambi i coefficienti pari all'unità.

Nei calcoli si è trascurata la componente idrodinamica durante il sisma.

Nel software di calcolo utilizzato questo corrisponde ad un rilevato dinamicamente impervio (ipotesi generalmente valida per permeabilità inferiori a $5 \cdot 10^{-4}$ m/s. In tali condizioni l'acqua, rimanendo intrappolata all'interno degli interstizi, si muove solidalmente al terreno. Sulla paratia agirà quindi un'azione dovuta ad una massa complessiva acqua + terreno, definita quindi dal peso specifico γ_{Sat} . Trascurando la variazione delle pressioni interstiziali ed essendo la traslazione differenziale tra acqua e terreno impedita, il contributo dell'acqua sarà legato unicamente alla componente idrostatica.



12 RISULTATI MODELLO

12.1 Pali

Nel presente capitolo sono riportati i massimi valori delle azioni interne ai micropali ai vari Stati Limite (SLU/SLV, SLE-rara, SLE-frequente).

12.1.1 Sezione di imbocco

SLU/SLV			SLE-rara			SLE-freq		
MAX T	187 kN	prof. -11.1 m	MAX T	113 kN	prof. -10.1 m	MAX T	113 kN	prof. -10.1 m
MAX M ⁺	241 kNm	prof. -7.9 m	MAX M ⁺	145 kNm	prof. -8.1 m	MAX M ⁺	145 kNm	prof. -8.1 m
MAX M ⁻	214 kNm	prof. -3.9 m	MAX M ⁻	128 kNm	prof. -3.9 m	MAX M ⁻	128 kNm	prof. -3.9 m
			δ^+	5.3 mm	prof. 0 m	δ^+	5.3 mm	prof. 0 m
			δ^-	0.0 mm	prof. -13.5 m	δ^-	0.0 mm	prof. -13.5 m

Tabella 12-1: Azioni e spostamenti massimi ai diversi Stati Limite



Di seguito sono riportati i diagrammi degli involuipi delle azioni interne per metro lineare:

- SLU/SLV – Momento flettente

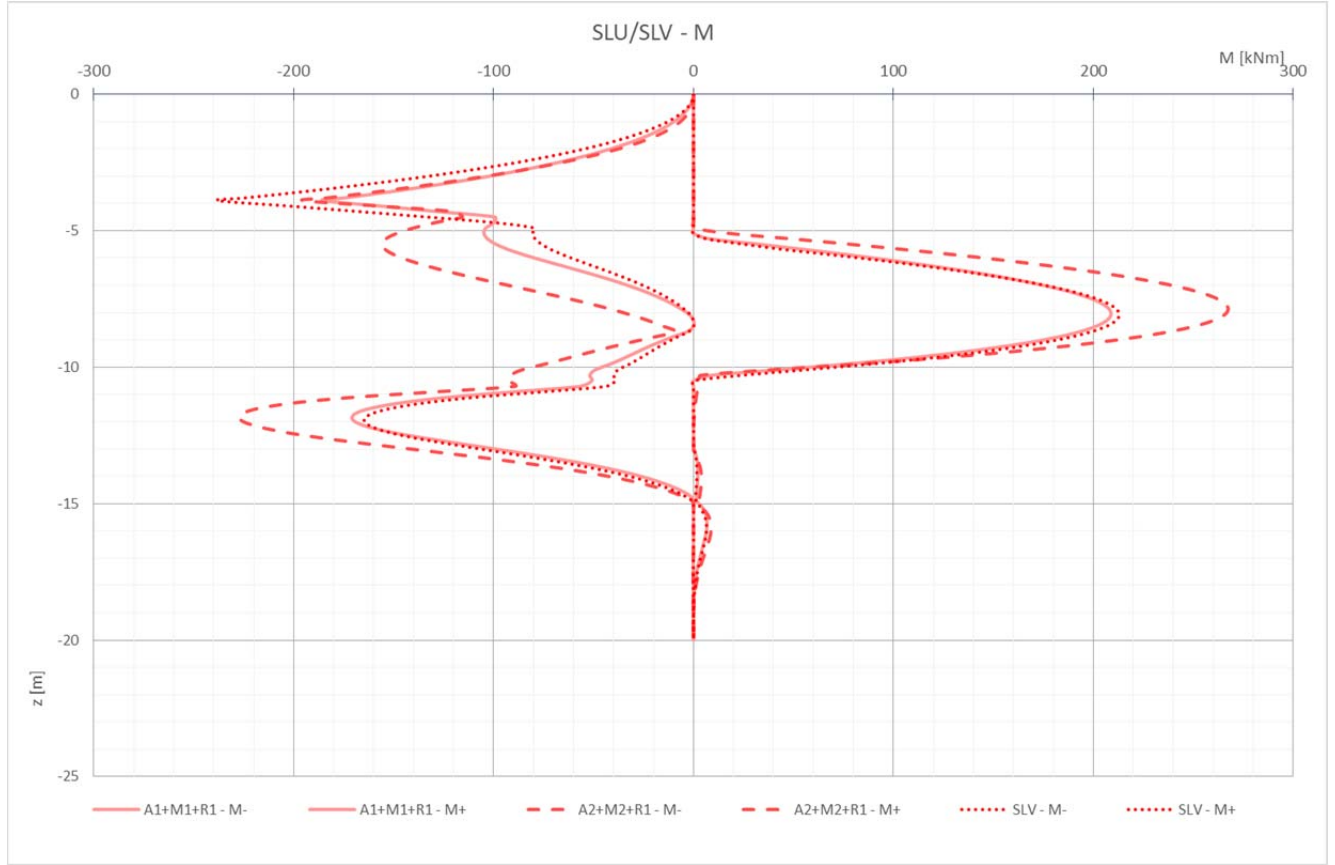


Figura 12-1: SLU/SLV - Involuppo dei momenti flettenti

- SLU/SLV – Taglio

c_9969 - Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E

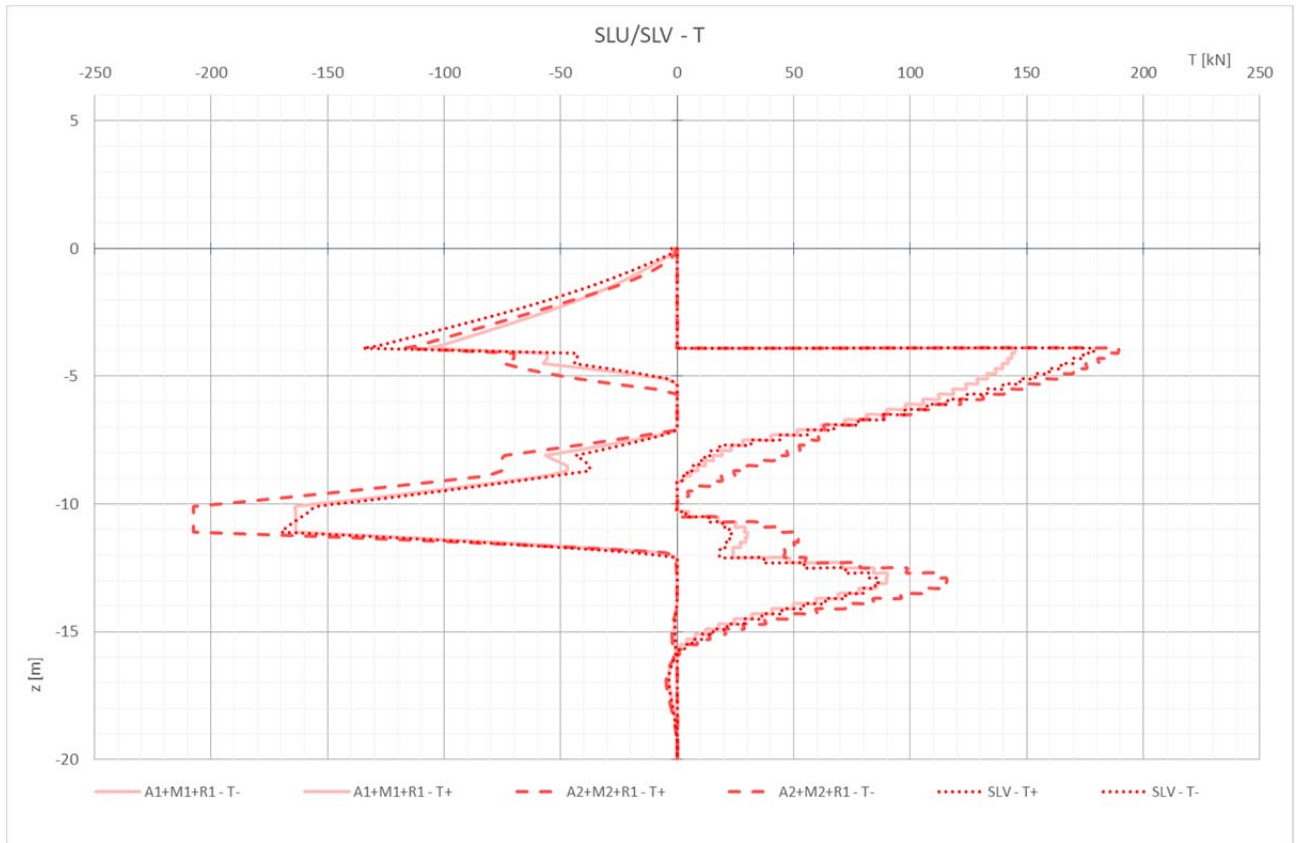


Figura 12-2: SLU/SLV - Involuppo dei tagli

- SLE-rara – Momento flettente

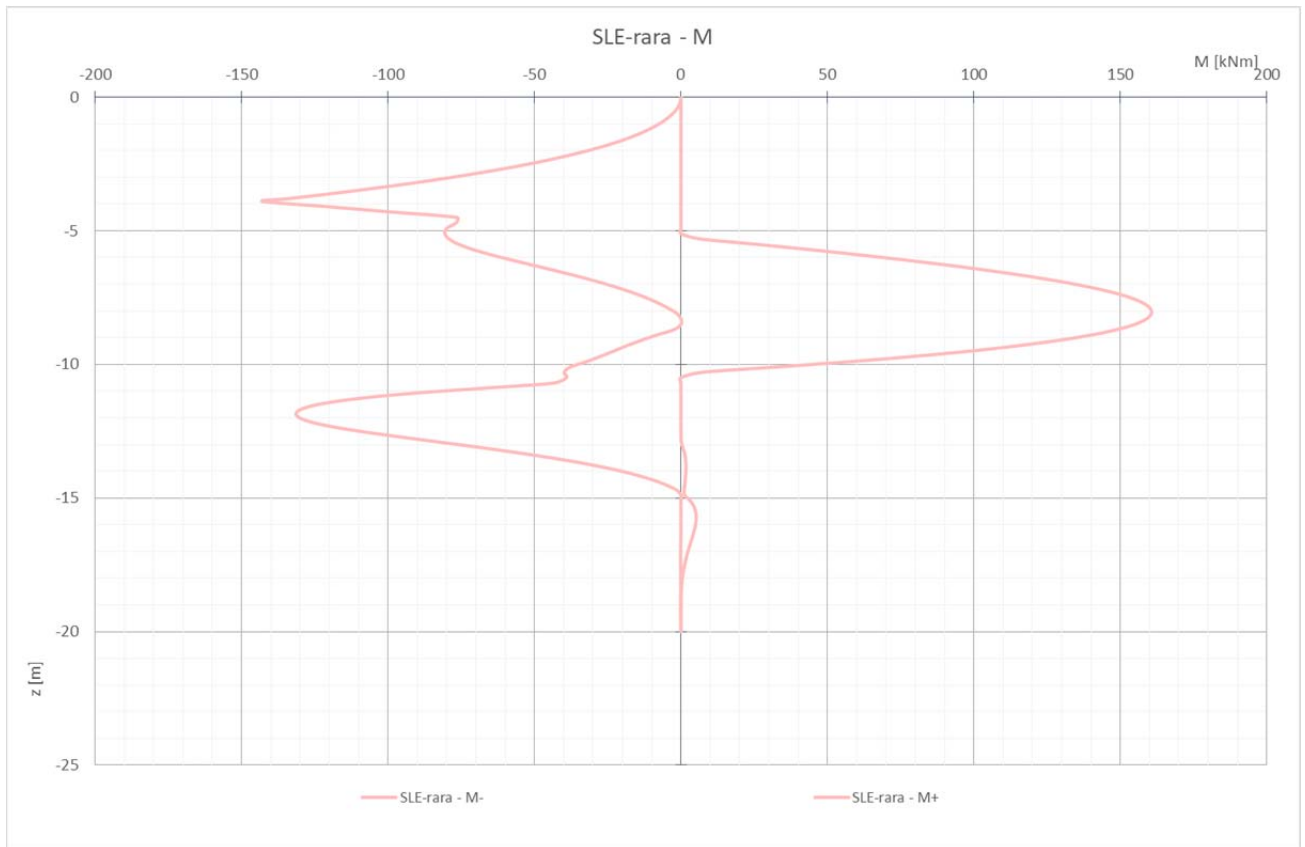


Figura 12-3: SLE-rara/SLD - Involuppo dei momenti flettenti



• SLE-rara – Spostamento laterale

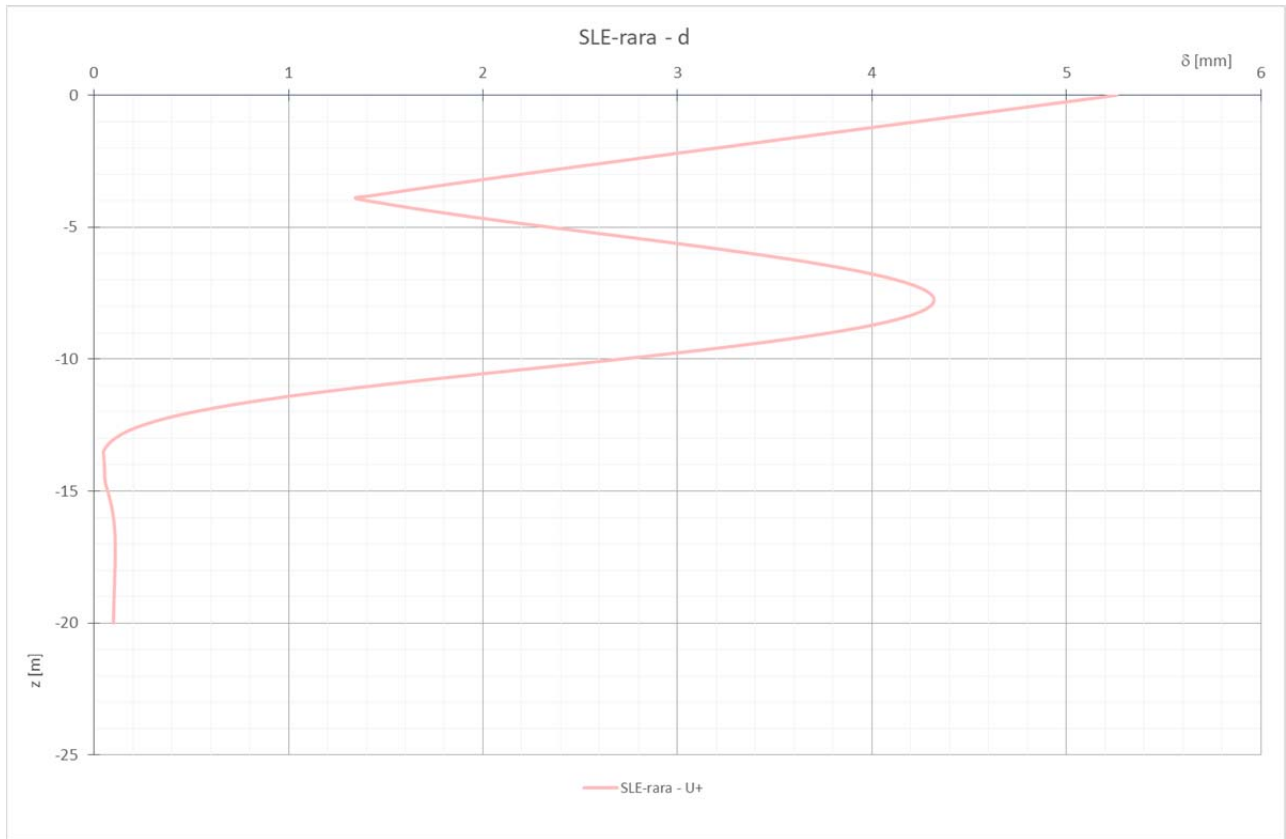


Figura 12-4: SLE-rara/SLD - Inviluppo degli spostamenti laterali



• SLE-frequente – Momento flettente

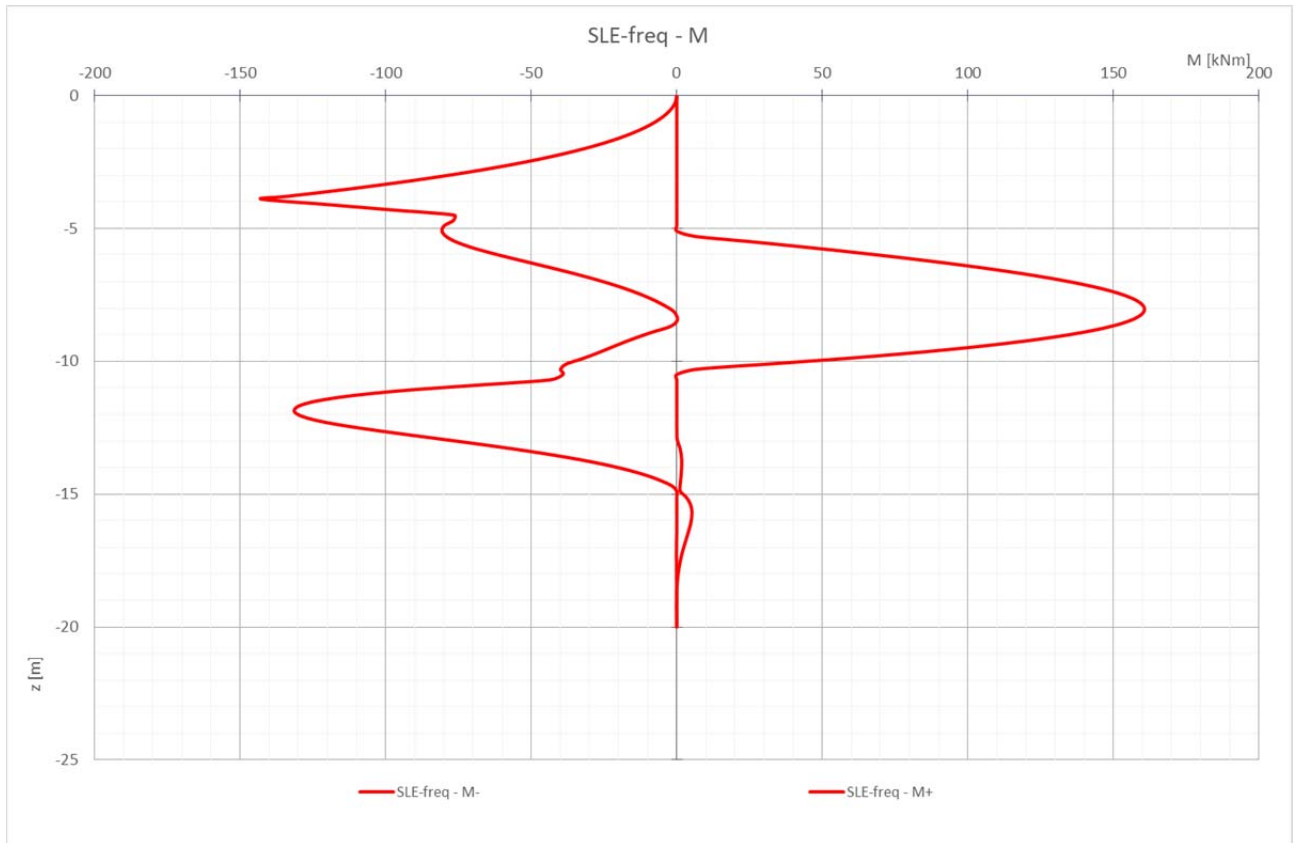


Figura 12-5: SLE-frequente - Involuppo dei momenti flettenti

• SLE-frequente – Spostamento laterale

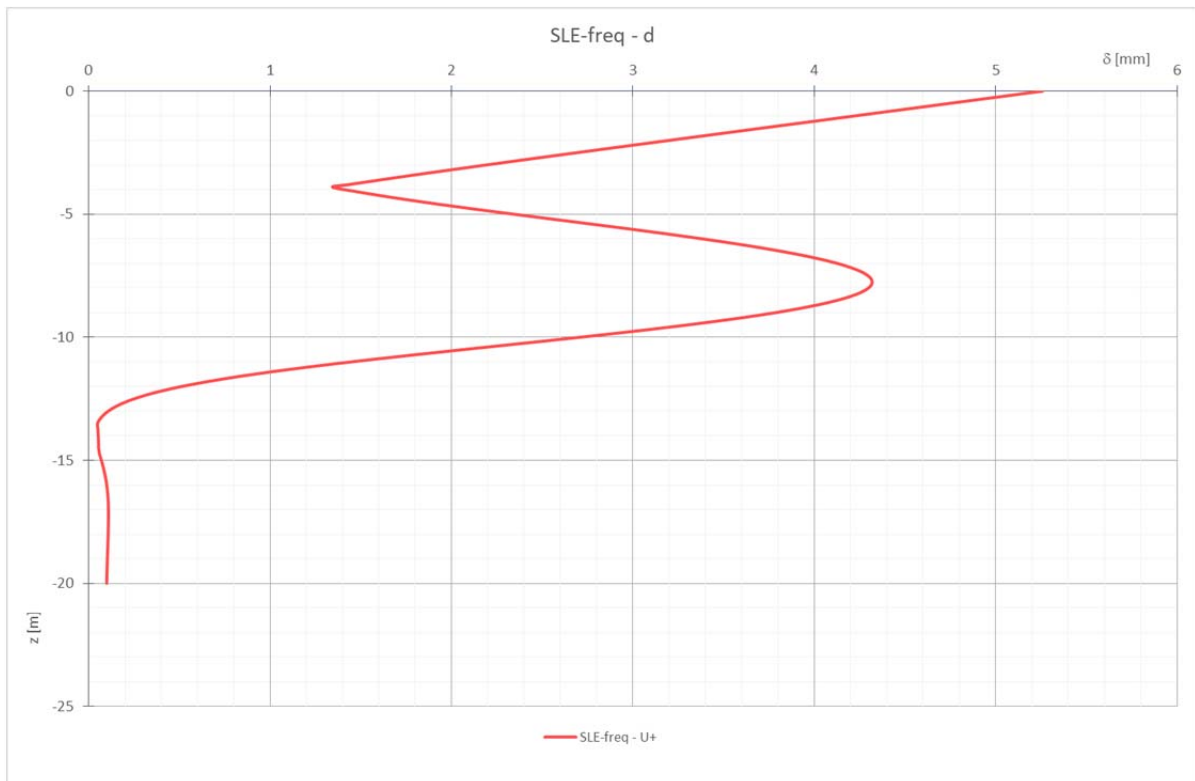


Figura 12-6: SLE-frequente - Involuppo degli spostamenti laterali



12.1.2 Sezione su scatolare

SLU/SLV			SLE-rara			SLE-freq		
MAX T	152 kN	prof. -11.3 m	MAX T	48 kN	prof. -10.1 m	MAX T	48 kN	prof. -10.1 m
MAX M ⁺	12 kNm	prof. -11.5 m	MAX M ⁺	3 kNm	prof. -5.1 m	MAX M ⁺	3 kNm	prof. -5.1 m
MAX M ⁻	254 kNm	prof. -8.7 m	MAX M ⁻	144 kNm	prof. -7.3 m	MAX M ⁻	144 kNm	prof. -7.3 m
			δ ⁺	40.3 mm	prof. 0 m	δ ⁺	40.3 mm	prof. 0 m
			δ ⁻	-4.9 mm	prof. -12 m	δ ⁻	-4.9 mm	prof. -12 m

Tabella 12-2: Azioni e spostamenti massimi ai diversi Stati Limite

c_9969 - Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



Di seguito sono riportati i diagrammi degli involuipi delle azioni interne:

