



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

TITOLO:
STRUTTURE
SISTEMAZIONE TORRENTE TORBELLA – INTERVENTI LOCALIZZATI A
PROTEZIONE DI OPERE ESISTENTI
RELAZIONE DI CALCOLO



CODICE ESTESO ELABORATO:	SCALA:	DATA:
II151F-PD-STR-R070_0	-	03/2023
		NOME FILE:
		II151F-PD-STR-R070_0.docx

ELABORAZIONE PROGETTUALE: Ing. SIMONE VENTURINI Ordine degli ingegneri Della Provincia di Verona N. A2515	REVISIONI					
	REV.	DATA	MOTIVO	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
	0	03/2023	Revisione	A.PERLINI	G.MASSERA	S.VENTURINI



INDICE

	Pag.
1. PREMESSA	3
2. OGGETTO E SCOPO	4
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	6
4.1 Calcestruzzo	6
4.2 Acciaio.....	6
5. INDAGINI ESPLORATIVE.....	8
5.1.1 Indagini sul torrente Torbella 2022 - Pozzetti esplorativi.....	8
5.1.2 Indagini sul torrente Torbella 2023 - Pozzetti esplorativi integrativi e carotaggi	10
6. INQUADRAMENTO DEGLI INTERVENTI	11
6.1 Intervento tipo 1 – Inserimento di taglioni trasversali.....	13
6.2 Intervento tipo 2 – Nuovi muri a protezione dei muri di sponda attuali.....	13
6.2.1 Sezione n.11 destra idrografica	18
6.2.2 Sezione n.12 destra idrografica	21
6.2.3 Sezione n.25 destra idrografica	24
6.3 Intervento tipo 3 – Nuovo muro di sponda in luogo dell’accesso all’alveo attuale	27
6.4 Intervento tipo 4 – Sostituzione della gabbionata in sinistra idraulica.....	28
6.5 Intervento tipo 5 – Rifacimento della pila della passerella di via Passo Torbella 2	29
6.6 Intervento tipo 6 – Protezione opere spondali esistenti con paratia di micropali provvisoriale ...	36
6.6.1 Sezione n.14 destra idrografica	36
6.6.2 Sezione n.8 sinistra idrografica.....	39
6.7 Intervento tipo 7 – Protezione opere spondali esistenti con paratia di micropali provvisoriale non armata.....	44
6.7.1 Sezione n.16 – sponda sinistra.....	44



INDICE DELLE FIGURE

	Pag.
Figura 1-1: Bacino del Torbella (in rosa), del Maltempo naturale (in verde) e artificiale (in giallo). La freccia indica qualitativamente la nuova galleria scolmatrice	3
Figura 5.1 Ubicazione pozzetti e numerazione dei ponti elencati in questo documento	9
Figura 6-1: Inquadramento degli interventi di protezione delle opere esistenti lungo il corso del torrente Torbella nel tratto di monte (rif. elaborato II151F-PD-STR-D070_0)	11
Figura 6-2: Inquadramento degli interventi di protezione delle opere esistenti lungo il corso del torrente Torbella nel tratto di monte (rif. elaborato II151F-PD-STR-D071_0)	12
Figura 6-3: Sezione tipo in cui è previsto l'inserimento di un taglione trasversale (intervento tipo 1)	13
Figura 6-4: Sezione tipo in cui è previsto l'intervento tipo 3	28
Figura 6-5: Sezione tipo in cui è previsto l'intervento tipo 4	29
<i>Figura 6.6 Sezione n. 16 – situazione attuale statica.</i>	45
<i>Figura 6.7 Sezione n. 16 – situazione transitoria statica.</i>	45
<i>Figura 6.8 Sezione n. 16 – situazione definitiva statica (NB.l'analisi non considera la presenza dei micropali)</i>	45
<i>Figura 6.9 Sezione n. 16 – situazione attuale sismica</i>	46
<i>Figura 6.10 Sezione n. 16 – situazione definitiva sismica (NB.l'analisi non considera la presenza dei micropali)</i>	46



1. PREMESSA

Il Comune di Genova ha affidato alla Scrivente la Progettazione Definitiva delle "Opere di adeguamento idraulico del tratto tombinato di valle del rio Maltempo, affluente del torrente Polcevera". Una delle soluzioni che hanno mostrato più interesse della Stazione Appaltante è stata quella che consentirebbe la risoluzione delle criticità idrauliche del rio Maltempo tramite la realizzazione di una galleria scolmatrice, la quale raccoglierebbe tutte le acque provenienti dalla parte non antropizzata e di monte del bacino, collettandole nel tratto terminale del t. Torbella.

Dal momento che tale corso d'acqua soffre già di per sé di problematiche di insufficienza idraulica delle sponde, nell'ambito del presente progetto è stato definito un intervento di sistemazione idraulica dello stesso, data la previsione dell'incremento della portata di progetto a causa dell'immissione della galleria scolmatrice.

La risoluzione delle criticità idrauliche del rio Maltempo per mezzo della realizzazione della galleria scolmatrice e la verifica che un adeguato intervento di sistemazione idraulica risolva le criticità anche del t. Torbella consentirebbe di prevedere interventi locali e poco invasivi per adeguare idraulicamente il tratto tombato di valle del rio Maltempo, il quale sarebbe sgravato delle portate prodotte nella parte di monte del bacino e sarebbe in grado di far defluire la portata di progetto prodotta in quello di valle.

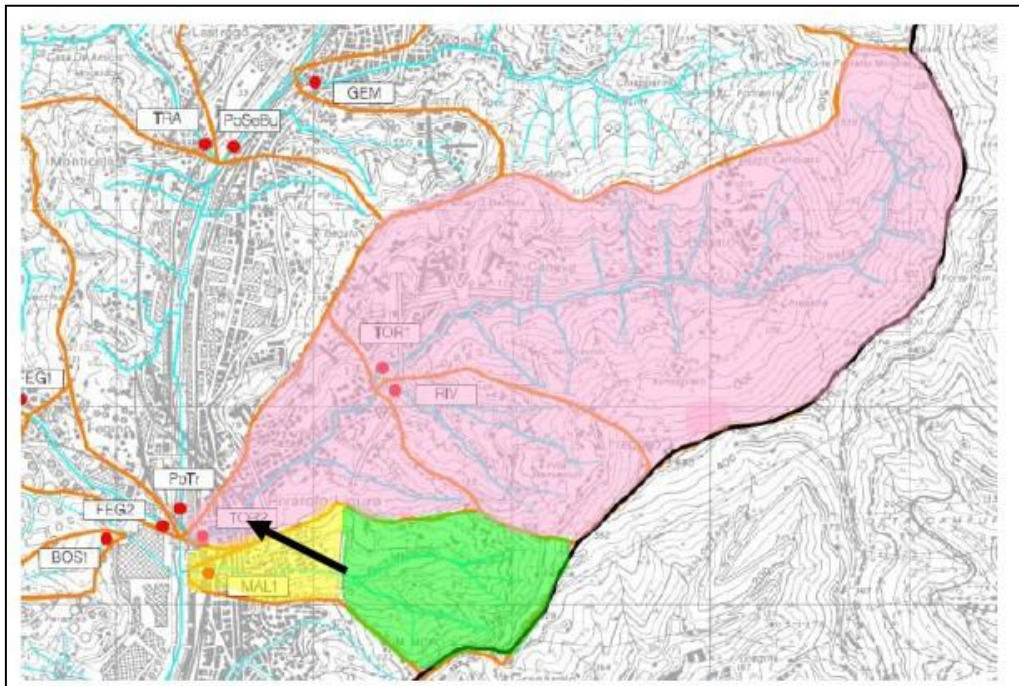


Figura 1-1: Bacino del Torbella (in rosa), del Maltempo naturale (in verde) e artificiale (in giallo). La freccia indica qualitativamente la nuova galleria scolmatrice



2. OGGETTO E SCOPO

Il presente documento, unitamente agli elaborati grafici che lo accompagnano, costituisce la relazione che raccoglie le verifiche strutturali-geotecniche, eseguite per la progettazione degli interventi localizzati a protezione di opere esistenti lungo il corso del torrente Torbella, nell'ambito del Progetto Definitivo delle opere di adeguamento idraulico del Rio Maltempo a Genova. Tali interventi vengono previsti, in modo che gli scavi previsti nell'ambito della riprofilatura dell'alveo non incidano negativamente sulla stabilità delle opere di sponda ed arginali del torrente Torbella attualmente presenti.



3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

VERIFICARE COSA SERVE E COSA AGGIUNGERE (QUESTO È L'ELENCO DELLA GEOTECNICA)

- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici n. 47 (11 marzo 1988) "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, Strutture di contenimento ed Aspetti geotecnici (1998).
- Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 settembre 1988 n.30483 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione". (Pres. Cons. Superiore — Servizio Tecnico Centrale).
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (ordinanza n. 3274 – Allegati 1, 2 e 3);
- Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14/01/2008 pubblicate sulla G.U. n° 29 del 04.02.2008.
- Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 14/01/2008. Circolare 02/02/2009 n° 617 C.S.LL.PP.
- Piano di Tutela delle Acque (PTU) della Regione Liguria approvato con Delibera 11 del 29/03/2016.
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17/01/2018 pubblicate sulla G.U. del 20.02.2018.
- Circolare 21/01/2019 n 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al DM 17/01/2018.



4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

4.1 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 muri**

Conforme alla norma UNI EN 206-1/UNI11104		
Classe di resistenza minima:	C_{min}	C32/40
Classe di esposizione:		XC4
Classe di consistenza:	<i>S</i>	S4
Copriferro minimo [mm]	<i>c</i>	40

- **Malta di iniezione per micropali**

Conforme alla norma UNI EN 206-1/UNI11104		
Classe di resistenza minima:	C_{min}	C20/25
Classe di consistenza:	<i>S</i>	S5
Copriferro minimo [mm]	<i>c</i>	40

- **Malta di iniezione per tiranti**

Conforme alla norma UNI EN 206-1/UNI11104		
Classe di resistenza minima:	C_{min}	C25/30
Classe di consistenza:	<i>S</i>	S5
Copriferro minimo [mm]	<i>c</i>	40

4.2 Acciaio

- **Acciaio per profili dei micropali**

Acciaio tipo S355J0 controllato in stabilimento		
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	$\geq 355N/mm^2$
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	$\geq 510N/mm^2$



• **Acciaio per trave di ripartizione**

Acciaio tipo S235J0 controllato in stabilimento		
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	$\geq 275N/mm^2$
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	$\geq 430N/mm^2$

• **Acciaio per trefoli di ancoraggio**

Acciaio tipo Y1770 standard controllato in stabilimento		
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	$\geq 1560N/mm^2$
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	$\geq 1770 N/mm^2$

c_0969 - Comune di Genova - Prot. 29/03/2023.0139153.E



5. INDAGINI ESPLORATIVE

Sulla base del quadro disponibile fornito dalle indagini pregresse in aree limitrofe e con riferimento alla tipologia di opere previste, in prospettiva dello sviluppo della progettazione definitiva, nei mesi di febbraio-marzo 2022 è stata condotta una specifica campagna geognostica e geotecnica di approfondimento. Tale campagna di indagine è stata integrata nei mesi di febbraio – marzo 2023, con lo scopo di aumentare ulteriormente la conoscenza dello stato attuale delle opere di arginatura esistenti lungo il corso del torrente Torbella oggetto di intervento.

5.1.1 Indagini sul torrente Torbella 2022 - Pozzetti esplorativi

Lungo il Torrente Torbella nel tratto compreso fra lo sbocco della galleria scolmatrice fino alla confluenza nel Torrente Polcevera sono presenti muri di contenimento laterali e diversi ponti che attraversano l'alveo, prevalentemente ferroviari e in un caso stradale, ad una o due campate. In particolare, da monte verso valle si riconosce:

1. Una passerella carrabile su via Fasciotti di accesso ad una serie di unità residenziali. Non ha fondazioni in alveo.
2. Un ponte ferroviario in muratura ad arco a due campate con una pila in alveo;
3. Un ponte ferroviario in cls ad una campata;
4. Un ponte ferroviario in muratura ad arco ad una campata;
5. Un ponte stradale in cls a due campate con una pila in alveo;
6. Un ponte ferroviario in muratura ad arco a 3 campate con una pila in alveo,
7. Una piccola passerella pedonale in cls con una pila in alveo;

Lungo il Torrente Torbella sono presenti muri che delimitano in sinistra Via Passo Torbella, ma anche edifici, proprietà private, un parcheggio ed altre pertinenze in destra e sinistra. Nella parte più a monte di Via Passo Torbella a margine dell'alveo è visibile un "tombotto" in cls che protegge una tubazione della fognatura; la stessa tubazione si osserva a tratti più a monte in sinistra idrografica, ed è probabilmente la stessa che emerge dall'alveo in destra idrografica poco prima dell'immissione nel Polcevera.

Nell'ambito della campagna d'indagine impiegando un piccolo escavatore sono stati eseguiti alcuni pozzetti esplorativi per mettere in luce la fondazione delle opere le cui caratteristiche e/o ubicazione potrebbero interferire con i lavori di riprofilatura dell'alveo. In tabella seguente sono riepilogati i risultati dei saggi sui pozzetti ed in figura la relativa ubicazione con la numerazione dei ponti richiamata in questo documento.



Pozzetto	Quota (mslm)	Profondità (m)	Litologia	Campioni rimaneggiati	Campioni ambientali	Opera	Profondità fondazione (m)	Note
P1	16.6	1	Ghiaia con sabbia	1		Ciottoli 11.5%, ghiaie 72.5%, sabbie 10.5%, limi e argille 5.5%		
PE1	16.61	2	Ghiaia con sabbia e limo			Tombotto Sx	0.8	
PE2	17.35	2.7	Ghiaia con sabbia e limo			Spalla ponte FFSS (n. 4)	>2.7	
PE3	16.85	1.2	Ghiaia con sabbia e limo			Condominio DX	1	
PE4	17.43	2.8	Ghiaia con sabbia e limo			Muro via Torbella	>2.8	
PE5	17.2	1.1	Ghiaia con sabbia e limo			Ponte stradale pila (n. 5)	>1.1	Presenza di gabbioni
PE6	16.83	0.8	Ghiaia con sabbia e limo			Ponte stradale spalla (n. 5)	>0.8	
PE7	16.33	1.4	Ghiaia con sabbia e limo			Muro via Torbella	1.4	
PE8	16.28	2.8	Ghiaia con sabbia e limo		2	Muro campo sportivo dx	0.2	
PE9	15.72	2.5	Ghiaia con sabbia e limo			Pila ponte FFSS (n. 6)	2.5	
PE10	15.74	1.4	Ghiaia con sabbia e limo			Spalla ponte FFSS (n. 6)	0.9	Blocchi in fondazione
PE10bis	15.28	0.7	Ghiaia con sabbia e limo			Spalla ponte FFSS (n. 6)	0.5	Blocchi in fondazione
PE11	18.05	1.5	Ghiaia con sabbia e limo			Spalla ponte FFSS (n. 3)	1.1	Interferenza con tubo
PE12	18.62	2.1	Ghiaia con sabbia e limo			Pila ponte FFSS (n. 2)	>3	Interferenza con tubo
PE12bis	18.55	3	Ghiaia con sabbia e limo			Pila ponte FFSS (n. 2)	>3	Interferenza con tubo
PE13	18.82	0.5	Ghiaia con sabbia e limo			Spalla ponte FFSS (n. 2)	>0.5	Interferenza con tubo
PE13bis	18.85	2.5	Ghiaia con sabbia e limo			Spalla ponte FFSS (n. 2)	>2.5	

Tabella 5.1 Riepilogo pozzetti esplorativi

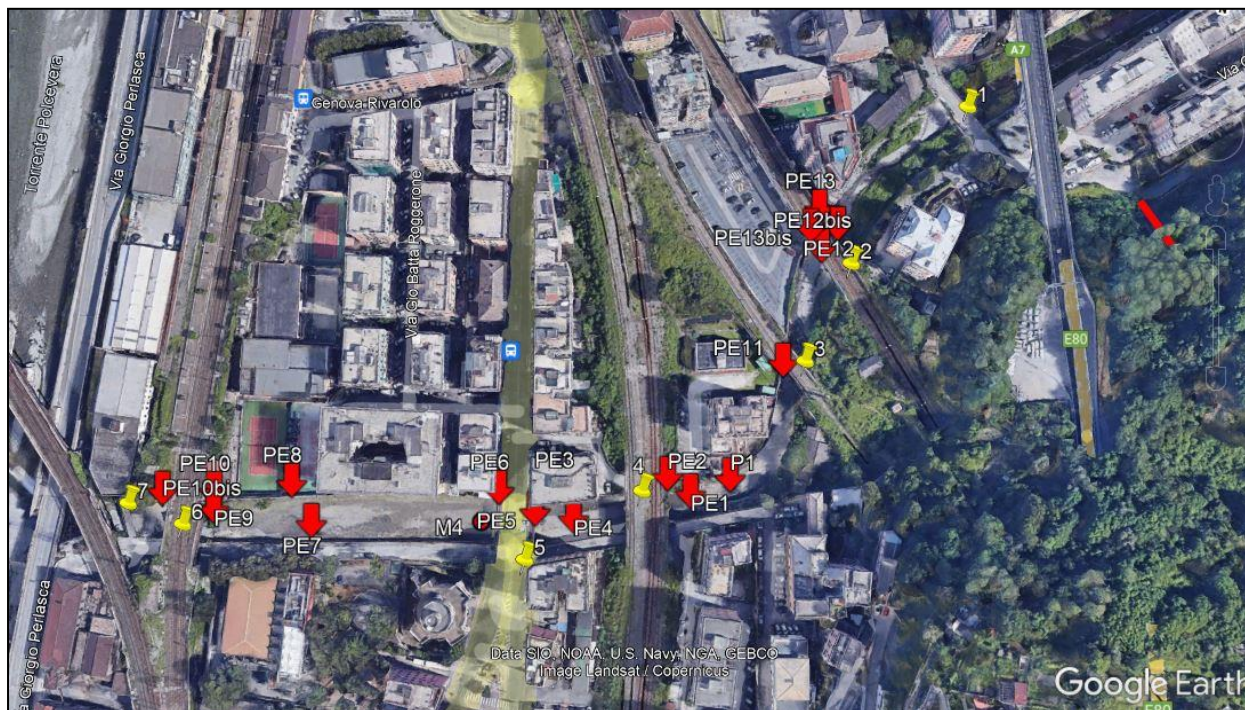


Figura 5.1 Ubicazione pozzetti e numerazione dei ponti elencati in questo documento

Il pozzetto P1 è stato eseguito con lo scopo di prelevare un campione di terreno di grande volume da sottoporre ad analisi granulometrica. La prova, maggiormente rappresentativa rispetto al prelievo effettuato in sondaggio, rileva una composizione ghiaioso ciottoloso sabbiosa con scarsa frazione fine. Sul pozzetto PE8 si sono prelevati due campioni ambientali che integrano quelli provenienti dai sondaggi.

