

Città Metropolitana di Milano

Progettazione esecutiva e realizzazione dei lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" – 2° Lotto – 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+746 (Intersezione TEEM)

PROGETTO ESECUTIVO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
ing. Carlo Maria Merlano

PROGETTAZIONE

Ing. Andrea Orio – OB2 Ingegneria Srl
Prof. Ing. Antonio Capsoni – B&C Associate
Ing. Valter Peisino – IG Ingegneria Geotecnica Srl
Studio Ing. Alessandro Berdini
Ing. Alex Pellegatta



I. G. INGEGNERIA GEOTECNICA s.r.l.
Dott. Ing. Valter PEISINO
ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI CUNEO
n° 753

APPALTATORE



GIMACO COSTRUZIONI Srl

ELABORATO

OPERE D'ARTE MAGGIORI
Relazione di calcolo opere provvisionali – Muzza

doc.186

CODICE

1822_E_D_3.25.9_1

DATA 10/2018

REDATTO F. Denaro

VER. M. Pepe

APPR. V. Peisino

SCALA -

REVISIONE

DATA

REDATTO

MOTIVAZIONE

APPROVATO

NOME FILE

01

26/10/18

AGGIORNAMENTO

3.25.9_1_Rel. opere provv. Muzza.doc

REVISIONI

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali -Muzza

1 PREMESSA

La presente *Relazione* riporta le verifiche geotecniche e strutturali delle opere provvisionali da prevedere nella costruzione del Ponte Muzza, opera da realizzarsi nell'ambito dei lavori di riqualifica della Strada Provinciale "Paullese", per i nuovi svincoli di Settala e Paullo.

Come si evince dalla planimetria di seguito riportata, le spalle sono disposte ai margini di un canale e in affiancamento alla esistente "Paulese" che deve essere mantenuta con traffico aperto durante le lavorazioni. A fronte di ciò sono state previste delle palancole su tre lati della fondazione della spalla al fine di proteggere lo scavo dall'acqua del canale e/o dalla falda freatica ed una berlinese di micropali multi-tirantata al fine di sostenere il rilevato esistente della strada a tergo.

La berlinese, prevista in affiancamento sia della spalla S1 che della spalla S2, consta di micropali con diametro di perforazione $\varnothing 240$ mm disposti ad interasse longitudinale di 0.50 m, armati con tubi in acciaio del diametro esterno $\varnothing 168.3$ mm e spessore 10 mm, collegati in sommità da una trave di coronamento in c.a. delle dimensioni 60x50 cm. I tiranti di ancoraggio, collegati all'opera mediante travi di ripartizione costituiti da n. 2 profilati HEA180, contano di 2 ordini a 3 trefoli disposti ad interasse di 2 m, pretesi a 300 kN e di lunghezza complessiva pari a 17-20 m di cui 12 m di fondazione ed il rimanente di tratto libero. L'iniezione prevista è di tipo IGU con un diametro di perforazione pari a $D = 200$ mm.

Di seguito si riporta la sezione tipo della berlinese suddetta:

**Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)
Relazione di calcolo opere provvisionali - Muzza**

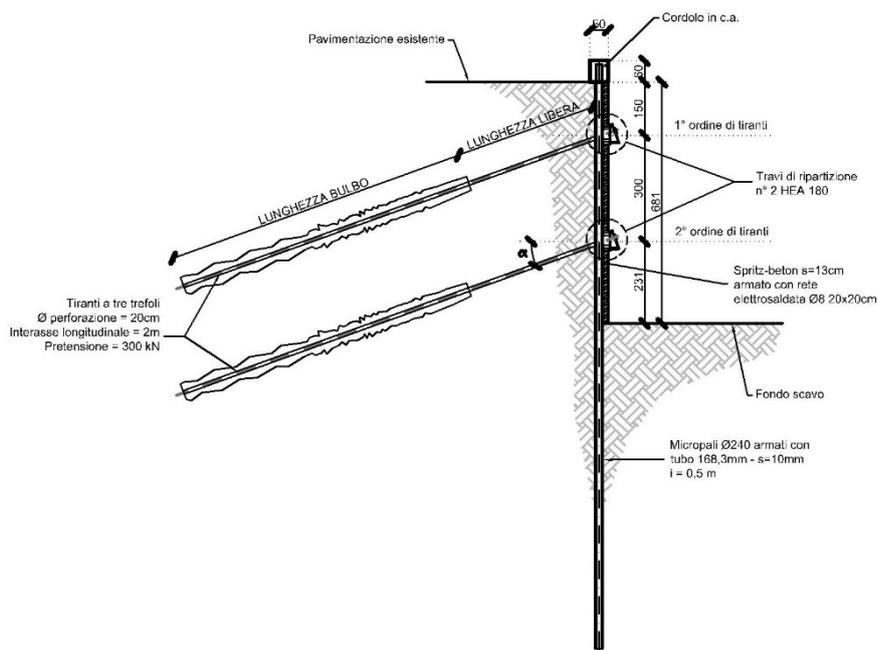


Figura 1: Sezione tipo

Il fronte scavo è di circa 7 m mentre a monte dell'opera si considera un sovraccarico stradale dovuto al traffico supposto aperto durante le operazioni di scavo.

I dimensionamenti sono stati eseguiti in ottemperanza alle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni emanate il 17 gennaio 2018 e pubblicate nella G.U. n. 42 del 20/02/2018 Suppl. Ord, con riferimento quindi alle condizioni di stato limite ultimo (SLU) e di stato limite di esercizio (SLE).

2 NORMATIVE E RIFERIMENTI

2.1 NORMATIVA

Ai fini della redazione del presente progetto si e' fatto riferimento alle seguenti normative e circolari:

- D.M. 17 gennaio 2018 - pubblicato nella G.U. n. 42 del 20/02/2018 Suppl. Ord,
- UNI EN 1992-1-1:2005: "Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per edifici";
- UNI EN 1997-1:2005: "Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali";
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 - "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità";
- UNI EN 11104 marzo 2004 - "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità", Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1.

2.2 SOFTWARE UTILIZZATO

Per il calcolo delle opere in esame si sono utilizzati i seguenti software:

- Paratie Plus 2018 ver. 18.1 della CEAS S.r.l.
- Codici di calcolo interni (codici di calcolo in Excel e Visual Basic messi a punto e testati dallo studio nel corso degli anni) che gestiscono le combinazioni di carico e le verifiche degli elementi che compongono la struttura.

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali -Muzza

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Salvo indicazioni diverse espressamente indicate negli elaborati grafici, per la realizzazione delle opere in oggetto sono previsti i materiali di seguito descritti:

3.1 CALCESTRUZZO

Calcestruzzo per magrone

- Classe di resistenza: C12/15
- Classe di esposizione per superfici interne: X0

Calcestruzzo per micropali, cordolo di coronamento e tiranti

- Classe di resistenza: C25/30
- Resistenza caratteristica cubica a compressione: $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza caratteristica cilindrica a compressione: $f_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza media cilindrica a compressione: $f_{cm} = 32.90 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico: $E_{cm} = 31447 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione: $f_{cd} = 14.11 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza media a trazione semplice: $f_{ctm} = 2.56 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza caratteristica a trazione: $f_{ctk} = 1.79 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a trazione: $f_{ctd} = 1.19 \text{ N/mm}^2$
- Classe di esposizione: XC2

3.2 ACCIAIO

Acciaio per armature ordinarie.