- SLU/SLV – Momento flettente

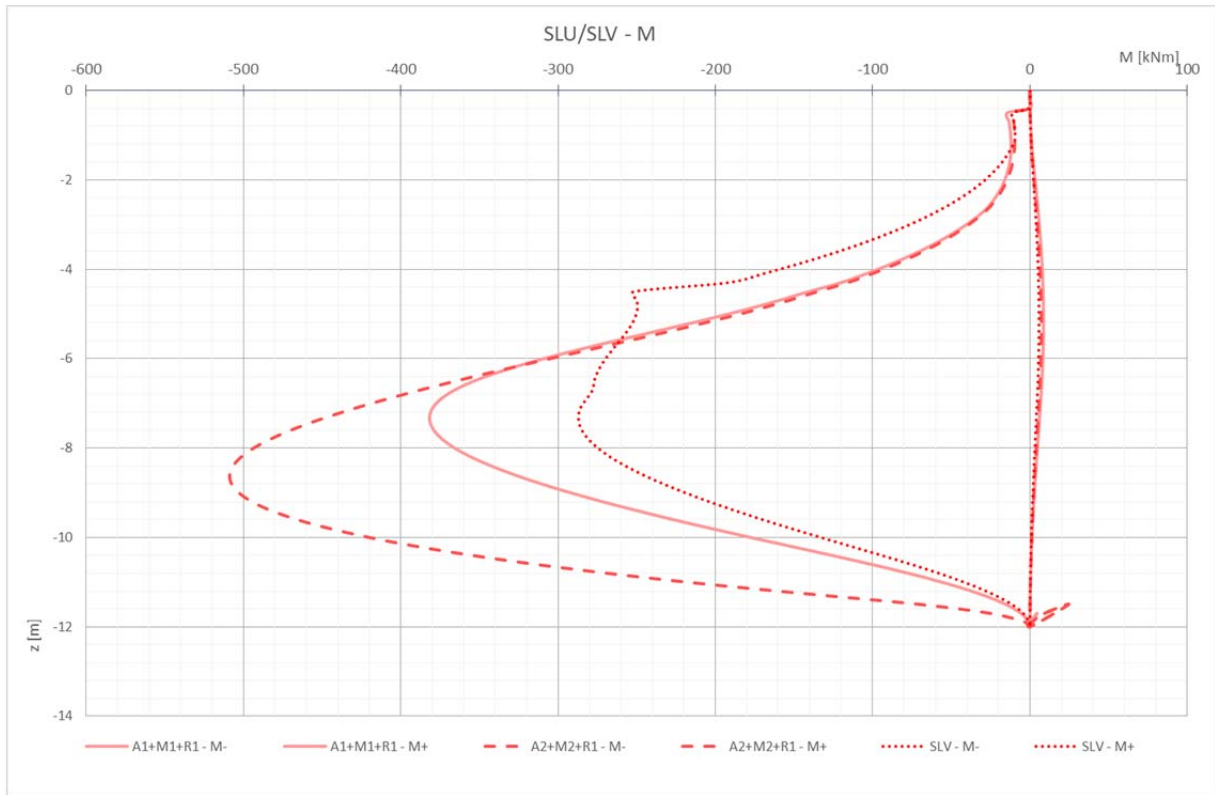


Figura 12-7: SLU/SLV - Involuppo dei momenti flettenti

- SLU/SLV – Taglio

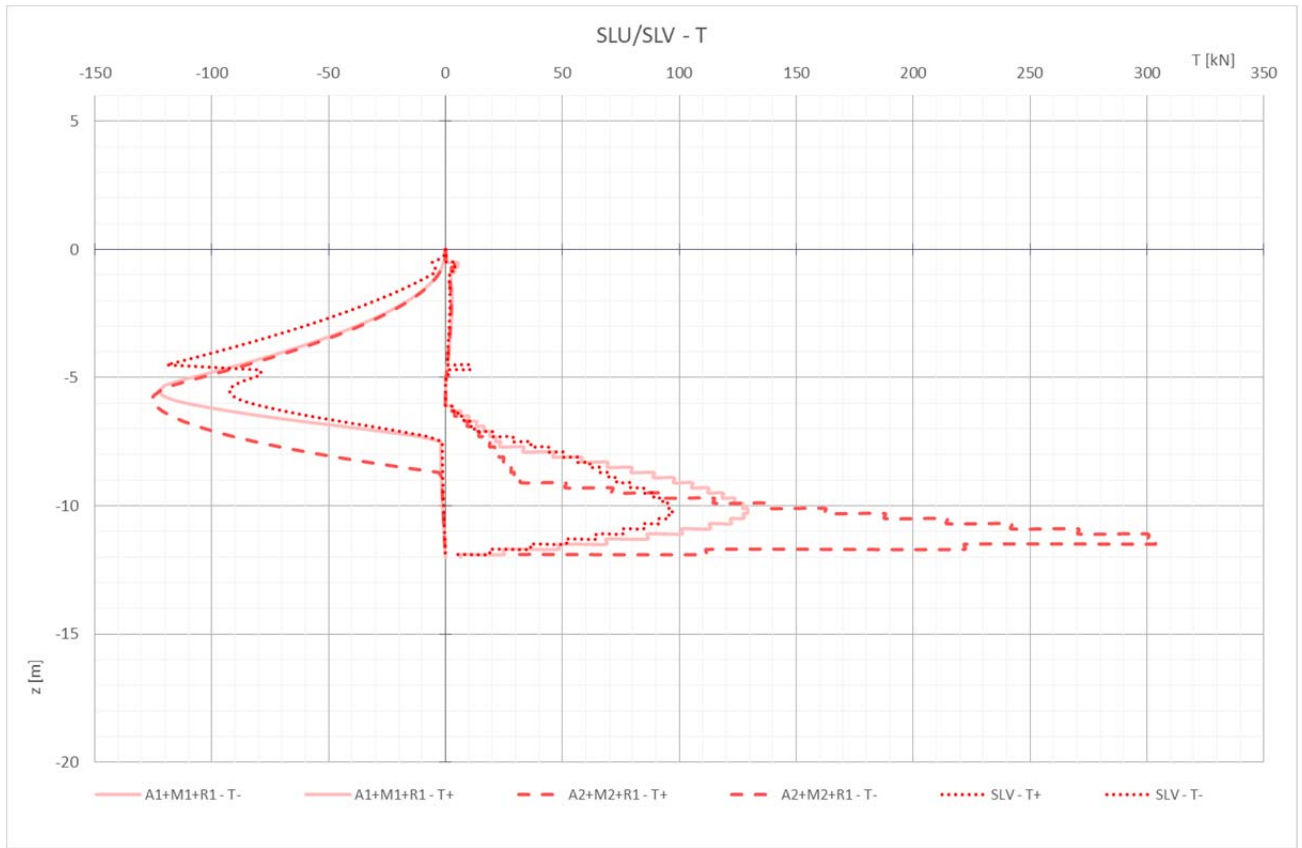


Figura 12-8: SLU/SLV - Involuppo dei tagli

- SLE-rara – Momento flettente

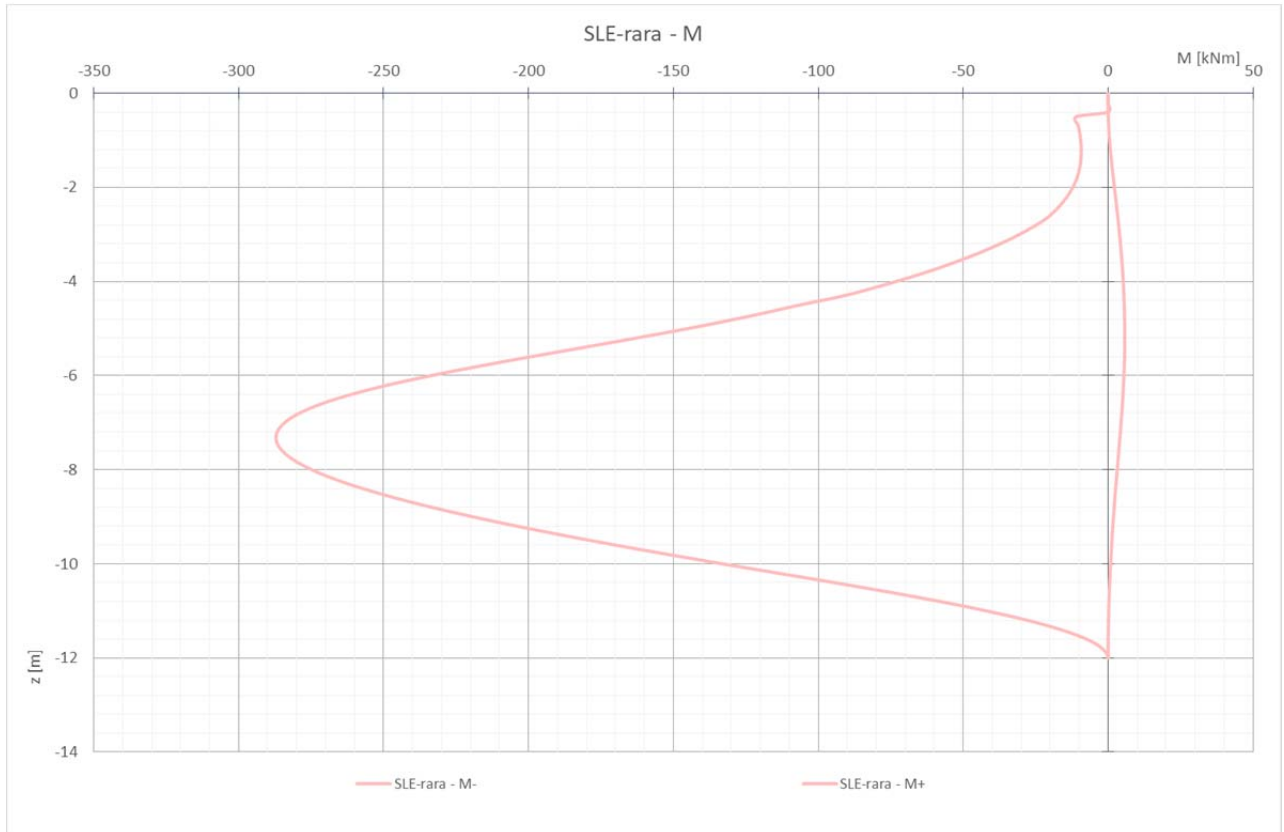


Figura 12-9: SLE-rara/SLD - Involuppo dei momenti flettenti



• SLE-rara – Spostamento laterale

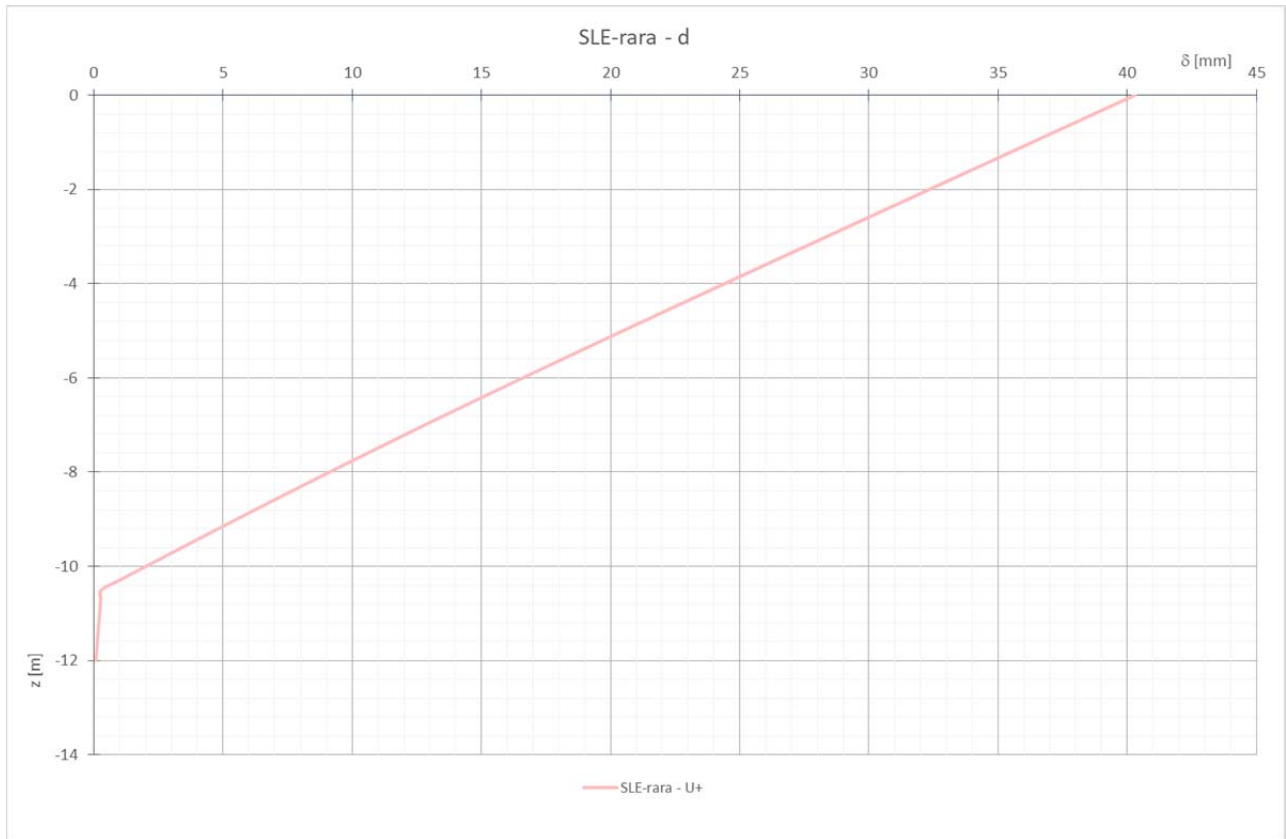


Figura 12-10: SLE-rara/SLD - Involuppo degli spostamenti laterali

c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



• SLE-frequente – Momento flettente

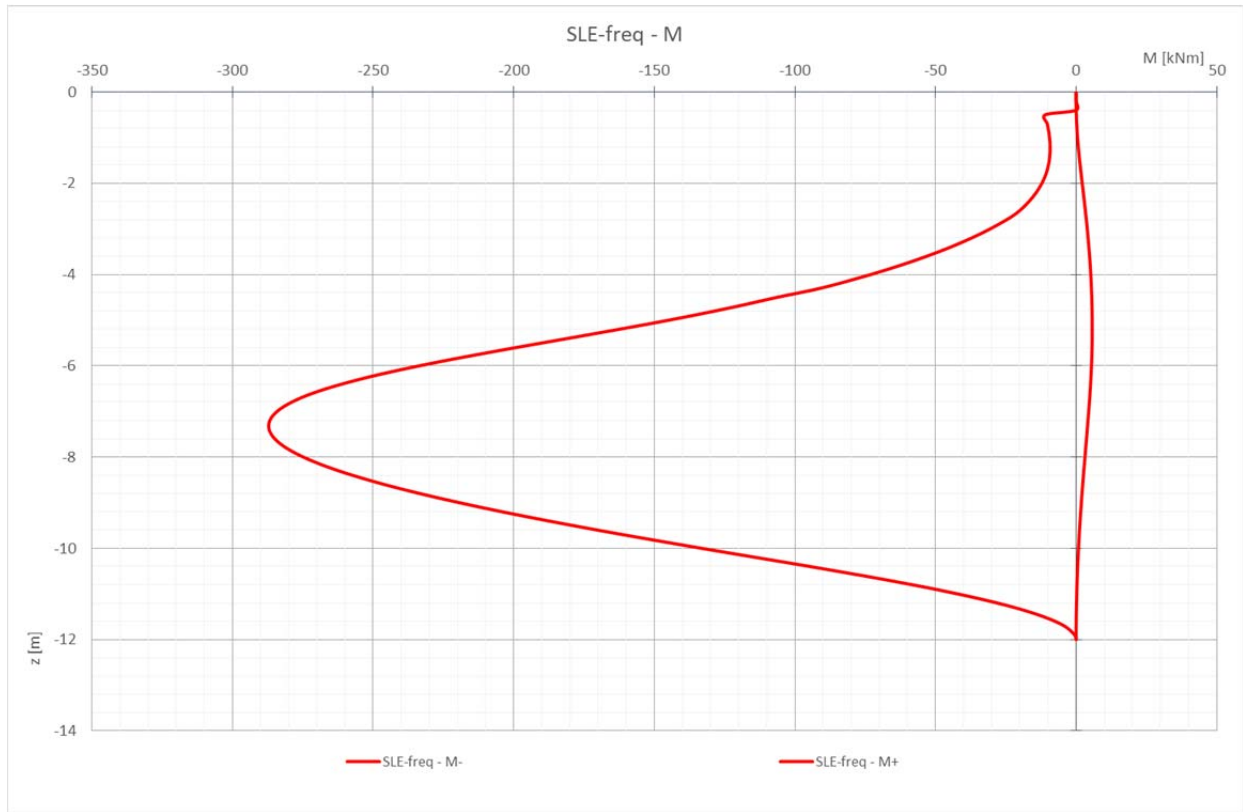


Figura 12-11: SLE-frequente - Involuppo dei momenti flettenti

• SLE-frequente – Spostamento laterale

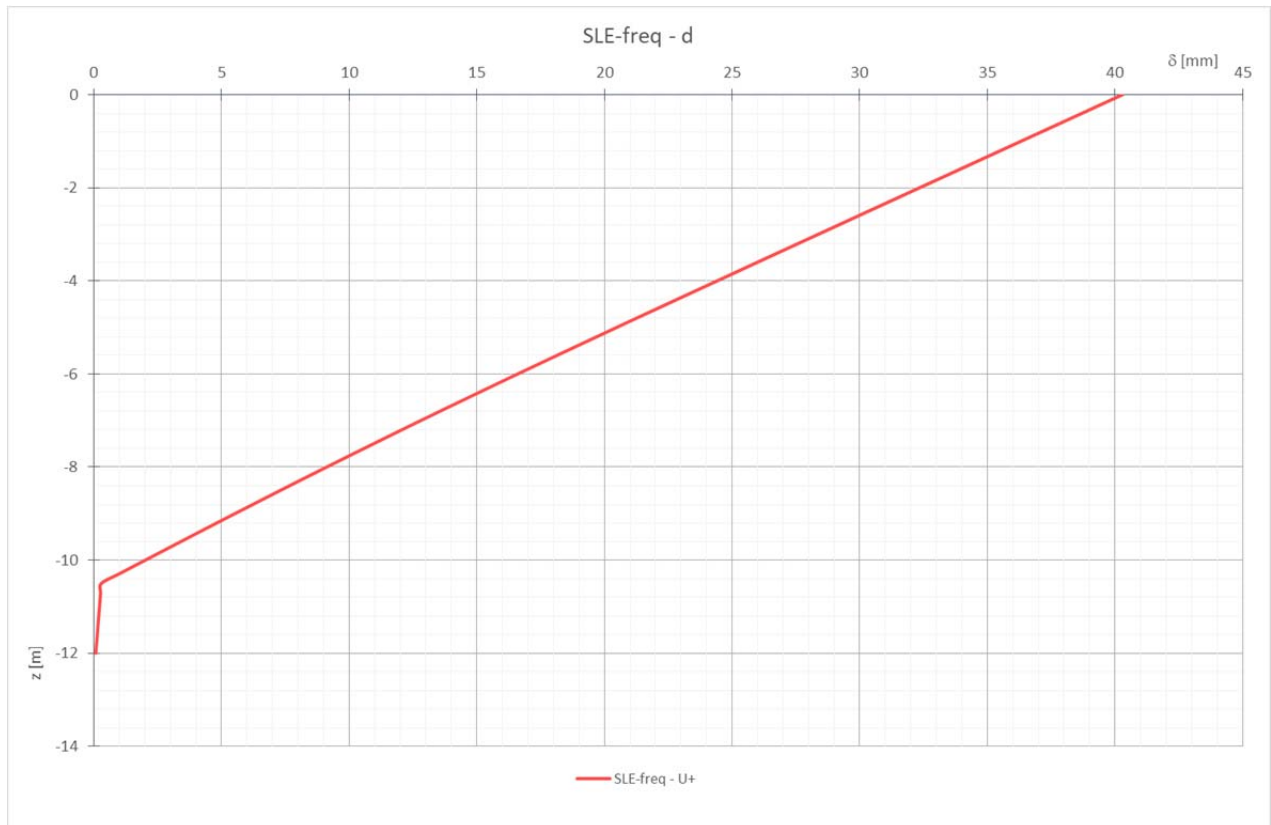


Figura 12-12: SLE-frequente - Involuppo degli spostamenti laterali



12.2 Sistemi di contrasto

12.2.1 Sezione di imbocco

Di seguito si riportano le massime azioni sui contrasti:

PARETI NORMALI - DEFINITIVO		
Nome puntone	S.L.	N [kN/m]
Puntone 3.9m	SLU/SLV	316
Puntone 3.9m	SLE-rara/SLD	194

Tabella 12-3: Massime azioni sui sistemi di contrasto



13 VERIFICHE STRUTTURALI

13.1 Verifica dei pali lato imbocco

13.1.1 Verifica a flessione

$$\phi = 600\text{mm}$$

$$A_s = 18\phi 18 = 4580\text{ mm}^2$$

$$M_{Ed} = 241\text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 351.90\text{ kNm}$$

Titolo : _____

Sezione circolare cava

Raggio esterno: [cm]

Raggio interno: [cm]

N° barre uguali:

Diametro barre: [cm]

Copriferro (baric.): [cm]

N° barre: Zoom

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1			

Tipologia Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: kN

M_{xEd}: kNm

M_{yEd}: kNm

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN: yN:

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C

ε_{su}: ‰

f_{yd}: N/mm²

E_s: N/mm²

E_s/E_c:

ε_{syd}: ‰

σ_{s,adm}: N/mm²

C28/35

ε_{c2}: ‰

ε_{cu}:

f_{cd}:

f_{cc}/f_{cd}: [?]

σ_{c,adm}:

τ_{co}:

τ_{c1}:

M_{xRd}: kN m

σ_c: N/mm²

σ_s: N/mm²

ε_c: ‰

ε_s: ‰

d: cm

x: x/d:

δ:

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: N° rett.:

Calcola MRd Dominio M-N

L₀: cm Col. modello

Precompresso

13.1.2 Verifica a Taglio

La verifica viene eseguita con il metodo del taglio equivalente, facendo corrispondere la sezione circolare a una parallelepipedica ed eseguire le note verifiche a taglio.



Dati di input			
Rck		30	N/mm ²
fck		25	N/mm ²
Valore medio della resistenza a trazione	$f_{ctm} =$	2.6	N/mm ² = 0.3 x fck ^(2/3)
Coefficiente sicurezza cls	$\gamma_c =$	1.5	
Coefficiente carichi lunga durata	$\alpha_{cc} =$	0.85	
fcd=resistenza di calcolo del cls	fcd =	14.11	N/mm ² = $\alpha_{cc} \times f_{ctm} / \gamma_c$
Resistenza caratteristica di snervamento acciaio	$f_{yk} =$	450	N/mm ²
Coefficiente sicurezza acciaio	$\gamma_s =$	1.15	
Snervamento di calcolo acciaio	$f_{yd} =$	391	N/mm ² = f_{yk} / γ_s
Forza di taglio di calcolo	Vsd =	187	kN
Forza assiale di calcolo	Nsd =	0	kN
Larghezza sezione	$b_w =$	50.50	cm = 505.0362 mm
altezza della sezione	H =	44.01	cm = 440.0563 mm
Copriferro	c =	6.00	cm
Diametro barre superiori	$\phi_2 =$	18.00	mm (armatura compressa)
Diametro barre inferiori	$\phi_1 =$	18.00	mm (armatura tesa)
Diametro staffe	$\phi_{st} =$	10.00	mm
Numero di barre superiori	$N_2 =$	12.00	
Numero di barre inferiori	$N_1 =$	12.00	
altezza utile della sezione	d =	36.10563499	cm = 361.0563 mm

Verifica delle bielle compresse: Vr _{cd}			
$V_{r_{cd}} = [0.9 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cotg\alpha + \cotg\theta)] / [1 + (\cotg\theta)^2]$			
Definizione del coefficiente maggiorativo α_c		$\sigma_{cp} < 0.00 \Rightarrow \alpha_c = 1$ membratur	
	0.00	$= < \sigma_{cp} < 3.53 \Rightarrow \alpha_c = 1.00$	
	3.53	$= < \sigma_{cp} <= 7.06 \Rightarrow \alpha_c = 1.25$	
	7.06	$< \sigma_{cp} < 14.11 \Rightarrow \alpha_c = 2.50$ membratur	
Essendo	$\sigma_{cp} = 0.00$ N/mm ²	si assume quindi	$\alpha_c = 1$
Resistenza a compressione ridotta	fcd =	7.06	N/mm ² = 0.5 x fcd
Angolo di inclinazione dell'armatura a taglio	$\alpha = 90^\circ$	(45° per ferri piegati e 90° per staffe)	
	$\alpha = 1.57$ rad		
Angolo di inclinazione dei puntoni compressi	$\theta = 45^\circ$	(compreso tra 21.8° e 45°)	
	$\theta = 0.79$ rad		
	Vr_{cd} = 578.90 kN	OK - VERIFICA SODDISFATTA	

Verifica dell'armatura a taglio: Vr _{sd}			
$V_{r_{sd}} = 0.9 \times d \times (A_{sw} / s) \times f_{yd} \times (\cotg\alpha + \cotg\theta) \times \sin\alpha$			
Passo delle staffe	s =	10	cm = 100 mm
Diametro staffe	$\phi_{st} =$	10	mm
Braccia resistenti	n =	2	
Area armatura a taglio	A _{sw} =	1.57	cm ² = 157 mm ²
Percentuale minima di armatura	$\rho_{w,min} =$	0.0009	mm = 0.08 x (Fck ^{0.5}) / F _{yk}
Area minima di armatura a taglio	A _{w,min} =	44.80	mm ² = $\rho_{w,min} \times s \times B_w \times \sin\alpha$ (EC2-Par.9.2.2)
	Vr_{sd} = 199.73 kN	OK - VERIFICA SODDISFATTA	

13.1.3 Verifica a fessurazione

Data la natura dell'opera le verifiche vengono eseguite indipendentemente dallo stato limite di riferimento



e vengono eseguite allo stato limite quasi permanente, in quanto lo stato agente non differisce tra i vari stati limite d'esercizio. Per tale motivo si ritiene che soddisfatte le verifiche le altre verifiche risultano inglobate nella verifica stessa.