Tutti i pozzetti, che si sono spinti sino a profondità variabili fra un minimo di 0,5 m ed un massimo di 3,0 m da p.c., riscontrano un deposito alluvionale grossolano ghiaioso ciottoloso sabbioso in scarsa matrice fine composto da diversi tipi litologici, con una prevalenza di termini argilifici e manosi e subordinati calcari. In quasi tutti gli scavi è stata rilevata una presenza, seppur sporadica, di plastica, frammenti di vetro e laterizi. In nessun caso è stata intercettata la falda idrica che evidentemente, all'atto delle prove (marzo 20022), si



attesta a profondità superiori. Ogni colonna stratigrafica redatta si accompagna con uno schizzo che evidenzia, per quanto è stato possibile accertare, i rapporti fra terreni presenti ed opere in fondazione. Rimandando alle schede prodotte per maggiori dettagli, i saggi hanno evidenziato come le fondazioni delle opere d'arte (sia ponti che muri) siano di tipo diretto in appoggio sui depositi alluvionali con interposizione, in alcuni casi (ponte ferroviario identificato con il numero 6) di grossi blocchi lapidei. Talvolta addossate alle pile si sono rinvenute tubazioni riconducibili a sottoservizi idrici o fognari. Come già esposto una condotta ora interrata ora più superficiale e protetta da un tombotto in cls, si sviluppa lungo l'alveo del Torrente Torbella ponendosi spesso in sinistra, ma verso valle passa anche in destra idrografica.

5.1.2 Indagini sul torrente Torbella 2023 - Pozzetti esplorativi integrativi e carotaggi

A seguito di approfondimenti progettuali sono stati eseguiti ulteriori pozzetti esplorativi al piede delle opere spondali del torrente Torbella e, in aggiunta, alcuni carotaggi per indagare alcune opere di sponda non indagabili con pozzetti a causa dell'impossibilità di effettuare operazioni di scavo.

In particolare, si riportano nel seguito i principali dati ottenuti:

Pozzetto	Quota (mslm)	Profondità (m)	Litologia	Opera	Profondità fondazione (m)
PE7bis	16,05	1,4	Ghiaia con sabbia e limo	Muro via Torbella	1,4
PE14	20,23	3	Ghiaia con sabbia e limo	Muro Dx Torbella	>3
PE15	20,56	3	Ghiaia con sabbia e limo	Muro sx comparto Fasciotti	>3
PE16	19,06	2,7	Ghiaia con sabbia e limo	Muro Dx Torbella	>2,7
PE17	19,48	1,7	Ghiaia con sabbia e limo	Muro sx FFSS	1,4
PE18	18,07	0,7	Ghiaia con sabbia e limo	Muro sx Parcheggio	>0,7
PE19	18,49	1,2	Ghiaia con sabbia e limo	Gabbioni sx	1,2
PE20	18,05	2,6	Ghiaia con sabbia e limo	Edificio dx strada privata via Rossini	>2,6
PE21	18,48	2	Ghiaia con sabbia e limo	Muro dx strada privata via Rossini	0,4
PE22	16,95	1,4	Ghiaia con sabbia e limo	Muro a valle ponte Canepari	1,4
PE23	15,42	1,7	Ghiaia con sabbia e limo	Pila Passerella privata	1,3
CA01	16,38	4,0		Spalla nord ponte ferroviario	
CA02	15,63	2,5		Muro Dx Torbella a valle ponte ferroviario	
CA03	17,77	2,5		Muro Sx Torbella in prossimità attuale accesso alveo	



6. INQUADRAMENTO DEGLI INTERVENTI

L'area in studio ricade nella porzione occidentale della città di Genova in corrispondenza del quartiere di Rivarolo, in sinistra idrografica del torrente Polcevera.

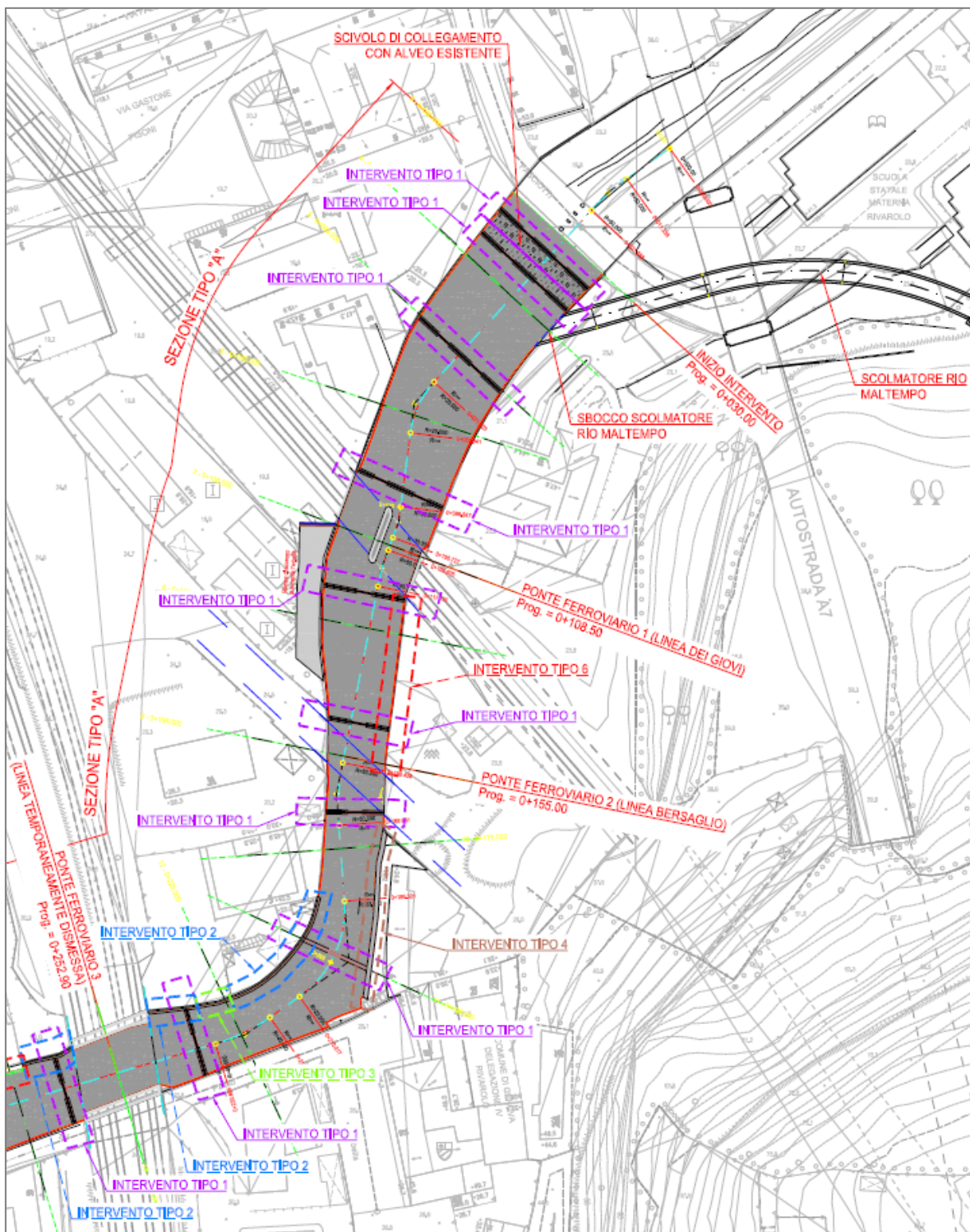


Figura 6-1: Inquadramento degli interventi di protezione delle opere esistenti lungo il corso del torrente Torbella nel tratto di monte (rif. elaborato I1151F-PD-STR-D070_0)

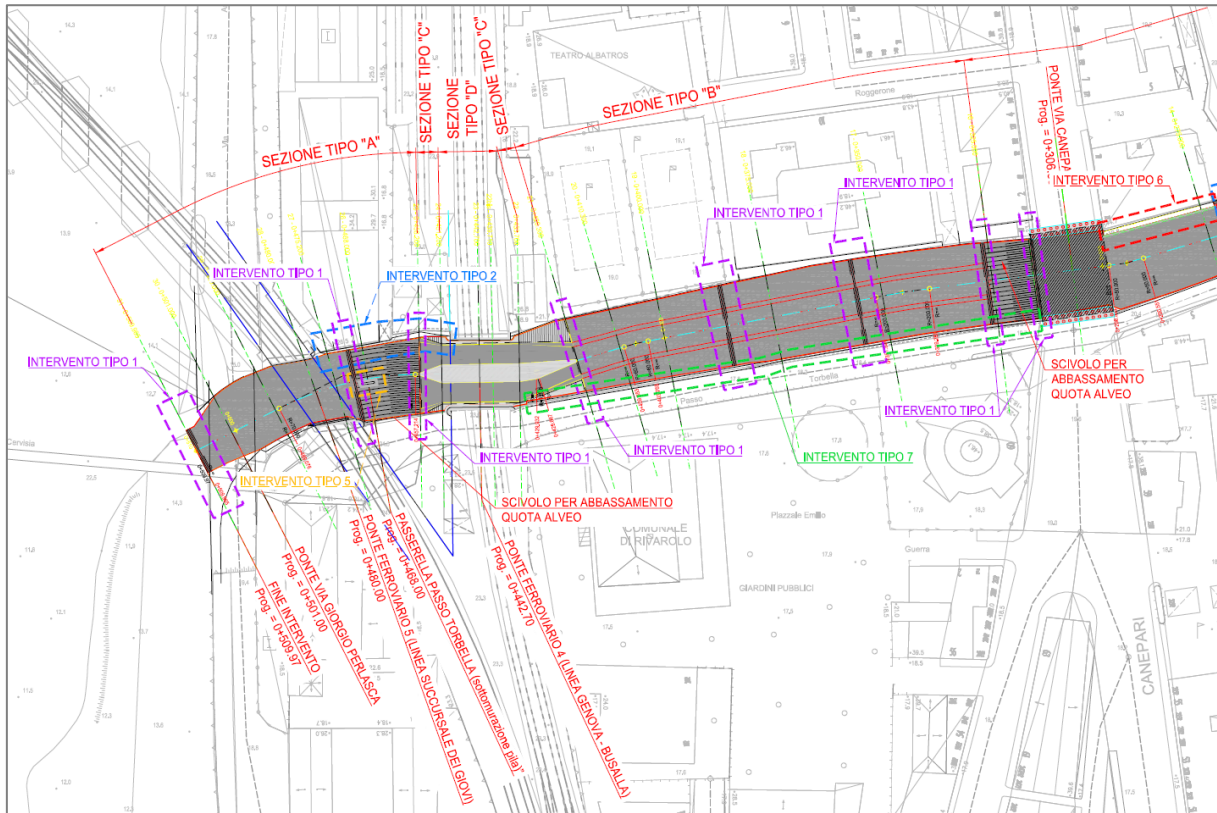


Figura 6-2: Inquadramento degli interventi di protezione delle opere esistenti lungo il corso del torrente Torbella nel tratto di monte (rif. elaborato II151F-PD-STR-D071_0)

Si riporta nel seguito una descrizione degli interventi previsti a protezione delle opere spondali del torrente Torbella, suddivisi per intervento tipo:

1. Intervento tipo 1: inserimento di taglioni trasversali ogni circa 30 m ed in sezioni specifiche, quali quelle a monte e valle delle opere di attraversamento esistenti e degli scivoli di raccordo del profilo di progetto;
2. Intervento tipo 2: sottomurazione di muri esistenti con fondazioni superficiali, costituita da una paratia di micropali, sulla cui trave di coronamento è fondato un muro addossato all'esistente;
3. Intervento tipo 3: sottomurazione di muri esistenti con fondazioni superficiali, costituita da una paratia di micropali, sulla cui trave di coronamento è fondato un muro addossato all'esistente. Tale intervento è localizzato in corrispondenza dell'attuale accesso all'alveo del torrente Torbella, che verrà sostituito dalla nuova rampa di accesso prevista nel parcheggio "Rivarolo – Pisoni". In questo caso il muro viene elevato fino alla quota del muro presente a monte e valle, in modo da uniformare la quota di sommità spondale.
4. Intervento tipo 4: sostituzione degli attuali gabbioni in sponda sinistra presenti nel tratto immediatamente a valle del ponte ferroviario della linea "Bersaglio";
5. Intervento tipo 5: rifacimento della pila in alveo della passerella privata di via Passo Torbella n. 2;
6. Intervento tipo 6: protezione opere spondali esistenti con paratia di micropali provvisoria.
7. Intervento tipo 7: protezione opere spondali esistenti con paratia di micropali provvisoria non armata

Nella relazione si riportano le verifiche delle sezioni interessate dalla costruzione di berlinesi di micropali



provvisori, per il sostegno temporaneo degli scavi necessari alla realizzazione del rivestimento definitivo, in massi non legati di 2° categoria, al piede di alcune opere presenti lungo il corso del torrente Torbella.

6.1 Intervento tipo 1 – Inserimento di taglioni trasversali

Per tutto lo sviluppo longitudinale dell'intervento di riprofilatura del torrente Torbella è stato previsto l'inserimento di taglioni in c.a. trasversali ogni circa 30 m ed in sezioni specifiche, quali quelle a monte e valle delle opere di attraversamento esistenti e degli scivoli di raccordo del profilo di progetto. I taglioni presentano una forma a "T" rovesciata e hanno lo scopo di aumentare la stabilità del rivestimento in massi non legati previsto per il fondo del torrente Torbella di progetto. Le caratteristiche di questi elementi sono riportati nella sezione longitudinale tipo logica di Figura 6-3.

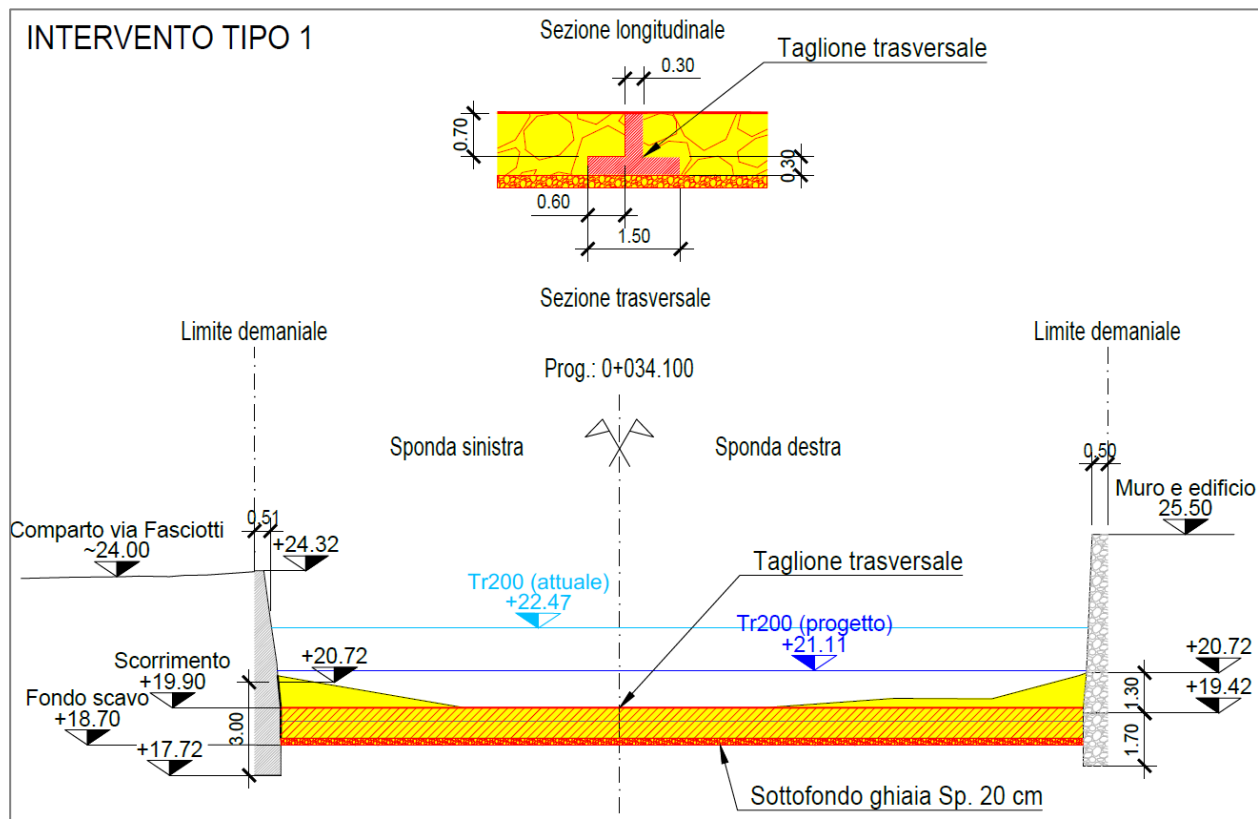


Figura 6-3: Sezione tipo in cui è previsto l'inserimento di un taglione trasversale (intervento tipo 1)

6.2 Intervento tipo 2 – Nuovi muri a protezione dei muri di sponda attuali

L'intervento tipo 2 viene previsto nei casi in cui le opere spondali presentano allo stato attuale fondazioni superficiali, che sulla base delle valutazioni geotecniche non sono state ritenute sufficienti a garantire la stabilità dell'opera esistente. Per questo motivo, viene prevista la realizzazione di una paratia di micropali accostati al piede dell'opera, da inserire preliminarmente allo scavo della sezione, necessario alla posa del rivestimento previsto in progetto. Inoltre, a partire dalla sommità della trave di coronamento della paratia, viene realizzato un muro addossato a quello esistente, con lo scopo di proteggere l'opera presente allo stato attuale e costituire la sponda del nuovo alveo.

Le sezioni oggetto di tale intervento sono le seguenti:



- sezione n. 11 destra idrografica
- sezione n. 12 destra idrografica
- sezione n. 25 destra idrografica

I principali risultati riferiti alle condizioni SLU-STR e SLE per ogni sezione sono riportati in forma grafica, in termini di diagrammi degli spostamenti, del momento flettente e del taglio. Per quanto riguarda lo stato limite ultimo geotecnico (SLU-GEO) si riportano le verifiche della resistenza al piede.

Si evidenzia che tutte le berlinesi sono costituite da micropali della lunghezza di 8 m e diametro Ø250 mm, armati con tubo 168.3 sp. 8 mm (S355) e caratterizzati da un interasse di 0.40 m. Inoltre, gli scavi ed i successivi rivestimenti in massi non legati di 2° categoria dovranno essere eseguiti per sottocantieri caratterizzati da un avanzamento per conci di 3 m al massimo.