- Tipo: B450C
- Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di rottura: $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
- Tensione di snervamento di calcolo: $f_{yd} = f_{yk} / 1.15 = 391.30 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico: $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$

Acciaio per tubi e carpenterie metalliche (travi di ripartizione e testate di ancoraggio)

- Tipo: S355J0
- Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di rottura: $f_{tk} = 510 \text{ N/mm}^2$

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali -Muzza

Acciaio armonico per trefoli (\varnothing 0.6")

- Tensione caratteristica di rottura: $f_{ptk} = 1860 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica all'1% di deform. totale: $f_{p(1)k} = 1670 \text{ N/mm}^2$

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali -Muzza

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Le analisi di calcolo sono state condotte a partire dalla caratterizzazione geotecnica del progetto.

In particolare la berlinese sostiene il rilevato stradale della strada esistente in affiancamento al nuovo ponte Muzza che presenta una altezza dal piano campagna di circa 2.50 m. A seguire si presentano terreni costituiti da una alternanza di sabbie con limo e argilla e sabbie limose con ghiaia per i primi 10 m dal p.c. per poi variare in ghiaie con sabbie e limo a profondità maggiori; in linea generale quindi si presenta un miglioramento delle caratteristiche meccaniche e di resistenza del terreno con la profondità.

Di seguito si riporta pertanto la stratigrafia di calcolo utilizzata nel dimensionamento delle opere:

- Rilevato stradale esistente:
 - Profondità da piano stradale esistente: $z = 0 \div 2.50 \text{ m}$
 - Peso unità di volume: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
 - Angolo di attrito interno: $\varphi' = 35^\circ$
 - Coesione drenata: $c' = 0 \text{ kPa}$
 - Modulo elastico: $E = 30 \text{ MPa}$.
- Unità 1:
 - Profondità da piano stradale esistente: $z = 2.50 \div 12.50 \text{ m}$
 - Peso unità di volume: $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
 - Angolo di attrito interno: $\varphi' = 33^\circ$
 - Coesione drenata: $c' = 0 \text{ kPa}$
 - Modulo elastico medio: $E_m = 30 \text{ MPa}$.
- Unità 2:
 - Profondità da piano stradale esistente: $z = 12.50 \div 19.50 \text{ m}$
 - Peso unità di volume: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
 - Angolo di attrito interno: $\varphi' = 36^\circ$
 - Coesione drenata: $c' = 0 \text{ kPa}$
 - Modulo elastico medio: $E_m = 50 \text{ MPa}$.
- Unità 3:
 - Profondità da piano stradale esistente: $z = > 19.50 \text{ m}$
 - Peso unità di volume: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
 - Angolo di attrito interno: $\varphi' = 36^\circ$

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali -Muzza

- Coesione drenata: $c' = 0 \text{ kPa}$
- Modulo elastico medio: $E_m = 80 \text{ MPa}$.

Per i calcoli eseguiti nel seguito, il livello di falda è stato assunto a -2 m dal piano campagna.

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali -Muzza

5 COMBINAZIONI DI CARICO

Il progetto e la verifica della paratia richiede la verifica dei seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO):
 - collasso per rotazione intorno ad un punto dell'opera (moto rigido);
 - sfilamento degli ancoraggi;
- SLU di tipo strutturale (STR):
 - raggiungimento della resistenza degli ancoraggi;
 - raggiungimento della resistenza strutturale della paratia.

Tutte le verifiche sono effettuate secondo l'Approccio 1 considerando le due combinazioni di coefficienti:

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

tenendo in conto i seguenti valori dei coefficienti parziali di sicurezza e ponendo pari all'unità i coefficienti relativi al set R1.

Tabella 1 Coefficienti parziali di sicurezza per le azioni

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

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

Tabella 2 Coefficienti parziali di sicurezza per i parametri geotecnici

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_{M}	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{ubk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_r	γ_r	1,0	1,0

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paulese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali -Muzza

Per quanto concerne invece i tiranti di ancoraggio, la verifica sia strutturale che geotecnica viene condotta con la combinazione A1+M1+R3, con R3 il set dei coefficienti parziali delle resistenze γ_R scelti dalla seguente tabella:

Tabella 3 Coefficienti parziali di sicurezza per resistenze

	Simbolo	Coefficiente parziale
Temporanei	γ_R	1,1
Permanenti	γ_R	1,2

5.1 COMBINAZIONI DI CARICO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - SLU

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'effetto dell'azione:

$$E_d = \gamma_E \cdot E[F_k; X_k/\gamma_M; a_d]$$

e dove R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = 1/\gamma_R \cdot R[\gamma_F \cdot F_k; X_k/\gamma_M; a_d]$$

Effetto delle azioni e della resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $E_d = E_k \cdot \gamma_E$, dei parametri di progetto X_k/γ_M e della geometria di progetto a_d . Nella formulazione della resistenza compare esplicitamente il coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza.

5.2 COMBINAZIONI DI CARICO AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE

Le opere ed i sistemi geotecnici devono essere verificati nei confronti degli stati limite di esercizio. Per ciascuno stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni e C_d è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni. Nello specifico le analisi dovranno valutare gli spostamenti dell'opera per consentire di verificarne la compatibilità con la funzionalità attesa per l'opera stessa.

6 MODELLO DI CALCOLO

L'analisi della struttura nelle varie fasi di realizzazione è stata sviluppata mediante il programma Paratie Plus 2018 ver. 18.1 della CEAS S.r.l., che utilizza per il terreno un modello elasto-plastico e consente di seguire l'evoluzione di sforzi e deformazioni durante le successive fasi di scavo, posa e messa in tiro degli eventuali ancoraggi, applicazione delle azioni sismiche.

In tale codice la schematizzazione dell'interazione tra paratia e terreno avviene considerando:

- la paratia come una serie di elementi il cui comportamento è caratterizzato dalla rigidezza flessionale EJ ;
- il terreno come una serie di molle di tipo elasto-plastico connesse ai nodi della paratia.

Questo modello numerico consente una simulazione del comportamento del terreno adeguata agli scopi progettuali. In particolare vengono superate le limitazioni dei più tradizionali metodi dell'equilibrio limite, non idonei a seguire il comportamento della struttura al variare delle configurazioni di carico, delle fasi esecutive e di esercizio.

Nel caso in esame, in una generica fase di calcolo dell'analisi di interazione tra paratia e terreno, la soluzione dipende dal percorso tenso-deformativo seguito dagli elementi schematizzanti il terreno nelle fasi precedenti; dalle variazioni di spinta o reazione del terreno indotte dalla progressione degli scavi, dall'inserimento di tiranti, dalle variazioni delle condizioni idrostatiche e di sovraccarico, etc.

La realizzazione dello scavo sostenuto da una paratia, nel caso in esame tirantata, viene seguita in tutte le varie fasi attraverso un'analisi statica incrementale: ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una certa quota di scavo, da un certo insieme di tiranti applicati, da una ben precisa disposizione di carichi applicati.

Poiché il comportamento degli elementi finiti è di tipo elasto-plastico, ogni configurazione dipende in generale dalle configurazioni precedenti e lo sviluppo di deformazioni plastiche ad un certo passo condiziona la risposta della struttura nei passi successivi. La soluzione ad ogni nuova configurazione (step) viene raggiunta attraverso un calcolo iterativo alla Newton-Raphson (Bathe, 1996).

La legge costitutiva, rappresentativa del comportamento elasto-plastico del terreno, è identificata dai parametri di spinta e di deformabilità del terreno.

I parametri di spinta del terreno sono:

- il coefficiente di spinta a riposo K_0 , corrispondente alla condizione iniziale indeformata, calcolato mediante l'espressione $K_0 = 1 - \tan^2 \varphi'$;
- i coefficienti di spinta attiva K_a e passiva K_p , corrispondenti alle condizioni di equilibrio limite attivo e passivo, calcolati rispettivamente mediante le espressioni di Coulomb, Caquot e Kerisel,

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali -Muzza

tenendo conto di un angolo di attrito tra terreno e paratia pari a $1/3 \div 2/3$ dell'angolo di attrito del terreno stesso.