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 30 [cm]
 Raggio interno: _____ [cm]
 N° barre uguali: 18
 Diametro barre: 1.8 [cm]
 Copriferro (baric.): 8 [cm]

N° barre: 1 Zoom

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1			

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Barre

N°: 18 ϕ : 18
 0 ϕ : 8
 0 ϕ : 8
 As: 45.80

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
 M_{xEd}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C C28/35

ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200'000 N/mm² f_{cd} : 15.87 N/mm²
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 11 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6667
 τ_{c1} : 1.971

σ_c : -9.258 N/mm²
 σ_s : 221.3 N/mm²
 ϵ_s : 1.107 ‰
 d: 52 cm
 x: 20.05 x/d: 0.3855
 δ : 0.9219

Vertici: 52
 Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

c_d969 - Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



Dati	<u>Verica fessurazione sezione circolare</u> <u>CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6</u>	
σ_s	221 N/mm ²	Tensione massima armatura tesa sezione fessurata
Rck	35.0 N/mm ²	Resistenza caratteristica cubica cls
ϕ_l	18 mm	Diametro barre longitudinali
ϕ_s	10 mm	Diametro staffe o spirale
n	18	Numero ferri longitudinali
c	60 mm	Ricoprimento del calcestruzzo
D	600 mm	Diametro
k_t	0.4	$k_t=0,6; 0,4$ carichi breve durata/lunga durata
k_2	0.5	$k_2=0,5; 1,0$ caso flessione/trazione semplice
k_1	0.8	$k_1=0,8; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce
w	0.3 mm	Valore limite apertura fessure
Dati		
fck	29.1 N/mm ²	Resistenza caratteristica cilindrica cls
i	77 mm	Interasse ferri longitudinali
A_ϕ	254 mm ²	Area barra longitudinale
E_s	210000.0 N/mm ²	Modulo elastico acciaio da c.a
fctm	2.8 N/mm ²	Resistenza a trazione media cls
E_{cm}	32588.1 N/mm ²	Modulo elastico medio cls
α_e	6.44	Rapporto E_s/E_{cm}
fcm	37.1 N/mm ²	Resistenza media cls
ρ_{eff}	0.0239	Rapporto area acciaio/area efficace
ϵ_{sm1}	0.000793	Deformazione unitaria media barre di calcolo
ϵ_{sm2}	0.000632	Deformazione unitaria media barre valore minimo
ϵ_{sm}	0.000793	Deformazione unitaria media
k_3	3.4	Coefficiente
k_4	0.4	Coefficiente
Δs_{max}	332.0 mm	Distanza massima tra le fessure
w_d	✔ 0.263 mm	Valore di calcolo apertura fessure

$$w_d = 0.263\text{mm} < w_{lim} = 0.3\text{mm}$$



13.2 Verifica dei pali scatolare di collegamento

13.2.1 Verifica a flessione

$$\varnothing = 600\text{mm}$$

$$A_s = 18\varnothing 18 = 4580\text{ mm}^2$$

$$M_{Ed} = 254\text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 351.90\text{ kNm}$$

Titolo : _____

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 30 [cm]
 Raggio interno: _____ [cm]
 N° barre uguali: 18
 Diametro barre: 1.8 [cm]
 Copriferro (baric.): 8 [cm]

N° barre: 1 Zoom

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1			

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
 M_{xEd}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C28/35

ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
 f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
 E_s: 200'000 N/mm² f_{cd}: 15.87
 E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
 ε_{syd}: 1.957 ‰ σ_{c,adm}: 11
 σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6667
 τ_{c1}: 1.971

M_{xRd}: 351.9 kNm

σ_c: -15.87 N/mm²
 σ_s: 391.3 N/mm²
 ε_c: 3.5 ‰
 ε_s: 7.147 ‰
 d: 52 cm
 x: 17.09 x/d: 0.3287
 δ: 0.8509

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀: 0 cm Col. modello

Precompresso

13.2.2 Verifica a Taglio

La verifica viene eseguita con il metodo del taglio equivalente, facendo corrispondere la sezione circolare a una parallelepipedica ed eseguire le note verifiche a taglio.



Dati di input			
Rck		35	N/mm ²
fck		29	N/mm ²
Valore medio della resistenza a trazione	$f_{ctm} =$	2.8	N/mm ² = 0.3 x fck ^(2/3)
Coefficiente sicurezza cls	$\gamma_c =$	1.5	
Coefficiente carichi lunga durata	$\alpha_{cc} =$	0.85	
fcd=resistenza di calcolo del cls	fcd =	16.46	N/mm ² = $\alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c$
Resistenza caratteristica di snervamento acciaio	$f_{yk} =$	450	N/mm ²
Coefficiente sicurezza acciaio	$\gamma_s =$	1.15	
Snervamento di calcolo acciaio	$f_{yd} =$	391	N/mm ² = f_{yk} / γ_s
Forza di taglio di calcolo	$V_{sd} =$	152	kN 121.2
Forza assiale di calcolo	$N_{sd} =$	0	kN
Larghezza sezione	$b_w =$	50.50	cm = 505.0362 mm
altezza della sezione	$H =$	44.01	cm = 440.0563 mm
Copriferro	$c =$	6.00	cm
Diametro barre superiori	$\phi_s =$	9.00	mm (armatura compressa)
Diametro barre inferiori	$\phi_i =$	9.00	mm (armatura tesa)
Diametro staffe	$\phi_{st} =$	10.00	mm
Numero di barre superiori	$N_2 =$	12.00	
Numero di barre inferiori	$N_1 =$	12.00	
altezza utile della sezione	$d =$	36.55563499	cm = 365.5563 mm

Verifica delle bielle compresse: Vr _{cd}			
$V_{rcd} = [0.9 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cot\alpha + \cot\theta)] / [1 + (\cot\theta)^2]$			
Definizione del coefficiente maggiorativo α_c	$\sigma_{cp} <$	0.00	=> $\alpha_c =$ 1 membrature non compresse
	$0.00 \leq \sigma_{cp} <$	4.12	=> $\alpha_c =$ 1.00
	$4.12 \leq \sigma_{cp} \leq$	8.23	=> $\alpha_c =$ 1.25
	$8.23 < \sigma_{cp} <$	16.46	=> $\alpha_c =$ 2.50 membrature fortemente compresse
Essendo	$\sigma_{cp} =$	0.00 N/mm ²	si assume quindi $\alpha_c =$ 1
Resistenza a compressione ridotta	$f_{cd} =$	8.23 N/mm ²	= 0.5 x fcd
Angolo di inclinazione dell'armatura a taglio	$\alpha =$	90 °	(45° per ferri piegati e 90° per staffe)
	$\alpha =$	1.57 rad	
Angolo di inclinazione dei puntoni compressi	$\theta =$	45 °	(compreso tra 21.8° e 45°)
	$\theta =$	0.79 rad	
Vr_{cd} =		683.81 kN	OK - VERIFICA SODDISFATTA

Verifica dell'armatura a taglio: Vr _{sd}			
$V_{rds} = 0.9 \times d \times (A_{sw} / s) \times f_{yd} \times (\cot\alpha + \cot\theta) \times \sin\alpha$			
Passo delle staffe	$s =$	10 cm	100 mm
Diametro staffe	$\phi_{st} =$	10 mm	
Braccia resistenti	$n =$	2	
Area armatura a taglio	$A_{sw} =$	1.57 cm ²	157 mm ²
Percentuale minima di armatura	$\rho_{w,min} =$	0.0010	= 0.08 x (Fck ^{0.5}) / Fyk
Area minima di armatura a taglio	$A_{w,min} =$	48.39 mm ²	= $\rho_{w,min} \times s \times B_w \times \sin\alpha$ (EC2-Par.9.2.2)
Vr_{sd} =		202.22 kN	OK - VERIFICA SODDISFATTA

13.2.3 Verifica a fessurazione

Data la natura dell'opera le verifiche vengono eseguite indipendentemente dallo stato limite di riferimento e vengono eseguite allo stato limite quasi permanente, in quanto lo stato agente non differisce tra i vari stati limite d'esercizio. Per tale motivo si ritiene che soddisfatte le verifiche le altre verifiche risultano inglobate nella verifica stessa.





Verifica C.A. S.L.U. - File: _ _ X

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno [cm]

Raggio interno [cm]

N* barre uguali

Diametro barre [cm]

Copriferro (baric.) [cm]

N* barre Zoom

N*	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1			

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kN
M _{xEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="145"/> kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN yN

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Materiali

B450C	C28/35
ϵ_{su} <input type="text" value="67.5"/> %	ϵ_{c2} <input type="text" value="2"/> %
f_{yd} <input type="text" value="391.3"/> N/mm²	ϵ_{cu} <input type="text" value="3.5"/>
E_s <input type="text" value="200'000"/> N/mm²	f_{cd} <input type="text" value="15.87"/>
E_s/E_c <input type="text" value="15"/>	f_{cc}/f_{cd} <input type="text" value="0.8"/> ?
ϵ_{syd} <input type="text" value="1.957"/> %	$\sigma_{c,adm}$ <input type="text" value="11"/>
$\sigma_{s,adm}$ <input type="text" value="255"/> N/mm²	τ_{co} <input type="text" value="0.6667"/>
	τ_{c1} <input type="text" value="1.971"/>

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ϵ_s %

d cm

x x/d

δ

Vertici:

Verifica

N* iterazioni:

Precompresso

c_d969 - Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



Dati	<u>Verica fessurazione sezione circolare</u> <u>CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6</u>	
σ_s	221 N/mm ²	Tensione massima armatura tesa sezione fessurata
Rck	35.0 N/mm ²	Resistenza caratteristica cubica cls
ϕ_l	18 mm	Diametro barre longitudinali
ϕ_s	10 mm	Diametro staffe o spirale
n	18	Numero ferri longitudinali
c	60 mm	Ricoprimento del calcestruzzo
D	600 mm	Diametro
k_t	0.4	$k_t=0,6 ; 0,4$ carichi breve durata/lunga durata
k_2	0.5	$k_2=0,5 ; 1,0$ caso flessione/trazione semplice
k_1	0.8	$k_1=0,8 ; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce
w	0.3 mm	Valore limite apertura fessure
Dati		
fck	29.1 N/mm ²	Resistenza caratteristica cilindrica cls
i	77 mm	Interasse ferri longitudinali
A_ϕ	254 mm ²	Area barra longitudinale
E_s	210000.0 N/mm ²	Modulo elastico acciaio da c.a
fctm	2.8 N/mm ²	Resistenza a trazione media cls
E_{cm}	32588.1 N/mm ²	Modulo elastico medio cls
α_e	6.44	Rapporto E_s/E_{cm}
fcm	37.1 N/mm ²	Resistenza media cls
ρ_{eff}	0.0239	Rapporto area acciaio/area efficace
ϵ_{sm1}	0.000793	Deformazione unitaria media barre di calcolo
ϵ_{sm2}	0.000632	Deformazione unitaria media barre valore minimo
ϵ_{sm}	0.000793	Deformazione unitaria media
k_3	3.4	Coefficiente
k_4	0.4	Coefficiente
Δs_{max}	332.0 mm	Distanza massima tra le fessure
w_d	✔ 0.263 mm	Valore di calcolo apertura fessure

$$w_d = 0.263mm < w_{lim} = 0.2mm$$



13.3 Verifica puntoni

La verifica dei puntoni si svolge principalmente ad instabilità. Per fare ciò si valuta lo stato di sforzo a partire dall'output del vincolo modellato per la paratia di imbocco.

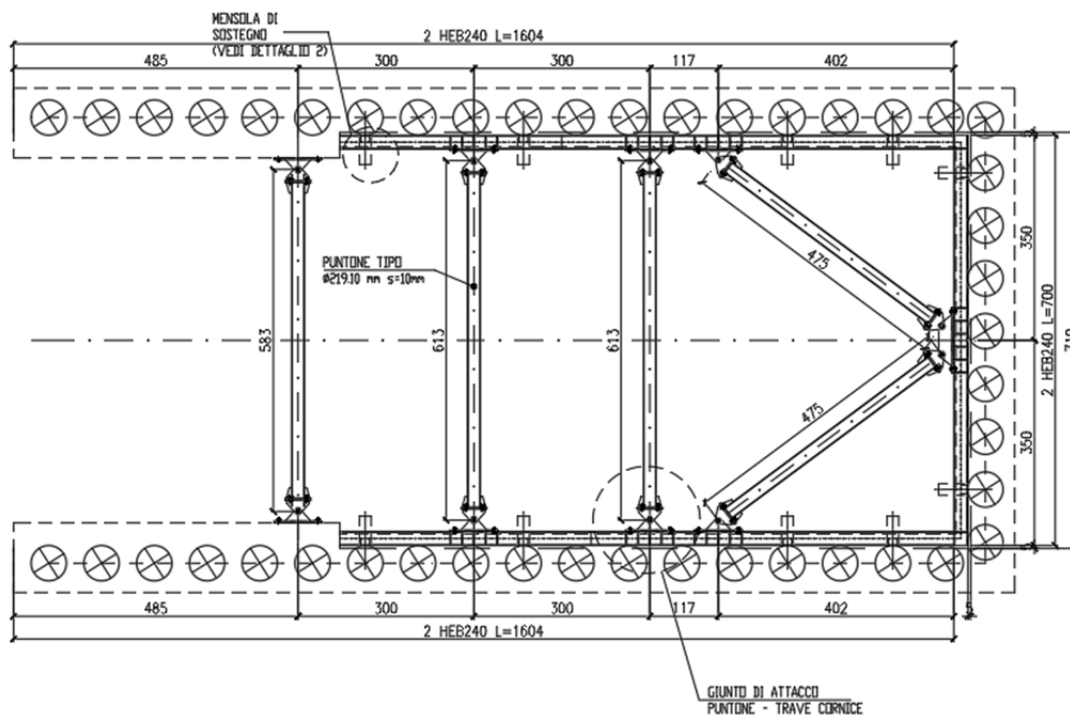


Figura 13-1 – Pianta paratia di imbocco

Come riportato dalla planimetria superiore, i puntoni più sfavorevoli risultano quelli perpendicolari al tracciato con interasse $i = 3.00m$ e lunghezza di libera inflessione $l = 6.50m$.

Per cui lo stato agente nei puntoni allo SLU risulta:

$$q = 316 \text{ kN/m}$$

$$N = q * i = 950.00 \text{ kN}$$

A partire da queste informazioni, si riportano le verifiche del puntone e la relativa geometria:



Dati INPUT		
Caratteristiche acciaio		
Qualità acciaio:	UNI EN 10219 S 355 H	
$f_{yk} =$	355	[Mpa]
$f_{tk} =$	510	[Mpa]
Geometria sezione		
D =	219.1	[mm]
t =	10.0	[mm]
Lunghezza e vincoli asta		
L =	6.50	[m]
$\beta =$	1.00	[-]
Sollecitazioni agenti		
$N_{Ed} =$	-950.00	[kN]
$V_{Ed} =$	0.00	[kN]
$M_{y,Ed} =$	0.00	[kNm]
$\psi =$	0.00	Tab. C4.2.VI Circ. NTC2018

Dati geometrici										
Diametro esterno	Spessore	Classe della sezione	Area sezione trasversale	Momento inerzia	Raggio giratore inerzia	Modulo resistente elastico	Modulo resistente plastico	massa per unità di lunghezza	Superf. per unità di lunghezza	Lunghezza per tonnellata
D	T	1	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	M	As	L/It
[mm]	[mm]		[cm ²]	[cm ⁴]	[cm]	[cm ³]	[cm ³]	[kg/m]	[m ² /m]	[m]
219.1	10.0		65.69	3598.44	7.40	328.47	437.56	51.57	0.69	19.39
Verifiche secondo NTC2018 - §4.2										
Verifica a trazione (4.2.4.1.2.1)			$N_{pl,Rd} =$	2220.97	$N_{Ed} / N_{pl,Rd} =$					
Verifica a compressione (4.2.4.1.2.2)			$N_{c,Rd} =$	2220.97	$N_{Ed} / N_{c,Rd} =$	0.43	verifica soddisfatta			
Verifica a flessione retta (4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6)			$M_{c,Rd} =$	147.94	$M_{y,Ed} / M_{c,Rd} =$	0.00	verifica soddisfatta			
Verifica a taglio (4.2.4.1.2.4)			$V_{c,Rd} =$	816.32	$V_{Ed} / V_{c,Rd} =$	0.00	verifica soddisfatta			
Verifica a presso/tenso-flessione retta (4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.9)		Sez. Classe 1-2	$M_{N,Rd} =$	117.54	$M_{Ed} / M_{N,Rd} =$	0.00	verifica soddisfatta			
		Sez. Classe 3	$ \sigma_{x,Ed} =$	$f_{yd} =$						
Verifica stabilità membrature compresse (4.2.4.1.3.1)			$N_{b,Rd} =$	1018.62	$N_{Ed} / N_{b,Rd} =$	0.93	verifica soddisfatta			
Verifica stabilità membrature presso-inflesse (4.2.4.1.3.3)			$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{min} \cdot f_{yk} \cdot A} + \frac{M_{y,eq,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_y \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}\right)} + \frac{M_{z,eq,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_z \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)} =$				0.93	verifica soddisfatta		

Le verifiche risultano quindi soddisfatte.

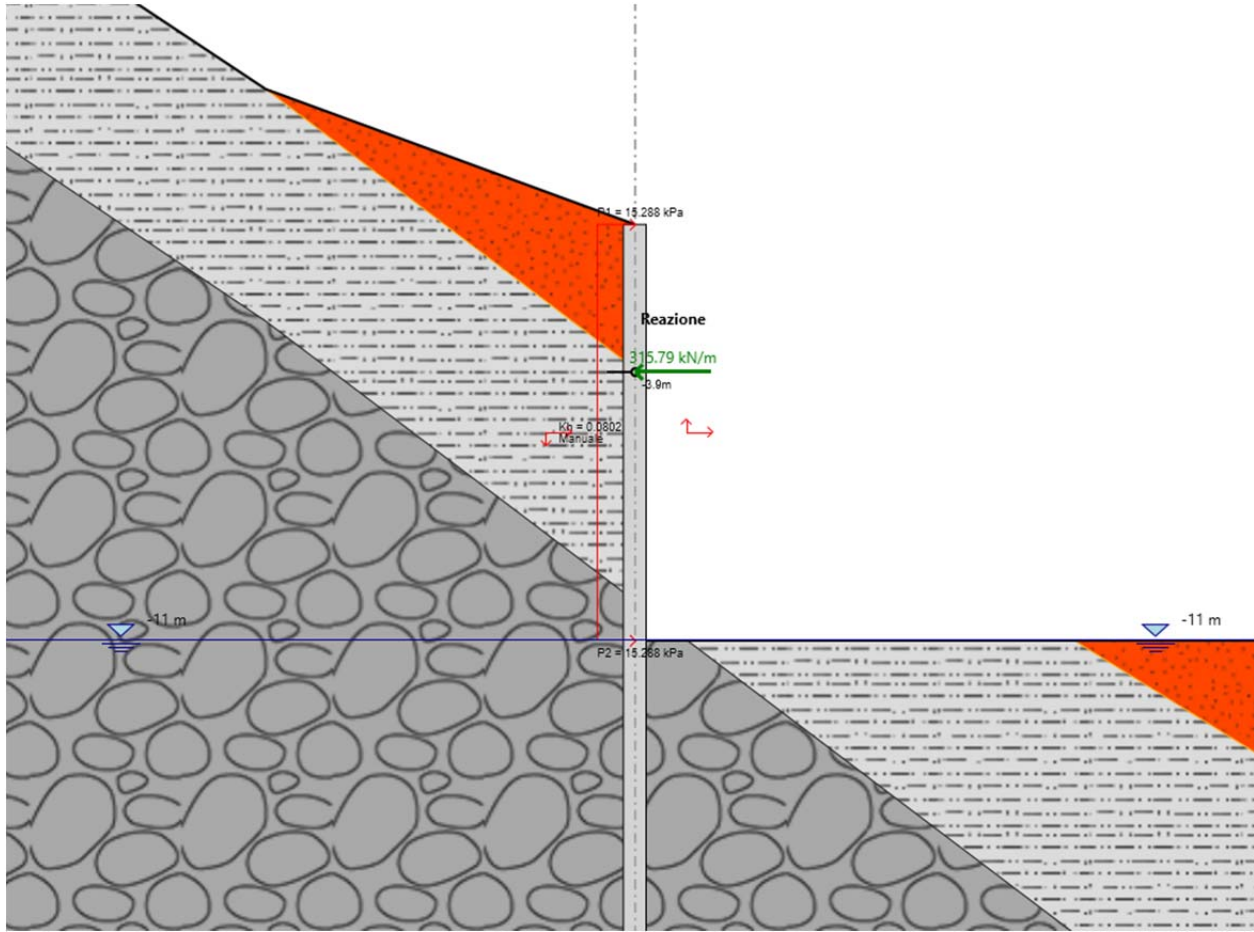
13.4 Verifica trave di ripartizione

La verifica della trave di ripartizione è condotta utilizzando il freeware Profili_v6, messo a disposizione gratuitamente dal prof. Pietro Gelfi. La procedura seguita fa riferimento a quanto riportato al Cap. 6.3.3 dell'Eurocodice 3-1 per le verifiche a instabilità flessionale (svergolamento).

Il dimensionamento è svolto considerando l'ordine di puntoni più sollecitato. Nella figura sotto, che riporta



l'involuppo delle azioni sui puntoni (per unità di lunghezza), si evince che il carico massimo è pari a 316 kN/m.



Poiché la sezione in esame è posta all'incirca in mezzera rispetto allo sviluppo totale, il massimo momento agente può essere calcolato con buona approssimazione come quello generato da un carico uniformemente distribuito su una trave su due appoggi:

$$M = \frac{q l^2}{8} = 355.50 \text{ kN/m}$$

Tale trave è soggetta anche a un'azione assiale pari a:

$$N = q \cdot i = \frac{316 \text{ kN}}{m} * \frac{3 \text{ m}}{2} = 475 \text{ kN}$$

Tali azioni, data la presenza di due travi accoppiate, vengono ripartite parimenti nelle due travi HEB240.

Si procede quindi alla verifica facendo uso del freeware Profili_v6 si ottiene che:



Verifica Presso-Flessione - EC3 (edizione 1992) #5.5.4.

HE 240 B Acciaio S355 (Fe510) fy (N/mm²) 355

N_{Sd} [kN] 237.5

	Inflexione attorno all'asse y-y	z-z
I_0 [m]	3	3
Snellezza λ	29.10	49.34
$N_{b,Rd}$ [kN]	3'346	2'716
M_Q [kNm]	177.5	50
β_M	1.3	1.3
μ	-0.411	-0.380
k	1.028	1.032
$M_{c,Rd}$ [kNm]	356.0	168.5
M_{Sd} [kNm]	177.5	50

Resistenza della sezione 0.545 OK ?

Instabilità flessio-torsionale 0.933 OK ?

Flessione e compressione assiale - Classe 1 - EC3 #5.5.4.(1)

$$\frac{N_{Sd}}{N_{b,Rd,min}} + \frac{k_y M_{y,Sd}}{M_{cy,Rd1}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{cz,Rd1}} = 0.087 + 0.512 + 0.306 = 0.906$$

OK

Resistenza della membratura all'instabilità flessio-torsionale - EC3 (edizione 1992) #5.5.2.

HE 240 B Acciaio S355 (Fe510) fy (N/mm²) 355

z_a [mm] 120 L [m] 3.0 = I_{0z} [m]

Coefficienti C: C_1 1.132 C_2 0.459 C_3 0.525

Coefficienti di lunghezza efficace: k 1 k_ψ 1.0

Momento resistente di progetto all'instabilità flessio-torsionale (solo My) - EC3 #5.5.2.

M_{cr} [kNm] = 1.042 $M_{c,Rd}$ [kNm] = 356.0

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{M_{c,Rd} \gamma M_0}{M_{cr}}} = 0.599$$

$\chi_{LT} = 0.890$ $M_{b,Rd}$ [kNm] = 317.0

Resistenza all'instabilità flessio torsionale (flessione e compressione)- Classe 1/2 - EC3 #5.5.4. (2)

N_{Sd} [kN] 237.5 $M_{y,Sd}$ [kNm] 177.5 $M_{z,Sd}$ [kNm] 50.0

$$\frac{N_{Sd}}{N_{bz,Rd}} + \frac{k_{LT} M_{y,Sd}}{M_{b,Rd}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{cz,Rd1}} = \frac{237.5}{2716} + \frac{1 \times 177.5}{317.0} + \frac{1.032 \times 50}{168.5} = 0.087 + 0.560 + 0.306 = 0.954$$

OK

Per cui le verifiche risultano soddisfatte.



14 VERIFICHE STABILITÀ GLOBALE

L'analisi di stabilità globale è effettuata attraverso il Slope/W, un modulo compreso all'interno del programma GeoStudio 2012.

Nel presente paragrafo si riportano i risultati delle verifiche di stabilità, sia in condizioni statiche che in condizioni simiche, delle scarpate dei rilevati elencati al Capitolo 9.5.

Le verifiche sono state condotte secondo quanto riportato nei parametri precedenti. Il metodo utilizzato nelle analisi è il metodo di Bishop (metodo dei conci).

La geometria utilizzata nel software è mostrata nella seguente figura. Si nota che, al fine di cercare di ottenere un modello che potesse comprendere fenomeni di instabilità più estesi, la scarpata lato sud è stata allungata mantenendo la stessa inclinazione dell'ultimo tratto fino ad una distanza di 33 m dalla paratia.