Materials and standards

Concrete structures :	EN 1992-1-1 (EC2)
Coefficients EN 1992-1-1 :	standard
Steel structures :	EN 1993-1-1 (EC3)
Partial factor on bearing capacity of steel cross section :	$\gamma_{M0} = 1.05$
Timber structures :	EN 1995-1-1 (EC5)
Partial factor for timber property :	$\gamma_M = 1.30$
Modif. factor of load duration and moisture content :	$k_{mod} = 0.50$
Coeff. of effective width for shear stress :	$k_{cr} = 0.67$

Pressure analysis

Verification methodology :	according to EN 1997
Active earth pressure calculation :	Coulomb
Passive earth pressure calculation :	Caquot-Kerisel
Analysis method :	dependent pressures
Earthquake analysis :	Mononobe-Okabe
Modulus of subsoil reaction :	standard
Design approach :	1 - reduction of actions and soil parameters



Partial factors on actions (A)

Permanent design situation

		Combination 1		Combination 2	
		Unfavourable	Favourable	Unfavourable	Favourable
Permanent actions :	$\gamma_G =$	1.30 [-]	1.00 [-]	1.00 [-]	1.00 [-]
Variable actions :	$\gamma_Q =$	1.50 [-]	0.00 [-]	1.30 [-]	0.00 [-]
Water load :	$\gamma_w =$	1.30 [-]		1.00 [-]	

Partial factors for soil parameters (M)

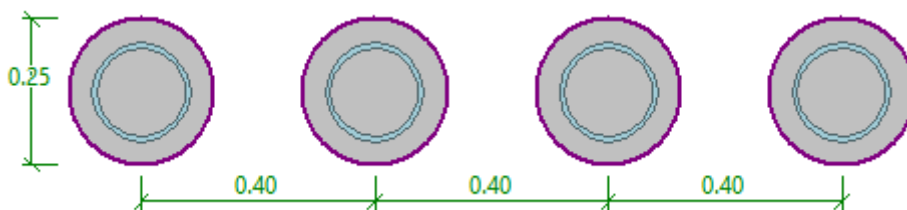
Permanent design situation

		Combination 1		Combination 2	
Partial factor on internal friction :	$\gamma_\phi =$	1.00 [-]		1.25 [-]	
Partial factor on effective cohesion :	$\gamma_c =$	1.00 [-]		1.25 [-]	
Partial factor on undrained shear strength :	$\gamma_{cu} =$	1.00 [-]		1.40 [-]	
Partial factor on Poisson's ratio :	$\gamma_v =$	1.00 [-]		1.00 [-]	

Geometry of structure

Structure length = 8.00 m

Cross-section name : Pile curtain d = 0.25 m, a = 0.40 m, MSH 168.3 x 8.0



Material of pile : concrete

Correction factor for concrete $K_c = 1.00$

Computed coefficient of pressure reduction below the ditch = 1.00

Area of cross-section $A = 1.83E-01 \text{ m}^2/\text{m}$

Moment of inertia $I = 6.74E-04 \text{ m}^4/\text{m}$

Material of structure



Analysis of concrete structures carried out according to the standard EN 1992-1-1 (EC2).

Concrete: C 20/25

Cylinder compressive strength $f_{ck} = 20.00$ MPa

Tensile strength $f_{ctm} = 2.20$ MPa

Elasticity modulus $E_{cm} = 30000.00$ MPa

Shear modulus $G = 12500.00$ MPa

Structural steel: EN 10248-1 : S 355 GP

Yield strength $f_y = 355.00$ MPa

Elasticity modulus $E = 210000.00$ MPa

Shear modulus $G = 81000.00$ MPa

Modulus of reaction

Modulus of subsoil reaction is computed by method Schmitt.

Basic soil parameters

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	Alluvioni (AA/AM)		31.00	0.00	19.00	9.00	31.00

All soils are considered as cohesionless for at rest pressure analysis.



Parameters of soils to compute modulus of subsoil reaction (Schmitt)

No.	Name	Pattern	v [-]	E _{oed} [MPa]	E _{def} [MPa]
1	Alluvioni (AA/AM)		0.30	-	28.00

Ground water table is located below the structure.

Global settings

Number of FEs to discretize wall = 100

Analysis of depending pressures : do not reduce

Settings of the stage of construction

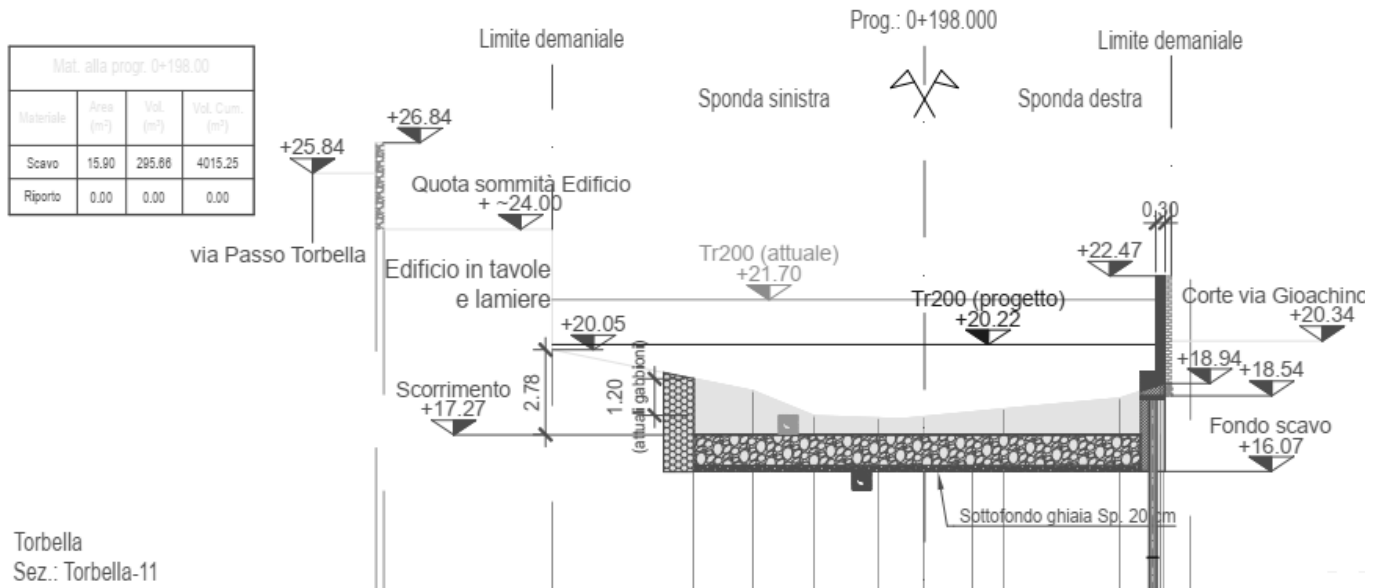
Design situation : permanent

Caratteristiche profilo tubolare Ø168.3/8 mm

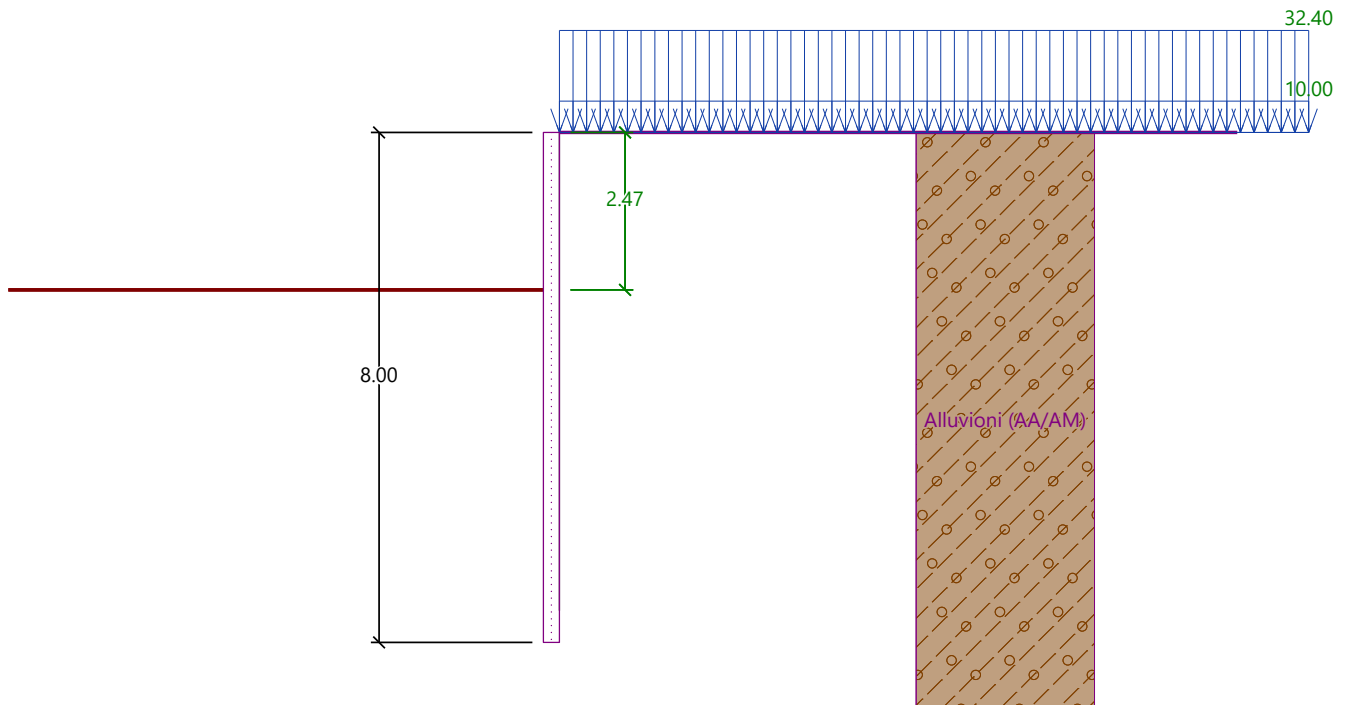
D _e	168.30	[mm]	acciaio	f _{yk}	e	classe
t	8.00	[mm]	[MPa]	355	0.81	1
D _i	152.30	[mm]	γ _M	1.05		
D _e /t	21.04		Peso	31.7	[kg/m]	
A	40.29	[cm ²]				
J	1297.27	[cm ⁴]				
i	5.67	[cm]				
W _{el,yy}	154.16	[cm ³]				
W _{pl,yy}	205.74	[cm ³]				
A _v	25.65	[cm ²]				
N _{Rk}	1430.22	[kN]	- sforzo normale resistente caratteristico			
N _{Rd}	1362.1	[kN]	- sforzo normale resistente di progetto			
M _{Rk}	73.0	[kNm]	- momento resistente caratteristico			
M _{Rd}	69.6	[kNm]	- momento resistente di progetto			
V _{Rk}	525.7	[kN]	- taglio resistente caratteristico			
V _{Rd}	500	[kN]	- taglio resistente di progetto			



6.2.1 Sezione n.11 destra idrografica



Sezione n.11.



Schema di calcolo (sovraccarico permanente 32.4 kPa, variabile 10 kPa).



Verifica SLU-GEO

Utilization of passive pressure

Maximum passive pressure $R_{\max} = 1198.36 \text{ kN/m}$

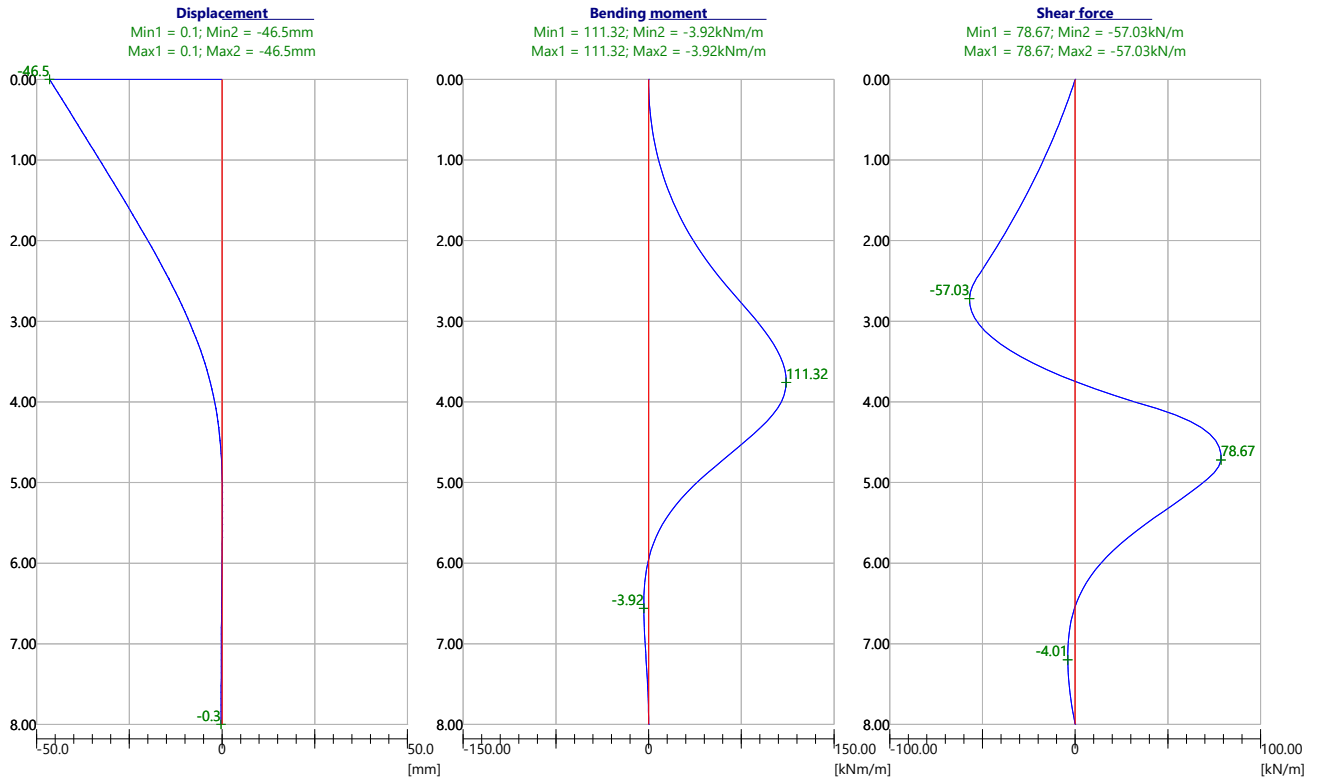
Mobilized passive pressure $R_{\text{mob}} = 394.85 \text{ kN/m}$

Requested safety factor $SF_p = 1.00 < 3.03$

Overall verification of passive pressure utilization is SATISFACTORY



Verifica SLU-STR



Spostamenti e sollecitazioni (SLU-STR).

Verification of combined section according to EN 1994-1-1

All construction stages are taken into the analysis.
 Partial factor on load = 1.00

Forces per one section

$M_{max} = 44.53 \text{ kNm}; \quad Q = 0.59 \text{ kN}$
 $Q_{max} = 31.47 \text{ kN}; \quad M = 24.06 \text{ kNm}$

Verification of max. moment $M_{max} + Q$:

Verification of combined section (shear):

$Q/V_{Rd} = 0.001 \leq 1$ Is satisfactory

Verification of combined section (bending):

$M_{max}/M_{pl,N,Rd} = 0.553 \leq 0.9$ Is satisfactory

Verification of max. shear force $Q_{max} + M$:

Verification of combined section (shear):

$Q_{max}/V_{Rd} = 0.061 \leq 1$ Is satisfactory

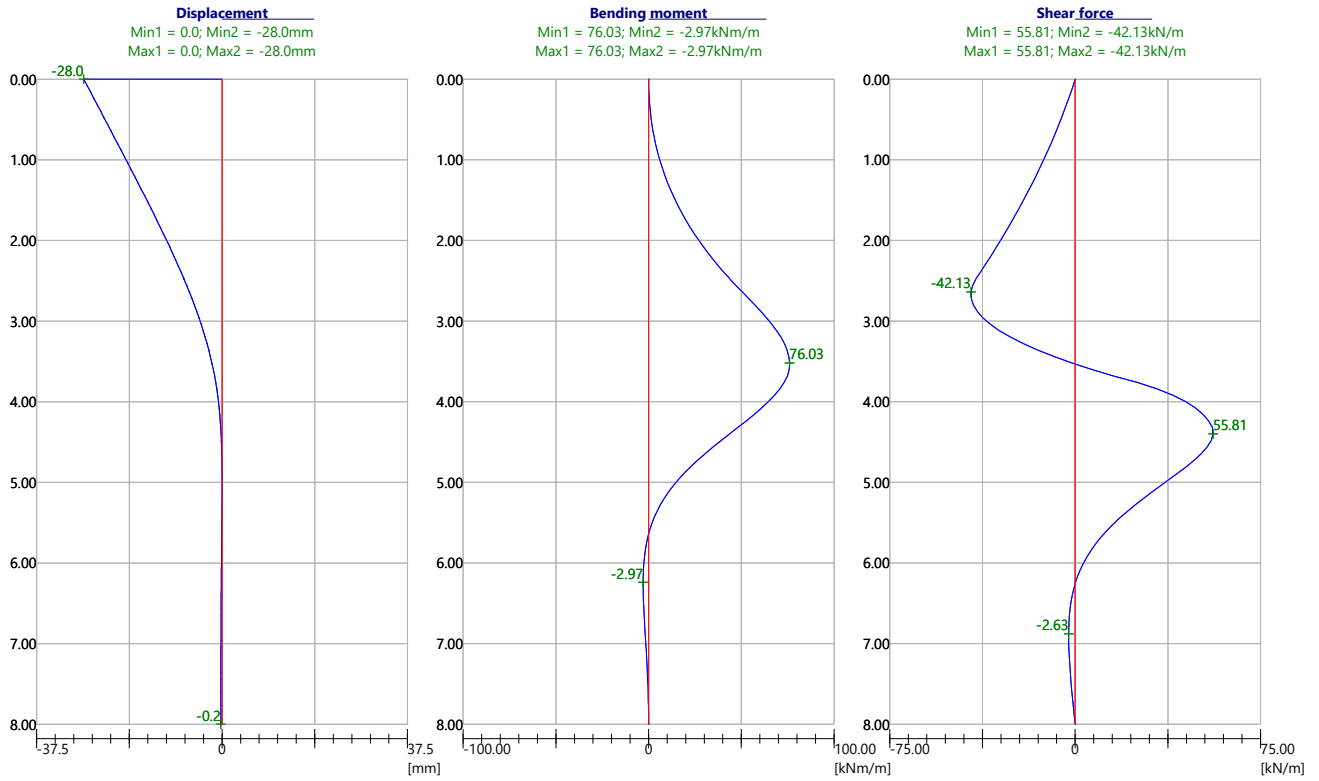
Verification of combined section (bending):