- i parametri di deformabilità del terreno, che compaiono nella definizione della rigidità delle molle, sono assegnati sulla base dei valori di modulo di Young (E) dei vari strati tenendo conto della diversa rigidità in fase di carico vergine oppure di scarico e ricarico. In particolare, il modulo di ricarico è assunto pari al doppio del modulo vergine.

Le componenti di sforzo verticale ed orizzontale vengono intese come sforzi principali. Viene introdotta una funzione di plasticità dipendente da esse, che definisce i confini di una regione entro la quale è determinato lo stato tensionale. A seconda dello stato in cui l'elemento si trova questo reagisce con differenti caratteristiche di rigidità. Sono possibili tre situazioni:

- Fase elastica: l'elemento si comporta elasticamente; questa fase corrisponde ad una porzione di terreno in fase di scarico-ricarico, sollecitato a livelli di sforzo al di sotto dei massimi livelli precedentemente sperimentati e viene identificata con la sigla UL-RL(Unloading-Reloading).
- Fase incrudente: l'elemento viene sollecitato a livelli di tensione mai prima sperimentati; la fase incrudente è identificata dalla sigla V - C (Virgin Compression).
- Collasso: il terreno è sottoposto ad uno stato di sollecitazione coincidente con i limiti minimo o massimo dettati dalla resistenza del materiale; questa fase corrisponde a quelle che solitamente vengono chiamate condizioni di spinta attiva o passiva; il collasso viene identificato attraverso la parola Active o Passive.

Nel caso di applicazione di un tirante, lo step di installazione dello stesso viene preceduto da una fase nella quale lo scavo è approfondito appena al di sotto della quota di inserimento dell'ancoraggio. In questo modo il vero processo realizzativo è simulato in modo abbastanza fedele.

7 CRITERI DI VERIFICA

7.1 VERIFICHE GEOTECNICHE

7.1.1 COLLASSO PER ROTAZIONE INTORNO AD UN PUNTO DELL'OPERA

La verifica all'equilibrio globale alla rotazione viene implicitamente soddisfatta mediante l'analisi di interazione terreno struttura, condotta mediante il programma di calcolo Paratie Plus 2018 ver. 18.1 della CEAS S.r.l. di cui si dirà più avanti, che nell'analizzare il sistema di sollecitazioni e deformazioni verifica tutte le condizioni di equilibrio del sistema.

7.1.2 VERIFICA A SFILAMENTO DEI TIRANTI

La verifica a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio è stata eseguita confrontando la massima azione di progetto, considerando tutti i possibili stati limiti ultimi (SLU) e di esercizio (SLE), con la resistenza di progetto. Quest'ultima è stata calcolata applicando alla resistenza caratteristica, determinata con metodi di calcolo analitici in funzione del numero delle verticali di indagine esaminate, i coefficienti parziali γ_R :

$$R_{ak} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{ac})_{media}}{\xi_{a3}}; \frac{(R_{ac})_{min}}{\xi_{a4}} \right\}$$

essendo ξ_{a3} ed ξ_{a4} dei fattori di correlazione funzione del numero di verticali indagate.

Tabella 4 Fattori di correlazione ξ

Numero di profili di indagine	1	2	3	4	≥ 5
ξ_{a3}	1,80	1,75	1,70	1,65	1,60
ξ_{a4}	1,80	1,70	1,65	1,60	1,55

In sede di calcolo, vista la numerosità delle indagini è stato cautelativamente assunto un fattore di correlazione $\xi = 1.80$.

La resistenza allo sfilamento di progetto è data dalla seguente espressione:

$$R_{ad} = R_{ak} / \gamma_R$$

dove γ_R è il coefficiente parziale di sicurezza relativo alla tipologia di tirante (permanente, temporaneo) come riportato in Tabella 3, mentre la resistenza caratteristica R_{ak} è calcolata secondo il metodo di Bustamante e Doix (1985):

$$R_{ak} = \alpha \cdot \pi \cdot D \cdot L_{fond} \cdot \tau_s$$

in cui:

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali -Muzza

α = coefficiente di incremento del diametro di perforazione D dei tiranti che tiene conto della metodologia di iniezione e della natura dei terreni interessati;

D = diametro di perforazione dei tiranti;

L_{fond} = lunghezza del tratto di fondazione del tirante;

τ_s = aderenza caratteristica terreno-fondazione funzione del tipo di terreno e delle sue caratteristiche meccaniche e delle modalità di iniezione.

Nel caso specifico, vista la natura dei terreni interessati all'opera sono stati assunti cautelativamente i seguenti valori di calcolo:

$\alpha = 1.10$ (iniezione tipo IGU)

D = 200 mm

$\tau_s = 120$ kPa

Quest'ultimo parametro è valutato a partire dalle tabelle e grafico seguenti, avendo assunto un numero di colpi medio $N_{SPT} = 20 \div 25$:

Tabella 5 *Tabella di Bustamante e Doix*

TERRENO	Valori di α		Quantità minima di miscela consigliata	
	IRS	IGU	IRS	IGU
Ghiaia	1.8	1.3 - 1.4	1.5 Vs	1.5 Vs
Ghiaia sabbiosa	1.6 - 1.8	1.2 - 1.4	1.5 Vs	1.5 Vs
sabbia ghiaiosa	1.5 - 1.6	1.2 - 1.3	1.5 Vs	1.5 Vs
Sabbia grossa	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2	1.5 Vs	1.5 Vs
Sabbia media	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2	1.5 Vs	1.5 Vs
Sabbia fine	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2	1.5 Vs	1.5 Vs
Sabbia limosa	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2	(1.5 - 2) Vs	1.5 Vs
Limo	1.4 - 1.6	1.1 - 1.2	2 Vs	1.5 Vs
Argilla	1.8 - 2.0	1.2	(2.5 - 3) Vs	(1.5 - 2) Vs
Marna	1.8	1.1 - 1.2	(1.5 - 2) Vs per strati compatti	
Calcarei mamosi	1.8	1.1 - 1.2	(2 - 6) Vs o più per strati fratturati	
Calcarei alterati o fratturati	1.8	1.1 - 1.2		
Roccia alterata e/o fratturata	1.2	1.1	(1.1 - 1.5) Vs per strati poco fratturati; 2 Vs o più per strati fratturati	

TERRENO	Tipo di iniezione	
	IRS	IGU
Da ghiaia a sabbia limosa	SG1	SG2
Limo e argilla	AL1	AL2
Marna, calcare mamoso, calcare tenero fratturato	MC1	MC2
Roccia alterata e/o fratturata	$\geq R1$	$\geq R2$

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali -Muzza

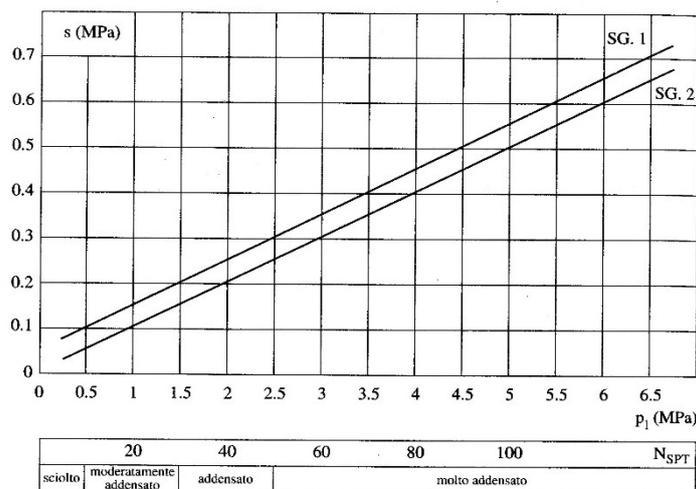


Figura 2: Grafico dell'aderenza caratteristica terreno-fondazione (Bustamante e Doix)

7.2 VERIFICHE STRUTTURALI

7.2.1 VERIFICA DELLA PARATIA

Per le sezioni in cemento armato vengono effettuate, in automatico dal software di calcolo, le seguenti verifiche:

- verifiche per gli stati limite ultimi a flessione e taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio per la fessurazione.