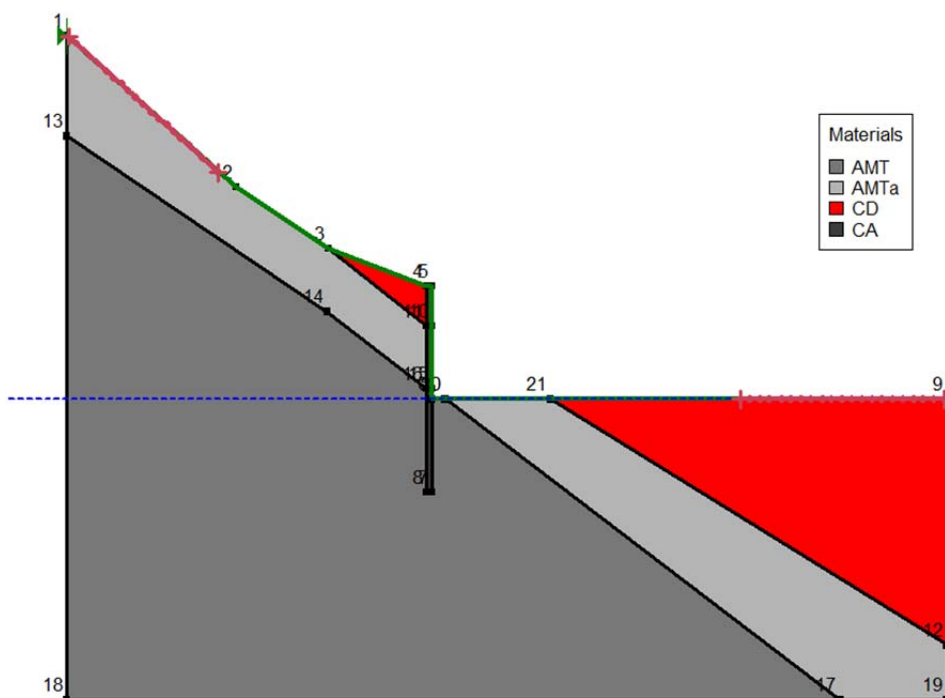


Figura 14-1: Geometria del modello per la valutazione della stabilità globale

Nel modello, i terreni sono stati modellati secondo quanto detto al Par. 6.1, mentre le paratie sono state inserite secondo un modello "high strength": in altri termini, si assume che attraverso la paratia non possono innescarsi meccanismi di rottura.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva in cui sono mostrati i fattori di sicurezza, espressi come rapporto tra la resistenza e la sollecitazione. Tali valori sono paragonati al fattore parziale delle resistenze definito dalla normativa.

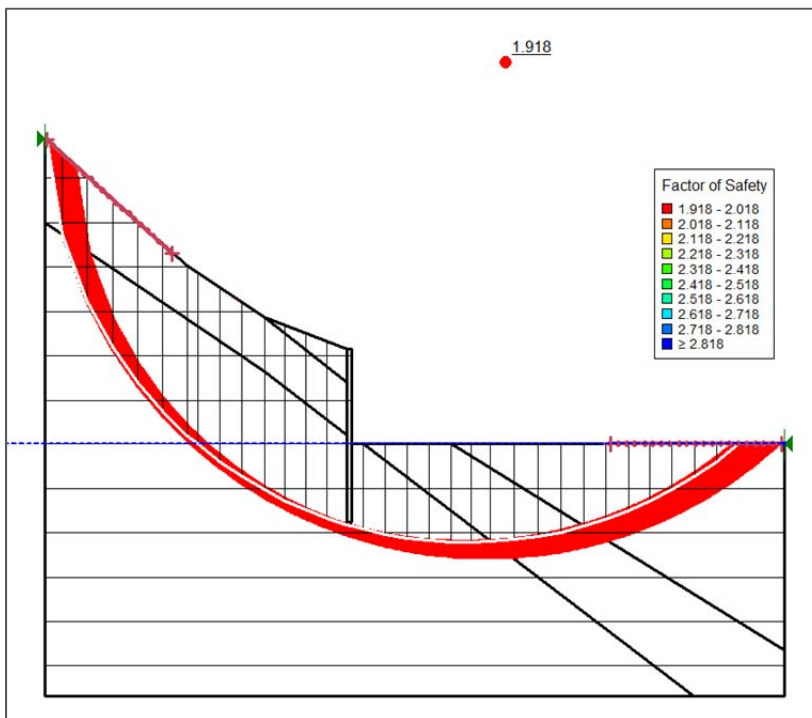


Stato Limite	F_S	γ_R	Esito verifica
SLU	1.918	1.1	Soddisfatta
SLV	2.299	1.2	Soddisfatta

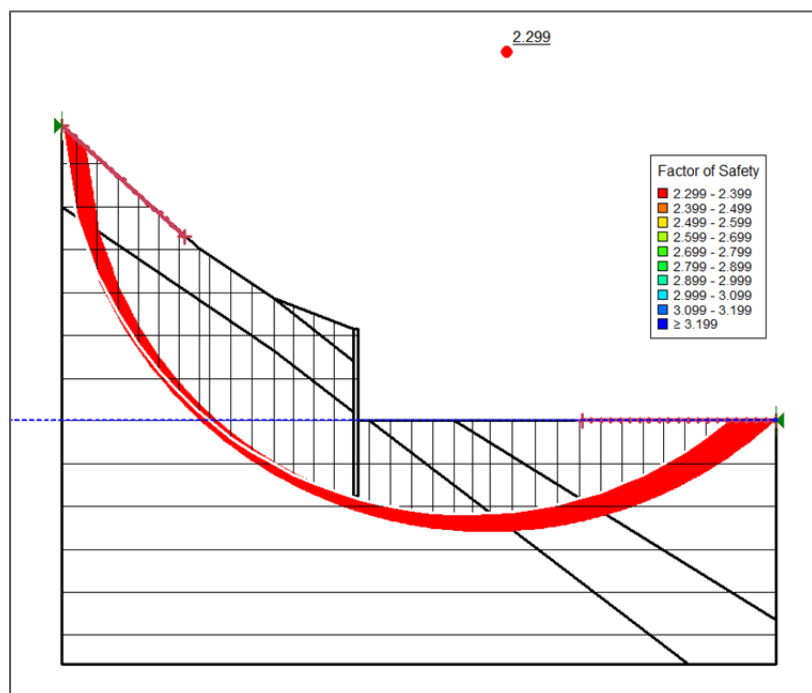
Tabella 14-1: Riassunto verifiche di stabilità globale - Fase definitiva

Di seguito sono riportati i risultati delle verifiche.

- **SLU**



- **SLV**



Committente:



Comune di Genova
"Opere di adeguamento idraulico del tratto tombinato di valle del rio Maltempo, affluente del torrente Polcevera"

Progetto Definitivo

Rev. 0

09/2022

Relazione di calcolo: Paratie di imbocco e di trincea

Pag. 71

c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E

Progettista:



Mandataria

Mandante

Dott.ssa Claudia Pizzinato



15 CONCLUSIONI

Le opere dimensionate nella seguente opera risultano verificate secondo i dettami imposti dalle NTC18

La scelta della tecnologia dei pali al posto di micropali ha sicuramente dei punti negativi in termini cantieristici, tuttavia questa tecnologia si sposa bene con i puntoni, necessari per il sostegno della paratia di imbocco data l'impossibilità di utilizzare dei tiranti per la presenza di edifici con un piano interrato a pochi metri dall'opera.

I pali sulla restante parte permettono di evitare l'uso di puntoni lungo tutto lo sviluppo del canale di collegamento che porterebbe a un cantiere poco ergonomico sotto diversi punti di vista.

Va precisato che al di sotto dell'impalcato dell'autostrada dei Giovi si è previsto comunque la tecnologia dei pali prevedendo la presenza di apposite macchine che permettono di realizzare i pali anche in spazi limitati. Sarà da valutare in fase esecutiva se per il singolo tratto sia più conveniente questa tecnologia oppure per il solo tratto in questione dei micropali puntonati.

Inoltre, la presenza di pali permette di considerare il manufatto interno non completamente caricato dalle azioni orizzontali in quanto il terreno risulta già deformato durante le fasi di esecuzione dello scavo.



16 ALLEGATO 1: REPORT DELLE ANALISI PARATIEPLUS

16.1 Paratia d'imbocco



Report di Calcolo

Nome Progetto: New Project

Autore: Ingegnere

Jobname: \\10.0.10.1\Dati\1 COMMESSE\343-Genova Maltempo\3 - Lavoro\343-Scarico di valle\343-SdV Paratie\343 - SdV Paratia con pali.pplus

Data: 15/09/2022 15:06:28

Design Section: Base Design Section

Sommario

1	PREMESSA	1
2	OGGETTO E SCOPO	3
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
4	SOFTWARE DI CALCOLO	7
	4.1 Calcolo delle paratie.....	7
	4.1.1 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo	7
	4.1.2 Ipotesi generali di calcolo	7
	4.1.3 Affidabilità dei codici di calcolo.....	7
	4.1.4 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati	7
	4.2 Analisi di stabilità globale.....	8
	4.2.1 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo	8
	4.2.2 Ipotesi generali di calcolo	8
	4.2.3 Affidabilità dei codici di calcolo.....	9
	4.2.4 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati	9
	4.3 Altri software.....	9
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	10
	5.1 Calcestruzzo	10
	5.2 Acciaio.....	10



5.3	Ulteriori specifiche relative ai materiali	11
5.3.1	Calcestruzzo.....	11
6	CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE E GEOTECNICHE.....	14
6.1	Stratigrafia di progetto.....	14
7	VALUTAZIONE SISMICA.....	16
7.1	Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento	16
7.2	Pericolosità sismica	17
7.3	Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche	17
7.4	Valutazione dell'azione pseudostatici	20
7.4.1	Azione pseudostatica per le paratie.....	20
7.4.2	Azione pseudostatica per le verifiche di stabilità globale.....	21
8	CRITERI DI CALCOLO.....	23
8.1	Premesse.....	23
8.2	Combinazioni delle azioni.....	23
8.3	Coefficienti delle azioni agli stati limite	24
8.4	Verifica agli Stati Limite delle paratie	24
8.4.1	SLU.....	24
8.4.2	SLV.....	25
8.4.3	SLE.....	26
9	CRITERI DI VERIFICA.....	27
9.1	Stati Limite di Esercizio (SLE).....	27
9.1.1	Verifica delle tensioni	27
9.1.2	Verifica dell'apertura delle fessure	27
9.2	Stati Limite Ultimi (SLU).....	28
9.2.1	Verifica degli elementi in calcestruzzo armato.....	29
9.3	Criteri di verifica delle sezioni in acciaio.....	30
9.4	Verifica dei puntoni	31
9.5	Verifica di stabilità globale	31
9.5.1	SLU.....	31
9.5.2	SLV.....	31
10	IMPOSTAZIONE DEL MODELLO.....	33
10.1.1	Origine e caratteristiche dei codici di calcolo	33
10.1.2	Ipotesi generali di calcolo	33
10.1.3	Affidabilità dei codici di calcolo.....	33
10.1.4	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati	33
10.2	Analisi di stabilità globale.....	34
10.2.1	Origine e caratteristiche dei codici di calcolo	34
10.2.2	Ipotesi generali di calcolo	34
10.2.3	Affidabilità dei codici di calcolo.....	35
10.2.4	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati	35
10.3	Altri software.....	35
10.4	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	36
10.4.1	Geometria.....	36
10.4.2	Fasi costruttive paratia d'imbocco.....	37
10.4.3	Fasi costruttive paratia canale di collegamento	40
11	ANALISI DEI CARICHI	44
11.1	Carichi permanenti	44
11.2	Carichi variabili.....	44
11.3	Azione sismica.....	44
12	RISULTATI MODELLO.....	46
12.1	Pali	46
12.1.1	Sezione di imbocco	46
12.1.2	Sezione su scatolare	51
12.2	Sistemi di contrasto	56
12.2.1	Sezione di imbocco	56
13	VERIFICHE STRUTTURALI.....	57
13.1	Verifica dei pali lato imbocco	57



13.1.1	Verifica a flessione	57
13.1.2	Verifica a Taglio.....	57
13.1.3	Verifica a fessurazione.....	58
13.2	Verifica dei pali scatolare di collegamento	61
13.2.1	Verifica a flessione	61
13.2.2	Verifica a Taglio.....	61
13.2.3	Verifica a fessurazione.....	62
13.3	Verifica puntoni.....	65
13.4	Verifica trave di ripartizione.....	66
14	VERIFICHE STABILITÀ GLOBALE.....	69
15	CONCLUSIONI	72
16	ALLEGATO 1: report delle analisi ParatiePlus.....	73
16.1	Paratia d'imbocco.....	73
16.2	Paratia canale – Eccetto SLD	92
16.3	Paratia d'imbocco – SLD.....	112
17	ALLEGATO 2: report delle analisi di stabilità globale.....	133
17.1	Condizioni statiche.....	133
17.2	Condizioni sismiche	142

Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo	:	POLYLINE
Punti		
(-27.2;17.16)		
(27.5;17.16)		
(27.5;-50)		
(-27.2;-50)		
OCR	:	1
Tipo	:	POLYLINE
Punti		
(-27.2;17.16)		
(-18.6;9.45)		
(-9.76;3.58)		
(0;-3.82)		
(27.5;-20.84)		
(27.5;-50)		
(-27.2;-50)		
OCR	:	1
Tipo	:	POLYLINE
Punti		
(-27.2;9.17)		
(-9.79;-2.54)		
(0;-9.96)		
(27.5;-30.8)		
(27.5;-50)		
(-27.2;-50)		
OCR	:	1

Strato di Terreno	Terreno	γ dry	γ sat	ϕ'	ϕ	$c' \text{ kPa}$	$c \text{ kPa}$	Su	Modulo Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Av	exp	Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur	
		kN/m^3	kN/m^3	$^\circ$	$^\circ$	kPa	kPa			kPa	kPa	kPa		kPa					kN/m^3	kN/m^3	kN/m^3	
1	CD- Depositi colluviali	19	19	29		5		Constant		25000		40000										
2	AMTa Roccia alterata	25	25	28		25		Constant		350000		560000										

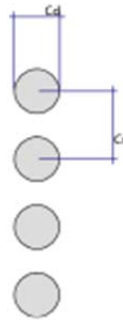




Strato di Terreno	γ	γ_{dry}	γ_{sat}	ϕ'	ϕ_{cv}	ϕ_{pc}	Su	Modulo Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Av	exp	Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur
Terreno	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^3	$^\circ$	$^\circ$	$^\circ$	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^3
3	AMT-Roccia	27	27	38			100	Constant	1200000	1920000										

Descrizione Pareti

X												0								m	
Quota		in						alto													m
Quota		di						fondo													m
Muro																					sinistra
Sezione																					600mm/900mm
Area								equivalente													m
Inerzia								equivalente													m^4/m
Materiale								calcestruzzo													C28/35
Tipo								sezione													Tangent
Spaziatura																					m
Diametro																					m
Efficacia																					1



Fasi di Calcolo

Litostatico

Scavo

Muro																					sinistra
Lato								monte													m
Lato								valle													m
Linea																					(Irregolare)



(0;0)						
Linea	di	scavo	di	destra	(Irregolare)	
(0;0)						
(1.95;-0.35)						
(5.5;-1.4)						
(10;-2.72)						
(14.51;-4.04)						
(17.47;-4.91)						
(20.11;-5.19)						
(27.5;-5.18)						

Falda						acquifera
Falda	di	sinistra	:	-11		m
Falda	di	destra	:	-11		m

Paratia

Scavo

Muro			di			sinistra
Lato		monte	:	0		m
Lato		valle	:	0		m

Linea	di	scavo	di	sinistra	(Irregolare)
(-27.2;17.16)					
(-18.6;9.45)					
(-9.76;3.58)					
(0;0)					

Linea	di	scavo	di	destra	(Irregolare)
(0;0)					
(1.95;-0.35)					
(5.5;-1.4)					
(10;-2.72)					
(14.51;-4.04)					
(17.47;-4.91)					
(20.11;-5.19)					
(27.5;-5.18)					

Falda						acquifera
Falda	di	sinistra	:	-11		m
Falda	di	destra	:	-11		m

Elementi

Paratia			:			strutturali
X			:	0		WallElement
Quota	in	alto	:	0		m
Quota	di	fondo	:	-20		m
Sezione			:		pali	600mm/900mm

Scavo 1

Scavo

Muro			di			sinistra
Lato		monte	:	0		m
Lato		valle	:	-2		m

Linea	di	scavo	di	sinistra	(Irregolare)
(-27.2;17.16)					
(-18.6;9.45)					
(-9.76;3.58)					
(0;0)					



Linea	di	scavo	di	destra	(Irregolare)
(0;-2)					
(1.95;-2)					
(5.5;-2)					
(10;-2.72)					
(14.51;-4.04)					
(17.47;-4.91)					
(20.11;-5.19)					
(27.5;-5.18)					

Falda					acquifera
Falda	di	sinistra	:	-11	m
Falda	di	destra	:	-11	m

Elementi					strutturali
Paratia			:		WallElement
X			:	0	m
Quota	in	alto	:	0	m
Quota	di	fondo	:	-20	m
Sezione			:	pali	600mm/900mm

Scavo 2

Scavo					
Muro			di		sinistra
Lato		monte	:	0	m
Lato		valle	:	-4.5	m

Linea	di	scavo	di	sinistra	(Irregolare)
(-27.2;17.16)					
(-18.6;9.45)					
(-9.76;3.58)					
(0;0)					

Linea	di	scavo	di	destra	(Irregolare)
(0;-4.5)					
(1.95;-4.5)					
(5.5;-4.5)					
(10;-4.5)					
(14.51;-4.5)					
(17.47;-4.91)					
(20.11;-5.19)					
(27.5;-5.18)					

Falda					acquifera
Falda	di	sinistra	:	-11	m
Falda	di	destra	:	-11	m

Elementi					strutturali
Paratia			:		WallElement
X			:	0	m
Quota	in	alto	:	0	m
Quota	di	fondo	:	-20	m
Sezione			:	pali	600mm/900mm

Puntone 1

Scavo					
Muro			di		sinistra
Lato		monte	:	0	m
Lato		valle	:	-4.5	m



Linea	di	scavo	di	sinistra	(Irregolare)
(-27.2;17.16)					
(-18.6;9.45)					
(-9.76;3.58)					
(0;0)					
Linea	di	scavo	di	destra	(Irregolare)
(0;-4.5)					
(1.95;-4.5)					
(5.5;-4.5)					
(10;-4.5)					
(14.51;-4.5)					
(17.47;-4.91)					
(20.11;-5.19)					
(27.5;-5.18)					

Falda					acquifera
Falda	di	sinistra	:	-11	m
Falda	di	destra	:	-11	m

Elementi					strutturali
Paratia			:		WallElement
X			:	0	m
Quota	in	alto	:	0	m
Quota	di	fondo	:	-20	m
Sezione			:	pali	600mm/900mm
Vincolo	fisso		:	Puntone	1
X			:	0	m
Z			:	-3.9	m
Angolo			:	0	°

Scavo 3

Scavo					
Muro			di		sinistra
Lato	monte		:	0	m
Lato	valle		:	-8	m
Linea	di	scavo	di	sinistra	(Irregolare)
(-27.2;17.16)					
(-18.6;9.45)					
(-9.76;3.58)					
(0;0)					
Linea	di	scavo	di	destra	(Orizzontale)
-8					m

Falda					acquifera
Falda	di	sinistra	:	-11	m
Falda	di	destra	:	-11	m

Elementi					strutturali
Paratia			:		WallElement
X			:	0	m
Quota	in	alto	:	0	m
Quota	di	fondo	:	-20	m
Sezione			:	pali	600mm/900mm
Vincolo	fisso		:	Puntone	1
X			:	0	m
Z			:	-3.9	m
Angolo			:	0	°

Scavo 4





Scavo

Muro			di				sinistra
Lato		monte	:		0		m
Lato		valle	:		-11		m
Linea	di		scavo	di		sinistra	(Irregolare)
Linea	di		scavo	di		destra	(Orizzontale)
							m

Falda

Falda	di		sinistra	:		-11	acquifera
Falda	di		destra	:		-11	m

Elementi

Paratia			:				strutturali
X			:		0		WallElement
Quota	in		alto	:		0	m
Quota	di		fondo	:		-20	m
Sezione				:			600mm/900mm
Vincolo	fisso			:			Puntone
X				:		0	1
Z				:		-3.9	m
Angolo			:			0	°

Sisma

Scavo

Muro			di				sinistra
Lato		monte	:		0		m
Lato		valle	:		-11		m
Linea	di		scavo	di		sinistra	(Irregolare)
Linea	di		scavo	di		destra	(Orizzontale)
							m

Falda

Falda	di		sinistra	:		-11	acquifera
Falda	di		destra	:		-11	m

Elementi

Paratia			:				strutturali
X			:		0		WallElement
Quota	in		alto	:		0	m
Quota	di		fondo	:		-20	m
Sezione				:			600mm/900mm
Vincolo	fisso			:			Puntone
X				:		0	1
Z				:		-3.9	m
Angolo			:			0	°

Descrizione Coefficienti Design Assumption



Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavorur)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favorur)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavorur)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favorur)	Carico Sismico (F_seismic_load)	Pressioni Acquatiche (F_water_pressure)	Pressioni Acquee (F_water_pressure)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_UPL)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_UPL)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_UPL)	Carichi Variabili Stabilizzanti (F_UPL)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_HYD)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_HYD)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_HYD)	Carichi Variabili Stabilizzanti (F_HYD)	
Simbolo	γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}	γ_G	γ_G	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1	1	1

Nome	Parziale su tan(θ') (F_Fr)	Parziale su (F_eff_cohe)	Parziale su (F_Su)	Parziale su (F_qu)	Parziale su specifico (F_gamma)	peso
Simbolo	γ_ϕ	γ_c	γ_{cu}	γ_{qu}	γ_γ	
Nominal	1	1	1	1	1	1
NTC2018: (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	SLE 1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1

Nome	Parziale resistenza (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza terreno Tiranti (F_Anch_P)	Parziale resistenza permanenti Tiranti (F_Anch_T)	Parziale resistenza temporanei strutturali (F_wall)	Parziale elementi
Simbolo	γ_{Re}	γ_{ap}	γ_{at}		
Nominal	1	1	1	1	1
NTC2018: (Rara/Frequente/Quasi)	SLE 1	1	1	1	1



Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale Tiranti (F_Anch_P)	resistenza permanenti Tiranti (F_Anch_T)	Parziale resistenza temporanei strutturali (F_wall)	Parziale elementi
Simbolo	γ_{Re}	γ_{ap}	γ_{at}		
Permanente)					
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per 1 tiranti)		1.2	1.1		1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1.2	1.1		1
NTC2018: SISMICA STR	1	1.2	1.1		1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1.2	1.1		1

Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Litostatico	Paratia	Scavo 1	Scavo 2	Puntone 1	Scavo 3	Scavo 4	Sisma
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)								
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO	V	V	V	V	V	V	V	V

Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

Tabella Inviluppi Momento WallElement

Z (m)	Selected Design Assumptions Inviluppi: Momento Muro: WallElement	
	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0.491	0
-0.4	1.986	0
-0.6	4.506	0.001
-0.8	8.072	0.002
-1	12.712	0.003
-1.2	18.49	0.004
-1.4	25.471	0.006
-1.6	33.718	0.008
-1.8	43.296	0.011
-2	54.267	0.014
-2.2	66.691	0.018
-2.4	80.629	0.023
-2.6	96.137	0.028