$M/M_{pl,N,Rd} = 0.299 \leq 0.9$ Is satisfactory

Cross section is SATISFACTORY

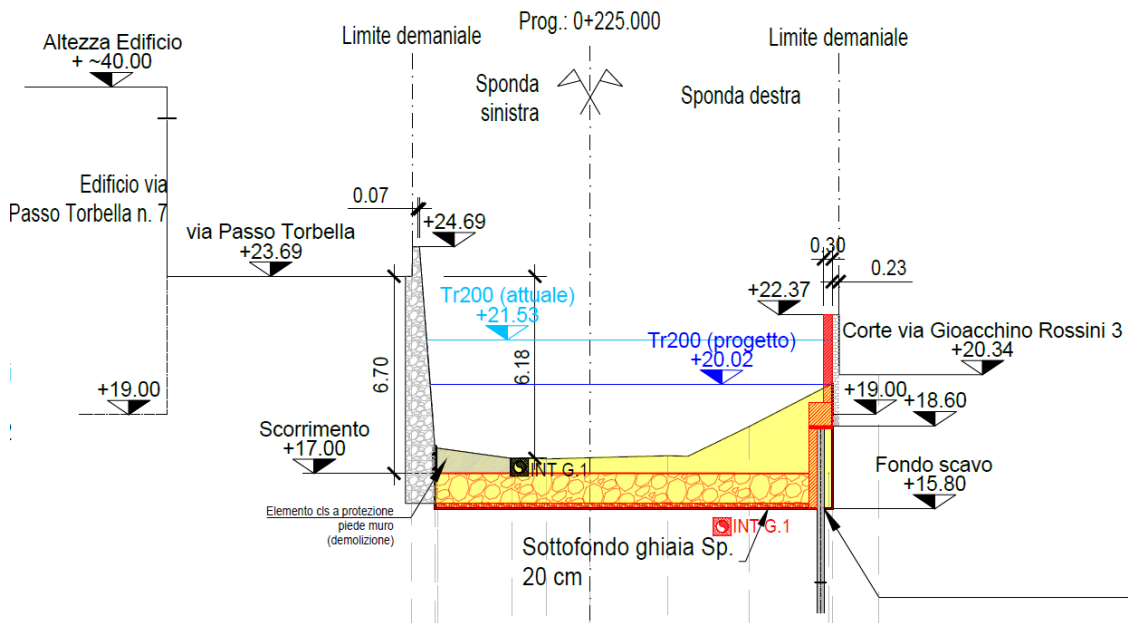


Risultati SLE

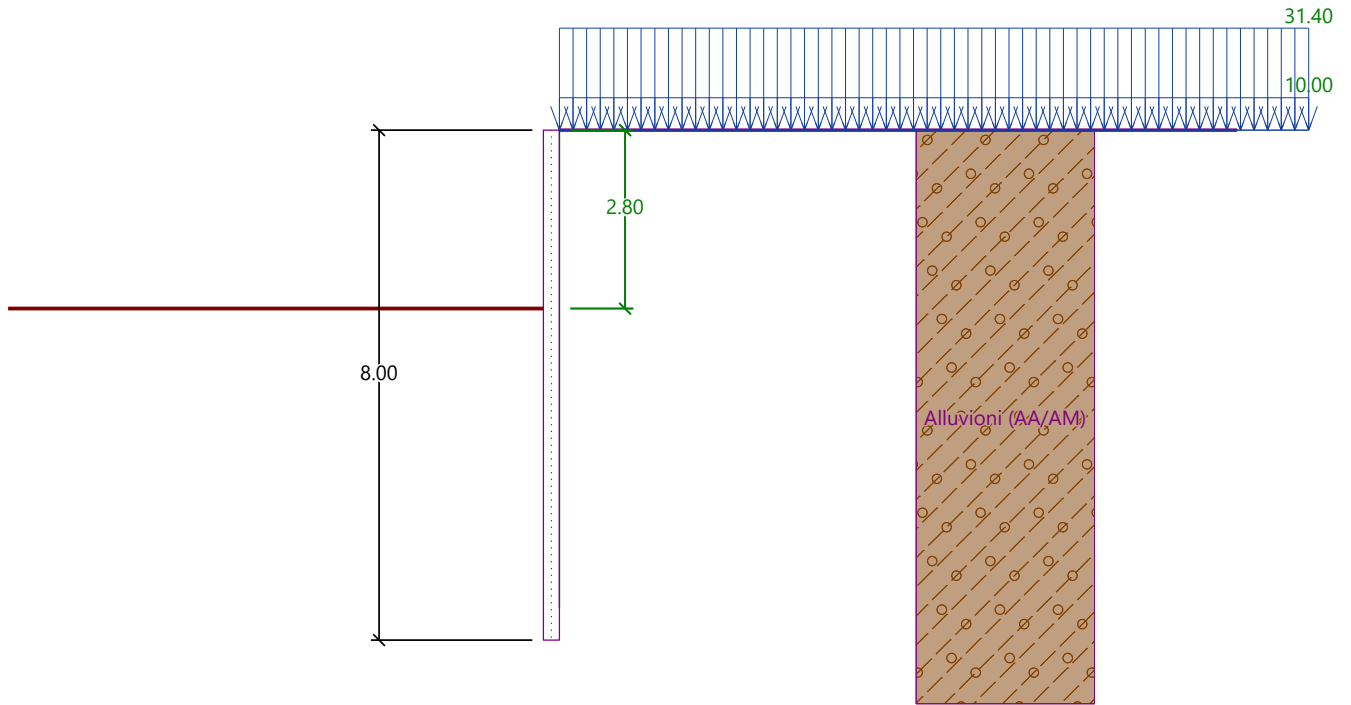


Spostamenti e sollecitazioni (SLE).

6.2.2 Sezione n.12 destra idrografica



Sezione n.12.



Schema di calcolo (sovraccarico permanente 31.4 kPa, variabile 10 kPa).

Verifica SLU-GEO

Utilization of passive pressure

Maximum passive pressure $R_{max} = 1059.61$ kN/m

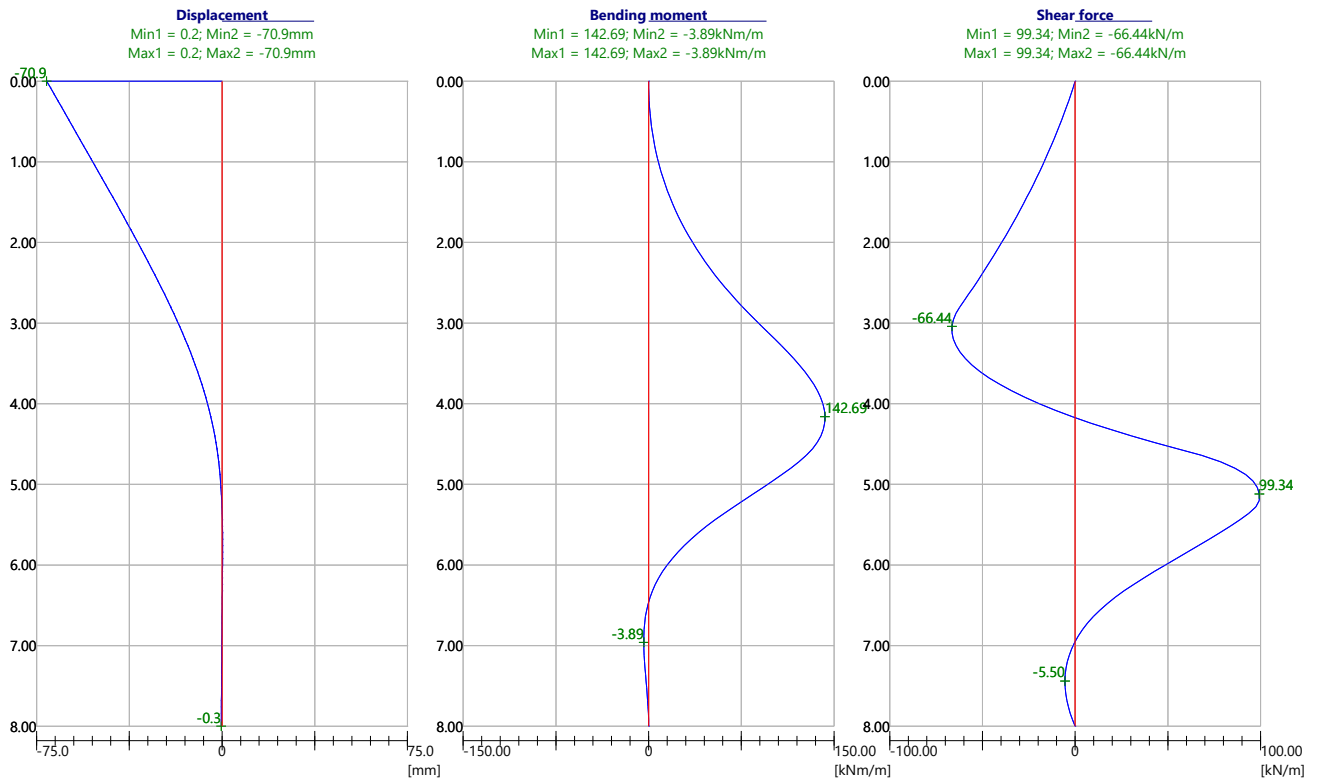
Mobilized passive pressure $R_{mob} = 394.00$ kN/m

Requested safety factor $SF_p = 1.00 < 2.69$

Overall verification of passive pressure utilization is SATISFACTORY



Verifica SLU-STR



Spostamenti e sollecitazioni (SLU-STR).

Verification of combined section according to EN 1994-1-1

All construction stages are taken into the analysis.
 Partial factor on load = 1.00

Forces per one section

$M_{max} = 57.08 \text{ kNm}; \quad Q = 0.64 \text{ kN}$
 $Q_{max} = 39.74 \text{ kN}; \quad M = 33.84 \text{ kNm}$

Verification of max. moment $M_{max} + Q$:

Verification of combined section (shear):

$Q/V_{Rd} = 0.001 \leq 1$ Is satisfactory

Verification of combined section (bending):

$M_{max}/M_{pl,N,Rd} = 0.709 \leq 0.9$ Is satisfactory

Verification of max. shear force $Q_{max} + M$:

Verification of combined section (shear):

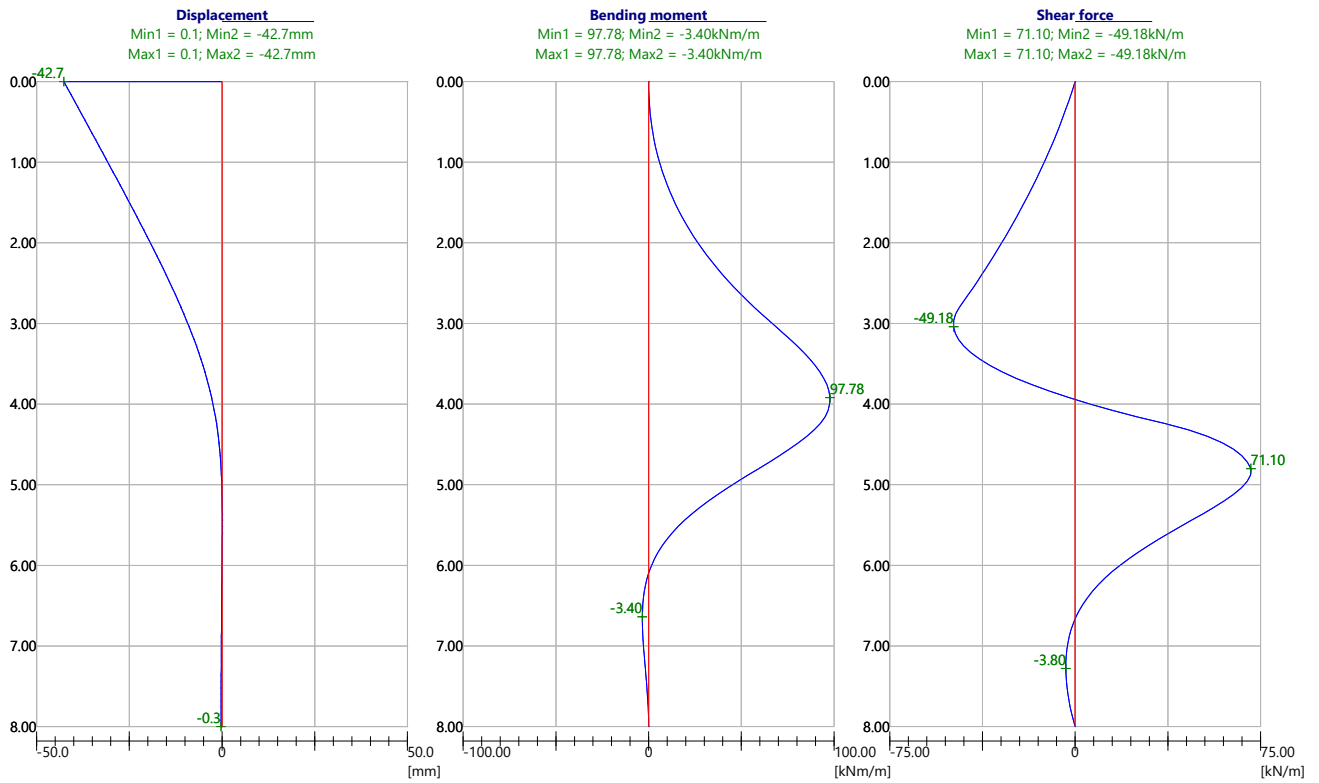
$Q_{max}/V_{Rd} = 0.076 \leq 1$ Is satisfactory

Verification of combined section (bending):

$M/M_{pl,N,Rd} = 0.420 \leq 0.9$ Is satisfactory

Cross section is SATISFACTORY

Risultati SLE

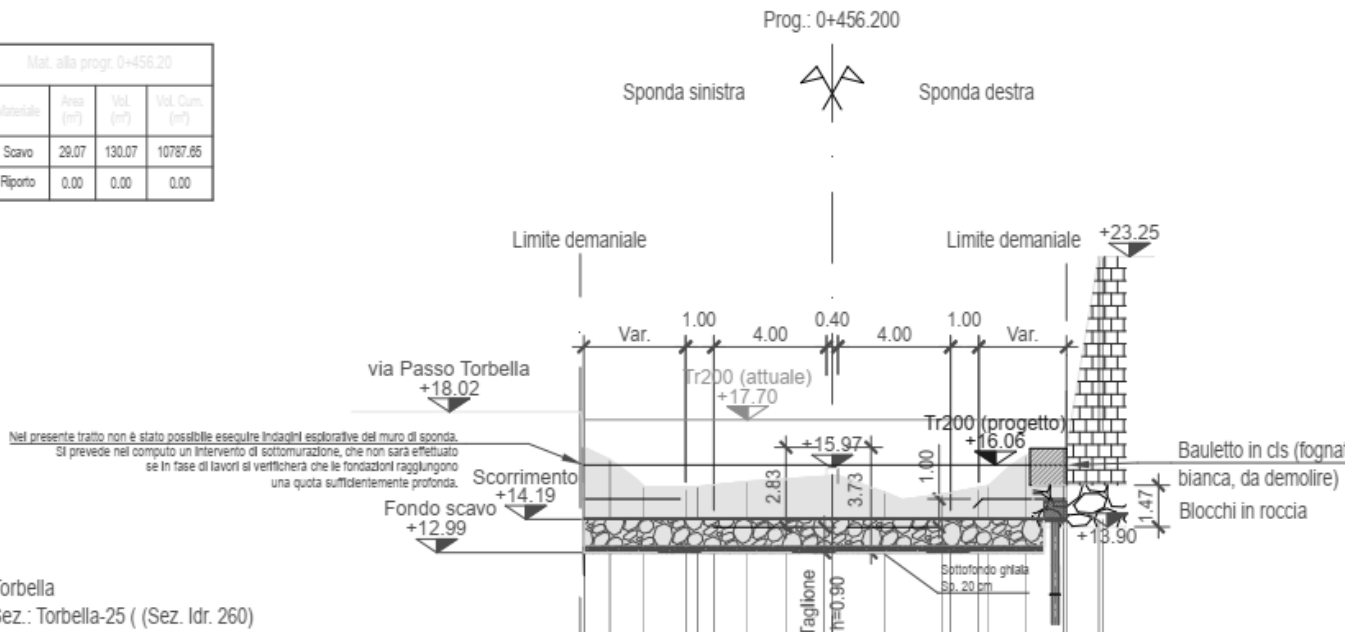


Spostamenti e sollecitazioni (SLE).

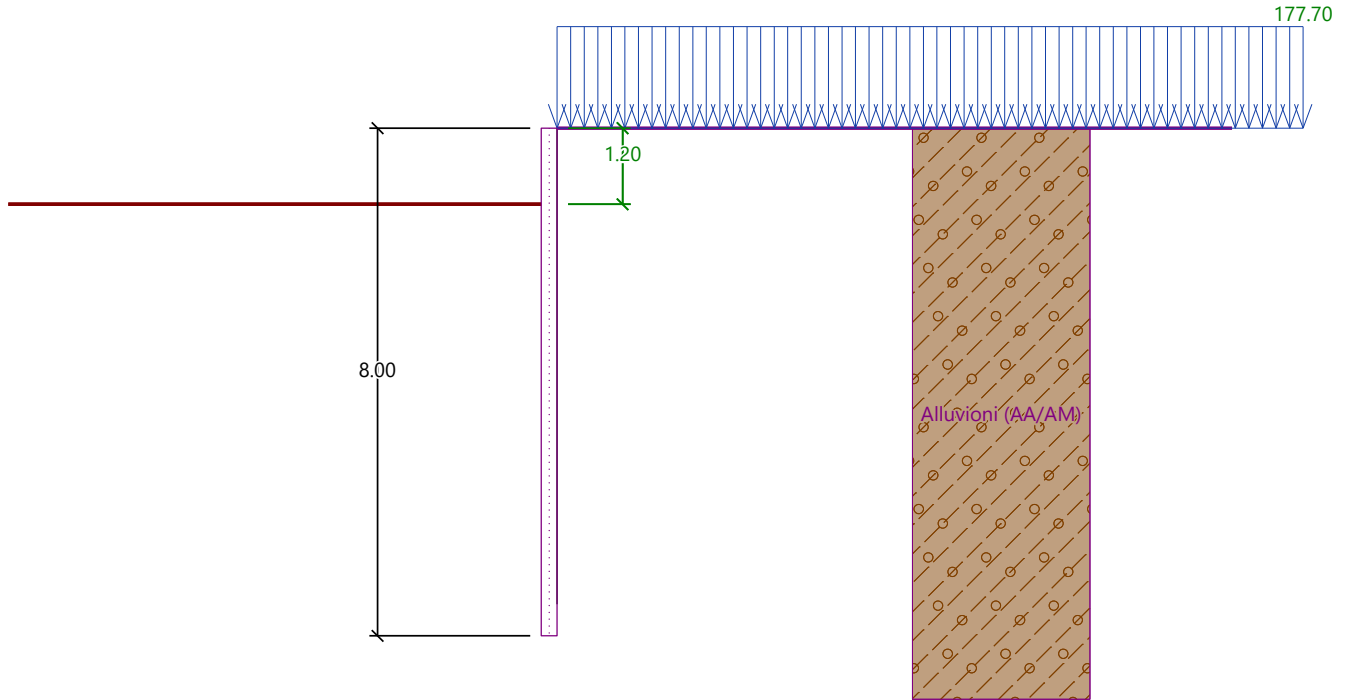
6.2.3 Sezione n.25 destra idrografica

Mat. alla progr. 0+456.20

Materiale	Area (m ²)	Vol. (m ³)	Vol. Cum. (m ³)
Scavo	29.07	130.07	10787.66
Riparto	0.00	0.00	0.00



Sezione n.25.



Schema di calcolo (sovraccarico permanente 177.7 kPa).