7.2.2 VERIFICA DI RESISTENZA DEGLI ANCORAGGI

Per la verifica strutturale dei tiranti di ancoraggio, la normativa vigente prescrive che siano verificate le seguenti relazioni:

$$T_{max,SLU} \leq \frac{f_{ptk}}{\gamma_s} \cdot n \cdot A_{tr}$$

$$T_{max,SLE} \leq 0,8 \frac{f_{p1k}}{\gamma_s} \cdot n \cdot A_{tr}$$

dove:

$f_{ptk} = 1860$ MPa = Tensione caratteristica a rottura;

$f_{p(1)k} = 1670$ MPa = Tensione caratteristica all'1% di deformazioni totali;

$\gamma_s = 1.15$;

n = numero di trefoli;

$A_{tr} = 139$ mm² = area della sezione del singolo trefolo.

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali - Muzza

7.2.3 VERIFICA DI RESISTENZA DELLE TRAVI DI RIPARTIZIONE

La verifica delle travi di ripartizione, viene condotta considerando lo schema statico di trave continua su più appoggi con luci pari all'interasse orizzontale dei tiranti; il carico massimo uniformemente distribuito sulle travi è rappresentato dalla componente orizzontale dell'azione assiale massima sui tiranti distribuita lungo la luce:

$$q_{Ed} = \frac{T_{Ed,h}}{i}$$

con

$T_{Ed,h}$ = forza assiale ultima orizzontale sul tirante;

i = interasse longitudinale dei tiranti.

Avendo considerato una trave continua a più appoggi, il momento massimo agente in corrispondenza di un appoggio è posto cautelativamente pari a:

$$M_{Ed} = \frac{q_{Ed} \cdot i^2}{10}$$

Per quanto concerne il taglio, l'azione tagliante massima agente sulla trave è pari a:

$$V_{Ed} = \frac{T_{Ed,h}}{2}$$

Nel caso di trave di ripartizione in acciaio le verifiche a flessione e a taglio vengono condotte allo S.L.U. calcolando la tensione ideale sulla trave di ripartizione, assegnato il profilo da utilizzare:

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_n^2 + 3 \cdot \tau_t^2} \leq f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M1}$$

$\sigma_n = \frac{M_{Ed}}{W_y}$ = tensione normale;

$\tau_t = \frac{V_{Ed}}{A_t}$ = tensione tangenziale;

dove

W_y = Modulo di resistenza lungo y della sezione;

f_{yd} = tensione di snervamento dell'acciaio;

$\gamma_{M1} = 1.05$ = coefficiente di sicurezza per la resistenza delle membrature;

A_t = area a taglio della sezione.

8 ANALISI DEI CARICHI

Nel seguito si riassumono le condizioni di carico considerate nell'analisi di verifica delle strutture.

8.1 SPINTE DELLE TERRE

La spinta sulla parete si determina come risultante delle pressioni orizzontali calcolate come:

$$\sigma_h = \sigma_v \cdot K \cdot \cos \delta$$

dove:

σ_h = pressione orizzontale;

σ_v = pressione verticale;

K = coefficiente di spinta dello strato di calcolo;

δ = coeff. di attrito terreno-parete;

La pressione verticale è data dal peso del terreno sovrastante:

in termini di tensioni totali:

$$\sigma_v = \gamma \cdot z$$

γ = peso dell'unità di volume del terreno

z = generica quota di calcolo della pressione a partire dal piano campagna

in termini di tensioni efficaci in assenza di filtrazione:

$$\sigma_v = \gamma' \cdot z$$

γ' = peso dell'unità di volume efficace del terreno

in termini di tensioni efficaci in presenza di filtrazione:

$$\sigma_v = [\gamma - \gamma_w \cdot (1 + I_w)] \cdot z$$

I_w = gradiente idraulico.

8.1.1 COEFFICIENTE DI SPINTA A RIPOSO

Il coefficiente di spinta a riposo normal-consolidato può essere valutato come:

$$K_0^{NC} = 1 - \text{sen}(\varphi'_{peak}) \quad \text{nelle sabbie}$$

$$K_0^{NC} = 1 - \text{sen}(\varphi'_{cv}) \quad \text{nelle argille}$$

Il coefficiente di spinta a riposo, nel caso di deposito sovraconsolidato, viene stimato dalla relazione seguente:

$$K_0 = K_0^{NC} \cdot OCR^n$$

con $n = 0.5$ come valore tipico valido sia per argille che per sabbie.

8.1.2 COEFFICIENTE DI SPINTA ATTIVA

Il coefficiente di spinta attiva K_a dipende da φ' , dall'angolo di attrito δ fra terreno e muro, nonché dall'inclinazione del terreno a monte.

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali - Muzza

Il calcolo viene condotto secondo le formule di Coulomb - Rankine che ipotizzano una superficie di scorrimento piana:

$$K_a = \frac{\sin^2(\beta + \phi)}{\sin^2 \beta \cdot \sin(\beta - \delta) \cdot \left[1 + \left(\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \varepsilon)}{\sin(\beta - \delta) \cdot \sin(\beta + \varepsilon)} \right)^{0.5} \right]^2}$$

avendo indicato con:

$\beta = 90^\circ$ inclinazione del paramento rispetto all'orizzontale;

ϕ = angolo di resistenza a taglio del terreno;

δ = angolo di attrito muro - terreno;

ε = angolo di inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale.

8.1.3 COEFFICIENTE DI SPINTA PASSIVA

Il coefficiente di spinta passiva K_p è uno dei parametri che più influenzano i risultati, soprattutto nel caso di paratie a mensola o mono-tirantate; come K_a , anch'esso è legato a δ , ϕ e all'inclinazione del terreno.

Il calcolo di tale coefficiente viene effettuato mediante le formule di Caquot e Kerisel basate sull'ipotesi di una superficie di scorrimento a forma di spirale logaritmica, poiché questa risulta essere quella che più si avvicina alle evidenze sperimentali.

8.2 SPINTA ATTIVA IN PRESENZA DI COESIONE

Nel caso di regime di spinta attivo, la presenza della coesione comporta una controspinta sulla parete, che vale:

$$\sigma_h = -2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

essendo c la coesione dello strato.

8.3 SOVRACCARICO STRADALE

Intendendo per q il carico variabile per metro lineare di proiezione orizzontale, si determina la spinta orizzontale sulla parete come risultante delle pressioni orizzontali in ogni concio, calcolate come:

$$\sigma_h = q \cdot K$$

Nel caso in esame è stato assunto un sovraccarico variabile pari a $q = 20 \text{ kPa}$, dovuto alla presenza del traffico veicolare esistente.