Selected Design Assumptions Involuppi: Momento Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-2.8	113.271	0.033
-3	132.066	0.04
-3.2	152.547	0.047
-3.4	174.738	0.054
-3.6	198.656	0.062
-3.8	224.313	0.054
-3.9	237.796	0.04
-4.1	202.131	0.015
-4.3	167.264	0
-4.5	133.296	0
-4.7	128.924	0
-4.9	139.993	0
-5.1	148.464	17.705
-5.3	153.886	48.947
-5.5	155.81	78.643
-5.7	154.018	106.665
-5.9	149.22	132.883
-6.1	142.036	157.167
-6.3	133.005	179.39
-6.5	122.584	199.42
-6.7	111.156	217.13
-6.9	99.041	232.39
-7.1	86.595	245.071
-7.3	74.133	255.044
-7.5	62.027	262.178
-7.7	50.615	266.347
-7.9	40.115	267.419
-8.1	30.668	265.266
-8.3	22.352	259.759
-8.5	15.195	250.768
-8.7	9.183	238.164
-8.9	19.827	221.819
-9.1	32.108	201.602
-9.3	43.481	177.385
-9.5	54.227	149.038
-9.7	64.623	116.433

c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E





Selected Design Assumptions Involuppi: Momento Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-9.9	75.046	86.526
-10.1	85.881	55.579
-10.3	91.554	23.991
-10.5	92.546	2.934
-10.7	89.262	2.32
-10.9	128.112	1.789
-11.1	169.623	1.34
-11.3	198.67	0.967
-11.5	216.92	0.661
-11.7	225.922	0.417
-11.9	227.073	0.225
-12.1	221.599	0.081
-12.3	210.557	0
-12.5	194.831	0.027
-12.7	175.147	0.061
-12.9	152.873	0.075
-13.1	129.787	0.751
-13.3	107.2	1.511
-13.5	86.026	2.595
-13.7	66.855	3.448
-13.9	50.014	3.874
-14.1	35.629	3.976
-14.3	23.674	3.845
-14.5	14.019	3.555
-14.7	6.461	3.168
-14.9	0.758	2.732
-15.1	0.018	4.088
-15.3	0.01	6.125
-15.5	0.004	7.817
-15.7	0.003	8.654
-15.9	0.003	8.841
-16.1	0.003	8.554
-16.3	0.002	7.943
-16.5	0.03	7.129
-16.7	0.073	6.21
-16.9	0.1	5.259

c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



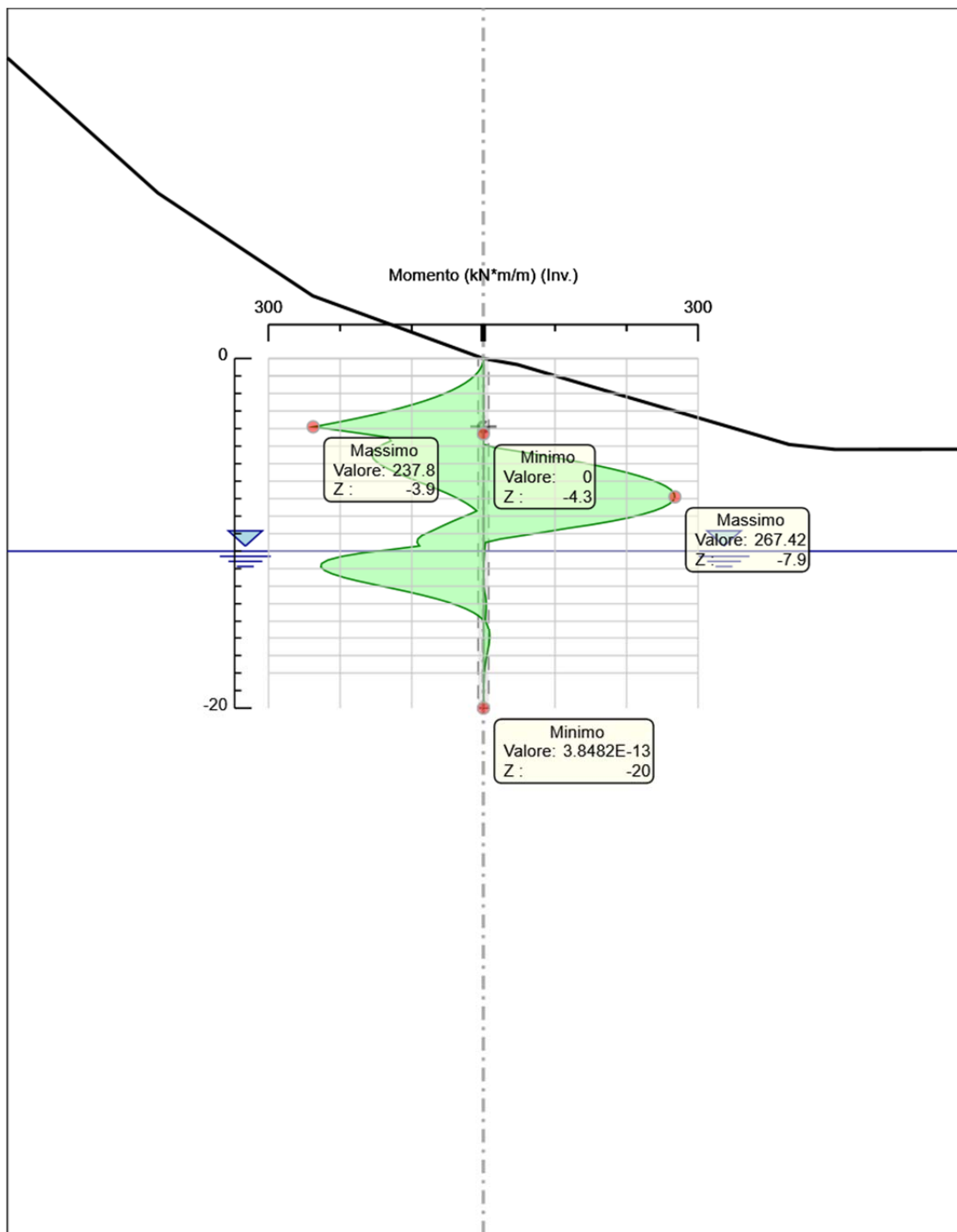


Selected Design Assumptions Inviluppi: Momento Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-17.1	0.133	4.333
-17.3	0.169	3.469
-17.5	0.186	2.693
-17.7	0.188	2.018
-17.9	0.179	1.451
-18.1	0.163	0.99
-18.3	0.142	0.629
-18.5	0.119	0.36
-18.7	0.095	0.172
-18.9	0.072	0.051
-19.1	0.077	0
-19.3	0.07	0
-19.5	0.048	0
-19.7	0.022	0
-19.9	0.003	0
-20	0	0

Grafico Inviluppi Momento

c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



Momento

Tabella Involuppi Taglio WallElement

Selected Design Assumptions Involuppi: Taglio Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	2.456	0
-0.2	7.475	0.001

c_d9969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



Selected Design Assumptions Involuppi: Taglio Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-0.4	12.6	0.002
-0.6	17.831	0.004
-0.8	23.198	0.005
-1	28.889	0.007
-1.2	34.904	0.009
-1.4	41.239	0.012
-1.6	47.89	0.014
-1.8	54.853	0.017
-2	62.121	0.019
-2.2	69.687	0.022
-2.4	77.541	0.025
-2.6	85.673	0.028
-2.8	93.972	0.032
-3	102.406	0.035
-3.2	110.954	0.038
-3.4	119.59	0.038
-3.6	128.286	0.037
-3.8	134.832	0
-3.9	134.832	189.011
-4.1	70.059	189.011
-4.3	74.556	185.16
-4.5	74.556	180.662
-4.7	66.077	175.518
-4.9	55.343	169.728
-5.1	42.355	163.292
-5.3	27.114	156.21
-5.5	9.618	148.483
-5.7	0	140.109
-5.9	0	131.089
-6.1	0	121.423
-6.3	0	111.112
-6.5	0	100.154
-6.7	0	88.55
-6.9	0	77.776
-7.1	13.481	66.918
-7.3	27.669	62.31

c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



Selected Design Assumptions Involuppi: Taglio Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-7.5	42.503	60.531
-7.7	57.983	57.06
-7.9	74.108	52.498
-8.1	75.807	47.236
-8.3	75.807	41.581
-8.5	75.251	35.787
-8.7	81.728	30.058
-8.9	101.084	24.49
-9.1	121.086	19.159
-9.3	141.733	14.106
-9.5	163.027	9.319
-9.7	184.967	4.701
-9.9	207.553	0.238
-10.1	207.553	0
-10.3	207.553	4.952
-10.5	207.553	17.265
-10.7	207.553	34.013
-10.9	207.556	45.059
-11.1	207.556	50.551
-11.3	145.235	51.834
-11.5	91.246	51.834
-11.7	50.329	50.088
-11.9	19.348	46.296
-12.1	0.725	55.212
-12.3	0.527	78.629
-12.5	0.363	98.421
-12.7	0.228	111.369
-12.9	0.121	115.429
-13.1	0.039	115.429
-13.3	0.054	112.936
-13.5	0.061	105.869
-13.7	0.061	95.857
-13.9	0.49	84.206
-14.1	0.907	71.927
-14.3	1.449	59.772
-14.5	1.935	48.276

c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



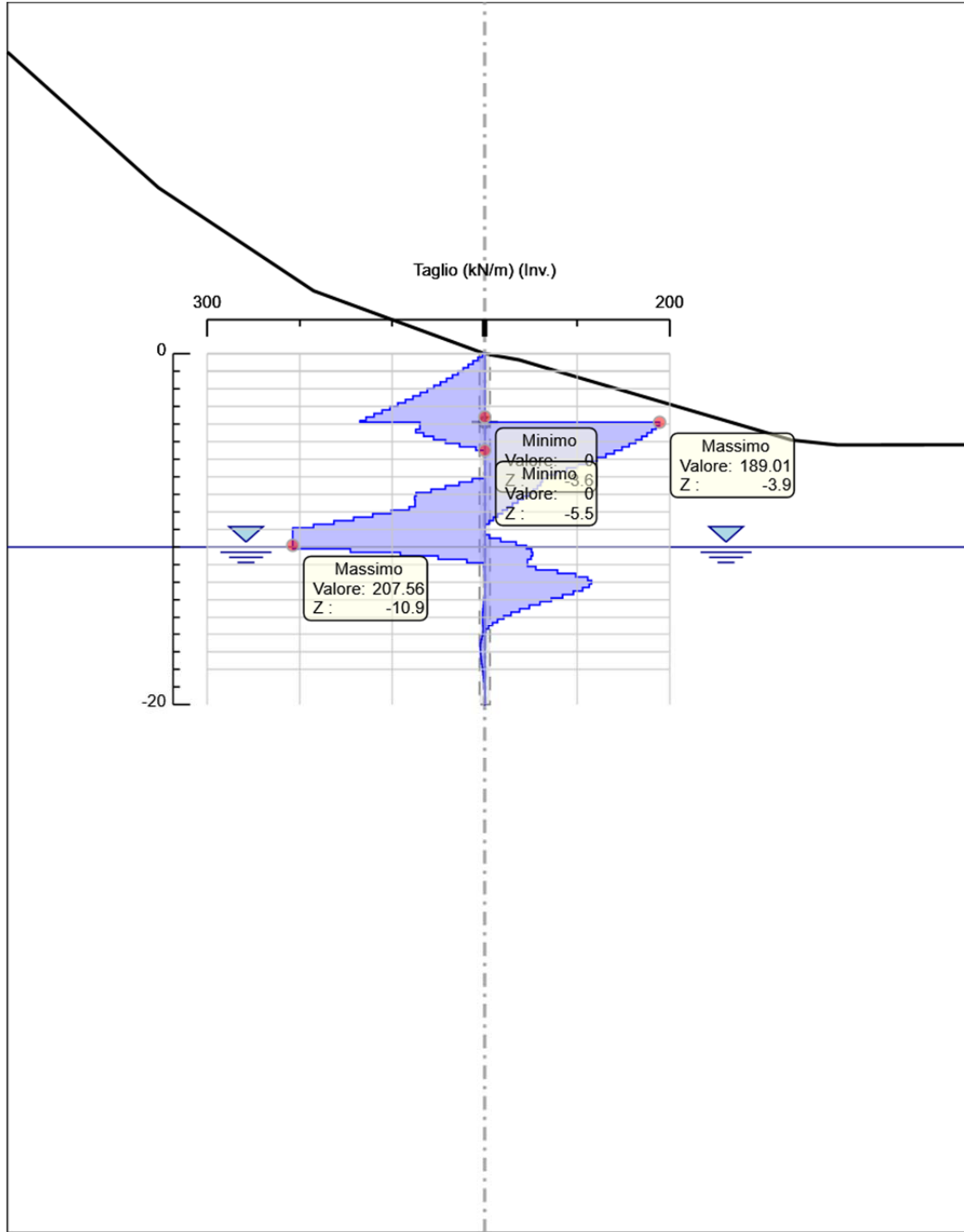


Selected Design Assumptions Inviluppi: Taglio Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-14.7	2.18	37.788
-14.9	2.242	28.514
-15.1	2.242	20.543
-15.3	2.171	13.877
-15.5	2.011	8.458
-15.7	1.795	4.186
-15.9	2.076	0.935
-16.1	3.056	0.008
-16.3	4.069	0.003
-16.5	4.598	0.003
-16.7	4.753	0.002
-16.9	4.753	0.002
-17.1	4.633	0.001
-17.3	4.319	0.01
-17.5	3.881	0.036
-17.7	3.373	0.053
-17.9	2.837	0.081
-18.1	2.305	0.104
-18.3	1.803	0.116
-18.5	1.345	0.119
-18.7	0.942	0.119
-18.9	0.602	0.115
-19.1	0.328	0.106
-19.3	0.122	0.109
-19.5	0	0.129
-19.7	0	0.129
-19.9	0	0.095
-20	0	0.029

Grafico Inviluppi Taglio

c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



Taglio

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
				%
NTC2018: A2+M2+R1 Litostatico	Left Wall	LEFT		6.13
NTC2018: A2+M2+R1 Scavo 4	Left Wall	RIGHT		14.76



Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva
				%

NTC2018: A2+M2+R1 Scavo 4 Left Wall LEFT 168.83

NTC2018: A2+M2+R1 Litostatico Left Wall RIGHT 563.34

Inviluppo Risultati Elementi Strutturali

Elemento strutturale	Design Assumption	Stage	Fixed Support	Sollecitazione
				kN/m

Puntone 1 NTC2018: SISMICA GEO Sisma 315.79

c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E





16.2 Paratia canale – Eccetto SLD



Report di Calcolo

Nome Progetto: New Project

Autore: Ingegnere

Jobname: \\10.0.10.1\Dati\1 COMMESSE\343-Genova Maltempo\3 - Lavoro\343-Scarico di valle\343-SdV Paratie\343 - SdV SCAVO FORZATO-quinconce.pplus

Data: 15/09/2022 15:09:30

Design Section: Base Design Section

Sommario

1	PREMESSA	1
2	OGGETTO E SCOPO	3
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
4	SOFTWARE DI CALCOLO	7
	4.1 Calcolo delle paratie.....	7
	4.1.1 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo	7
	4.1.2 Ipotesi generali di calcolo	7
	4.1.3 Affidabilità dei codici di calcolo.....	7
	4.1.4 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati	7
	4.2 Analisi di stabilità globale.....	8
	4.2.1 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo	8
	4.2.2 Ipotesi generali di calcolo	8
	4.2.3 Affidabilità dei codici di calcolo.....	9
	4.2.4 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati	9
	4.3 Altri software.....	9
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	10
	5.1 Calcestruzzo	10
	5.2 Acciaio.....	10
	5.3 Ulteriori specifiche relative ai materiali	11
	5.3.1 Calcestruzzo.....	11
6	CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE E GEOTECNICHE.....	14
	6.1 Stratigrafia di progetto.....	14



7	VALUTAZIONE SISMICA	16
7.1	Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento	16
7.2	Pericolosità sismica	17
7.3	Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche	17
7.4	Valutazione dell'azione pseudostatici	20
7.4.1	Azione pseudostatica per le paratie	20
7.4.2	Azione pseudostatica per le verifiche di stabilità globale	21
8	CRITERI DI CALCOLO	23
8.1	Premesse	23
8.2	Combinazioni delle azioni	23
8.3	Coefficienti delle azioni agli stati limite	24
8.4	Verifica agli Stati Limite delle paratie	24
8.4.1	SLU	24
8.4.2	SLV	25
8.4.3	SLE	26
9	CRITERI DI VERIFICA	27
9.1	Stati Limite di Esercizio (SLE)	27
9.1.1	Verifica delle tensioni	27
9.1.2	Verifica dell'apertura delle fessure	27
9.2	Stati Limite Ultimi (SLU)	28
9.2.1	Verifica degli elementi in calcestruzzo armato	29
9.3	Criteri di verifica delle sezioni in acciaio	30
9.4	Verifica dei puntoni	31
9.5	Verifica di stabilità globale	31
9.5.1	SLU	31
9.5.2	SLV	31
10	IMPOSTAZIONE DEL MODELLO	33
10.1.1	Origine e caratteristiche dei codici di calcolo	33
10.1.2	Ipotesi generali di calcolo	33
10.1.3	Affidabilità dei codici di calcolo	33
10.1.4	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati	33
10.2	Analisi di stabilità globale	34
10.2.1	Origine e caratteristiche dei codici di calcolo	34
10.2.2	Ipotesi generali di calcolo	34
10.2.3	Affidabilità dei codici di calcolo	35
10.2.4	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati	35
10.3	Altri software	35
10.4	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	36
10.4.1	Geometria	36
10.4.2	Fasi costruttive paratia d'imbocco	37
10.4.3	Fasi costruttive paratia canale di collegamento	40
11	ANALISI DEI CARICHI	44
11.1	Carichi permanenti	44
11.2	Carichi variabili	44
11.3	Azione sismica	44
12	RISULTATI MODELLO	46
12.1	Pali	46
12.1.1	Sezione di imbocco	46
12.1.2	Sezione su scatolare	51
12.2	Sistemi di contrasto	56
12.2.1	Sezione di imbocco	56
13	VERIFICHE STRUTTURALI	57
13.1	Verifica dei pali lato imbocco	57
13.1.1	Verifica a flessione	57
13.1.2	Verifica a Taglio	57
13.1.3	Verifica a fessurazione	58
13.2	Verifica dei pali scatolare di collegamento	61

c_d9969 - Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



13.2.1 Verifica a flessione61
 13.2.2 Verifica a Taglio.....61
 13.2.3 Verifica a fessurazione.....62
 13.3 Verifica puntoni..... 65
 13.4 Verifica trave di ripartizione..... 66
14 VERIFICHE STABILITÀ GLOBALE..... 69
15 CONCLUSIONI 72
16 ALLEGATO 1: report delle analisi ParatiePlus..... 73
 16.1 Paratia d'imbocco..... 73
 16.2 Paratia canale – Eccetto SLD 92
 16.3 Paratia d'imbocco – SLD.....112
17 ALLEGATO 2: report delle analisi di stabilità globale..... 133
 17.1 Condizioni statiche.....133
 17.2 Condizioni sismiche142

Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo	:				HORIZONTAL
Quota	:		0		m
OCR	:				1
Tipo	:				HORIZONTAL
Quota	:		-0.5		m
OCR	:				1

Strato Terreno	di Terreno	γ	γ_{sat}	θ'	ϕ'	c'	Su Modulo Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Av	exp	Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur	
		kN/m ³	kN/m ³	°	°	kPa	kPa	kPa	kPa					kPa			kPa	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ³
1	VEG	19	19	28	0	Constant		20000	32000											
2	AAIAM	19	19	31	0	Constant		28000	44800											

Descrizione Pareti

X	:					5.5														m		
Quota	:	in				alto														0	m	
Quota	:	di				fondo														-12	m	
Muro																					di	destra

Sezione	:																				Quin	conce
Area	:					equivalente															0.4477	m
Inerzia	:					equivalente															0.084	m ⁴ /m
Materiale	:					calcestruzzo																C28/35
Tipo	:					sezione																Tangent
Spaziatura	:																				0.8	m
Diametro	:																				0.8	m
Efficacia	:																					1

X	:																					0	m	
Quota	:	in				alto																0	m	
Quota	:	di				fondo																-12	m	
Muro																							di	sinistra

Sezione	:																					Quin	conce
Area	:					equivalente																0.4477	m
Inerzia	:					equivalente																0.084	m ⁴ /m
Materiale	:					calcestruzzo																	C28/35





Tipo	sezione	:		Tangent
Spaziatura	:		0.8	m
Diametro	:		0.8	m
Efficacia	:			1

Fasi di Calcolo

Stage 1

Scavo

Muro		di			sinistra
Lato	monte	:	0		m
Lato	valle	:	0		m
Muro		di			destra
Lato	monte	:	0		m
Lato	valle	:	0		m
Linea	di	scavo	di	sinistra	(Orizzontale)
0					m
Linea	di	scavo		centrale	(Orizzontale)
0					m
Linea	di	scavo	di	destra	(Orizzontale)
0					m

Falda

Falda	di	sinistra	:	-5.95	acquifera
Falda	di	destra	:	-5.95	m
Falda		centrale-sinistra	:	-5.95	m
Falda		centrale-destra	:	-5.95	m

Stage 2

Scavo

Muro		di			sinistra
Lato	monte	:	0		m
Lato	valle	:	0		m
Muro		di			destra
Lato	monte	:	0		m
Lato	valle	:	0		m
Linea	di	scavo	di	sinistra	(Orizzontale)
0					m
Linea	di	scavo		centrale	(Orizzontale)
0					m
Linea	di	scavo	di	destra	(Orizzontale)
0					m

Falda

Falda	di	sinistra	:	-5.95	acquifera
Falda	di	destra	:	-5.95	m
Falda		centrale-sinistra	:	-5.95	m
Falda		centrale-destra	:	-5.95	m

Carichi

Carico	lineare	in	superficie	:	SurfaceSurcharge
X	iniziale		:	-6	m
X	finale		:	-1	m
Pressione	iniziale		:	20	kPa
Pressione	finale		:	20	kPa





Carico	lineare	in	superficie	:		SurfaceSurcharge
X	iniziale		:		6.5	m
X	finale		:		11.5	m
Pressione	iniziale		:		20	kPa
Pressione	finale		:		20	kPa

Elementi						strutturali
Paratia			:			WallElement_New
X			:	5.5		m
Quota	in	alto	:		0	m
Quota	di	fondo	:		-12	m
Sezione			:			Quinconce
Paratia			:			WallElement
X			:	0		m
Quota	in	alto	:		0	m
Quota	di	fondo	:		-12	m
Sezione			:			Quinconce

Stage 3

Scavo

Muro			di			sinistra
Lato	monte		:		0	m
Lato	valle		:		-3	m
Muro			di			destra
Lato	monte		:		0	m
Lato	valle		:		-3	m
Linea	di	scavo	di		sinistra	(Orizzontale)
0						m
Linea	di	scavo			centrale	(Orizzontale)
-3						m
Linea	di	scavo	di		destra	(Orizzontale)
0						m

Falda

Falda	di	sinistra	:		-5.95	acquifera
Falda	di	destra	:		-5.95	m
Falda		centrale-sinistra	:		-5.95	m
Falda		centrale-destra	:		-5.95	m

Carichi

Carico	lineare	in	superficie	:		SurfaceSurcharge
X	iniziale		:		-6	m
X	finale		:		-1	m
Pressione	iniziale		:		20	kPa
Pressione	finale		:		20	kPa
Carico	lineare	in	superficie	:		SurfaceSurcharge
X	iniziale		:		6.5	m
X	finale		:		11.5	m
Pressione	iniziale		:		20	kPa
Pressione	finale		:		20	kPa

Elementi

Paratia			:			strutturali
X			:	5.5		WallElement_New
Quota	in	alto	:		0	m
Quota	di	fondo	:		-12	m
Sezione			:			Quinconce
Paratia			:			WallElement
X			:	0		m
Quota	in	alto	:		0	m
Quota	di	fondo	:		-12	m
Sezione			:			Quinconce



Stage 4

Scavo

Muro			di				sinistra
Lato		monte	:		0		m
Lato		valle	:		-5		m
Muro			di				destra
Lato		monte	:		0		m
Lato		valle	:		-5		m
Linea	di		scavo	di		sinistra	(Orizzontale)
0							m
Linea	di		scavo			centrale	(Orizzontale)
-5							m
Linea	di		scavo	di		destra	(Orizzontale)
0							m

Falda

Falda	di		sinistra	:		-5.95	acquifera
Falda	di		destra	:		-5.95	m
Falda		centrale-sinistra	:			-5.95	m
Falda		centrale-destra	:			-5.95	m

Carichi

Carico	lineare		in	superficie	:		SurfaceSurcharge
X		iniziale	:			-6	m
X		finale	:			-1	m
Pressione		iniziale	:			20	kPa
Pressione		finale	:			20	kPa
Carico	lineare		in	superficie	:		SurfaceSurcharge
X		iniziale	:			6.5	m
X		finale	:			11.5	m
Pressione		iniziale	:			20	kPa
Pressione		finale	:			20	kPa

Elementi

Paratia			:				strutturali
X			:		5.5		WallElement_New
Quota	in		alto	:		0	m
Quota	di		fondo	:		-12	m
Sezione			:				Quinconce
Paratia			:				WallElement
X			:		0		m
Quota	in		alto	:		0	m
Quota	di		fondo	:		-12	m
Sezione			:				Quinconce

Manufatto

Scavo

Muro			di				sinistra
Lato		monte	:		0		m
Lato		valle	:		-5		m
Muro			di				destra
Lato		monte	:		0		m
Lato		valle	:		-5		m
Linea	di		scavo	di		sinistra	(Orizzontale)
0							m
Linea	di		scavo			centrale	(Orizzontale)
-5							m



Linea	di	scavo	di	destra	(Orizzontale)
0					m
Falda					
Falda	di	sinistra	:	-5.95	acquifera m
Falda	di	destra	:	-5.95	m
Falda		centrale-sinistra	:	-5.95	m
Falda		centrale-destra	:	-5.95	m
Carichi					
Carico	lineare	in	superficie	:	SurfaceSurcharge
X		iniziale	:	-6	m
X		finale	:	-1	m
Pressione		iniziale	:	20	kPa
Pressione		finale	:	20	kPa
Carico	lineare	in	superficie	:	SurfaceSurcharge
X		iniziale	:	6.5	m
X		finale	:	11.5	m
Pressione		iniziale	:	20	kPa
Pressione		finale	:	20	kPa
Elementi					
Paratia			:		strutturali WallElement_New
X			:	5.5	m
Quota	in	alto	:	0	m
Quota	di	fondo	:	-12	m
Sezione			:		Quinconce
Soletta			:		Slab
X	del	primo	muro	:	0 m
X	del	secondo	muro	:	5.5 m
Z				-4.5	m
Lunghezza			:	5.5	m
Angolo			:	0	°
Sezione			:	Default	Section
Soletta			:		Slab_New
X	del	primo	muro	:	0 m
X	del	secondo	muro	:	5.5 m
Z				-0.5	m
Lunghezza			:	5.5	m
Angolo			:	0	°
Sezione			:	Default	Section
Paratia			:		WallElement
X			:	0	m
Quota	in	alto	:	0	m
Quota	di	fondo	:	-12	m
Sezione			:		Quinconce
Sisma					
Scavo					
Muro			di		sinistra
Lato		monte	:	0	m
Lato		valle	:	-5	m
Muro			di		destra
Lato		monte	:	0	m
Lato		valle	:	-5	m
Linea	di	scavo	di	sinistra	(Orizzontale)
0					m
Linea	di	scavo		centrale	(Orizzontale)
-5					m
Linea	di	scavo	di	destra	(Orizzontale)
0					m

c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



Falda						acquifera
Falda	di		sinistra	:	-5.95	m
Falda	di		destra	:	-5.95	m
Falda		centrale-sinistra		:	-5.95	m
Falda		centrale-destra		:	-5.95	m
Carichi						
Carico	lineare		in	superficie	:	SurfaceSurcharge
X		iniziale		:	-6	m
X		finale		:	-1	m
Pressione		iniziale		:	20	kPa
Pressione		finale		:	20	kPa
Carico	lineare		in	superficie	:	SurfaceSurcharge
X		iniziale		:	6.5	m
X		finale		:	11.5	m
Pressione		iniziale		:	20	kPa
Pressione		finale		:	20	kPa
Elementi						strutturali
Paratia				:		WallElement_New
X				:	5.5	m
Quota	in		alto	:	0	m
Quota	di		fondo	:	-12	m
Sezione				:		Quinconce
Soletta				:		Slab
X	del	primo	muro	:	0	m
X	del	secondo	muro	:	5.5	m
Z				:	-4.5	m
Lunghezza				:	5.5	m
Angolo				:	0	°
Sezione				:	Default	Section
Soletta				:		Slab_New
X	del	primo	muro	:	0	m
X	del	secondo	muro	:	5.5	m
Z				:	-0.5	m
Lunghezza				:	5.5	m
Angolo				:	0	°
Sezione				:	Default	Section
Paratia				:		WallElement
X				:	0	m
Quota	in		alto	:	0	m
Quota	di		fondo	:	-12	m
Sezione				:		Quinconce

Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavor)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_live_load_favor)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavor)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favor)	Carico Sismico (F_seismic)	Pressioni Acque Lato Montagne (F_water)	Pressioni Acque Lato Destabi (F_water)	Carichi Permanenti Destabi (F_UPL)	Carichi Permanenti Stabili (F_UPL)	Carichi Variabili Destabi (F_UPL)	Carichi Permanenti Destabi (F_HYD)	Carichi Permanenti Stabili (F_HYD)	Carichi Variabili Destabi (F_HYD)
Simbolo	γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}	γ_G	γ_G	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Freq)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1



Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavor)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favor)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavor)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favor)	Carico Sismico (F_seismic)	Pressioni Acque Lato Montee (F_Water)	Pressioni Acque Lato Valle (F_Valley)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_UPL)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_UPL)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_QDStab)	Carichi Variabili Stabilizzanti (F_QDStab)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_HYD)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_HYD)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_HYD)	Carichi Variabili Stabilizzanti (F_HYD)	
Simbolo	γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}	γ_G	γ_G	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}
utente/Quasi Permanente)																
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1		
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1		
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1		

Nome	Parziale tan(ϕ') (F_Fr)	Parziale su (F_eff_cohe)	Parziale su c' (F_Su)	Parziale su (F_qu)	Parziale su qu specifico (F_gamma)	peso
Simbolo	γ_ϕ	γ_c	γ_{cu}	γ_{qu}	γ_γ	
Nominal	1	1	1	1	1	
NTC2018: (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	SLE 1	1	1	1	1	
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1	
NTC2018: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1	
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale Tiranti (F_Anch_P)	Parziale resistenza permanenti Tiranti (F_Anch_T)	Parziale resistenza temporanei strutturali (F_wall)	Parziale elementi
Simbolo	γ_{Re}	γ_{ap}	γ_{at}		
Nominal	1	1	1		1
NTC2018: (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	SLE 1	1	1		1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)		1.2	1.1		1



Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale Tiranti (F_Anch_P)	resistenza permanenti Tiranti (F_Anch_T)	Parziale resistenza temporanei strutturali (F_wall)	Parziale elementi
Simbolo	γ_{Re}	γ_{ap}	γ_{at}		
NTC2018: A2+M2+R1	1	1.2	1.1		1
NTC2018: SISMICA STR	1	1.2	1.1		1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1.2	1.1		1

Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption

Stage 1 Stage 2 Stage 3 Stage 4 Manufatto Sisma

NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)V	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)					
NTC2018: A2+M2+R1					
NTC2018: SISMICA STR					
NTC2018: SISMICA GEO					

Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

Tabella Inviluppi Momento WallElement_New

Selected Design Assumptions Inviluppi: Momento Muro: WallElement_New

Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0	0
-0.4	0.04	0.055
-0.5	0.077	11.017
-0.7	0.2	10.24
-0.9	0.385	9.646
-1.1	0.625	9.289
-1.3	0.914	9.228
-1.5	1.244	9.517
-1.7	1.604	10.219
-1.9	1.98	11.393
-2.1	2.36	13.098
-2.3	2.737	15.391
-2.5	3.105	18.329
-2.7	3.459	22.181
-2.9	3.795	27.578
-3.1	4.11	33.782



Selected Design Assumptions Involuppi: Momento Muro: WallElement_New

Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-3.3	4.401	40.845
-3.5	4.667	48.819
-3.7	4.907	57.757
-3.9	5.116	67.713
-4.1	5.295	78.737
-4.3	5.444	90.88
-4.5	5.564	106.407
-4.7	5.654	120.834
-4.9	5.713	136.532
-5.1	5.741	153.551
-5.3	5.738	171.597
-5.5	5.702	190.028
-5.7	5.634	208.202
-5.9	5.532	225.476
-6.1	5.396	241.208
-6.3	5.228	255.009
-6.5	5.034	266.57
-6.7	4.817	275.584
-6.9	4.582	281.93
-7.1	4.334	285.735
-7.3	4.075	287.126
-7.5	3.809	286.231
-7.7	3.54	283.174
-7.9	3.269	278.083
-8.1	3	271.082
-8.3	2.735	262.296
-8.5	2.475	251.849
-8.7	2.222	239.865
-8.9	1.978	226.466
-9.1	1.745	211.776
-9.3	1.522	195.917
-9.5	1.313	179.01
-9.7	1.117	161.177
-9.9	0.935	142.603
-10.1	0.768	123.49
-10.3	0.616	104.11

c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



Selected Design Assumptions Inviluppi: Momento Muro: WallElement_New

Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-10.5	0.481	85.016
-10.7	0.362	66.757
-10.9	0.259	49.841
-11.1	0.174	34.709
-11.3	0.105	21.786
-11.5	0.054	11.493
-11.7	0.019	4.251
-11.9	0.002	0.482
-12	0	0

Tabella Inviluppi Momento WallElement

Selected Design Assumptions Inviluppi: Momento Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0	0
-0.4	0.055	0.04
-0.5	11.017	0.077
-0.7	10.24	0.2
-0.9	9.646	0.385
-1.1	9.289	0.625
-1.3	9.228	0.914
-1.5	9.517	1.244
-1.7	10.219	1.604
-1.9	11.393	1.98
-2.1	13.098	2.36
-2.3	15.391	2.737
-2.5	18.329	3.105
-2.7	22.181	3.459
-2.9	27.578	3.795
-3.1	33.782	4.11
-3.3	40.845	4.401
-3.5	48.819	4.667
-3.7	57.757	4.907
-3.9	67.713	5.116
-4.1	78.737	5.295
-4.3	90.88	5.444



Selected Design Assumptions Inviluppi: Momento Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-4.5	106.407	5.564
-4.7	120.834	5.654
-4.9	136.532	5.713
-5.1	153.551	5.741
-5.3	171.597	5.738
-5.5	190.028	5.702
-5.7	208.202	5.634
-5.9	225.476	5.532
-6.1	241.208	5.396
-6.3	255.009	5.228
-6.5	266.57	5.034
-6.7	275.584	4.817
-6.9	281.93	4.582
-7.1	285.735	4.334
-7.3	287.126	4.075
-7.5	286.231	3.809
-7.7	283.174	3.54
-7.9	278.083	3.269
-8.1	271.082	3
-8.3	262.296	2.735
-8.5	251.849	2.475
-8.7	239.865	2.222
-8.9	226.466	1.978
-9.1	211.776	1.745
-9.3	195.917	1.522
-9.5	179.01	1.313
-9.7	161.177	1.117
-9.9	142.603	0.935
-10.1	123.49	0.768
-10.3	104.11	0.616
-10.5	85.016	0.481
-10.7	66.757	0.362
-10.9	49.841	0.259
-11.1	34.709	0.174
-11.3	21.786	0.105
-11.5	11.493	0.054

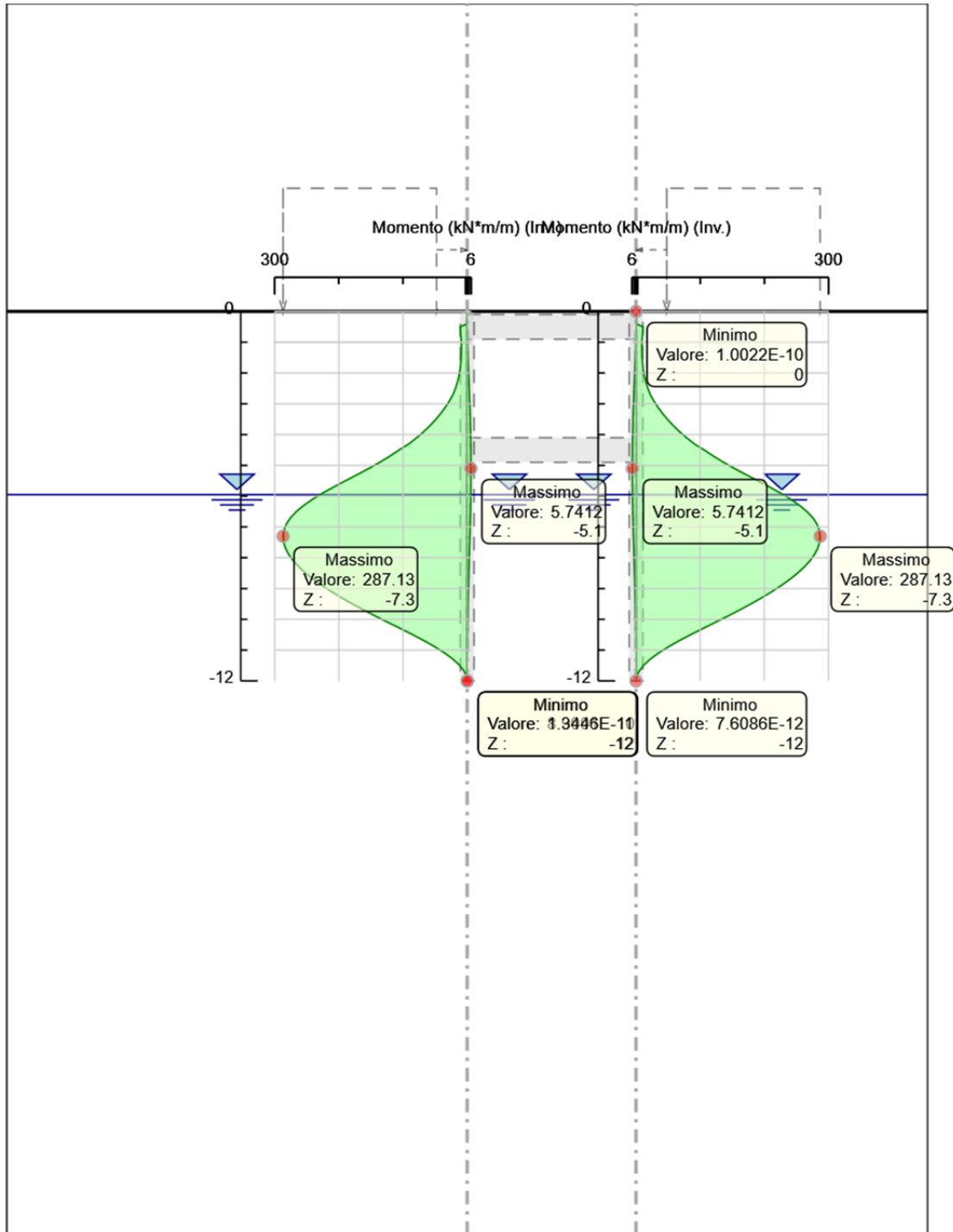
c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



Selected Design Assumptions Involupi: Momento Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-11.7	4.251	0.019
-11.9	0.482	0.002
-12	0	0

Grafico Involupi Momento



c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



Momento

Tabella Involuppi Taglio WallElement_New

Selected Design Assumptions Involuppi: Taglio Muro: WallElement_New

Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0	0
-0.2	0.199	0.277
-0.4	0.368	0.7
-0.5	3.881	1.176
-0.7	3.881	2.084
-0.9	2.973	3.273
-1.1	1.782	4.746
-1.3	1.653	6.5
-1.5	1.799	8.555
-1.7	1.877	10.915
-1.9	1.902	13.569
-2.1	1.902	16.509
-2.3	1.887	19.728
-2.5	1.84	23.222
-2.7	1.769	26.986
-2.9	1.679	31.018
-3.1	1.573	35.314
-3.3	1.457	39.873
-3.5	1.331	44.692
-3.7	1.198	49.778
-3.9	1.047	55.121
-4.1	0.893	60.712
-4.3	0.747	66.558
-4.5	0.599	72.659
-4.7	0.449	79.012
-4.9	0.296	85.618
-5.1	0.141	90.744
-5.3	0	92.66
-5.5	0	92.66
-5.7	0	91.365
-5.9	0	86.859
-6.1	2.59	79.14
-6.3	5.265	69.469

c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



Selected Design Assumptions Inviluppi: Taglio Muro: WallElement_New

Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-6.5	7.907	58.258
-6.7	10.382	45.509
-6.9	12.604	32.155
-7.1	14.58	19.437
-7.3	16.317	7.354
-7.5	17.819	1.347
-7.7	25.456	1.352
-7.9	35.005	1.352
-8.1	43.93	1.346
-8.3	52.235	1.328
-8.5	59.921	1.3
-8.7	66.992	1.264
-8.9	73.45	1.219
-9.1	79.297	1.168
-9.3	84.535	1.111
-9.5	89.167	1.048
-9.7	92.87	0.981
-9.9	95.568	0.909
-10.1	96.898	0.835
-10.3	96.898	0.757
-10.5	95.471	0.677
-10.7	91.293	0.596
-10.9	84.579	0.513
-11.1	75.66	0.428
-11.3	64.617	0.343
-11.5	51.467	0.257
-11.7	36.21	0.171
-11.9	18.845	0.086
-12	4.815	0.021

Tabella Inviluppi Taglio WallElement

Selected Design Assumptions Inviluppi: Taglio Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0	0
-0.2	0.277	0.199
-0.4	0.7	0.368



Selected Design Assumptions Involuppi: Taglio Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-0.5	1.176	3.881
-0.7	2.084	3.881
-0.9	3.273	2.973
-1.1	4.746	1.782
-1.3	6.5	1.653
-1.5	8.555	1.799
-1.7	10.915	1.877
-1.9	13.569	1.902
-2.1	16.509	1.902
-2.3	19.728	1.887
-2.5	23.222	1.84
-2.7	26.986	1.769
-2.9	31.018	1.679
-3.1	35.314	1.573
-3.3	39.873	1.457
-3.5	44.692	1.331
-3.7	49.778	1.198
-3.9	55.121	1.047
-4.1	60.712	0.893
-4.3	66.558	0.747
-4.5	72.659	0.599
-4.7	79.012	0.449
-4.9	85.618	0.296
-5.1	90.744	0.141
-5.3	92.66	0
-5.5	92.66	0
-5.7	91.365	0
-5.9	86.859	0
-6.1	79.14	2.59
-6.3	69.469	5.265
-6.5	58.258	7.907
-6.7	45.509	10.382
-6.9	32.155	12.604
-7.1	19.437	14.58
-7.3	7.354	16.317
-7.5	1.347	17.819

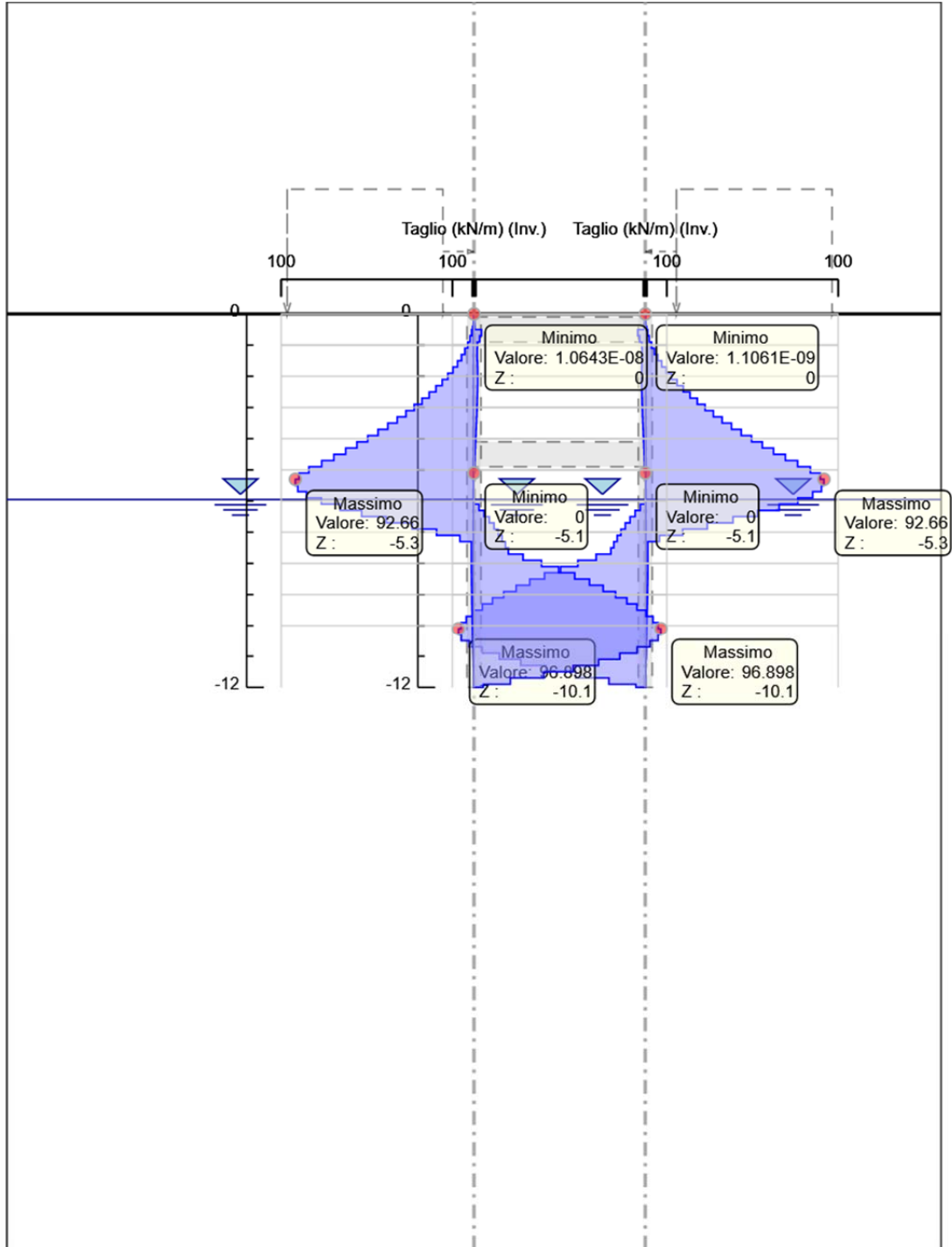
c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



Selected Design Assumptions Inviluppi: Taglio Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-7.7	1.352	25.456
-7.9	1.352	35.005
-8.1	1.346	43.93
-8.3	1.328	52.235
-8.5	1.3	59.921
-8.7	1.264	66.992
-8.9	1.219	73.45
-9.1	1.168	79.297
-9.3	1.111	84.535
-9.5	1.048	89.167
-9.7	0.981	92.87
-9.9	0.909	95.568
-10.1	0.835	96.898
-10.3	0.757	96.898
-10.5	0.677	95.471
-10.7	0.596	91.293
-10.9	0.513	84.579
-11.1	0.428	75.66
-11.3	0.343	64.617
-11.5	0.257	51.467
-11.7	0.171	36.21
-11.9	0.086	18.845
-12	0.021	4.815

Grafico Inviluppi Taglio



Taglio

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
				%
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Stage 1	Left Wall	LEFT	10.65
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Stage 4	Left Wall	RIGHT	37.02



16.3 Paratia d'imbocco – SLD



Report di Calcolo

Nome Progetto: New Project

Autore: Ingegnere

Jobname: \\10.0.10.1\Dati\1 COMMESSE\343-Genova Maltempo\3 - Lavoro\343-Scarico di valle\343-SdV Paratie\343 - SdV SCAVO FORZATO SLD quinconce.pplus

Data: 15/09/2022 15:08:27

Design Section: Base Design Section

Sommario

1	PREMESSA	1
2	OGGETTO E SCOPO	3
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
4	SOFTWARE DI CALCOLO	7
	4.1 Calcolo delle paratie	7
	4.1.1 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo	7
	4.1.2 Ipotesi generali di calcolo	7
	4.1.3 Affidabilità dei codici di calcolo	7
	4.1.4 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati	7
	4.2 Analisi di stabilità globale	8
	4.2.1 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo	8
	4.2.2 Ipotesi generali di calcolo	8
	4.2.3 Affidabilità dei codici di calcolo	9
	4.2.4 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati	9
	4.3 Altri software	9
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	10
	5.1 Calcestruzzo	10
	5.2 Acciaio	10
	5.3 Ulteriori specifiche relative ai materiali	11
	5.3.1 Calcestruzzo	11
6	CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE E GEOTECNICHE	14
	6.1 Stratigrafia di progetto	14



7	VALUTAZIONE SISMICA	16
7.1	Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento.....	16
7.2	Pericolosità sismica.....	17
7.3	Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche.....	17
7.4	Valutazione dell'azione pseudostatici.....	20
7.4.1	Azione pseudostatica per le paratie.....	20
7.4.2	Azione pseudostatica per le verifiche di stabilità globale.....	21
8	CRITERI DI CALCOLO	23
8.1	Premesse.....	23
8.2	Combinazioni delle azioni.....	23
8.3	Coefficienti delle azioni agli stati limite.....	24
8.4	Verifica agli Stati Limite delle paratie.....	24
8.4.1	SLU.....	24
8.4.2	SLV.....	25
8.4.3	SLE.....	26
9	CRITERI DI VERIFICA	27
9.1	Stati Limite di Esercizio (SLE).....	27
9.1.1	Verifica delle tensioni.....	27
9.1.2	Verifica dell'apertura delle fessure.....	27
9.2	Stati Limite Ultimi (SLU).....	28
9.2.1	Verifica degli elementi in calcestruzzo armato.....	29
9.3	Criteri di verifica delle sezioni in acciaio.....	30
9.4	Verifica dei puntoni.....	31
9.5	Verifica di stabilità globale.....	31
9.5.1	SLU.....	31
9.5.2	SLV.....	31
10	IMPOSTAZIONE DEL MODELLO	33
10.1.1	Origine e caratteristiche dei codici di calcolo.....	33
10.1.2	Ipotesi generali di calcolo.....	33
10.1.3	Affidabilità dei codici di calcolo.....	33
10.1.4	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.....	33
10.2	Analisi di stabilità globale.....	34
10.2.1	Origine e caratteristiche dei codici di calcolo.....	34
10.2.2	Ipotesi generali di calcolo.....	34
10.2.3	Affidabilità dei codici di calcolo.....	35
10.2.4	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.....	35
10.3	Altri software.....	35
10.4	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO.....	36
10.4.1	Geometria.....	36
10.4.2	Fasi costruttive paratia d'imbocco.....	37
10.4.3	Fasi costruttive paratia canale di collegamento.....	40
11	ANALISI DEI CARICHI	44
11.1	Carichi permanenti.....	44
11.2	Carichi variabili.....	44
11.3	Azione sismica.....	44
12	RISULTATI MODELLO	46
12.1	Pali.....	46
12.1.1	Sezione di imbocco.....	46
12.1.2	Sezione su scatolare.....	51
12.2	Sistemi di contrasto.....	56
12.2.1	Sezione di imbocco.....	56
13	VERIFICHE STRUTTURALI	57
13.1	Verifica dei pali lato imbocco.....	57
13.1.1	Verifica a flessione.....	57
13.1.2	Verifica a Taglio.....	57
13.1.3	Verifica a fessurazione.....	58
13.2	Verifica dei pali scatolare di collegamento.....	61



13.2.1 Verifica a flessione61
 13.2.2 Verifica a Taglio.....61
 13.2.3 Verifica a fessurazione62
 13.3 Verifica puntoni..... 65
 13.4 Verifica trave di ripartizione..... 66
14 VERIFICHE STABILITÀ GLOBALE..... 69
15 CONCLUSIONI 72
16 ALLEGATO 1: report delle analisi ParatiePlus..... 73
 16.1 Paratia d'imbocco..... 73
 16.2 Paratia canale – Eccetto SLD 92
 16.3 Paratia d'imbocco – SLD.....112
17 ALLEGATO 2: report delle analisi di stabilità globale..... 133
 17.1 Condizioni statiche.....133
 17.2 Condizioni sismiche142

Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo	:	:	:	HORIZONTAL
Quota	:	:	0	m
OCR	:	:	:	1
Tipo	:	:	:	HORIZONTAL
Quota	:	:	-0.5	m
OCR	:	:	:	1

Strato Terreno	di Terreno	γ	γ_{sat}	θ'	ϕ'	c'	Su Modulo Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Av	exp	Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur	
		kN/m ³	kN/m ³	°	°	kPa	kPa		kPa	kPa				kPa			kPa	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ³
1	VEG	19	19	28	0	0	Constant	20000	32000											
2	AAIAM	19	19	31	0	0	Constant	28000	44800											

Descrizione Pareti

X	:	:	:	5.5	m
Quota	in	:	alto	:	0
Quota	di	:	fondo	:	-12
Muro				di	destra

Sezione	:	:	:	0.4477	Quin
Area	equivalente	:	:	0.4477	conce
Inerzia	equivalente	:	:	0.084	m
Materiale	calcestruzzo	:	:	:	m ⁴ /m
Tipo	sezione	:	:	:	C28/35
Spaziatura	:	:	:	0.8	Tangent
Diametro	:	:	:	0.8	m
Efficacia	:	:	:	:	1

X	:	:	:	0	m
Quota	in	:	alto	:	0
Quota	di	:	fondo	:	-12
Muro				di	sinistra

Sezione	:	:	:	0.4477	Quin
Area	equivalente	:	:	0.4477	conce
Inerzia	equivalente	:	:	0.084	m
Materiale	calcestruzzo	:	:	:	m ⁴ /m
					C28/35





Tipo	sezione	:		Tangent
Spaziatura	:		0.8	m
Diametro	:		0.8	m
Efficacia	:			1

Fasi di Calcolo

Stage 1

Scavo

Muro		di			sinistra
Lato	monte	:	0		m
Lato	valle	:	0		m
Muro		di			destra
Lato	monte	:	0		m
Lato	valle	:	0		m
Linea	di	scavo	di	sinistra	(Orizzontale)
0					m
Linea	di	scavo		centrale	(Orizzontale)
0					m
Linea	di	scavo	di	destra	(Orizzontale)
0					m