Verifica SLU-GEO

Utilization of passive pressure

Maximum passive pressure $R_{max} = 1811.99 \text{ kN/m}$

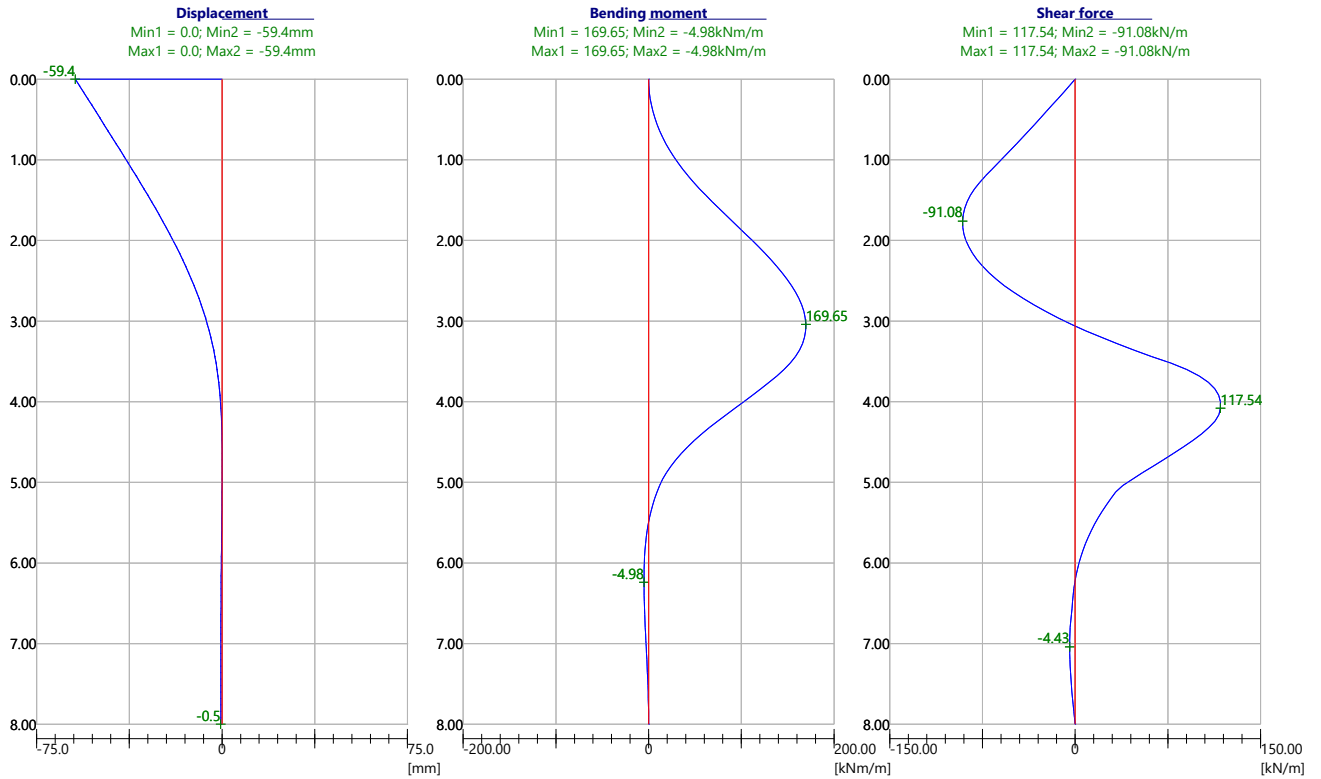
Mobilized passive pressure $R_{mob} = 769.87 \text{ kN/m}$

Requested safety factor $SF_p = 1.00 < 2.35$

Overall verification of passive pressure utilization is SATISFACTORY



Verifica SLU-STR



Spostamenti e sollecitazioni (SLU-STR).

Verification of combined section according to EN 1994-1-1

All construction stages are taken into the analysis.
 Partial factor on load = 1.00

Forces per one section

$M_{max} = 67.86 \text{ kNm}; \quad Q = 1.18 \text{ kN}$
 $Q_{max} = 47.02 \text{ kN}; \quad M = 37.28 \text{ kNm}$

Verification of max. moment $M_{max} + Q$:

Verification of combined section (shear):

$Q/V_{Rd} = 0.002 \leq 1$ *Is satisfactory*

Verification of combined section (bending):

$M_{max}/M_{pl,N,Rd} = 0.843 \leq 0.9$ *Is satisfactory*

Verification of max. shear force $Q_{max} + M$:

Verification of combined section (shear):

$Q_{max}/V_{Rd} = 0.090 \leq 1$ *Is satisfactory*

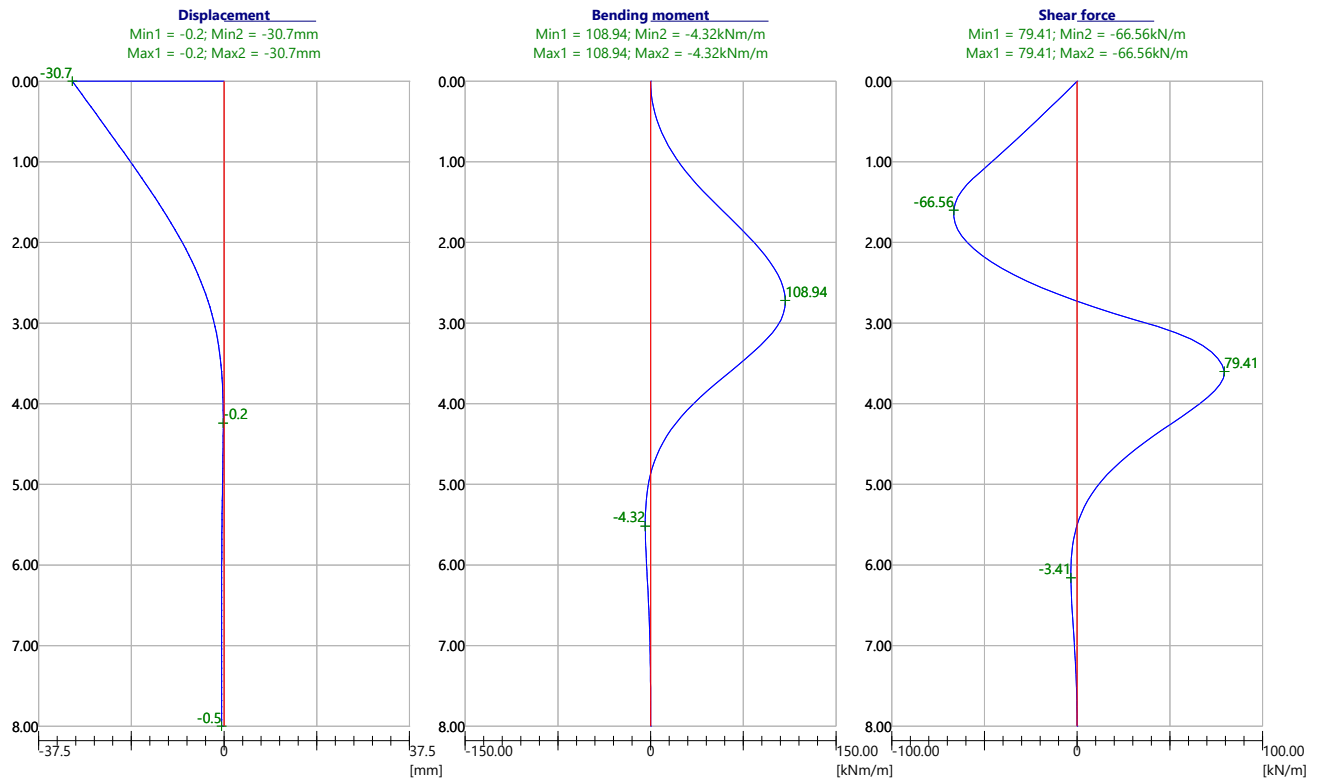
Verification of combined section (bending):

$M/M_{pl,N,Rd} = 0.463 \leq 0.9$ *Is satisfactory*

Cross section is SATISFACTORY



Risultati SLE



Spostamenti e sollecitazioni (SLE).

6.3 Intervento tipo 3 – Nuovo muro di sponda in luogo dell’accesso all’alveo attuale

L’intervento tipo 3 viene previsto in unico caso, dove l’opera spondale presenta allo stato attuale fondazioni superficiali, che sulla base delle valutazioni geotecniche non sono state ritenute sufficienti a garantire la stabilità, e si ritiene opportuno innalzare la quota sommitale del muro, per uniformarla a quella del tratto immediatamente a monte e a valle. Tale intervento è localizzato in corrispondenza dell’attuale accesso all’alveo del torrente Torbella, il quale verrà sostituito dalla nuova rampa di accesso prevista nel parcheggio “Rivarolo – Pisoni”.

Per questo motivo, viene prevista la realizzazione di una paratia di micropali accostati al piede dell’opera, da inserire preliminarmente allo scavo della sezione, necessario alla posa del rivestimento previsto in progetto. Inoltre, a partire dalla sommità della trave di coronamento della paratia viene realizzato un muro addossato a quello esistente, con lo scopo di proteggere e rinforzare l’opera presente allo stato attuale, che viene innalzato fino alla quota dei muri presenti immediatamente a monte e a valle.

Il calcolo per questo tipo di intervento si riconduce alla sezione n. 12 riportato nel paragrafo 6.2.2. In Figura 6-4 si riporta la sezione tipo dell’intervento.

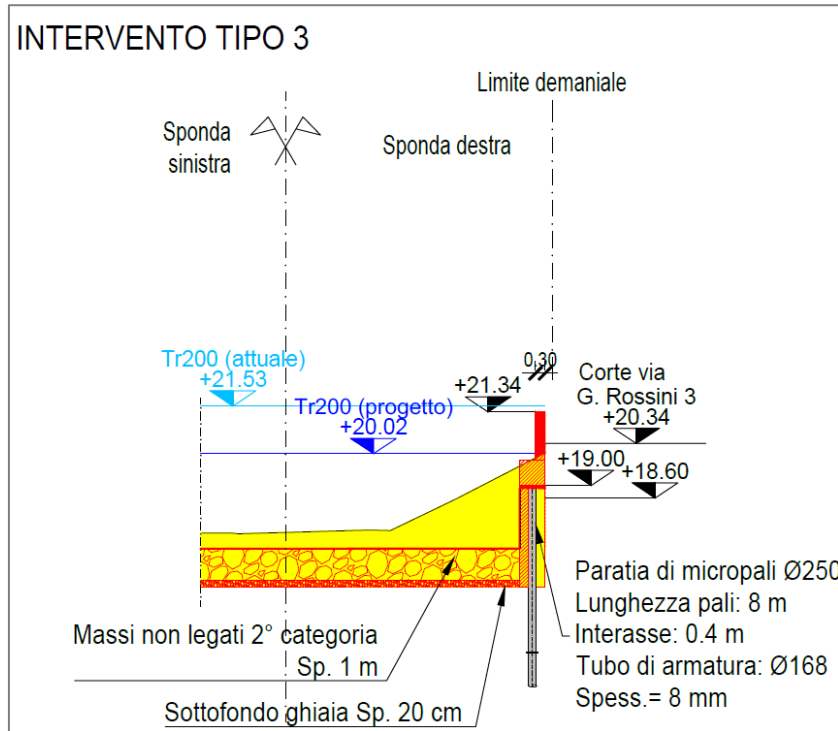


Figura 6-4: Sezione tipo in cui è previsto l'intervento tipo 3

6.4 Intervento tipo 4 – Sostituzione della gabbionata in sinistra idraulica

Nel tratto a valle del ponte ferroviario della linea "Bersaglio" è presente allo stato attuale un muro di gabbioni, che sulla base delle risultanze delle indagini esplorative si estendono in profondità fino ad una quota superiore rispetto a quella del fondo scavo e del fondo di progetto previsto dall'intervento di riprofilatura del torrente Torbella. Di conseguenza, viene prevista la realizzazione di una nuova gabbionata a sostituzione di quella attuale, fondata alla quota di fondo scavo prevista dall'intervento in questo tratto.

In Figura 6-5 si riporta la sezione tipo dell'intervento.

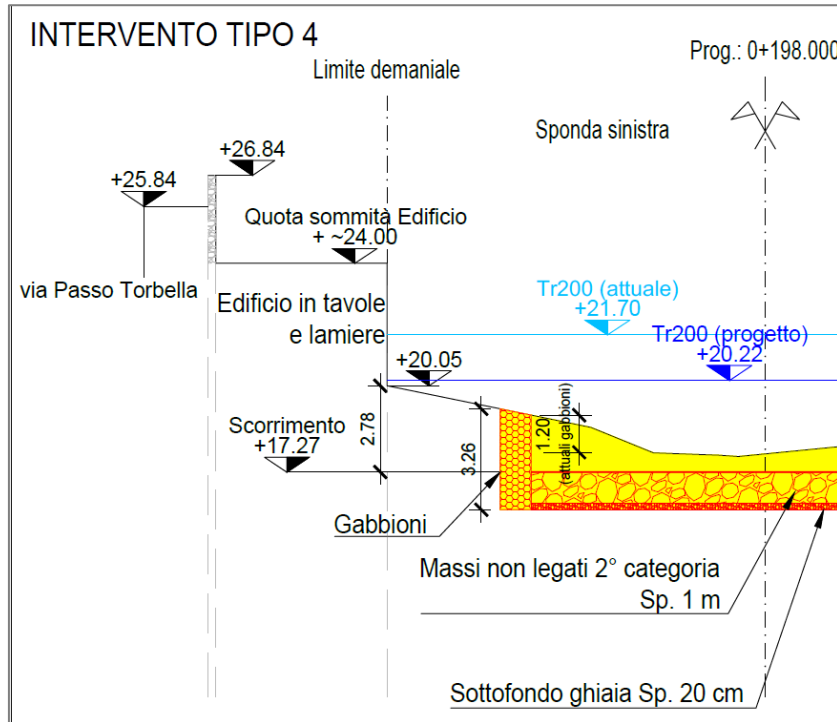
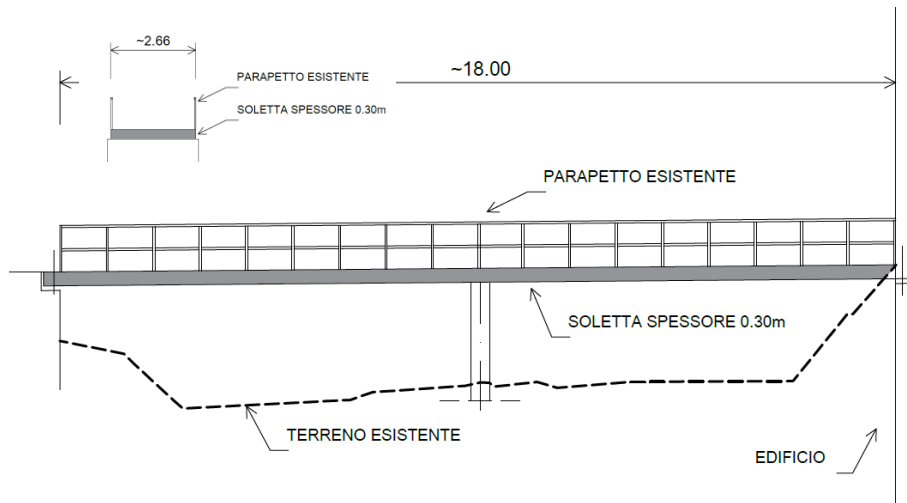


Figura 6-5: Sezione tipo in cui è previsto l'intervento tipo 4

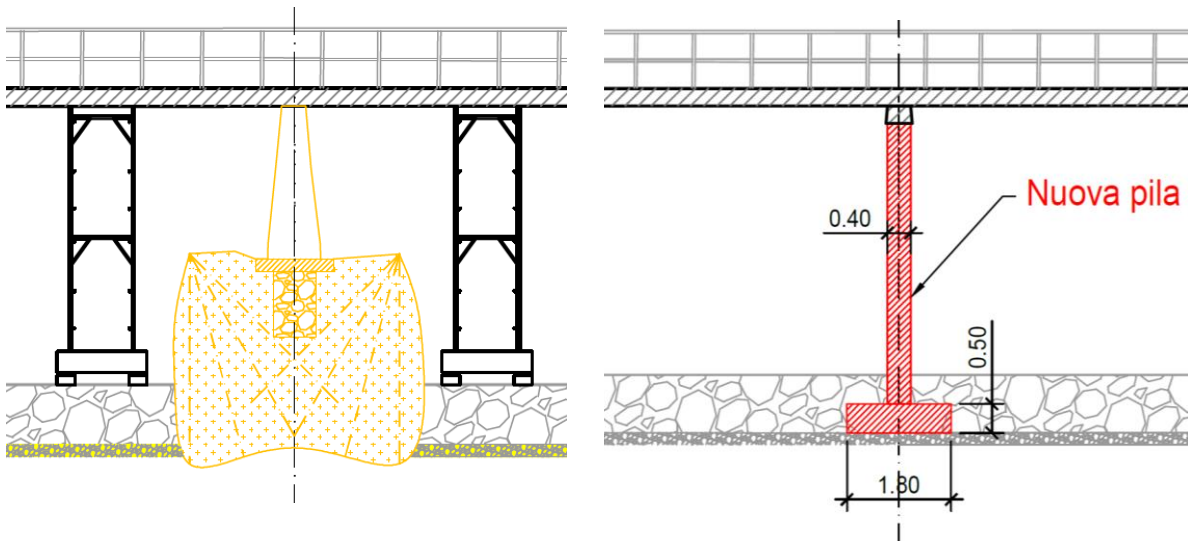
6.5 Intervento tipo 5 – Rifacimento della pila della passerella di via Passo Torbella 2

La passerella esistente di via Passo Torbella n. 2 è costituita da una pila in alveo, le cui fondazioni sono state esplorate nell'ambito della campagna di indagini effettuata nell'ambito del presente progetto. Tali fondazioni si estendono fino ad una profondità di 1.30 m rispetto all'attuale talweg, raggiungendo tuttavia una quota superiore rispetto a quella del fondo scavo e del fondo di progetto previsto dall'intervento di riprofilatura del torrente Torbella. Dal momento che dal punto di vista idraulico le verifiche hanno mostrato come tale pila non determini un aumento della pericolosità idraulica, viene previsto di sostituirla con una pila avente pari sezione del fusto, ma con suola di fondazione all'interno dello spessore del nuovo strato di rivestimento dell'alveo.



Per non precludere l'uso della passerella che garantisce l'accesso all'edificio sulla sponda destra, si prevede di procedere ad iniezioni di jet grouting al di sotto della pila attuale, in modo da poter procedere allo scavo fino alla nuova quota di fondo alveo intorno alla pila; una volta terminato lo scavo intorno alla pila, verranno realizzate due pile provvisorie in elementi di ponteggio, che consentiranno la demolizione della sottomurazione in jet della pila esistente, avendo cura di mantenere i ferri esistenti per garantire il collegamento con il fusto della nuova pila, e la successiva realizzazione di quest'ultima.

La descrizione dettagliata delle fasi dell'intervento è riportata nell'elaborato II151F-PD-STR-D072.