9 RISULTATI E VERIFICHE DELLE PARATIE

9.1 BERLINESE SPALLA S1

La berlinese, prevista in affiancamento alla spalla S1, è costituita da micropali della lunghezza di 16 m con diametro di perforazione $\varnothing 240$ mm disposti ad interasse longitudinale di 0.50 m, armati con tubi in acciaio del diametro esterno $\varnothing 168.3$ mm e spessore 10 mm, collegati in sommità da una trave di coronamento in c.a. delle dimensioni 60x50 cm. I tiranti di ancoraggio, collegati all'opera mediante travi di ripartizione costituiti da n. 2 profilati HEA180, contano di 2 ordini a 3 trefoli disposti ad interasse di 2 m, pretesi a 300 kN, inclinati di 25° rispetto all'orizzontale e di lunghezza complessiva pari a 17 m di cui 12 m di fondazione ed il rimanente di tratto libero. L'iniezione prevista è di tipo IGU con un diametro di perforazione pari a $D = 200$ mm.

Di seguito si riporta la planimetria, il profilo e la sezione trasversale della berlinese suddetta:

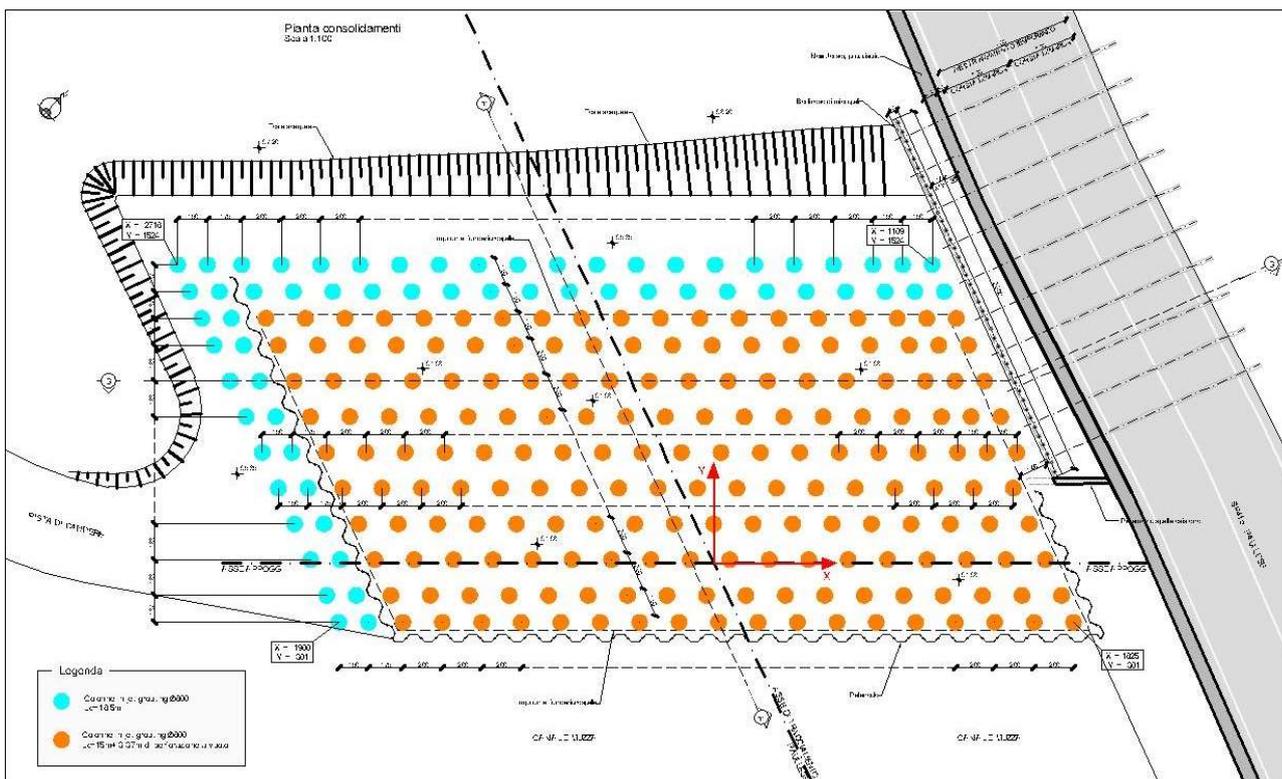


Figura 3: Pianta fondazione

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisorie - Muzza

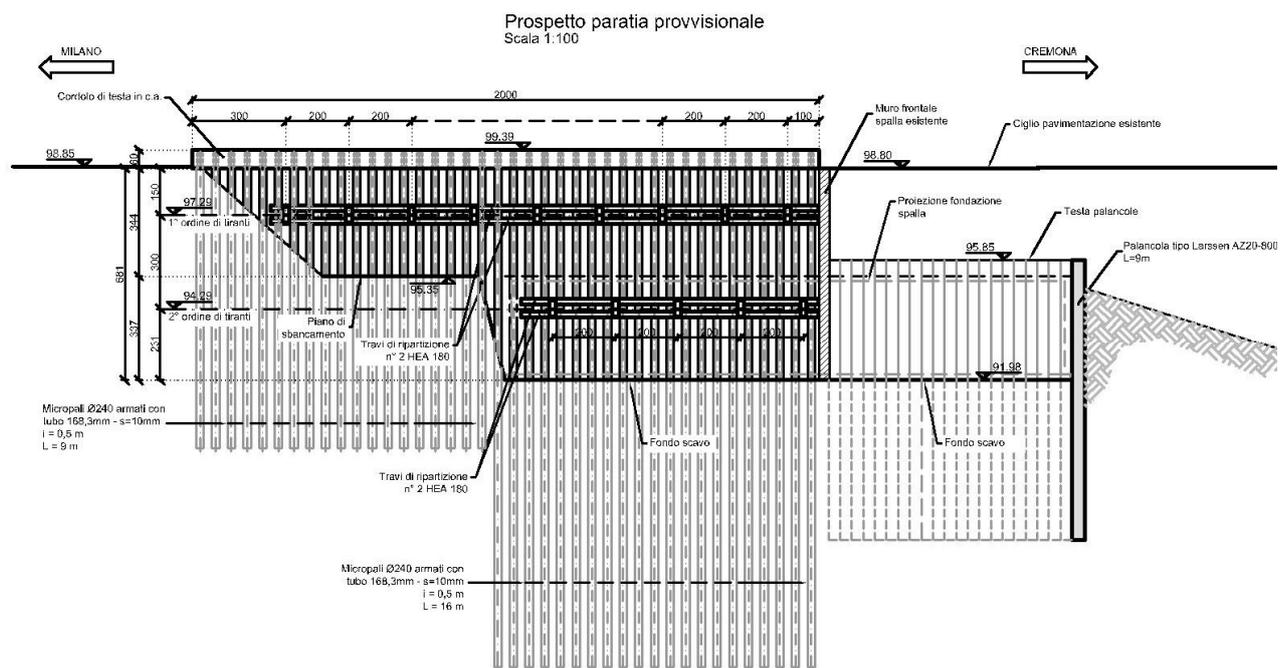


Figura 4: Sviluppata

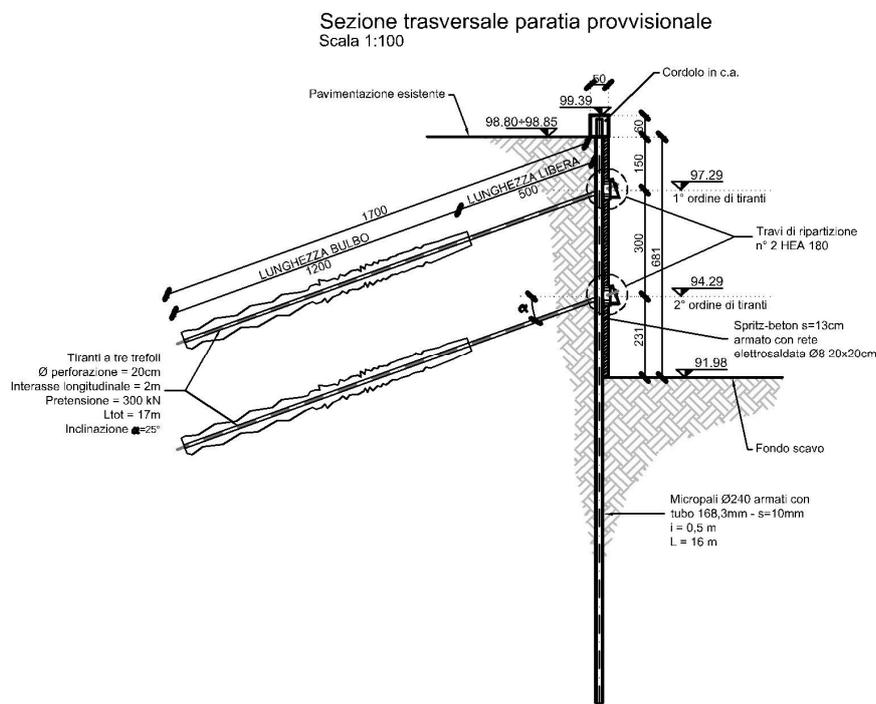


Figura 5: Sezione trasversale

Il fronte scavo è di circa 7 m mentre a monte dell'opera si considera un sovraccarico stradale dovuto al traffico supposto aperto durante le operazioni di scavo.

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali -Muzza

9.1.1 MODELLO DI CALCOLO

Di seguito si riporta una rappresentazione grafica della fase finale di scavo della berlinese in esame:

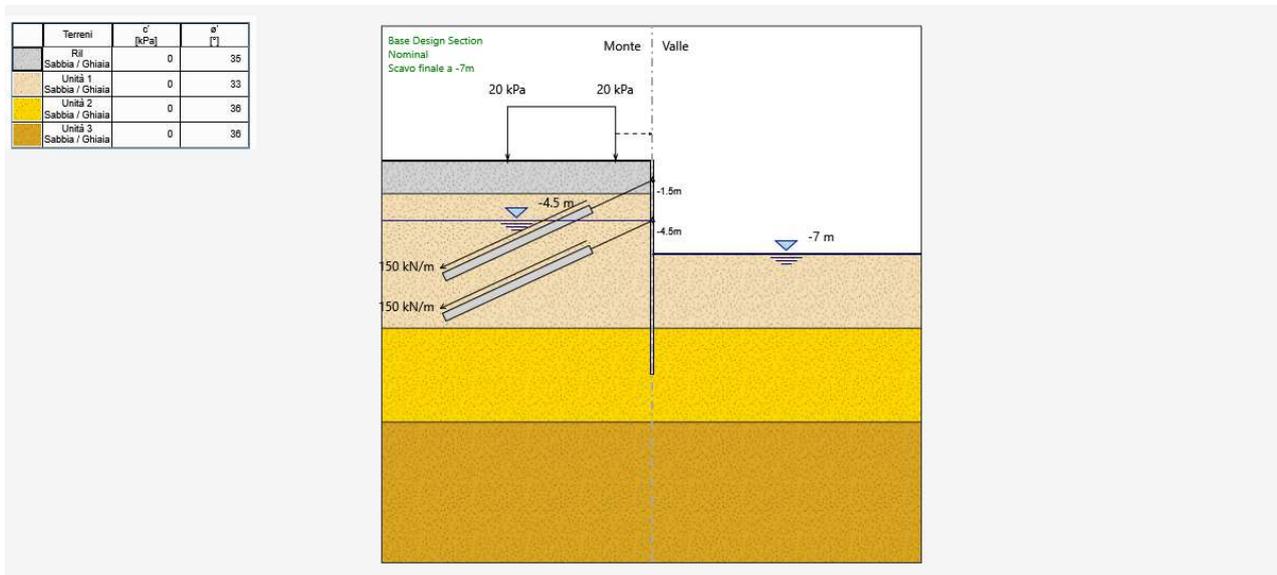


Figura 6: Fase di massimo scavo

Si riporta un tabulato delle risultanze di calcolo per ciascuna combinazione prevista da normativa.

9.1.2 TABULATO DI SINTESI DI ANALISI DELLA BERLINESE

Riepilogo per la DA <Nominal>

Parete <Left Wall>

Min. spostamento laterale [mm]	-0.67	Z = -1.2 m	D.A. Nominal (Scavo finale a -7m)
Max. spostamento laterale [mm]	17.97	Z = -7.1 m	D.A. Nominal (Scavo finale a -7m)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.09		D.A. Nominal (Geostatico)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.31		D.A. Nominal (Scavo finale a -7m)

Risultati Elementi parete (Beam)

Max. momento (assoluto) [kNm/m]	67.27	Z = -6.9 m	D.A. Nominal (Scavo finale a -7m)
Max. taglio [kN/m]	86.42	Z = -4.7 m	D.A. Nominal (Scavo finale a -7m)
SteelWord: massimo struttamento in flessione	0.396	Z = -6.9 m	D.A. Nominal (Scavo finale a -7m)
SteelWord: massimo struttamento a taglio	0.07	Z = -4.5 m	D.A. Nominal (Scavo finale a -7m)

Risultati tiranti