Falda

Falda	di	sinistra	:	-5.95	acquifera
Falda	di	destra	:	-5.95	m
Falda		centrale-sinistra	:	-5.95	m
Falda		centrale-destra	:	-5.95	m

Stage 2

Scavo

Muro		di			sinistra
Lato	monte	:	0		m
Lato	valle	:	0		m
Muro		di			destra
Lato	monte	:	0		m
Lato	valle	:	0		m
Linea	di	scavo	di	sinistra	(Orizzontale)
0					m
Linea	di	scavo		centrale	(Orizzontale)
0					m
Linea	di	scavo	di	destra	(Orizzontale)
0					m

Falda

Falda	di	sinistra	:	-5.95	acquifera
Falda	di	destra	:	-5.95	m
Falda		centrale-sinistra	:	-5.95	m
Falda		centrale-destra	:	-5.95	m

Carichi

Carico	lineare	in	superficie	:	SurfaceSurcharge
X	iniziale		:	-6	m
X	finale		:	-1	m
Pressione	iniziale		:	20	kPa
Pressione	finale		:	20	kPa



Carico	lineare	in	superficie	:		SurfaceSurcharge
X	iniziale		:		6.5	m
X	finale		:		11.5	m
Pressione		iniziale	:		20	kPa
Pressione		finale	:		20	kPa

Elementi						strutturali
Paratia			:			WallElement_New
X			:	5.5		m
Quota	in	alto	:		0	m
Quota	di	fondo	:		-12	m
Sezione			:			Quinconce
Paratia			:			WallElement
X			:	0		m
Quota	in	alto	:		0	m
Quota	di	fondo	:		-12	m
Sezione			:			Quinconce

Stage 3

Scavo

Muro			di			sinistra
Lato		monte	:		0	m
Lato		valle	:		-3	m
Muro			di			destra
Lato		monte	:		0	m
Lato		valle	:		-3	m
Linea	di	scavo	di		sinistra	(Orizzontale)
0						m
Linea	di	scavo			centrale	(Orizzontale)
-3						m
Linea	di	scavo	di		destra	(Orizzontale)
0						m

Falda

Falda	di	sinistra	:		-5.95	acquifera
Falda	di	destra	:		-5.95	m
Falda		centrale-sinistra	:		-5.95	m
Falda		centrale-destra	:		-5.95	m

Carichi

Carico	lineare	in	superficie	:		SurfaceSurcharge
X	iniziale		:		-6	m
X	finale		:		-1	m
Pressione		iniziale	:		20	kPa
Pressione		finale	:		20	kPa
Carico	lineare	in	superficie	:		SurfaceSurcharge
X	iniziale		:		6.5	m
X	finale		:		11.5	m
Pressione		iniziale	:		20	kPa
Pressione		finale	:		20	kPa

Elementi

Paratia			:			strutturali
X			:	5.5		WallElement_New
Quota	in	alto	:		0	m
Quota	di	fondo	:		-12	m
Sezione			:			Quinconce
Paratia			:			WallElement
X			:	0		m
Quota	in	alto	:		0	m
Quota	di	fondo	:		-12	m
Sezione			:			Quinconce



Stage 4

Scavo

Muro			di				sinistra
Lato		monte	:		0		m
Lato		valle	:		-5		m
Muro			di				destra
Lato		monte	:		0		m
Lato		valle	:		-5		m
Linea	di		scavo	di		sinistra	(Orizzontale)
0							m
Linea	di		scavo			centrale	(Orizzontale)
-5							m
Linea	di		scavo	di		destra	(Orizzontale)
0							m

Falda

Falda	di		sinistra	:		-5.95	acquifera
Falda	di		destra	:		-5.95	m
Falda		centrale-sinistra	:			-5.95	m
Falda		centrale-destra	:			-5.95	m

Carichi

Carico	lineare		in	superficie	:		SurfaceSurcharge
X		iniziale		:		-6	m
X		finale		:		-1	m
Pressione		iniziale		:		20	kPa
Pressione		finale		:		20	kPa
Carico	lineare		in	superficie	:		SurfaceSurcharge
X		iniziale		:		6.5	m
X		finale		:		11.5	m
Pressione		iniziale		:		20	kPa
Pressione		finale		:		20	kPa

Elementi

Paratia			:				strutturali
X			:		5.5		WallElement_New
Quota	in		alto	:		0	m
Quota	di		fondo	:		-12	m
Sezione			:				Quinconce
Paratia			:				WallElement
X			:		0		m
Quota	in		alto	:		0	m
Quota	di		fondo	:		-12	m
Sezione			:				Quinconce

Manufatto

Scavo

Muro			di				sinistra
Lato		monte	:		0		m
Lato		valle	:		-5		m
Muro			di				destra
Lato		monte	:		0		m
Lato		valle	:		-5		m
Linea	di		scavo	di		sinistra	(Orizzontale)
0							m
Linea	di		scavo			centrale	(Orizzontale)
-5							m



Linea	di	scavo	di	destra	(Orizzontale)
0					m
Falda					acquifera
Falda	di	sinistra	:	-5.95	m
Falda	di	destra	:	-5.95	m
Falda		centrale-sinistra	:	-5.95	m
Falda		centrale-destra	:	-5.95	m
Carichi					
Carico	lineare	in	superficie	:	SurfaceSurcharge
X		iniziale	:	-6	m
X		finale	:	-1	m
Pressione		iniziale	:	20	kPa
Pressione		finale	:	20	kPa
Carico	lineare	in	superficie	:	SurfaceSurcharge
X		iniziale	:	6.5	m
X		finale	:	11.5	m
Pressione		iniziale	:	20	kPa
Pressione		finale	:	20	kPa
Elementi					
Paratia			:		strutturali
X			:	5.5	WallElement_New
Quota	in	alto	:	0	m
Quota	di	fondo	:	-12	m
Sezione			:		Quinconce
Soletta			:		Slab
X	del	primo	muro	:	0
X	del	secondo	muro	:	5.5
Z				-4.5	m
Lunghezza			:	5.5	m
Angolo			:	0	°
Sezione			:	Default	Section
Soletta			:		Slab_New
X	del	primo	muro	:	0
X	del	secondo	muro	:	5.5
Z				-0.5	m
Lunghezza			:	5.5	m
Angolo			:	0	°
Sezione			:	Default	Section
Paratia			:		WallElement
X			:	0	m
Quota	in	alto	:	0	m
Quota	di	fondo	:	-12	m
Sezione			:		Quinconce
Sisma					
Scavo					
Muro			di		sinistra
Lato		monte	:	0	m
Lato		valle	:	-5	m
Muro			di		destra
Lato		monte	:	0	m
Lato		valle	:	-5	m
Linea	di	scavo	di	sinistra	(Orizzontale)
0					m
Linea	di	scavo		centrale	(Orizzontale)
-5					m
Linea	di	scavo	di	destra	(Orizzontale)
0					m

c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



Falda						acquifera
Falda	di		sinistra	:	-5.95	m
Falda	di		destra	:	-5.95	m
Falda		centrale-sinistra		:	-5.95	m
Falda		centrale-destra		:	-5.95	m

Carichi						
Carico	lineare		in	superficie	:	SurfaceSurcharge
X		iniziale		:	-6	m
X		finale		:	-1	m
Pressione		iniziale		:	20	kPa
Pressione		finale		:	20	kPa
Carico	lineare		in	superficie	:	SurfaceSurcharge
X		iniziale		:	6.5	m
X		finale		:	11.5	m
Pressione		iniziale		:	20	kPa
Pressione		finale		:	20	kPa

Elementi						strutturali
Paratia				:		WallElement_New
X				:	5.5	m
Quota	in		alto	:	0	m
Quota	di		fondo	:	-12	m
Sezione				:		Quinconce
Soletta				:		Slab
X	del	primo	muro	:	0	m
X	del	secondo	muro	:	5.5	m
Z				:	-4.5	m
Lunghezza				:	5.5	m
Angolo				:	0	°
Sezione				:	Default	Section
Soletta				:		Slab_New
X	del	primo	muro	:	0	m
X	del	secondo	muro	:	5.5	m
Z				:	-0.5	m
Lunghezza				:	5.5	m
Angolo				:	0	°
Sezione				:	Default	Section
Paratia				:		WallElement
X				:	0	m
Quota	in		alto	:	0	m
Quota	di		fondo	:	-12	m
Sezione				:		Quinconce

Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavor)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_live_load_favor)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavor)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favor)	Carico Sismico (F_seismic)	Pressioni Acquee (F_water)	Pressioni Lato Valle (F_valley)	Carichi Permanenti Destabili (F_UPL)	Carichi Permanenti Stabili (F_UP)	Carichi Variabili Destabili (F_UPL)	Carichi Variabili Stabili (F_UP)	Carichi Permanenti Destabili (F_HYD)	Carichi Permanenti Stabili (F_HYD)	Carichi Variabili Destabili (F_HYD)	Carichi Variabili Stabili (F_HYD)
Simbolo	γG	γG	γQ	γQ	γQE	γG	γG	γGdst	γGstb	γQdst	γQdst	γGdst	γGdst	γGstb	γQdst
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Freq)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavorur)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favorur)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavorur)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favorur)	Carico Sismico (F_seismic)	Pressioni Acqua Lato Mont (F_Water)	Pressioni Acqua Lato Valle (F_Water)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_UPL)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_UPL)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_UPL)	Carichi Variabili Stabilizzanti (F_UPL)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_HYD)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_HYD)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_HYD)	Carichi Variabili Stabilizzanti (F_HYD)
Simbolo	γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}	γ_G	γ_G	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}		
Fonte/Quasi Permanente)															
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1	
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1	
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1	

Nome	Parziale tan(θ') (F_Fr)	Parziale su (F_eff_cohe)	Parziale su c' (F_Su)	Parziale su (F_qu)	Parziale su qu specifico (F_gamma)	peso
Simbolo	γ_ϕ	γ_c	γ_{cu}	γ_{qu}	γ_γ	
Nominal	1	1	1	1	1	
NTC2018: (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	SLE 1	1	1	1	1	
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1	
NTC2018: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1	
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale Tiranti (F_Anch_P)	Parziale resistenza permanenti Tiranti (F_Anch_T)	Parziale resistenza temporanei strutturali (F_wall)	Parziale elementi
Simbolo	γ_{Re}	γ_{ap}	γ_{at}		
Nominal	1	1	1		1
NTC2018: (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	SLE 1	1	1		1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)		1.2	1.1		1





Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale Tiranti (F_Anch_P)	resistenza permanenti Tiranti (F_Anch_T)	Parziale resistenza temporanei strutturali (F_wall)	Parziale elementi
Simbolo	γ_{Re}	γ_{ap}	γ_{at}		
NTC2018: A2+M2+R1	1	1.2	1.1		1
NTC2018: SISMICA STR	1	1.2	1.1		1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1.2	1.1		1

Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption

Stage 1 Stage 2 Stage 3 Stage 4 Manufatto Sisma

NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

NTC2018: A2+M2+R1

NTC2018: SISMICA STR

V V V V V V

NTC2018: SISMICA GEO

V V V V V V

Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

Tabella Inviluppi Momento WallElement_New

Selected Design Assumptions Inviluppi: Momento Muro: WallElement_New

Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0	0.013
-0.4	0.04	0.329
-0.5	0.077	11.017
-0.7	0.2	10.24
-0.9	0.385	9.646
-1.1	0.625	9.289
-1.3	0.914	9.615
-1.5	1.244	10.934
-1.7	1.604	12.913
-1.9	1.98	15.615
-2.1	2.36	19.099
-2.3	2.737	23.421
-2.5	3.105	28.639
-2.7	3.459	34.806
-2.9	3.795	41.978
-3.1	4.11	50.207





Selected Design Assumptions Involuppi: Momento Muro: WallElement_New

Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-3.3	4.401	59.546
-3.5	4.667	70.048
-3.7	4.907	81.764
-3.9	5.116	94.748
-4.1	5.295	109.049
-4.3	5.444	124.716
-4.5	5.564	162.621
-4.7	5.654	170.478
-4.9	5.713	179.85
-5.1	5.741	190.777
-5.3	5.738	202.943
-5.5	5.702	215.757
-5.7	5.634	228.628
-5.9	5.532	240.965
-6.1	5.396	252.18
-6.3	5.228	261.925
-6.5	5.034	269.936
-6.7	4.817	275.945
-6.9	4.582	281.93
-7.1	4.334	285.735
-7.3	4.075	287.126
-7.5	3.809	286.231
-7.7	3.54	283.174
-7.9	3.269	278.083
-8.1	3	271.082
-8.3	2.735	262.296
-8.5	2.475	251.849
-8.7	2.222	239.865
-8.9	1.978	226.466
-9.1	1.745	211.776
-9.3	1.522	195.917
-9.5	1.313	179.01
-9.7	1.117	161.177
-9.9	0.935	142.603
-10.1	0.768	123.49
-10.3	0.616	104.11

c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



Selected Design Assumptions Inviluppi: Momento Muro: WallElement_New

Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-10.5	0.481	85.016
-10.7	0.362	66.757
-10.9	0.259	49.841
-11.1	0.174	34.709
-11.3	0.105	21.786
-11.5	0.054	11.493
-11.7	0.019	4.251
-11.9	0.002	0.482
-12	0	0

Tabella Inviluppi Momento WallElement

Selected Design Assumptions Inviluppi: Momento Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0.013	0
-0.4	0.329	0.04
-0.5	11.017	0.077
-0.7	10.24	0.2
-0.9	9.646	0.385
-1.1	9.289	0.625
-1.3	9.615	0.914
-1.5	10.934	1.244
-1.7	12.913	1.604
-1.9	15.615	1.98
-2.1	19.099	2.36
-2.3	23.421	2.737
-2.5	28.639	3.105
-2.7	34.806	3.459
-2.9	41.978	3.795
-3.1	50.207	4.11
-3.3	59.546	4.401
-3.5	70.048	4.667
-3.7	81.764	4.907
-3.9	94.748	5.116
-4.1	109.049	5.295
-4.3	124.716	5.444



Selected Design Assumptions Involupi: Momento Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-4.5	162.621	5.564
-4.7	170.478	5.654
-4.9	179.85	5.713
-5.1	190.777	5.741
-5.3	202.943	5.738
-5.5	215.757	5.702
-5.7	228.628	5.634
-5.9	240.965	5.532
-6.1	252.18	5.396
-6.3	261.925	5.228
-6.5	269.936	5.034
-6.7	275.945	4.817
-6.9	281.93	4.582
-7.1	285.735	4.334
-7.3	287.126	4.075
-7.5	286.231	3.809
-7.7	283.174	3.54
-7.9	278.083	3.269
-8.1	271.082	3
-8.3	262.296	2.735
-8.5	251.849	2.475
-8.7	239.865	2.222
-8.9	226.466	1.978
-9.1	211.776	1.745
-9.3	195.917	1.522
-9.5	179.01	1.313
-9.7	161.177	1.117
-9.9	142.603	0.935
-10.1	123.49	0.768
-10.3	104.11	0.616
-10.5	85.016	0.481
-10.7	66.757	0.362
-10.9	49.841	0.259
-11.1	34.709	0.174
-11.3	21.786	0.105
-11.5	11.493	0.054

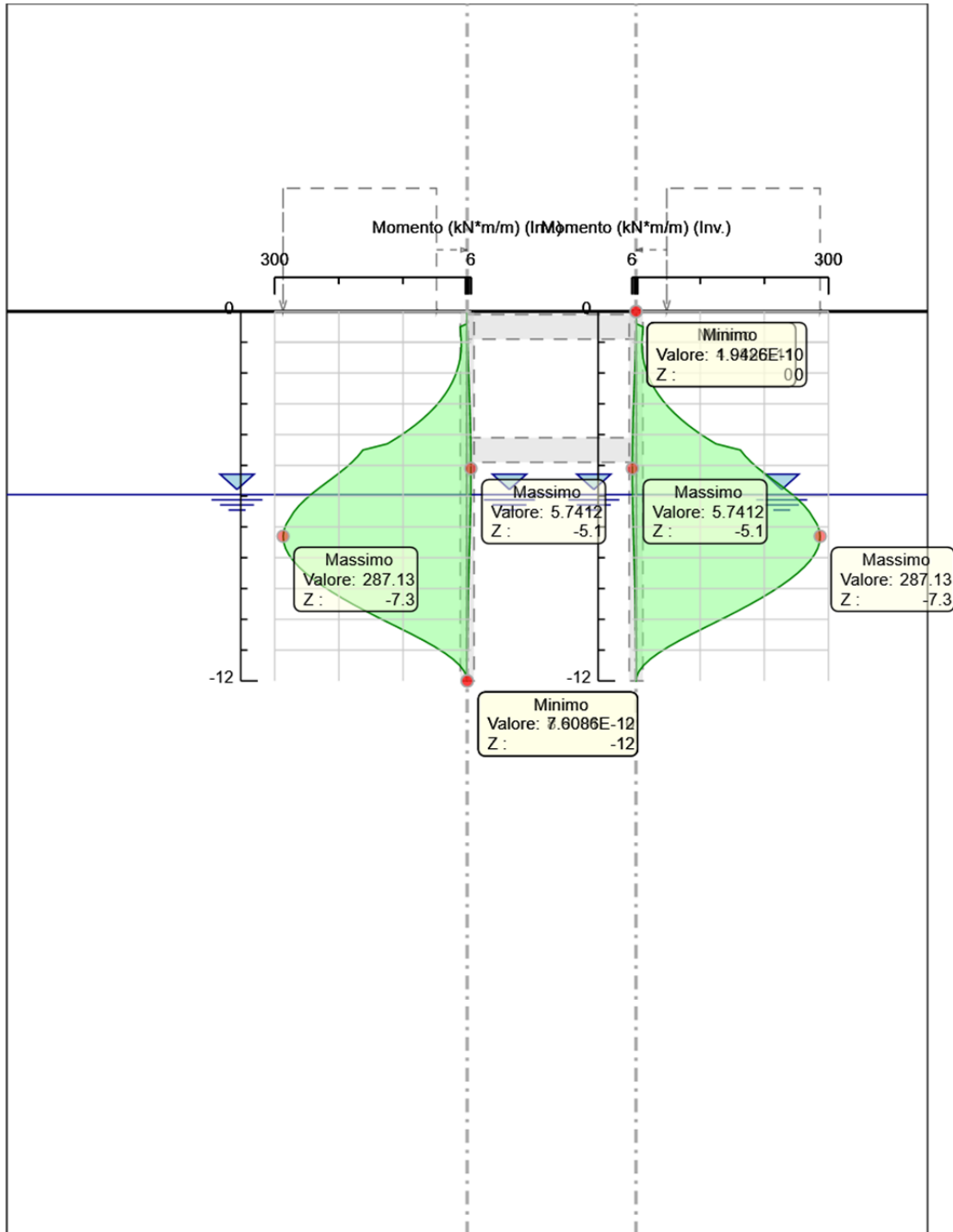
c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



Selected Design Assumptions Involupi: Momento Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-11.7	4.251	0.019
-11.9	0.482	0.002
-12	0	0

Grafico Involupi Momento



c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



Momento

Tabella Involuppi Taglio WallElement_New

Selected Design Assumptions Involuppi: Taglio Muro: WallElement_New

Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0	0.066
-0.2	0.199	1.581
-0.4	0.368	2.935
-0.5	3.881	2.935
-0.7	3.881	2.084
-0.9	2.973	3.273
-1.1	1.782	4.746
-1.3	1.653	6.594
-1.5	1.799	9.897
-1.7	1.877	13.51
-1.9	1.902	17.417
-2.1	1.902	21.612
-2.3	1.887	26.087
-2.5	1.84	30.837
-2.7	1.769	35.858
-2.9	1.679	41.146
-3.1	1.573	46.697
-3.3	1.457	52.51
-3.5	1.331	58.581
-3.7	1.198	64.917
-3.9	1.047	71.505
-4.1	0.893	78.337
-4.3	0.747	85.418
-4.5	0.599	85.418
-4.7	0.449	79.012
-4.9	0.296	85.618
-5.1	0.141	90.744
-5.3	0	92.66
-5.5	0	92.66
-5.7	0	91.365
-5.9	0	86.859
-6.1	2.59	79.14
-6.3	5.265	69.469

c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



Selected Design Assumptions Inviluppi: Taglio Muro: WallElement_New

Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-6.5	7.907	58.258
-6.7	10.382	45.509
-6.9	12.604	32.155
-7.1	14.58	19.437
-7.3	16.317	7.354
-7.5	23.606	1.347
-7.7	32.557	1.352
-7.9	40.86	1.352
-8.1	48.518	1.346
-8.3	55.532	1.328
-8.5	61.906	1.3
-8.7	67.642	1.264
-8.9	73.45	1.219
-9.1	79.297	1.168
-9.3	84.535	1.111
-9.5	89.167	1.048
-9.7	92.87	0.981
-9.9	95.568	0.909
-10.1	96.898	0.835
-10.3	96.898	0.757
-10.5	95.471	0.677
-10.7	91.293	0.596
-10.9	84.579	0.513
-11.1	75.66	0.428
-11.3	64.617	0.343
-11.5	51.467	0.257
-11.7	36.21	0.171
-11.9	18.845	0.086
-12	4.815	0.021

Tabella Inviluppi Taglio WallElement

Selected Design Assumptions Inviluppi: Taglio Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0.066	0
-0.2	1.581	0.199
-0.4	2.935	0.368





Selected Design Assumptions Involuppi: Taglio Muro: WallElement

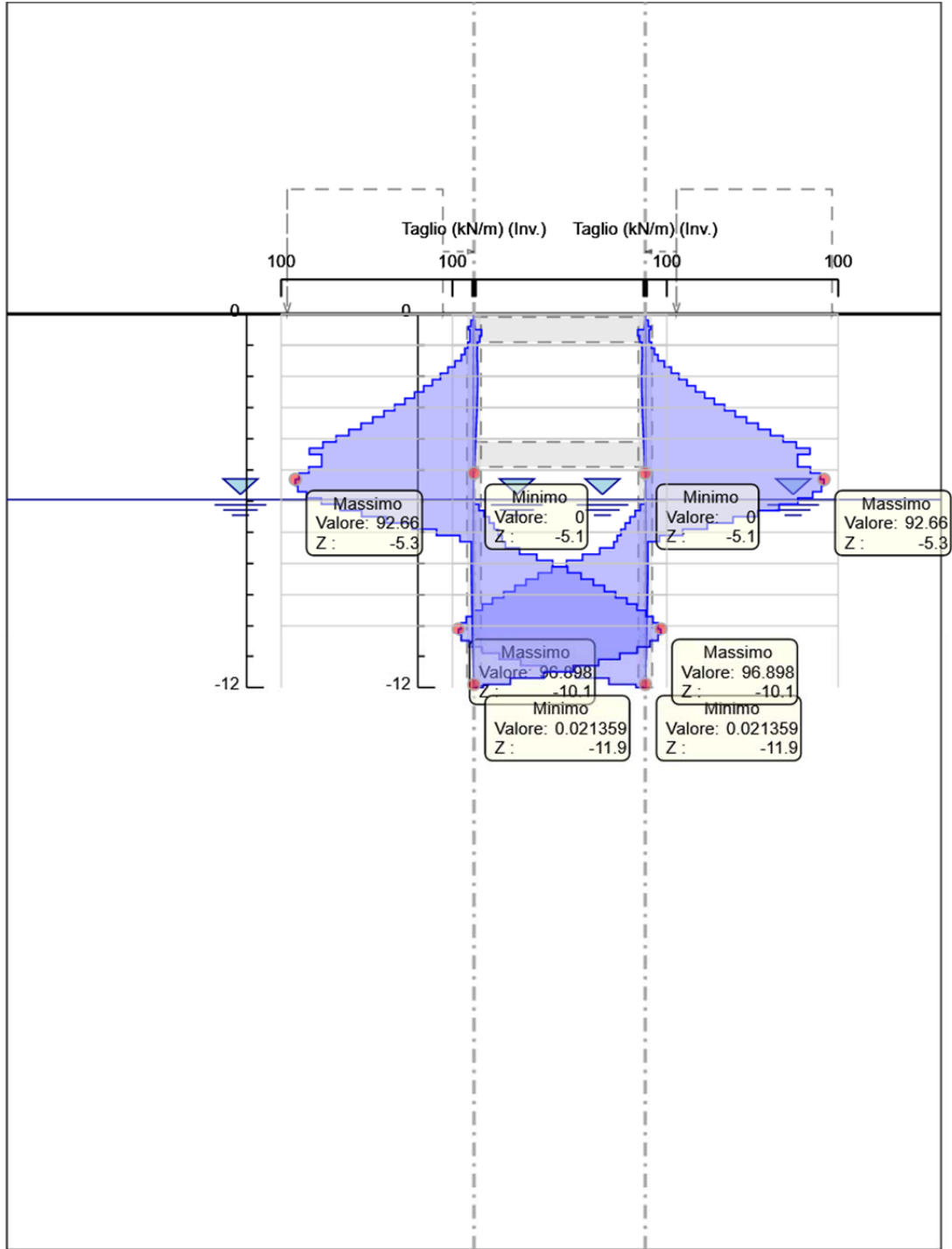
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-0.5	2.935	3.881
-0.7	2.084	3.881
-0.9	3.273	2.973
-1.1	4.746	1.782
-1.3	6.594	1.653
-1.5	9.897	1.799
-1.7	13.51	1.877
-1.9	17.417	1.902
-2.1	21.612	1.902
-2.3	26.087	1.887
-2.5	30.837	1.84
-2.7	35.858	1.769
-2.9	41.146	1.679
-3.1	46.697	1.573
-3.3	52.51	1.457
-3.5	58.581	1.331
-3.7	64.917	1.198
-3.9	71.505	1.047
-4.1	78.337	0.893
-4.3	85.418	0.747
-4.5	85.418	0.599
-4.7	79.012	0.449
-4.9	85.618	0.296
-5.1	90.744	0.141
-5.3	92.66	0
-5.5	92.66	0
-5.7	91.365	0
-5.9	86.859	0
-6.1	79.14	2.59
-6.3	69.469	5.265
-6.5	58.258	7.907
-6.7	45.509	10.382
-6.9	32.155	12.604
-7.1	19.437	14.58
-7.3	7.354	16.317
-7.5	1.347	23.606

c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E


Selected Design Assumptions Inviluppi: Taglio Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-7.7	1.352	32.557
-7.9	1.352	40.86
-8.1	1.346	48.518
-8.3	1.328	55.532
-8.5	1.3	61.906
-8.7	1.264	67.642
-8.9	1.219	73.45
-9.1	1.168	79.297
-9.3	1.111	84.535
-9.5	1.048	89.167
-9.7	0.981	92.87
-9.9	0.909	95.568
-10.1	0.835	96.898
-10.3	0.757	96.898
-10.5	0.677	95.471
-10.7	0.596	91.293
-10.9	0.513	84.579
-11.1	0.428	75.66
-11.3	0.343	64.617
-11.5	0.257	51.467
-11.7	0.171	36.21
-11.9	0.086	18.845
-12	0.021	4.815