Carichi caratteristici sulla pila:

Luce campata 1	9.00
Luce campata 2	9.00
Larghezza carreggiata	2.80
Altezza pila	5.20
Altezza suola	0.50

		n	b [m]	kN/m	kN/mq	kN/m	
G2	Peso parapetti	2.0		1.00		2.00	
G1	Soletta sp. 0.3 m		2.80		7.50	21.00	
						23.00	
						207.00	su pila

		n	L [m]	kN/m		kN	
G1	Pila 40x300 cm	1	5.20	30.00		156.00	
G1	Suola 150x420 cm	1	0.50	157.50		78.75	
						234.75	su pila

			kN	kN/m	L [m]	kN	
Q	Carico tandem + distribuito		200	7.00	9	263.00	
oppure							
Q	Carico distribuito			14.00	9	126.00	
						263.00	su pila
						626.00	kN TOT su pila



Sigla	Unità stratigrafica	γ (kN/m ³)	GSI	RMR	Classe Bieniawsky	mb (Hoek-Brown)	s (Hoek-Brown)	a (Hoek-Brown)	ν	c' (kPa)	ϕ (°)	E (MPa)	K (m/s)
RIP	Ripporto	18	-	-	-	-	-	-	0.3	0 - 5	28	20	1.0E-05
CD	Depositi eluviali-colluviali	19	-	-	-	-	-	-	0.3	5	29	25	1.0E-05
AA/AM	Alluvioni Torbella	19	-	-	-	-	-	-	0.3	0	31	28	1.0E-04
AMT	Argilliti di Montanesi	27	30	27	IV	0.493	4.00E-04	0.522	0.45	100	38	1200	1.5E-07
AMTa	Argilliti di Montanesi, materiale alterato e zona di faglia	25	20	16	V	0.287	1.00E-04	0.544	0.4	25	28	350	4.5E-07

Dimensioni pila [m]						
larghezza Lx						0.40
lunghezza Ly						3.00
larghezza impalcato Lcopx						2.80
lunghezza influenza Lcopy						9.00
Altezza pila da estradosso fondazione						5.20
Dimensioni suola [m]						
distanza da pavimento a estradosso platea						0.00
larghezza Lx						1.80
lunghezza Ly						4.20
spessore						0.50
Analisi dei carichi (valori caratteristici)						
	kN/mq - kN/ml	mq/ml			kN	H appl. [m] coeff. SLU
G1 + G2 copertura	7.50	25.20	=>		189.00	5.35 1.30
G2 parapetti	2.00	9.00	=>		18.00	5.50 1.50
G1 pila	30.00	5.20	=>		156.00	2.60 1.30
G1 suola	12.50	7.56	=>		94.50	1.30
					457.50	
	kN - kN/mq	m			kN	
Carico tandem	200		=>		200.00	5.50 1.50
Carico distribuito	7.00	9.00			63.00	5.50 1.50
					263.00	
	kN/mq	c _{fx}	forza/m		c _m	momento/m coeff. SLU
Pressione di picco del vento	1.31	2.08	8.99		0.20	2.85 1.50
Ordinata massima spettro SLV (adimensionale su g)	0.21					
Calcolo delle azioni (azioni SLU e SLV)						
	Risultante [kN]	H appl. su fond. [m]			Mrib [kN m]	
Risultante vento su impalcato	121.39	5.20			631.23	
Risultante momento su pila	38.52				38.52	
Risultante vento su pila	4.90	2.60			12.75	
					682.50	
Risultante sisma G1+G2 copertura	43.47	5.35			232.56	
Risultante sisma pila	32.76	2.60			85.18	
					317.74	

c_d969.Comune di Genova - Prot. 29/03/2023.0139153.E



Verifica a ribaltamento per sisma				
La verifica a ribaltamento più sfavorevole è con sisma in direzione parallela all'impalcato				
	Risultante [kN]		H appl. su imposta [m]	
Risultante sisma G1+G2 copertura	43.47		5.85	254.30
Risultante sisma pila	32.76		3.10	101.56
				355.86
Contributi stabilizzanti:	[kN]	[%]	braccio [m]	Mstab [kN m]
G1 + G2 copertura	189.00	100%	0.90	170.10
G2 parapetti	18.00	0%	0.90	0.00
G1 pila e suola	250.50	100%	0.90	225.45
				395.55
		MSd/Mstab =	1.11	> 1.0 OK
Verifica a scorrimento per sisma				
Azioni sollecitanti			[kN]	
Risultante sisma G1+G2 copertura			43.47	
Risultante sisma pila			32.76	
			76.23	
	φ	31	μ	0.38
Contributi stabilizzanti:	[kN]	[%]	Fstab [kN m]	
G1 + G2 copertura	189.00	100%	71.29	
G2 parapetti	18.00	0%	0.00	
G1 pila e suola	250.50	100%	94.49	
			165.78	
		FSd/Fstab =	2.17	> 1.1 OK
Verifica a ribaltamento per vento (SLU)				
La verifica è condotta con vento in direzione ortogonale all'impalcato				
	Risultante [kN]	[kN m]	H appl. su imposta [m]	
Risultante vento su impalcato	121.39		5.70	691.92
Risultante momento su pila		38.52		38.52
Risultante vento su pila	4.90		3.10	15.20
				745.64
Contributi stabilizzanti:	[kN]	[%]	braccio [m]	Mstab [kN m]
G1 + G2 copertura	189.00	100%	2.10	396.90
G2 parapetti	18.00	0%	2.10	0.00
G1 pila e suola	250.50	100%	2.10	526.05
				922.95
		MSd/Mstab =	1.24	> 1.0 OK
Verifica a scorrimento per vento (SLU)				
Azioni sollecitanti			[kN]	
Risultante vento su impalcato			121.39	
Risultante vento su pila			4.90	
			126.29	
	φ	31	μ	0.38
Contributi stabilizzanti:	[kN]	[%]	Fstab [kN m]	
G1 + G2 copertura	189.00	100%	71.29	
G2 parapetti	18.00	0%	0.00	
G1 pila e suola	250.50	100%	94.49	
			165.78	
		FSd/Fstab =	1.31	> 1.1 OK

c_d969.Comune di Genova - Prot. 29/03/2023.0139153.E



Portata per sisma in direzione trasversale:

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DELLE FONDAZIONI DIRETTE COMBINAZIONE				A1+M1+A3
<u>Dimensioni del plinto</u>				
B =	1.80	m		
L =	4.20	m		
spessore ricoprim	0	m		
spessore fondaz	0.50	m		
D =	0.50	m	profondità del piano di fondazione	
<u>Sollecitazioni alla base del plinto</u>				
senza peso riempimento				
N =	457.50	kN		
Vx =	22.87	kN		
Vy =	76.23	kN		
Mxx =	355.86	kNm		
Myy =	106.76	kNm		
<u>Caratteristiche del terreno</u>				
Terreno immerso [s/n] = n				
γ =	19	kN/m3	peso specifico del terreno posto sopra il piano di fondazione	
γ' =	19	kN/m3		
γ2 =	19	kN/m3		
γ2' =	19	kN/m3		
φ =	35	°		
c' =	0	kN/m2		
<u>Calcolo della capacità portante</u>				
F =	79.59	kN		
F/N =	0.17			
ex =	0.23	m	ey = 0.78 m	
B' =	1.33	m	L' = 2.64 m	
q = γ' D =	9.5	kN/m2		
<u>Fattori di capacità portante (Vesic, 1975):</u>				
Nc =	46.12			
Nq =	33.30			
Nγ =	48.03			
<u>Fattori di forma della fondazione (De Beer, 1967):</u>				
sc =	1.10			
sq =	1.35			
sγ =	0.80			
<u>Fattore di inclinazione del carico (Vesic, 1970):</u>				
ic =	0.72	m =	1.66	
iq =	0.73			
iγ =	0.60			
qlim =	603.2	kN/m2		
Nlim =	2 126.7	kN		
γR3 =	2.30			
NRd = Nlim/γR3 =	924.66			
Fs = NRd / N =	2.02	> 1.0	OK	

c_9969 - Comune di Genova - Prot. 29/03/2023.0139153.E



Portata per vento in direzione trasversale:

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DELLE FONDAZIONI DIRETTE COMBINAZIONE				A1+M1+A3
<u>Dimensioni del plinto</u>				
B =	1.80	m		
L =	4.20	m		
spessore ricoprim	0	m		
spessore fondaz	0.50	m		
D =	0.50	m	profondità del piano di fondazione	
<u>Sollecitazioni alla base del plinto</u>				
senza peso riempimento				
N =	520.50	kN		
Vx =	0.00	kN		
Vy =	126.29	kN		
Mxx =	745.64	kNm		
Myy =	0.00	kNm		
<u>Caratteristiche del terreno</u>				
Terreno immerso [s/n] = n				
γ =	19	kN/m3	peso specifico del terreno posto sopra il piano di fondazione	
γ' =	19	kN/m3		
γ2 =	19	kN/m3		
γ2' =	19	kN/m3		
φ =	35	°		
c' =	0	kN/m2		
<u>Calcolo della capacità portante</u>				
F =	126.29	kN		
F/N =	0.24			
ex =	0.00	m	ey = 1.43 m	
B' =	1.80	m	L' = 1.33 m	
q = γ' D =	9.5	kN/m2		
<u>Fattori di capacità portante (Vesic, 1975):</u>				
Nc =	46.12			
Nq =	33.30			
Nγ =	48.03			
<u>Fattori di forma della fondazione (De Beer, 1967):</u>				
sc =	1.15			
sq =	1.52			
sγ =	0.70			
<u>Fattore di inclinazione del carico (Vesic, 1970):</u>				
ic =	0.63	m =	1.57	
iq =	0.65			
iγ =	0.49			
qlim =	519.8	kN/m2		
Nlim =	1 248.9	kN		
γR3 =	2.30			
NRd = Nlim/γR3 =	542.99			
Fs = NRd / N =	1.04	> 1.0	OK	

c_9969 - Comune di Genova - Prot. 29/03/2023.0139153.E



6.6 Intervento tipo 6 – Protezione opere spondali esistenti con paratia di micropali provvisoria

Questo intervento è stato previsto per i seguenti tratti:

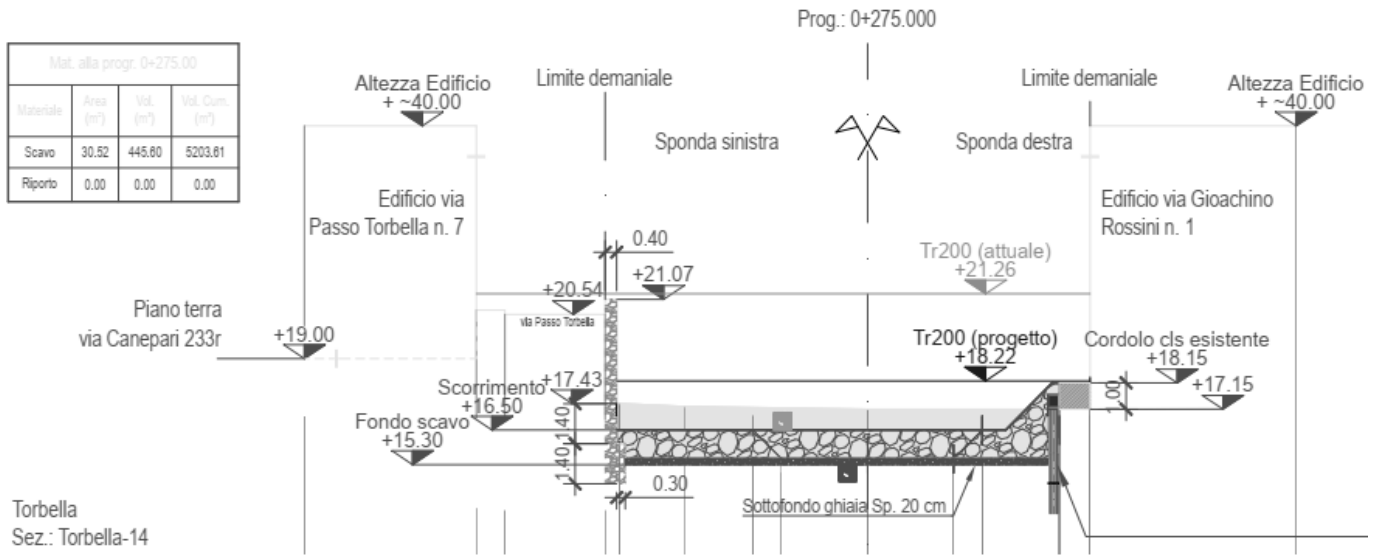
- Sezione n. 14 destra idrografica, per il tratto di circa 30 m in corrispondenza dell'edificio di via Gioachino Rossini n. 1;
- Sezione n. 8 sinistra idrografica, per il tratto di circa 40 m al piede del muro di RFI.

Come per le paratie degli interventi tipo 2 e 3 i principali risultati riferiti alle condizioni SLU-STR e SLE per ogni sezione sono riportati in forma grafica, in termini di diagrammi degli spostamenti, del momento flettente e del taglio. Per quanto riguarda lo stato limite ultimo geotecnico (SLU-GEO) si riportano le verifiche della resistenza al piede. Allo stesso modo, si evidenzia che tutte le berlinesi sono costituite da micropali della lunghezza di 8 m e diametro Ø250 mm, armati con tubo 168.3 sp. 8 mm (S355) e caratterizzati da un interasse di 0.40 m. Inoltre, gli scavi ed i successivi rivestimenti in massi non legati di 2° categoria dovranno essere eseguiti per sottocantieri caratterizzati da un avanzamento per conci di 3 m al massimo.

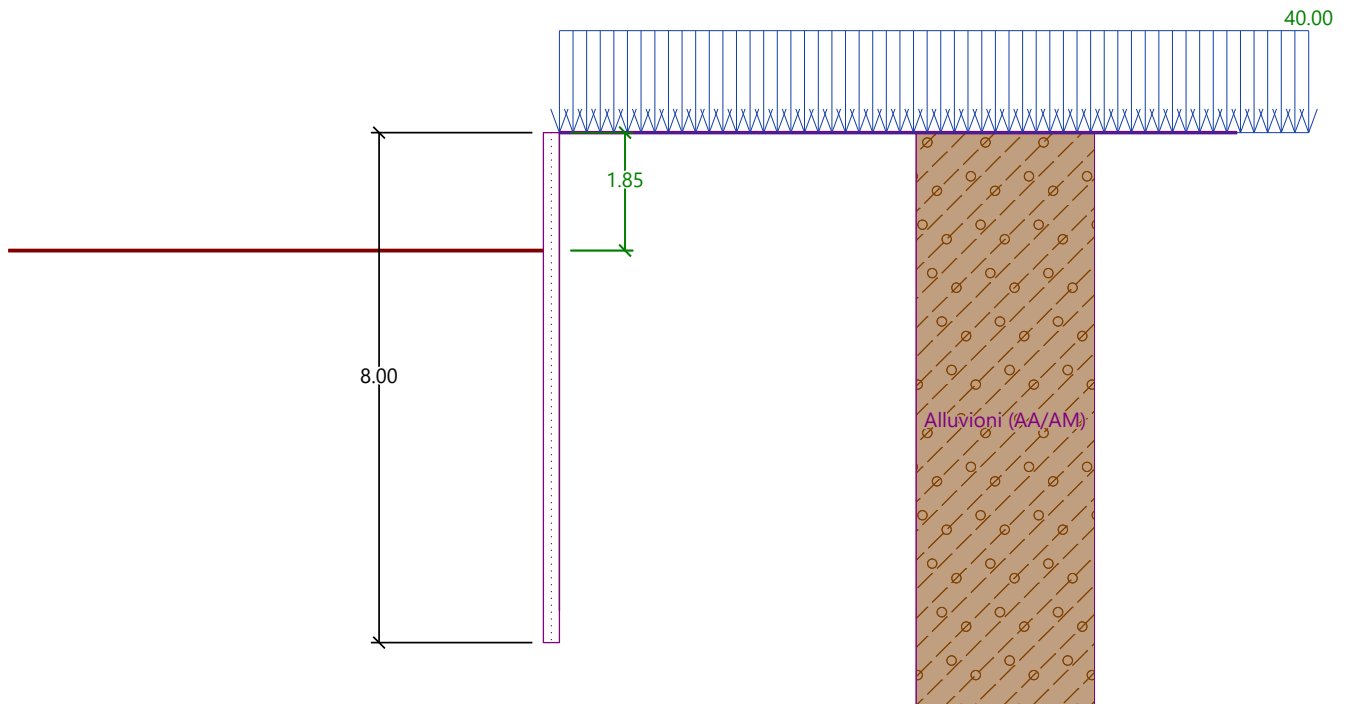
6.6.1 Sezione n.14 destra idrografica

Per il tratto in destra idraulica di circa 30 m in corrispondenza dell'edificio di via Gioachino Rossini n. 1. In affiancamento a tale edificio, che confina direttamente con l'alveo del torrente Torbella, è presente un cordolo in cls, le cui caratteristiche sono state indagate nell'ambito delle indagini, le quali non hanno evidenziato la presenza di ulteriori elementi al di sotto della sua quota d'imposta. Secondo queste risultanze il cordolo non fa parte delle fondazioni dell'edificio, bensì è stato inserito successivamente allo scopo di proteggere dall'erosione delle piene le fondazioni dello stesso.

L'intervento di riprofilatura del torrente Torbella prevede in questo tratto un abbassamento dell'alveo ad una quota inferiore dell'imposta di tale cordolo. Di conseguenza, per evitare eventuali disturbi a questo elemento, il quale confina direttamente con l'edificio di via Gioachino Rossini n. 1, è stata prevista la realizzazione di una paratia di micropali provvisoria, la quale viene poi inglobata all'interno del rivestimento in massi definitivo.



Sezione n.14.



Schema di calcolo (sovraccarico permanente 40 kPa).

Verifica SLU-GEO

Utilization of passive pressure

Maximum passive pressure $R_{max} = 1482.14 \text{ kN/m}$

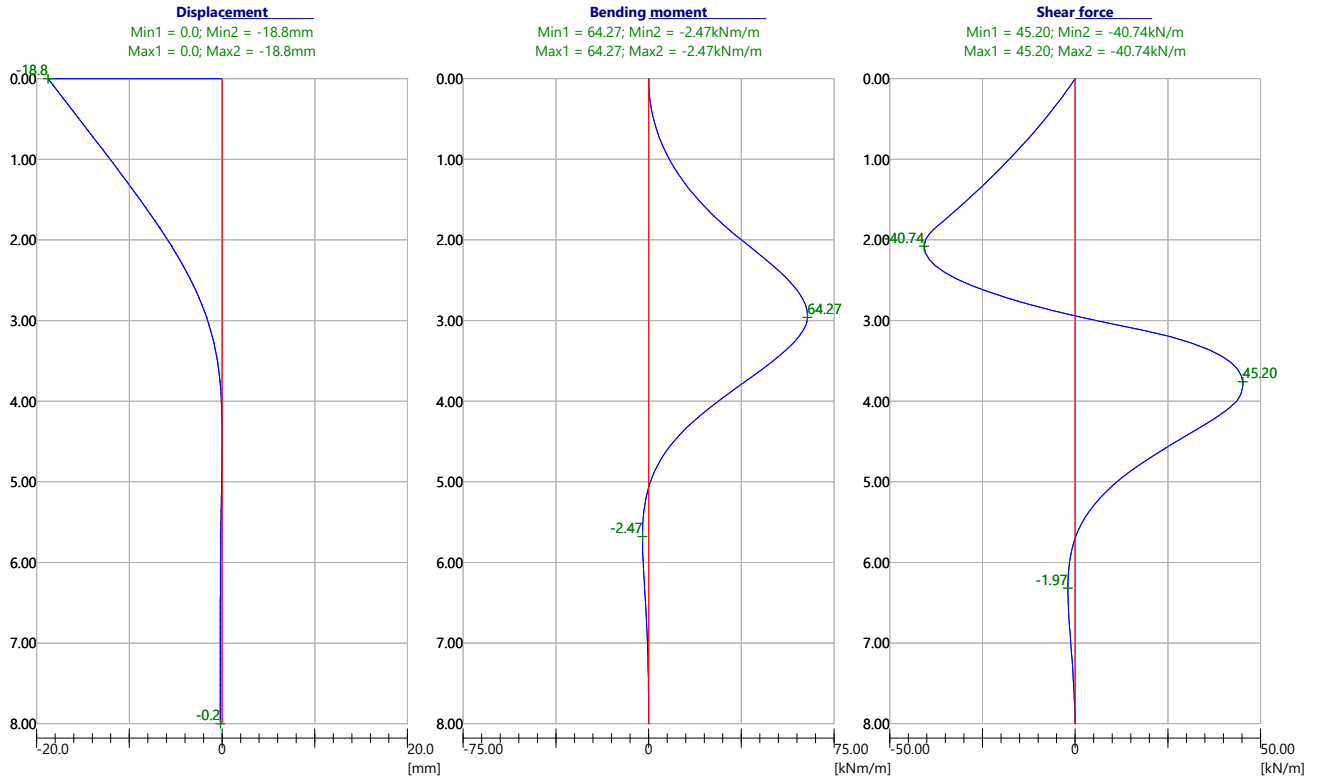
Mobilized passive pressure $R_{mob} = 405.00 \text{ kN/m}$

Requested safety factor $SF_p = 1.00 < 3.66$



Overall verification of passive pressure utilization is SATISFACTORY

Verifica SLU-STR



Spostamenti e sollecitazioni (SLU-STR).