Tirante 1 (1 / 2 m)	Max. forza (ass.) [kN]	301.96	D.A. Nominal (Scavo a -5m)
	Max. sfruttamento (GEO)	0.3	D.A. Nominal (Scavo a -5m)
	Max. sfruttamento (STR)	0.5	D.A. Nominal (Scavo a -5m)
	Trave di rip.:Max. coeff. sfrutt.	0.56	STEEL D.A. Nominal (Scavo a -5m)
Tirante 2 (1 / 2 m)	Max. forza (ass.) [kN]	318.27	D.A. Nominal (Scavo finale a -7m)
	Max. sfruttamento (GEO)	0.32	D.A. Nominal (Scavo finale a -7m)
	Max. sfruttamento (STR)	0.53	D.A. Nominal (Scavo finale a -7m)

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali -Muzza

Trave di rip.:Max. coeff. sfrutt. 0.6 STEEL D.A. Nominal (Scavo finale a -7m)

Riepilogo per la DA <NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)>

Parete <Left Wall>

Min. spostamento laterale [mm] -0.67 Z = -1.2 m D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo finale a -7m)
Max. spostamento laterale [mm] 17.97 Z = -7.1 m D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo finale a -7m)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.09 D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Geostatico)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.31 D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo finale a -7m)

Risultati Elementi parete (Beam)

Max. momento (assoluto) [kNm/m] 67.27 Z = -6.9 m D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo finale a -7m)
Max. taglio [kN/m] 86.42 Z = -4.7 m D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi
Permanente) (Scavo finale a -7m)
SteelWord: massimo struttamento in flessione 0.396 Z = -6.9 m D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo finale a -7m)
SteelWord: massimo struttamento a taglio 0.07 Z = -4.5 m D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo finale a -7m)

Risultati tiranti

Tirante 1 (1 / 2 m) Max. forza (ass.) [kN] 301.96 D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi
Permanente) (Scavo a -5m)
Max. sfruttamento (GEO) 0.3 D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo a -5m)
Max. sfruttamento (STR) 0.5 D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo a -5m)
Trave di rip.:Max. coeff. sfrutt. 0.56 STEEL D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo a -5m)
Tirante 2 (1 / 2 m) Max. forza (ass.) [kN] 318.27 D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi
Permanente) (Scavo finale a -7m)
Max. sfruttamento (GEO) 0.32 D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo finale a -7m)
Max. sfruttamento (STR) 0.53 D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo finale a -7m)
Trave di rip.:Max. coeff. sfrutt. 0.6 STEEL D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo finale a -7m)