Grafico Inviluppi Taglio



Taglio

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
				%
NTC2018: SISMICA STR	Stage 1	Left Wall	LEFT	10.65
NTC2018: SISMICA STR	Sisma	Left Wall	RIGHT	40.68



Design Assumption Stage Muro Lato Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

%

NTC2018: SISMICA STR Sisma Right wall LEFT 40.68

NTC2018: SISMICA STR Stage 1 Right wall RIGHT 10.65

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption Stage Muro Lato Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

%

NTC2018: SISMICA STR Sisma Left Wall LEFT 113.28

NTC2018: SISMICA STR Stage 1 Left Wall RIGHT 151.55

NTC2018: SISMICA STR Stage 1 Right wall LEFT 151.55

NTC2018: SISMICA STR Sisma Right wall RIGHT 113.28

Inviluppo Risultati Elementi Strutturali

Elemento strutturale Design Assumption Stage Soletta Assiale

kN/m

Slab NTC2018: SISMICA GEO Sisma -53.46

Slab_New NTC2018: SISMICA GEO Sisma -8.05

Elemento strutturale Design Assumption Stage Soletta Momento-a

kN*m/m

Slab NTC2018: SISMICA GEO Sisma 20.82

Slab_New NTC2018: SISMICA GEO Manufatto 10.89

Elemento strutturale Design Assumption Stage Soletta Momento-b

kN*m/m

Slab NTC2018: SISMICA GEO Sisma -20.82

Slab_New NTC2018: SISMICA GEO Manufatto -10.89

Elemento strutturale Design Assumption Stage Soletta Taglio-a

kN/m

Slab NTC2018: SISMICA GEO Sisma 13.75

Slab_New NTC2018: SISMICA GEO Sisma 13.75

Elemento strutturale Design Assumption Stage Soletta Taglio-b

kN/m

Slab NTC2018: SISMICA GEO Sisma 13.75

Slab_New NTC2018: SISMICA GEO Sisma 13.75



Committente:



Comune di Genova
"Opere di adeguamento idraulico del tratto tombinato di valle del rio Maltempo, affluente del torrente Polcevera"

Progetto Definitivo

Rev. 0

09/2022

Relazione di calcolo: Paratie di imbocco e di trincea

Pag. 132

a

c_0969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E

Progettista:



Mandataria

Mandante

Dott.ssa Claudia Pizzinato



17ALLEGATO 2: REPORT DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE

17.1 Condizioni statiche

Sezione 2 - SG Statico

Report generated using GeoStudio 2012. Copyright © 1991-2015 GEO-SLOPE International Ltd.

File Information

File Version: 8.15

Created By: Luca Piantanida

Last Edited By: Luca Piantanida

Revision Number: 381

Date: 05/08/2022

Time: 12:34:16

Tool Version: 8.15.1.11236

File Name: Stab glob.gsz

Directory: \\10.0.10.1\Dati\1 COMMESSE\344 Strutture Lissone\3 - Lavoro\3-Geostudio\

Last Solved Date: 05/08/2022

Last Solved Time: 12:34:26

Project Settings

Length(L) Units: Meters

Time(t) Units: Seconds

Force(F) Units: Kilonewtons

Pressure(p) Units: kPa

Strength Units: kPa

Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³

View: 2D

Element Thickness: 1

Analysis Settings

Sezione 2 - SG Statico

Kind: SLOPE/W

Method: Bishop

Settings

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Limit State Design Approach: NTC2018-A2+M2+R2 Statico



Slip Surface

Direction of movement: Left to Right

Use Passive Mode: No

Slip Surface Option: Entry and Exit

Critical slip surfaces saved: 100

Resisting Side Maximum Convex Angle: 1 °

Driving Side Maximum Convex Angle: 5 °

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

F of S Distribution

F of S Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 50

F of S Tolerance: 0.001

Minimum Slip Surface Depth: 1 m

Materials**Muro**

Model: High Strength

Unit Weight: 25 kN/m³

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Riporto/rilevato

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion': 0 kPa

Phi': 33 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Strato A

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 16.5 kN/m³

Cohesion': 0 kPa

Phi': 27 °

Phi-B: 0 °



Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Strato B

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 18.5 kN/m³

Cohesion': 0 kPa

Phi': 34 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Strato C

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 17.5 kN/m³

Cohesion': 0 kPa

Phi': 28 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Strato D

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.5 kN/m³

Cohesion': 0 kPa

Phi': 42 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Slip Surface Entry and Exit

Left Projection: Range

Left-Zone Left Coordinate: (-15; 4.408) m

Left-Zone Right Coordinate: (1.5; -0.081565) m

Left-Zone Increment: 20

Right Projection: Range

Right-Zone Left Coordinate: (3; -0.050213) m

Right-Zone Right Coordinate: (10; 0.1684) m

Right-Zone Increment: 20

Radius Increments: 10



Slip Surface Limits

Left Coordinate: (-18.5; 4.408) m

Right Coordinate: (10; 0.1684) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X (m)	Y (m)
Coordinate 1	-50	-30
Coordinate 2	50	-30

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 20 kN/m³

Direction: Vertical

Mode: Variable

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	-18.5	5.408
	-9.0942	5.408

Surcharge Load 2

Surcharge (Unit Weight): 20 kN/m³

Direction: Vertical

Mode: Variable

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	-7.3783	4.91
	-1.3783	4.91

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	-18.5	4.408
Point 2	-9.0942	4.408
Point 3	-8.0942	4.378
Point 4	-7.3783	3.91
Point 5	-7.3783	4.21



Point 6	-3.3979	-0.9694
Point 7	-3.3419	-1.3654
Point 8	-3.287	0.3915
Point 9	-3.1008	-0.9274
Point 10	-2.2783	3.38
Point 11	-2.2783	2.98
Point 12	-1.9008	0.5872
Point 13	-1.3783	3.98
Point 14	-1.3783	3.91
Point 15	-1.3783	3.38
Point 16	-0.5783	2.98
Point 17	-0.5783	3.98
Point 18	-0.3978	2.8172
Point 19	0	0
Point 20	0.0678	-0.4801
Point 21	0.3648	-0.4381
Point 22	0.4208	-0.8342
Point 23	0.618	-0.1
Point 24	0.618	0
Point 25	8.6749	0.1684
Point 26	8.6749	0.0684
Point 27	10	0.1684
Point 28	-18.5	0
Point 29	-18.5	-2.5
Point 30	-18.5	-5
Point 31	-18.5	-6
Point 32	-18.5	-15
Point 33	10	-0.4
Point 34	10	-2.5
Point 35	10	-5
Point 36	10	-6



Point 37	10	-15
Point 38	-3.231729	0

Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	Strato D	32;31;36;37	256.5
Region 2	Strato C	31;30;35;36	28.5
Region 3	Strato B	30;29;34;35	71.25
Region 4	Muro	7;6;9;38;8;12;11;10;15;14;13;17;16;18;19;20;21;22	11.098
Region 5	Riporto/rilevato	19;24;23;26;25;27;33;21;20	4.2861
Region 6	Riporto/rilevato	28;1;2;3;5;4;14;15;10;11;12;8;38	69.352
Region 7	Strato A	34;29;28;38;9;6;7;22;21;33	63.265

Current Slip Surface

Slip Surface: 1 736

F of S: 1.334

Volume: 43.995497 m³

Weight: 871.65156 kN

Resisting Moment: 3 928.0115 kN-m

Activating Moment: 2 945.4887 kN-m

F of S Rank (Analysis): 1 of 4 851 slip surfaces

F of S Rank (Query): 1 of 891 slip surfaces

Exit: (6.5498444; 0.023983492) m

Entry: (-7.8325544; 4.3165997) m

Radius: 8.6929305 m

Center: (0.61335374; 6.3741897) m

Slip Slices

	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
Slice 1	-7.7189908	3.929531	-332.74691	2.9408012	1.5278229	0
Slice 2	-7.4918636	3.2480255	-326.06339	9.3422042	4.8535187	0
Slice 3	-7.2296627	2.6412937	-320.11317	27.545601	14.310658	0
Slice 4	-6.9323881	2.0685105	-314.49588	36.234948	18.825001	0



Slice 5	-6.6351135	1.5831459	-309.73591	44.16454	22.94463	0
Slice 6	-6.3378388	1.1601123	-305.58722	51.490025	26.750411	0
Slice 7	-6.0405642	0.78500275	-301.90852	58.313798	30.295539	0
Slice 8	-5.7432896	0.44860042	-298.60942	64.708211	33.617603	0
Slice 9	-5.446015	0.14457528	-295.62785	70.726891	36.744464	0
Slice 10	-5.1617007	-0.12064086	-293.02688	80.412662	32.777838	0
Slice 11	-4.8903468	-0.35229446	-290.75505	84.865814	34.593034	0
Slice 12	-4.6189928	-0.56560262	-288.66314	89.081047	36.311248	0
Slice 13	-4.3476388	-0.76221617	-286.73495	93.077385	37.940237	0
Slice 14	-4.0762849	-0.94348488	-284.95724	96.870643	39.486446	0
Slice 15	-3.8049309	-1.1105266	-283.31907	100.47411	40.955294	0
Slice 16	-3.533577	-1.2642769	-281.81124	103.89907	42.351376	0
Slice 17	-3.3699	-1.3523708	-280.9473	107.38887	43.773888	0
Slice 18	-3.31445	-1.3807088	-280.66939	109.53708	44.649543	0
Slice 19	-3.2593645	-1.4083639	-280.39817	111.231	45.340021	0
Slice 20	-3.1662645	-1.4537246	-279.95332	116.84769	47.629496	0
Slice 21	-2.9637167	-1.5472359	-279.03626	122.65472	49.996562	0
Slice 22	-2.68955	-1.665456	-277.87687	125.65941	51.221333	0
Slice 23	-2.4153833	-1.7727363	-276.82478	128.50991	52.383256	0
Slice 24	-2.08955	-1.8854659	-275.71924	140.39386	57.227397	0
Slice 25	-1.770175	-1.9844813	-274.74819	149.9558	61.125036	0



Slice 26	-1.508925	-2.0546197	-274.06034	152.16016	62.02358	0
Slice 27	-1.2449667	-2.1166911	-273.45161	134.5113	54.829545	0
Slice 28	-0.9783	-2.1707084	-272.92186	136.3203	55.566931	0
Slice 29	-0.71163333	-2.21611	-272.47661	138.00524	56.253744	0
Slice 30	-0.48805	-2.2482039	-272.16186	113.31477	46.189409	0
Slice 31	-0.1989	-2.2784038	-271.86569	78.392317	31.954305	0
Slice 32	0.0339	-2.2993401	-271.66037	43.17169	17.59766	0
Slice 33	0.2163	-2.3083958	-271.57156	42.081475	17.153266	0
Slice 34	0.3928	-2.3158973	-271.498	40.708317	16.593539	0
Slice 35	0.5194	-2.3176737	-271.48057	39.205726	15.981052	0
Slice 36	0.76072443	-2.3163193	-271.49386	37.662614	15.352048	0
Slice 37	1.0461733	-2.306783	-271.58738	37.999922	15.489542	0
Slice 38	1.3316221	-2.287832	-271.77323	38.186764	15.565702	0
Slice 39	1.617071	-2.2594044	-272.05202	38.218708	15.578724	0
Slice 40	1.9025199	-2.2214058	-272.42467	38.09057	15.526492	0
Slice 41	2.1879687	-2.1737087	-272.89244	37.796303	15.406543	0
Slice 42	2.4734176	-2.1161492	-273.45692	37.328865	15.216005	0
Slice 43	2.7588664	-2.048525	-274.12011	36.680053	14.951536	0
Slice 44	3.0443153	-1.9705911	-274.88441	35.84029	14.609232	0
Slice 45	3.3297642	-1.8820552	-275.75268	34.798358	14.184519	0
Slice 46	3.615213	-1.7825714	-276.72832	33.54105	13.672015	0



Slice 47	3.9006619	-1.6717332	-277.81531	32.052721	13.065341	0
Slice 48	4.1861107	-1.5490631	-279.01834	30.314691	12.356885	0
Slice 49	4.4715596	-1.4140013	-280.34289	28.304447	11.537469	0
Slice 50	4.7570085	-1.2658891	-281.79543	25.994545	10.595906	0
Slice 51	5.0424573	-1.1039495	-283.38357	23.351079	9.5183753	0
Slice 52	5.3279062	0.92726033	-285.11636	20.331496	8.2875316	0
Slice 53	5.6133355	0.73471881	-287.00461	16.881369	6.8811898	0
Slice 54	5.8988039	0.52499368	-289.06139	12.929511	5.2703319	0
Slice 55	6.1686073	0.31003756	-291.16946	9.1637354	4.7607995	0
Slice 56	6.4227654	0.09021942	-293.32522	3.2621417	1.6947677	0



17.2 Condizioni sismiche

Sezione 2 - SG Sismico

Report generated using GeoStudio 2012. Copyright © 1991-2015 GEO-SLOPE International Ltd.

File Information

File Version: 8.15

Created By: Luca Piantanida

Last Edited By: Luca Piantanida

Revision Number: 381

Date: 05/08/2022

Time: 12:34:16

Tool Version: 8.15.1.11236

File Name: Stab glob.gsz

Directory: \\10.0.10.1\Dati\1 COMMESSE\344 Strutture Lissone\3 - Lavoro\3-Geostudio\

Last Solved Date: 05/08/2022

Last Solved Time: 12:34:30

Project Settings

Length(L) Units: Meters

Time(t) Units: Seconds

Force(F) Units: Kilonewtons

Pressure(p) Units: kPa

Strength Units: kPa

Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³

View: 2D

Element Thickness: 1

Analysis Settings

Sezione 2 - SG Sismico

Kind: SLOPE/W

Method: Bishop

Settings

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Staged Pseudo Static Analysis Option: Effective Stress Strengths

Limit State Design Approach: NTC2018-A2+M2+R2 Sismico

Slip Surface

Direction of movement: Left to Right



Use Passive Mode: No

Slip Surface Option: Entry and Exit

Critical slip surfaces saved: 100

Resisting Side Maximum Convex Angle: 1 °

Driving Side Maximum Convex Angle: 5 °

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

F of S Distribution

F of S Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 50

F of S Tolerance: 0.001

Minimum Slip Surface Depth: 1 m

Materials

Muro

Model: High Strength

Unit Weight: 25 kN/m³

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Riporto/rilevato

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion': 0 kPa

Phi': 33 °

Phi-B: 0 °

Cohesion R: 0 kPa

Phi R: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Strato A

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 16.5 kN/m³

Cohesion': 0 kPa

Phi': 27 °

Phi-B: 0 °



Cohesion R: 0 kPa

Phi R: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Strato B

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 18.5 kN/m³

Cohesion': 0 kPa

Phi': 34 °

Phi-B: 0 °

Cohesion R: 0 kPa

Phi R: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Strato C

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 17.5 kN/m³

Cohesion': 0 kPa

Phi': 28 °

Phi-B: 0 °

Cohesion R: 0 kPa

Phi R: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Strato D

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.5 kN/m³

Cohesion': 0 kPa

Phi': 42 °

Phi-B: 0 °

Cohesion R: 0 kPa

Phi R: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Design Factor Set: NTC2018-A2+M2+R2 Sismico

Permanent Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 1, Unfavorable = 1



Variable Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 0, Unfavorable = 1

Soil Unit Weight: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Effective Cohesion: 1

Effective Coefficient of Friction: 1

Undrained Strength: 1

Shear Strength (Other Models): 1

Pullout Resistance: 1

Shear Force: 1

Tensile Strength: 1

Compressive Strength: 1

Seismic Coefficients: 1

Earth Resistance: 1

Slip Surface Entry and Exit

Left Projection: Range

Left-Zone Left Coordinate: (-15; 4.408) m

Left-Zone Right Coordinate: (-3; 3.91) m

Left-Zone Increment: 20

Right Projection: Range

Right-Zone Left Coordinate: (1.5; -0.081565) m

Right-Zone Right Coordinate: (10; 0.1684) m

Right-Zone Increment: 20

Radius Increments: 10

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (-18.5; 4.408) m

Right Coordinate: (10; 0.1684) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X (m)	Y (m)
Coordinate 1	-50	-30
Coordinate 2	50	-30

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 20 kN/m³

Direction: Vertical

Mode: Variable

**Coordinates**

	X (m)	Y (m)
	-18.5	4.608
	-9.0942	4.608

Surcharge Load 2

Surcharge (Unit Weight): 20 kN/m³

Direction: Vertical

Mode: Variable

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	-7.3783	4.11
	-1.3783	4.11

Seismic Coefficients

Horz Seismic Coef.: 0.027

Vert Seismic Coef.: 0.014

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	-18.5	4.408
Point 2	-9.0942	4.408
Point 3	-8.0942	4.378
Point 4	-7.3783	3.91
Point 5	-7.3783	4.21
Point 6	-3.3979	-0.9694
Point 7	-3.3419	-1.3654
Point 8	-3.287	0.3915
Point 9	-3.1008	-0.9274
Point 10	-2.2783	3.38
Point 11	-2.2783	2.98
Point 12	-1.9008	0.5872
Point 13	-1.3783	3.98
Point 14	-1.3783	3.91
Point 15	-1.3783	3.38



Point 16	-0.5783	2.98
Point 17	-0.5783	3.98
Point 18	-0.3978	2.8172
Point 19	0	0
Point 20	0.0678	-0.4801
Point 21	0.3648	-0.4381
Point 22	0.4208	-0.8342
Point 23	0.618	-0.1
Point 24	0.618	0
Point 25	8.6749	0.1684
Point 26	8.6749	0.0684
Point 27	10	0.1684
Point 28	-18.5	0
Point 29	-18.5	-2.5
Point 30	-18.5	-5
Point 31	-18.5	-6
Point 32	-18.5	-15
Point 33	10	-0.4
Point 34	10	-2.5
Point 35	10	-5
Point 36	10	-6
Point 37	10	-15
Point 38	-3.231729	0

Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	Strato D	32;31;36;37	256.5
Region 2	Strato C	31;30;35;36	28.5
Region 3	Strato B	30;29;34;35	71.25
Region 4	Muro	7;6;9;38;8;12;11;10;15;14;13;17;16;18;19;20;21;22	11.098
Region 5	Riporto/rilevato	19;24;23;26;25;27;33;21;20	4.2861
Region 6	Riporto/rilevato	28;1;2;3;5;4;14;15;10;11;12;8;38	69.352
Region 7	Strato A	34;29;28;38;9;6;7;22;21;33	63.265



Current Slip Surface

Slip Surface: 2 450

F of S: 1.779

Volume: 46.286129 m³

Weight: 917.19173 kN

Resisting Moment: 5 099.7721 kN-m

Activating Moment: 2 865.9446 kN-m

F of S Rank (Analysis): 1 of 4 851 slip surfaces

F of S Rank (Query): 1 of 1 326 slip surfaces

Exit: (6.6598133; 0.026281989) m

Entry: (-8.8401653; 4.400379) m

Radius: 9.8954661 m

Center: (0.47177215; 7.7482244) m

Slip Slices

	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
Slice 1	-8.653674	3.9520779	-332.96803	4.4638085	0	3.0093458
Slice 2	-8.2806913	3.1488869	-325.09113	13.885483	0	9.2595173
Slice 3	-7.915225	2.5075704	-318.80174	22.07402	0	14.624145
Slice 4	-7.557275	1.9723505	-313.55284	28.985749	0	19.116669
Slice 5	-7.2088029	1.5147126	-309.06479	34.445051	0	22.677357
Slice 6	-6.8698086	1.1181804	-305.17599	41.027628	0	26.932252
Slice 7	-6.5308143	0.76063195	-301.66952	47.249843	0	30.94189
Slice 8	-6.1918201	0.43630286	-298.48882	53.139018	0	34.726868
Slice 9	-5.8528258	0.1409173	-295.59198	58.718657	0	38.304419
Slice 10	-5.5200838	-0.12424813	-292.9915	66.848246	0	34.041786
Slice 11	-5.193594	-0.362523	-290.65474	71.181831	0	36.20929
Slice	-4.8671042	-0.58118435	-	75.274728	0	38.253309

c_d969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E



12			288.51033			
Slice 13	-4.5406143	-0.78174504	-286.54343	79.140534	0	40.181017
Slice 14	-4.2141245	-0.9654582	-284.74175	82.790802	0	41.998491
Slice 15	-3.8876347	-1.1333718	-283.09502	86.235392	0	43.71091
Slice 16	-3.5611449	-1.2863685	-281.59458	89.482737	0	45.322694
Slice 17	-3.3699	-1.3710343	-280.76427	92.87746	0	47.02161
Slice 18	-3.31445	-1.394198	-280.5371	94.951311	0	48.065282
Slice 19	-3.2593645	-1.4168166	-280.31528	96.55065	0	48.868757
Slice 20	-3.1662645	-1.4539483	-279.95113	102.13694	0	51.68461
Slice 21	-2.9637167	-1.5305846	-279.19956	107.58345	0	54.416767
Slice 22	-2.68955	-1.6275615	-278.2485	109.90276	0	55.559103
Slice 23	-2.4153833	-1.7156036	-277.38508	112.09532	0	56.637091
Slice 24	-2.08955	-1.8080139	-276.47881	123.55081	0	62.384258
Slice 25	-1.770175	-1.8889917	-275.68466	132.60641	0	66.915777
Slice 26	-1.508925	-1.9460683	-275.12491	134.21863	0	67.697568
Slice 27	-1.2449667	-1.9962472	-274.6328	136.6892	0	68.883174
Slice 28	-0.9783	-2.0394909	-274.20871	138.11584	0	69.57019
Slice 29	-0.71163333	-2.0753067	-273.85747	139.43035	0	70.200512
Slice 30	-0.48805	-2.1001646	-273.61369	113.77692	0	57.262951
Slice 31	-0.1989	-2.1224748	-273.39489	77.671216	0	39.0724
Slice 32	0.0339	-2.1374908	-273.24763	41.443888	0	20.840235



Slice 33	0.2163	-2.1428278	-273.19529	40.203934	0	20.210621
Slice 34	0.3928	-2.1468869	-273.15548	38.683737	0	19.440747
Slice 35	0.5194	-2.1466357	-273.15794	37.074786	0	18.628267
Slice 36	0.76927727	-2.1416104	-273.20723	35.372463	0	17.765604
Slice 37	1.0718318	-2.1278683	-273.342	35.570712	0	17.856234
Slice 38	1.3743863	-2.1048187	-273.56804	35.614089	0	17.869018
Slice 39	1.6769409	-2.0723961	-273.88601	35.498205	0	17.801845
Slice 40	1.9794954	-2.0305071	-274.29682	35.217991	0	17.652271
Slice 41	2.2820499	-1.9790293	-274.80166	34.76761	0	17.417473
Slice 42	2.5846045	-1.9178094	-275.40204	34.140345	0	17.094195
Slice 43	2.887159	-1.8466606	-276.0998	33.328467	0	16.678689
Slice 44	3.1897135	-1.7653601	-276.89711	32.323064	0	16.166626
Slice 45	3.4922681	-1.6736446	-277.79657	31.113834	0	15.553001
Slice 46	3.7948226	-1.5712063	-278.80118	29.68882	0	14.832003
Slice 47	4.0973771	-1.4576868	-279.91447	28.034076	0	13.996857
Slice 48	4.3999317	-1.33267	-281.14051	26.13324	0	13.039612
Slice 49	4.7024862	-1.195673	-282.48403	23.966971	0	11.950878
Slice 50	5.0050407	-1.046135	-283.95055	21.512207	0	10.719464
Slice 51	5.3075953	-0.88340318	-285.54647	18.741175	0	9.3319029
Slice 52	5.6101498	-0.70671413	-287.27925	15.620029	0	7.7718006
Slice 53	5.9127043	-0.51517068	-289.15772	12.106946	0	6.0189202

Committente:



Comune di Genova
"Opere di adeguamento idraulico del tratto tombinato di valle del rio Maltempo, affluente del torrente Polcevera"

Progetto Definitivo

Rev. 0

09/2022

Relazione di calcolo: Paratie di imbocco e di trincea

Pag. 151

Slice 54	6.2129395	-0.30942985	-291.17542	8.4140631	0	5.3099832
Slice 55	6.5108554	-0.088506849	-293.34201	2.9593748	0	1.8653926

c_9969.Comune di Genova - Prot. 17/09/2022.0350547.E

Progettista:

Mandataria



Mandante

Dott.ssa Claudia Pizzinato