Verification of combined section according to EN 1994-1-1

All construction stages are taken into the analysis.
 Partial factor on load = 1.00

Forces per one section

$M_{max} = 25.71 \text{ kNm}; \quad Q = 0.68 \text{ kN}$
 $Q_{max} = 18.08 \text{ kN}; \quad M = 15.58 \text{ kNm}$

Verification of max. moment $M_{max} + Q$:

Verification of combined section (shear):

$Q/V_{Rd} = 0.001 \leq 1 \quad \text{Is satisfactory}$

Verification of combined section (bending):

$M_{max}/M_{pl,N,Rd} = 0.319 \leq 0.9 \quad \text{Is satisfactory}$

Verification of max. shear force $Q_{max} + M$:

Verification of combined section (shear):

$Q_{max}/V_{Rd} = 0.035 \leq 1 \quad \text{Is satisfactory}$

Verification of combined section (bending):

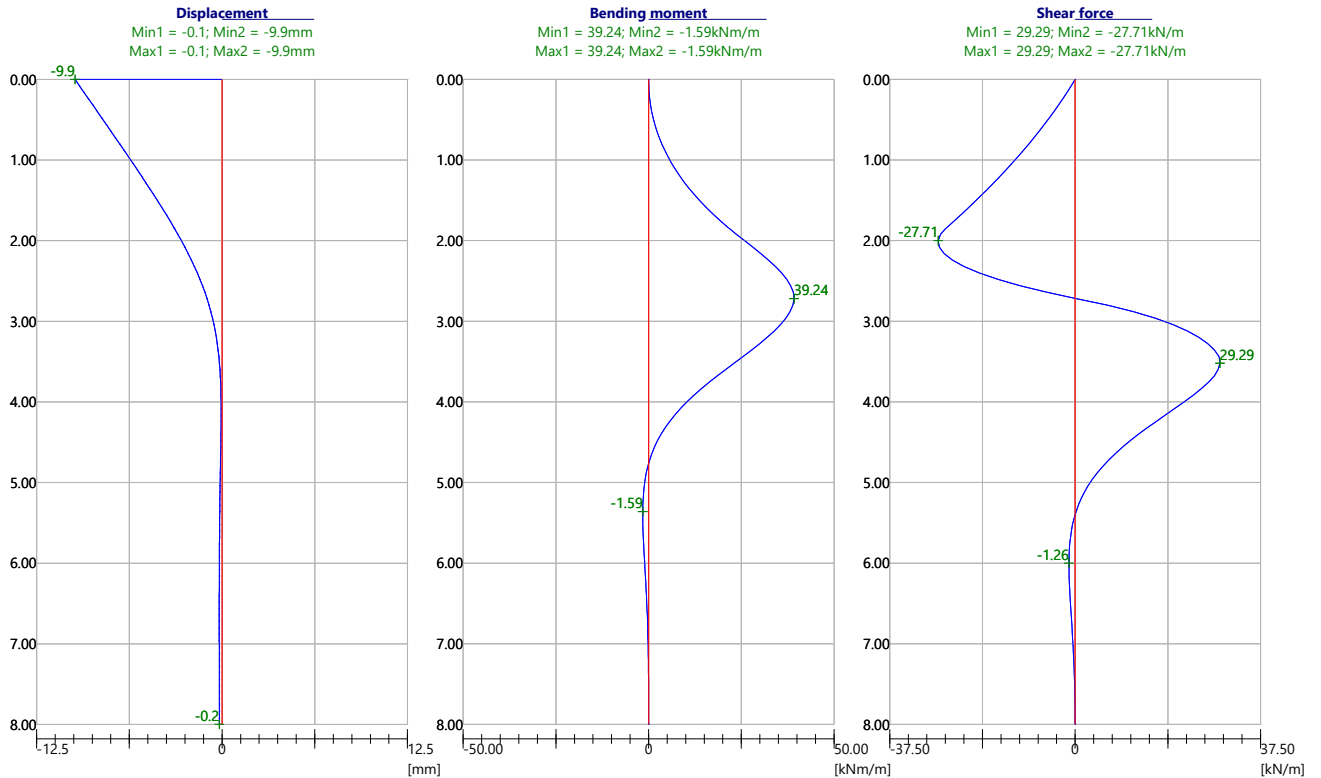
$M/M_{pl,N,Rd} = 0.194 \leq 0.9 \quad \text{Is satisfactory}$

Cross section is SATISFACTORY

Risultati SLE



c:\d969.Comune di Genova - Prot. 29/03/2023.0139153.E



Spostamenti e sollecitazioni (SLE).

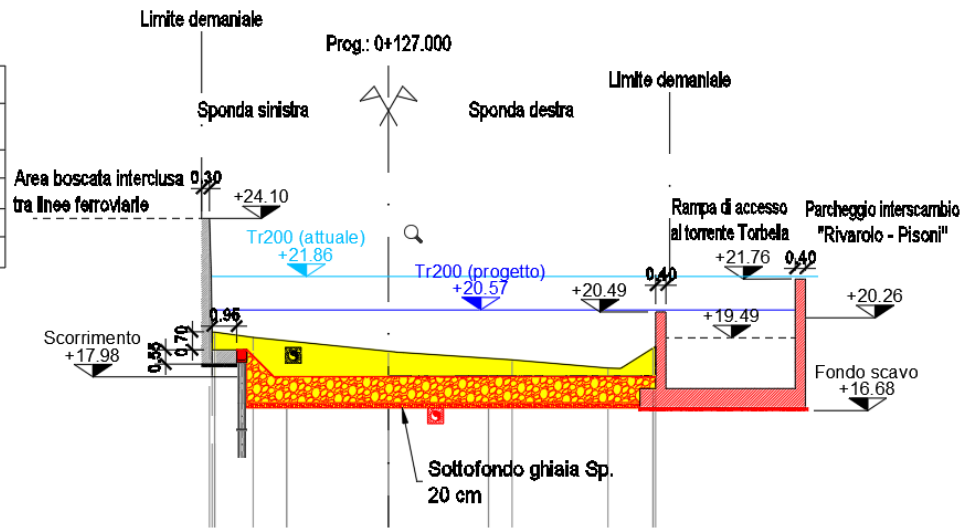
6.6.2 Sezione n.8 sinistra idrografica

L'intervento qui previsto ha lo scopo di proteggere provvisoriamente il muro di RFI che si trova tra il ponte ferroviario della Linea dei Giovi e quello della Linea Bersaglio. Tale muro appare di più recente costruzione rispetto a molti altri presenti lungo le sponde del torrente Torbella. Inoltre, si trova in un tratto di interno curva, dove allo stato attuale il dislivello del fondo alveo rispetto alla quota del talweg è pari a circa 1.5 m.

Per questi motivi è verosimile che sia stato costruito con fondazioni ad una quota più superficiale e, di conseguenza, risulta necessario realizzare la paratia di micropali provvisoria che viene di seguito verificata.



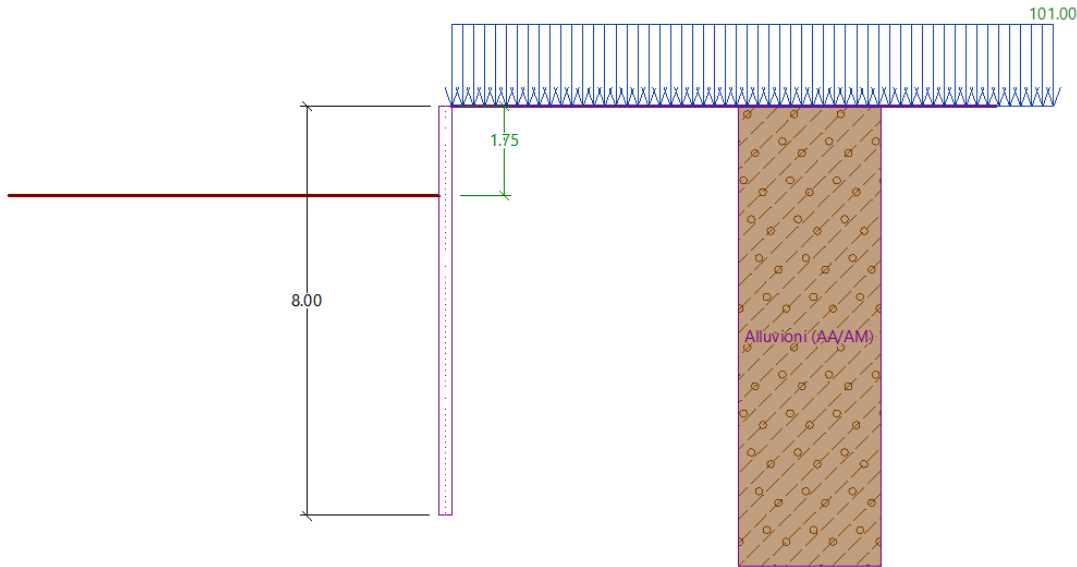
Mat. alla progr. 0+127.00			
Materiale	Area (m ²)	Vol. (m ³)	Vol. Cum. (m ³)
Scavi	33.69	663.79	4181.02
Riparto	0.00	0.00	1.38
Piressim Massi 2a cat.	16.96	328.69	2044.29
Sottofondo ghiaia	3.39	66.74	408.86



Torbella
 Sez.: Torbella-8 (Sez. Idr. 1322)

Sezione n.8.

Verifica berlinese sinistra idrografica



Schema di calcolo (sovraccarico permanente 101 kPa).

Verifica SLU-GEO

Utilization of passive pressure

Maximum passive pressure $R_{max} = 1530.73 \text{ kN/m}$

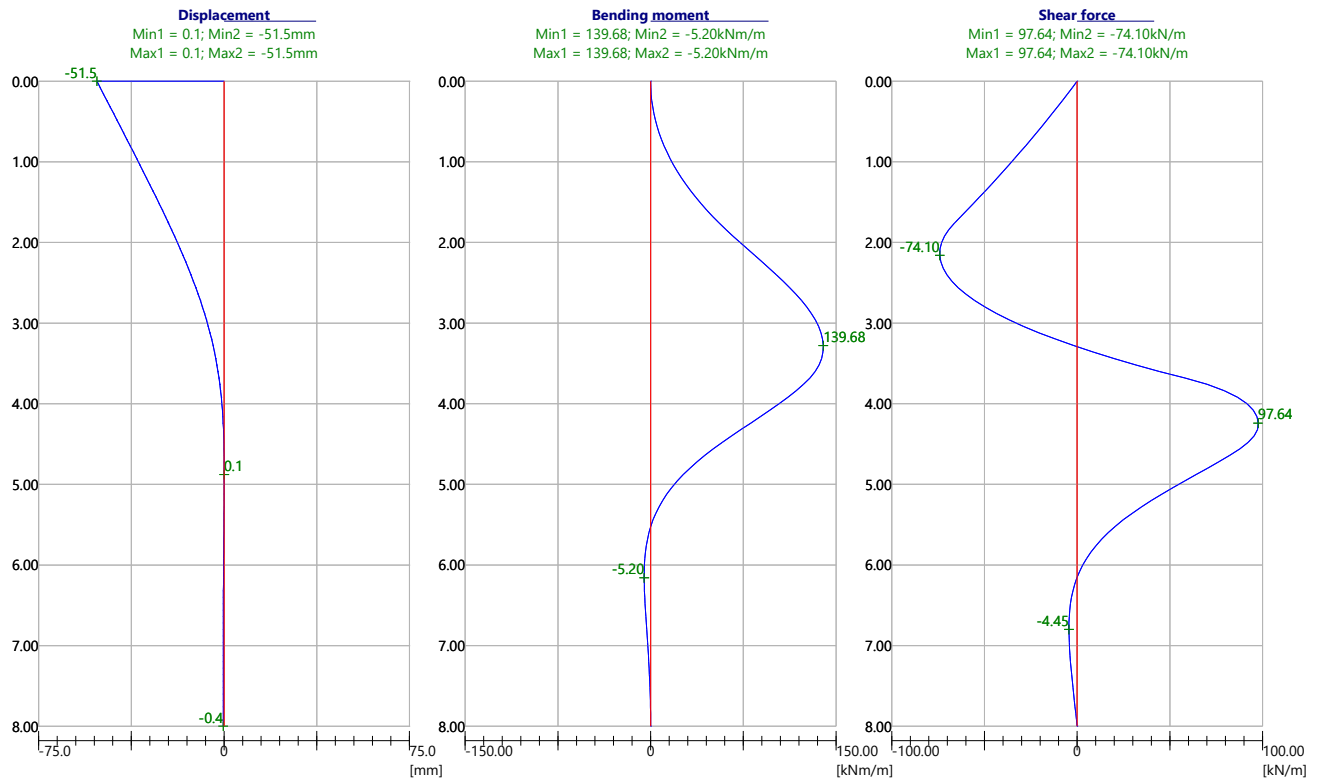
Mobilized passive pressure $R_{mob} = 559.05 \text{ kN/m}$

Requested safety factor $SF_p = 1.00 < 2.74$

Overall verification of passive pressure utilization is **SATISFACTORY**



Verifica SLU-STR



Spostamenti e sollecitazioni (SLU-STR).

Verification of combined section according to EN 1994-1-1

All construction stages are taken into the analysis.
 Partial factor on load = 1.00

Forces per one section

$M_{max} = 55.87 \text{ kNm}; \quad Q = 0.72 \text{ kN}$
 $Q_{max} = 39.06 \text{ kN}; \quad M = 32.41 \text{ kNm}$

Verification of max. moment $M_{max} + Q$:

Verification of combined section (shear):

$Q/V_{Rd} = 0.001 \leq 1 \quad \text{Is satisfactory}$

Verification of combined section (bending):

$M_{max}/M_{pl,N,Rd} = 0.694 \leq 0.9 \quad \text{Is satisfactory}$

Verification of max. shear force $Q_{max} + M$:

Verification of combined section (shear):

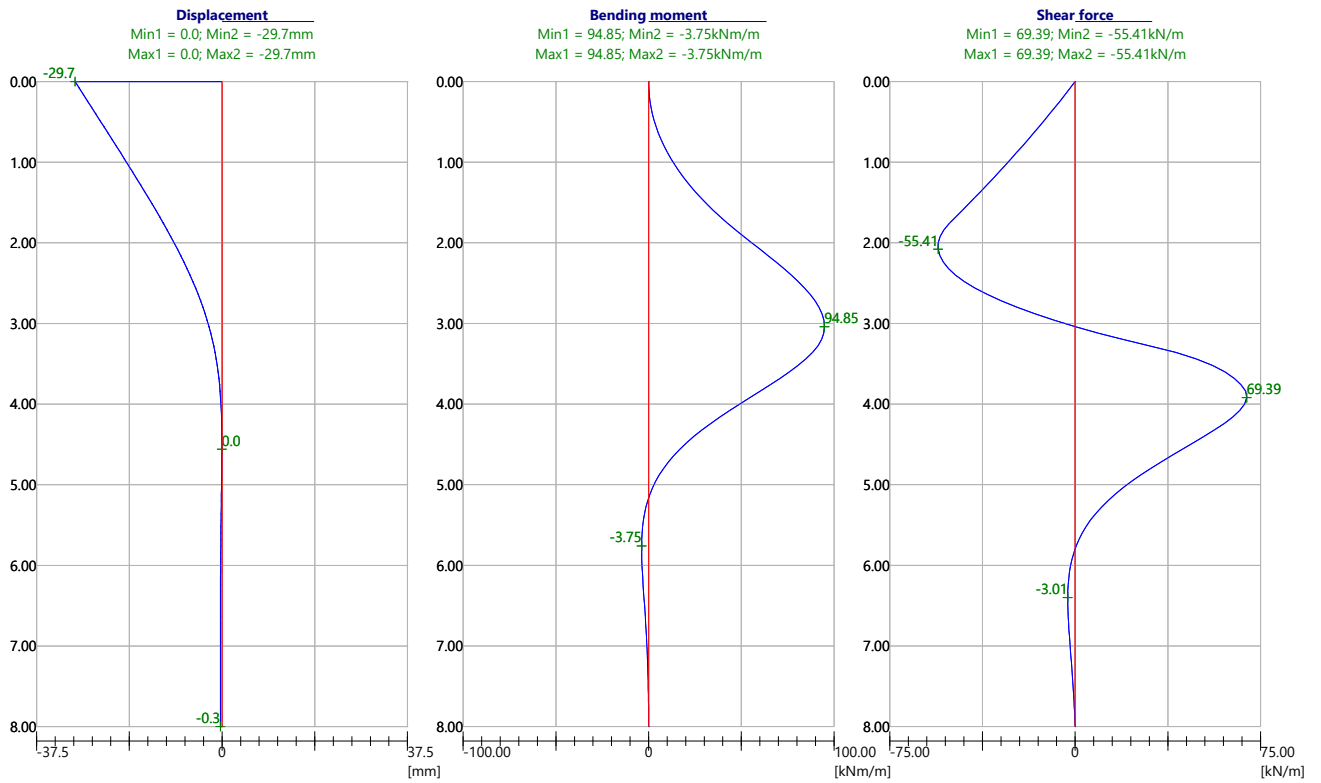
$Q_{max}/V_{Rd} = 0.075 \leq 1 \quad \text{Is satisfactory}$

Verification of combined section (bending):

$M/M_{pl,N,Rd} = 0.403 \leq 0.9 \quad \text{Is satisfactory}$

Cross section is SATISFACTORY

Risultati SLE

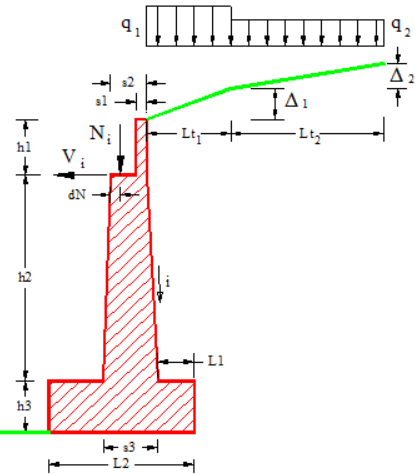


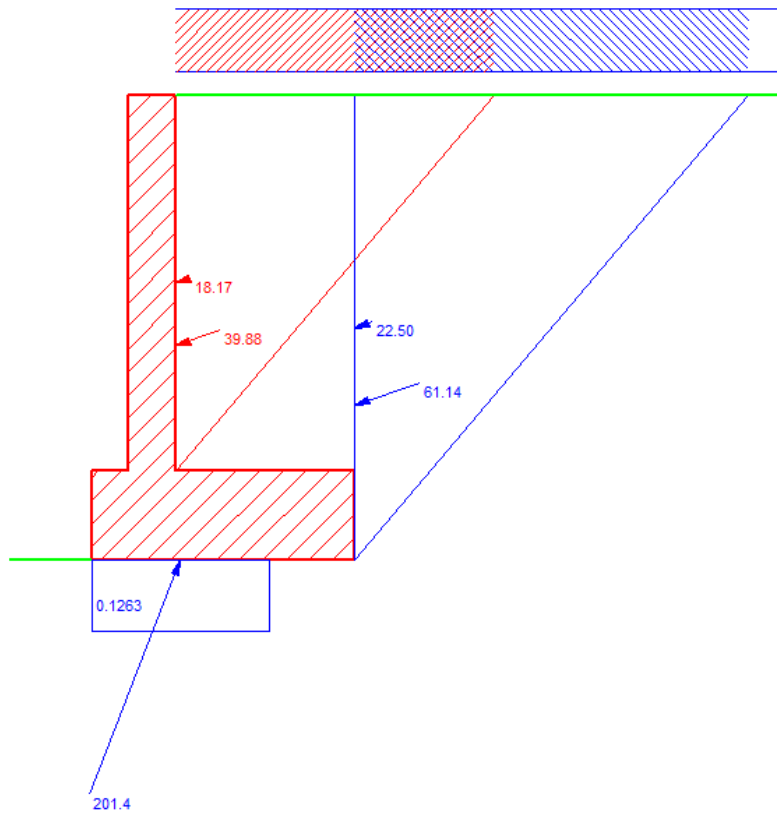
Spostamenti e sollecitazioni (SLE).