Riepilogo per la DA <NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)>

Parete <Left Wall>

Min. spostamento laterale [mm] -0.67 Z = -1.2 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
(Scavo finale a -7m)
Max. spostamento laterale [mm] 18.32 Z = -7.1 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
(Scavo finale a -7m)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.09 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
(Geostatico)

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali -Muzza

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.31 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
(Scavo finale a -7m)

Risultati Elementi parete (Beam)

Max. momento (assoluto) [kNm/m] 88.56 Z = -6.9 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
(Scavo finale a -7m)

Max. taglio [kN/m] 113.13 Z = -4.7 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Scavo
finale a -7m)

SteelWord: massimo struttamento in flessione 0.522 Z = -6.9 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per
tiranti) (Scavo finale a -7m)

SteelWord: massimo struttamento a taglio 0.092 Z = -4.5 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per
tiranti) (Scavo finale a -7m)

Risultati tiranti

Tirante 1 (1 / 2 m) Max. forza (ass.) [kN] 392.61 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Scavo
a -5m)

Max. sfruttamento (GEO) 0.78 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
(Scavo a -5m)

Max. sfruttamento (STR) 0.65 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
(Scavo a -5m)

Trave di rip.:Max. coeff. sfrutt. 0.74 STEEL D.A. NTC2018: A1+M1+R1
(R3 per tiranti) (Scavo a -5m)

Tirante 2 (1 / 2 m) Max. forza (ass.) [kN] 414.33 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Scavo
finale a -7m)

Max. sfruttamento (GEO) 0.82 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
(Scavo finale a -7m)

Max. sfruttamento (STR) 0.68 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
(Scavo finale a -7m)

Trave di rip.:Max. coeff. sfrutt. 0.78 STEEL D.A. NTC2018: A1+M1+R1
(R3 per tiranti) (Scavo finale a -7m)

Riepilogo per la DA <NTC2018: A2+M2+R1>

Parete <Left Wall>

Min. spostamento laterale [mm] -10.46 Z = 0 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a
-7m)

Max. spostamento laterale [mm] 52.91 Z = -7.3 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a
-7m)

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.13 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Geostatico)

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.5 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a
-7m)

Risultati Elementi parete (Beam)

Max. momento (assoluto) [kNm/m] 127.8 Z = -7.1 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a
-7m)

Max. taglio [kN/m] 118.25 Z = -4.7 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a -7m)

SteelWord: massimo struttamento in flessione 0.753 Z = -7.1 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo
finale a -7m)

SteelWord: massimo struttamento a taglio 0.096 Z = -4.5 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo
finale a -7m)

Risultati tiranti

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali -Muzza

Tirante 1 (1 / 2 m) Max. forza (ass.) [kN] 305.21 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo a -5m)
 Max. sfruttamento (GEO) 0.61 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo a -5m)
 Max. sfruttamento (STR) 0.5 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo a -5m)
 Trave di rip.:Max. coeff. sfrutt. 0.57 STEEL D.A. NTC2018: A2+M2+R1

(Scavo a -5m)

Tirante 2 (1 / 2 m) Max. forza (ass.) [kN] 363.41 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a -7m)
 Max. sfruttamento (GEO) 0.72 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a -7m)
 Max. sfruttamento (STR) 0.6 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a -7m)
 Trave di rip.:Max. coeff. sfrutt. 0.68 STEEL D.A. NTC2018: A2+M2+R1

(Scavo finale a -7m)

Riepilogo per tutte le Design Assumption (DA) attive

Parete <Left Wall>

Min. spostamento laterale [mm] -10.46 Z = 0 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a -7m)
 Max. spostamento laterale [mm] 52.91 Z = -7.3 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a -7m)
 Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.13 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Geostatico)
 Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.5 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a -7m)

Risultati Elementi parete (Beam)

Max. momento (assoluto) [kNm/m] 127.8 Z = -7.1 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a -7m)
 Max. taglio [kN/m] 118.25 Z = -4.7 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a -7m)
 SteelWord: massimo struttamento in flessione 0.753 Z = -7.1 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a -7m)
 SteelWord: massimo struttamento a taglio 0.096 Z = -4.5 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a -7m)

Risultati tiranti

Tirante 1 (1 / 2 m) Max. forza (ass.) [kN] 392.61 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Scavo a -5m)
 Max. sfruttamento (GEO) 0.78 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
 (Scavo a -5m)
 Max. sfruttamento (STR) 0.65 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
 (Scavo a -5m)
 Trave di rip.:Max. coeff. sfrutt. 0.74 STEEL D.A. NTC2018: A1+M1+R1
 (R3 per tiranti) (Scavo a -5m)
 Tirante 2 (1 / 2 m) Max. forza (ass.) [kN] 414.33 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Scavo finale a -7m)
 Max. sfruttamento (GEO) 0.82 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
 (Scavo finale a -7m)
 Max. sfruttamento (STR) 0.68 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
 (Scavo finale a -7m)
 Trave di rip.:Max. coeff. sfrutt. 0.78 STEEL D.A. NTC2018: A1+M1+R1
 (R3 per tiranti) (Scavo finale a -7m)

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali - Muzza

9.2 BERLINESE SPALLA S2

La berlinese, prevista in affiancamento alla spalla S2, è costituita da micropali della lunghezza di 16 m con diametro di perforazione $\varnothing 240$ mm disposti ad interasse longitudinale di 0.50 m, armati con tubi in acciaio del diametro esterno $\varnothing 168.3$ mm e spessore 10 mm, collegati in sommità da una trave di coronamento in c.a. delle dimensioni 60x50 cm.

L'interferenza con la spalla esistente ha richiesto di prevedere 2 tratti con differente disposizione di tiranti:

- Tratto 1: prevede tiranti di ancoraggio, collegati all'opera mediante travi di ripartizione costituiti da n. 2 profilati HEA180, che contano di 2 ordini a 3 trefoli disposti ad interasse di 1.50 m, pretesi a 300 kN, inclinati di 25° rispetto all'orizzontale e di 66° rispetto all'asse berlinese e di lunghezza complessiva pari a 20 m di cui 12 m di fondazione ed il rimanente di tratto libero. Il primo ordine è installato a 1.50 m dalla testa paratia.
- Tratto 2: presenta un solo ordine di tiranti con le medesime caratteristiche ma inclinato di 20° rispetto all'orizzontale e di lunghezza complessiva pari a 17 m di cui 12 m di fondazione ed il rimanente di tratto libero. L'ordine di tiranti è installato a 1.00 m dalla testa paratia.

Tale configurazione assicura che non ci siano interferenze tra i tiranti dei 2 tratti.

L'iniezione prevista è di tipo IGU con un diametro di perforazione pari a $D = 200$ mm.