Verifica sezione base muro rampa destra idrografica

Altezza paraghiaia (m)	h1	0	Angolo attrito interno	ϕ^o	28	Impalcato	
Spessore paraghiaia (m)	s1	0.3	Ang. attrito terra-muro	δ^o	18.7	Ni	0 dN
Inclinazione parete (%)	i	0	Ang. attrito fondazione	ϕ_f^o	28	Vi	0 kN
Altezza parete (m)	h2	3.15	Peso spec. terre [kN/m3]	γ_t	19		
Spessore in testa (m)	s2	.4	Peso spec. muro [kN/m3]	γ_m	25		
Spessore alla base (m)	s3	.4	Dati Sisma	K_v	0.0094	K_h	0.0188
Altezza fondazione (m)	h3	0.75	N° lati terreno		1		
Sbalzo fond. contro terra	L1	1.5	Lato 1	Lungh.	10	Dislivello	0
Larghezza totale fond.	L2	2.2				q	10

Parete		Fondazione			Sbalzi Fondazione		
St	39.88 kN	Ribaltamento	Scorimento	Schiacciamento	M valle	4.842	
Sq	18.17 kN	St	55.58 ?1	St	55.58 ?2	M monte	49.42
Ss	0 kN	Sq	22.50	Sq	15.00	$\sigma_{t, valle}$	0.1263 MPa
Si	0 kN	Ss	0	Ss	1.894	$\sigma_{t, monte}$	0
M	63.06 kNm	Si	0	Si	3.055	% comp.	67.53
N	46.96 kN	Mr	57.85	V	71.70	Verifiche più gravose	
V	54.99 kN	Ms	172.2	N	184.2		
	?1	Ms/Mr	2.976	c. scor.	1.093		





Dati

$\phi = 28^\circ$
 $\delta = 18.7^\circ$
 $\phi f = 28^\circ$
 $\gamma t = 19 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma m = 25 \text{ kN/m}^3$
 $kh = 0.0188; kv = 0.0094$
 $N_i = 0$
 $dN = 0$
 $V_i = 0$
 $V_i = 0$

Sollecitazioni Parete

$St = 39.88$
 $Sq = 18.17$
 $Ss = 0$
 $Si = 0$
 $M = 63.06$
 $N = 46.96$
 $V = 54.99$

Sollecitazioni Fondazione per Ribaltamento

$St = 61.14$
 $Sq = 22.50$
 $Ss = 0$
 $Si = 0$
 $Mr = 57.85$

Verifiche Fondazione

Sicurezza ribaltamento = 2.976
 Sicurezza scorrimento = 1.093
 $M = 67.04$
 $N = 187.7$
 $\sigma_{t, valle} = 0.1263 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_{t, monte} = 0 \text{ N/mm}^2$
 $M \text{ sbalzo valle} = 4.842$
 $M \text{ sbalzo monte} = 49.42$

Spostamenti e sollecitazioni (Condizione più gravosa).

Il momento alla base della parete è pari a 63 kN m/m, considerando a favore di sicurezza uno spessore di 30 cm di armare con 5+5 $\varnothing 18$ a metro il momento resistente è pari a 115 kN m/m

Titolo: _____

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	12.72	7
			2	12.72	23

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

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

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 115.1 kNm

Materiali

B450C		C30/37	
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}	17 N/mm²
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 %	$\sigma_{c,adm}$	11.5 N/mm²
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0.6933
		τ_{ct}	2.029

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

Tipo flessione Retta Deviato

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

M-curvatura

Precompresso



Il taglio è pari 55 kN:

RESISTENZA DI ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO								
GEOMETRIA SEZIONE E MATERIALI						N _{Ed}	V _{Ed}	OK
b _w (cm)	h (cm)	c (cm)	d (cm)	R _{ck} (MPa)	f _{yk} (MPa)	(kN)	(kN)	
100.00	30.00	7.00	23.00	40.00	450.00	47.00	55.00	
Resistenza a taglio senza armatura specifica						V _{Rd}	V _{ed} / V _{Rd}	
A _{SL,tot} (mmq)	k	v _{min} (MPa)	ρ _L	σ _{cp} (MPa)	(kN)			
12.723	1.93	0.54	0.0055	0	146.13	0.38		

Per la suola di Fondazione il momento massimo è pari a 50 kN m/m ed il taglio pari a 40 kN/m, mantenendo passo e diametro delle armature del muro le verifiche non sono più gravose di quelle della parete, che ha un'altezza inferiore.

6.7 Intervento tipo 7 – Protezione opere spondali esistenti con paratia di micropali provvisoria non armata

Lungo il muro di sponda in sinistra idraulica del torrente Torbella nel tratto che si estende dal ponte di via Canepari fino al ponte ferroviario della linea "Genova – Busalla" è stata prevista la realizzazione di una paratia di micropali non armati, costituita da micropali della lunghezza di 1,5 m e diametro Ø250 mm, caratterizzati da un interasse di 0.40 m.

Come nei casi degli interventi precedentemente illustrati, gli scavi ed i successivi rivestimenti in massi non legati di 2° categoria dovranno essere eseguiti per sottocantieri caratterizzati da un avanzamento per conci di 3 m al massimo.

6.7.1 Sezione n.16 – sponda sinistra

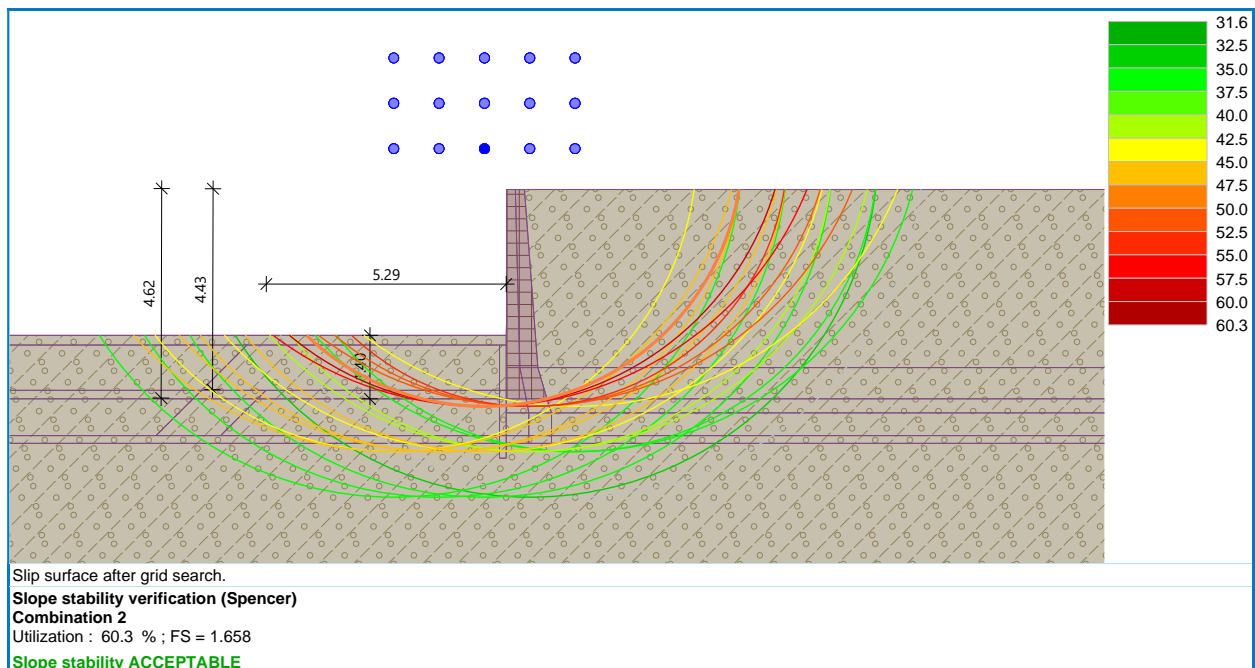




Figura 6.6 Sezione n.16 – situazione attuale statica.

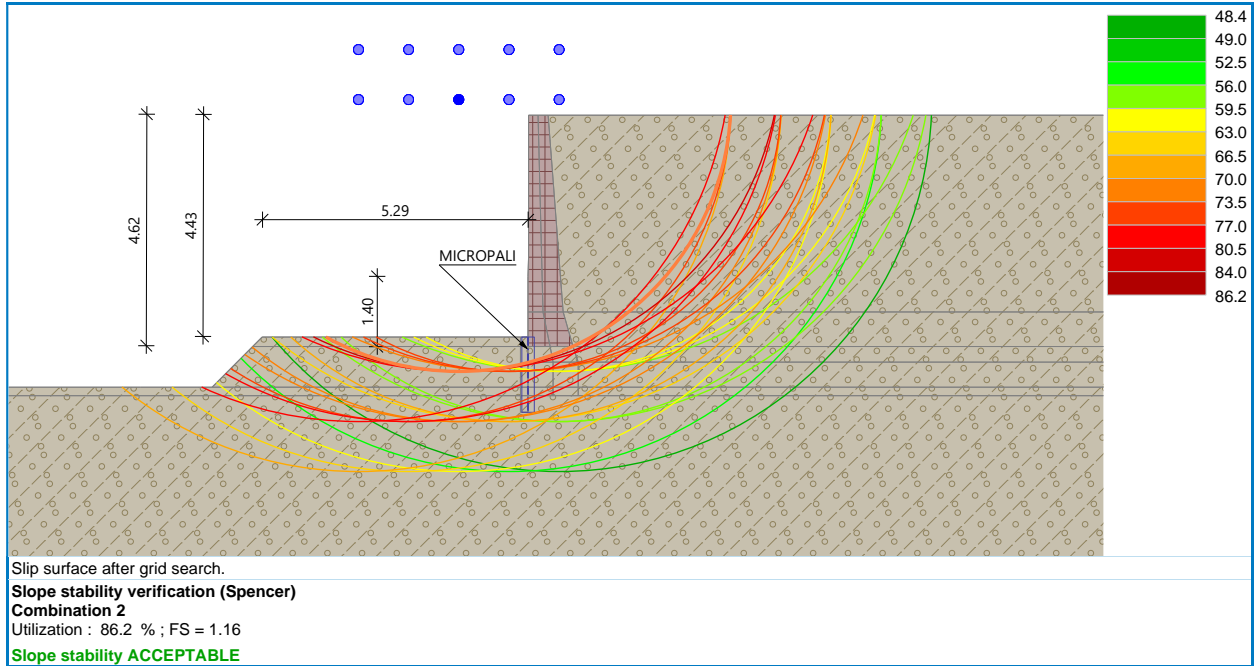


Figura 6.7 Sezione n.16 – situazione transitoria statica.

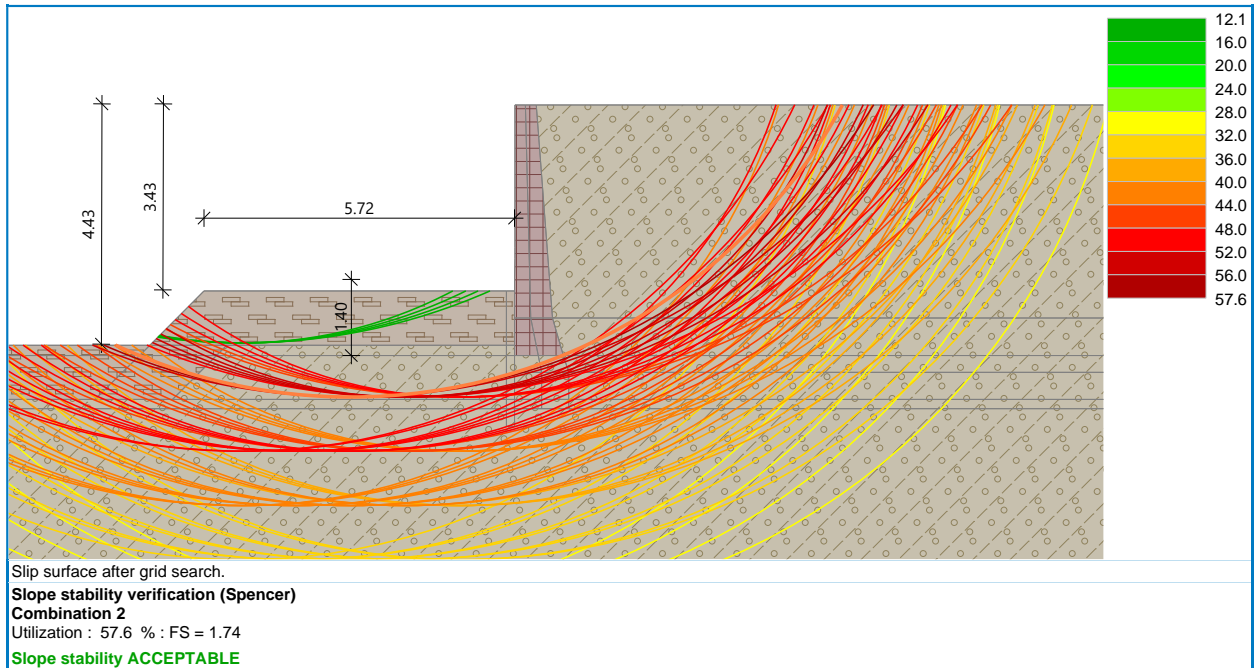


Figura 6.8 Sezione n.16 – situazione definitiva statica (NB.l'analisi non considera la presenza dei micropali).

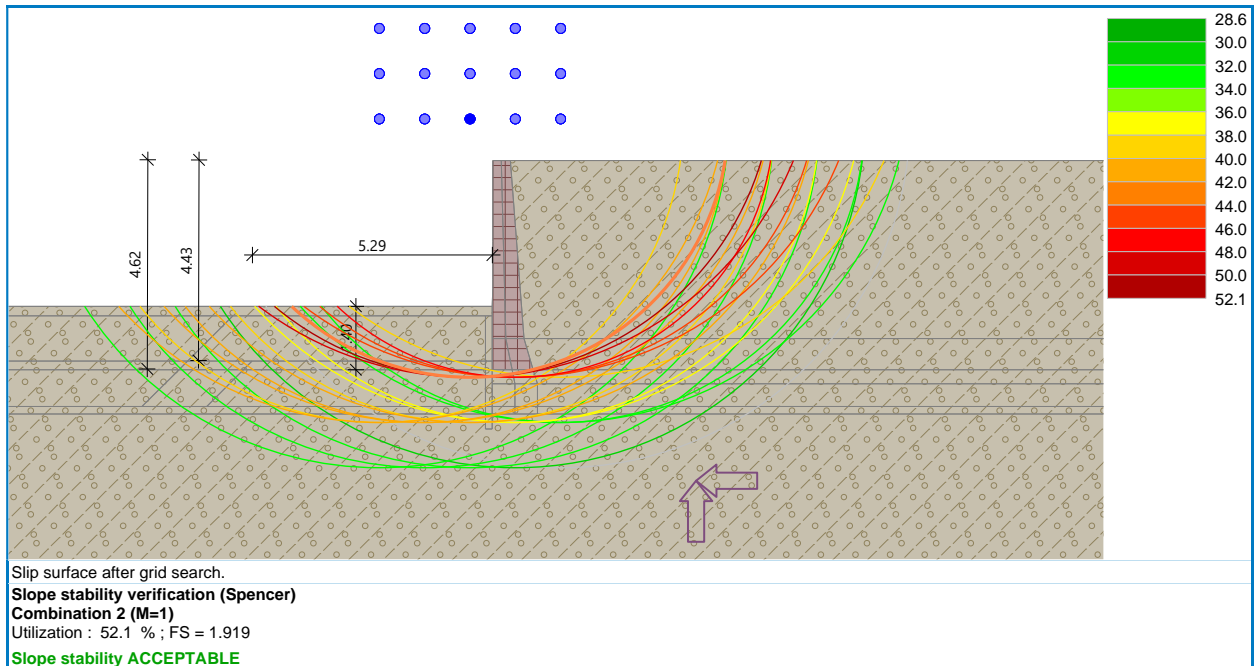


Figura 6.9 Sezione n. 16 – situazione attuale sismica.

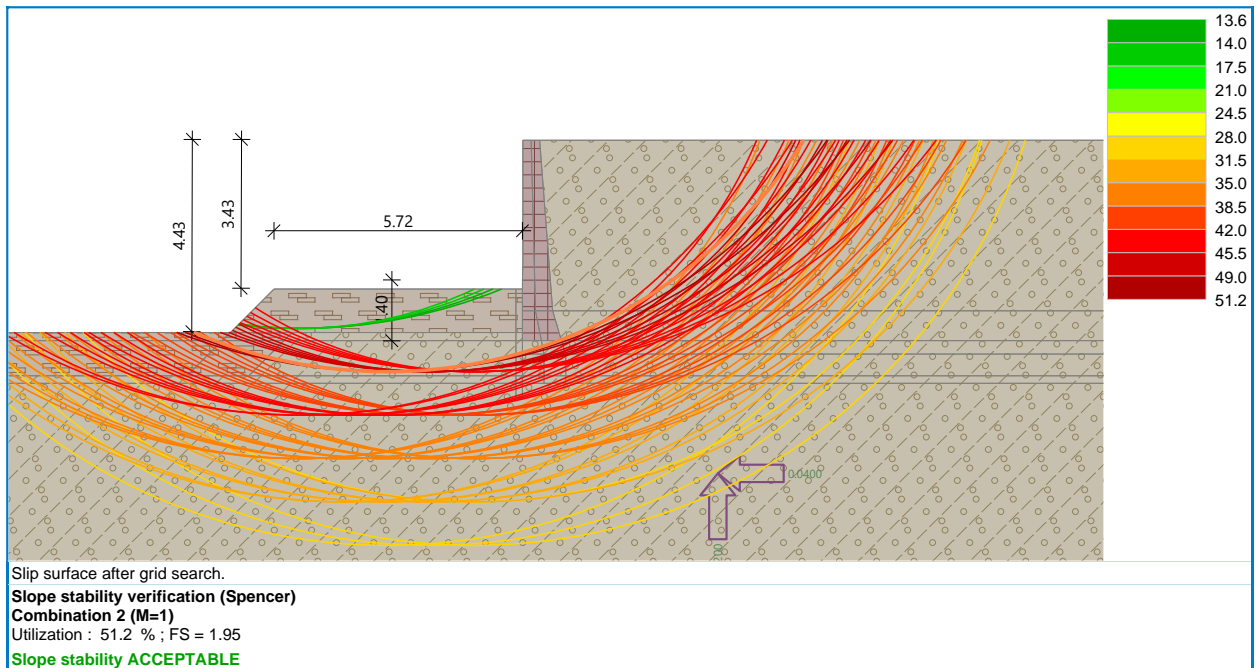


Figura 6.10 Sezione n. 16 – situazione definitiva sismica (NB.l'analisi non considera la presenza dei micropali).

Relativamente alla sezione n.16 l'analisi evidenzia sia per la fase transitoria che per la situazione definitiva di progetto (condizioni statiche e sismiche) un fattore di sicurezza superiore al minimo di normativa.