Di seguito si riporta la planimetria, il profilo e la sezione trasversale della berlinese suddetta:

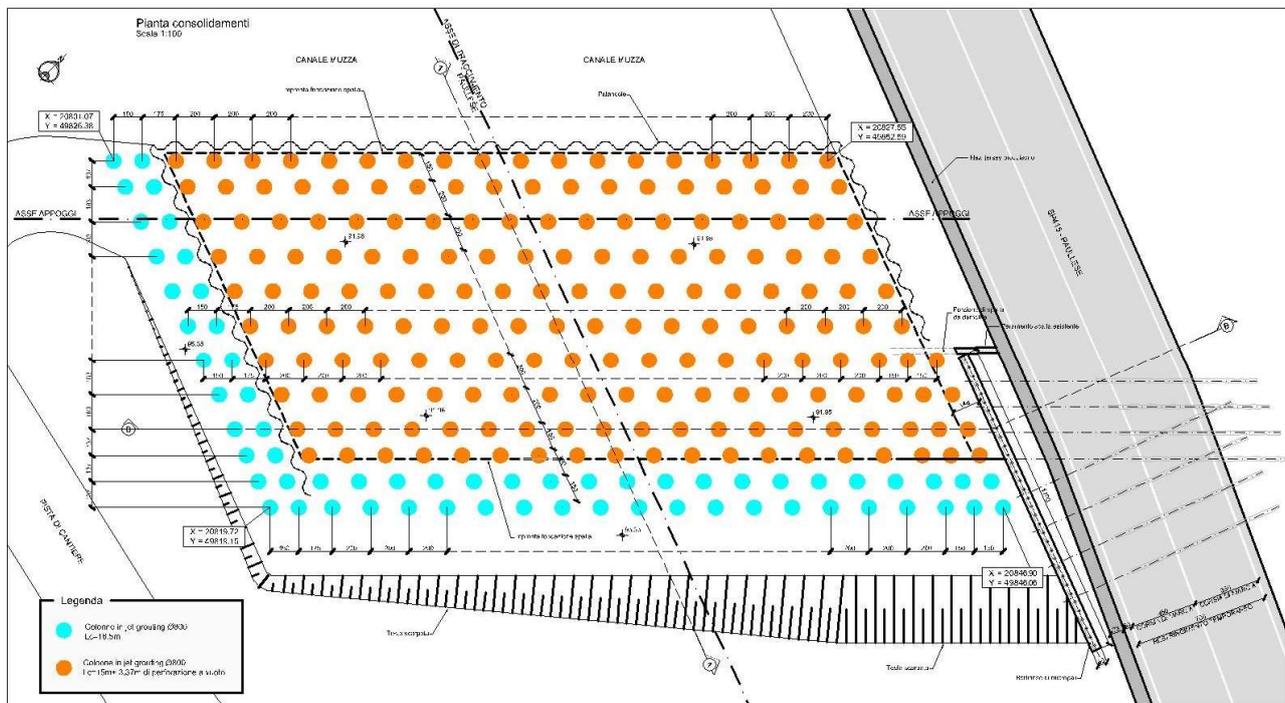


Figura 7: Pianta fondazione

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)
Relazione di calcolo opere provvisionali - Muzza

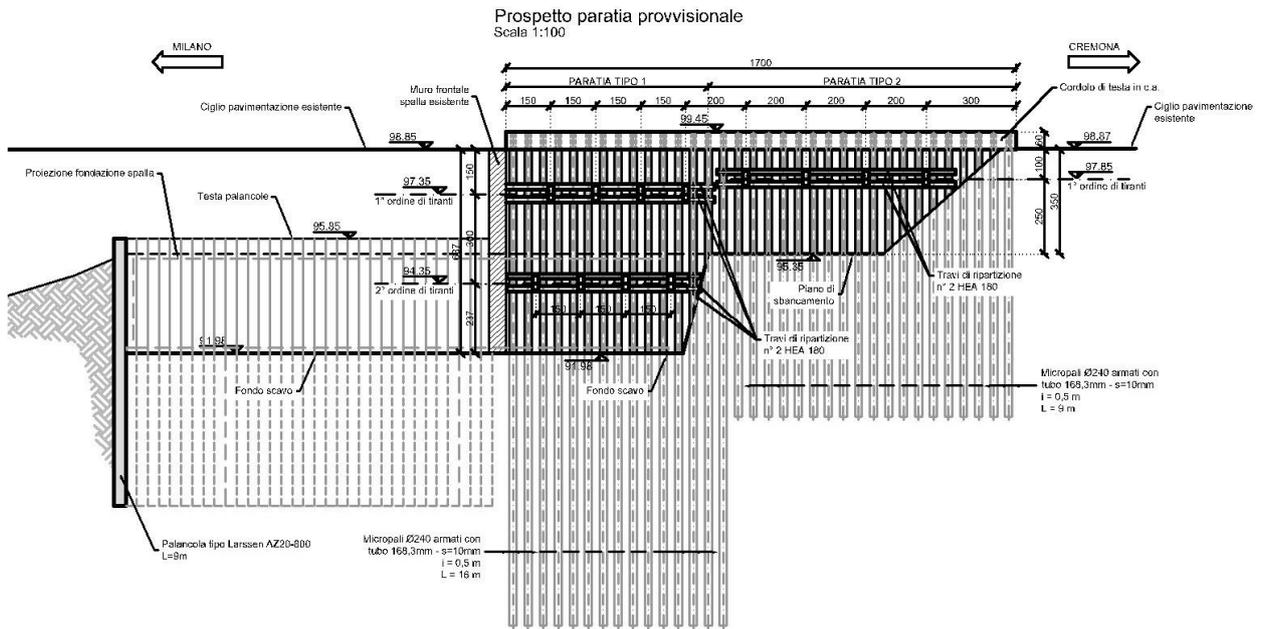


Figura 8: Prospetto

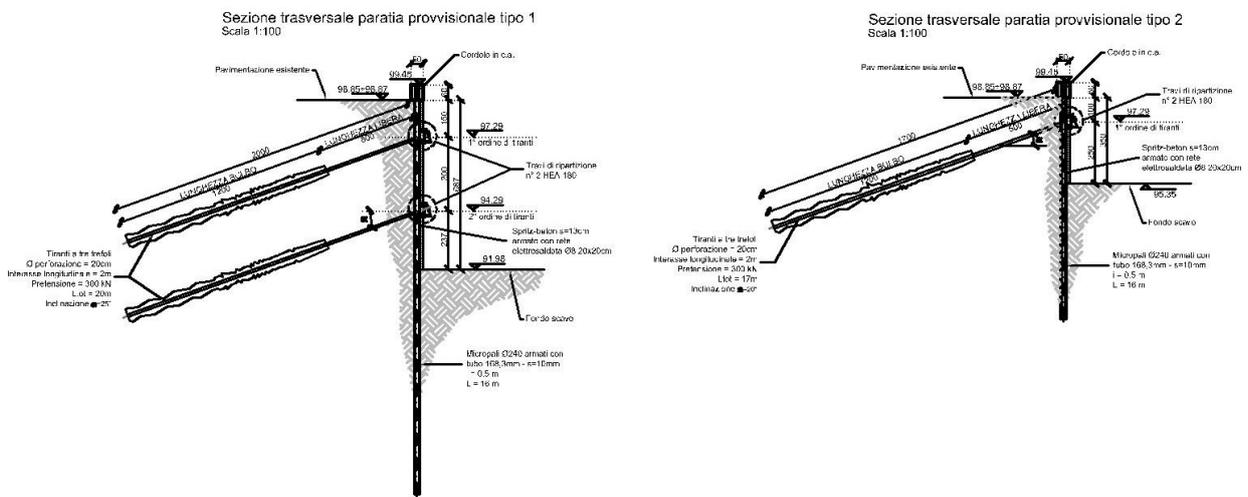


Figura 9: Sezioni trasversali

Il fronte scavo è di circa 7 m mentre a monte dell'opera si considera un sovraccarico stradale dovuto al traffico supposto aperto durante le operazioni di scavo.

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali - Muzza

9.2.1 MODELLO DI CALCOLO

Di seguito si riporta una rappresentazione grafica della fase finale di scavo della berlinese in esame:

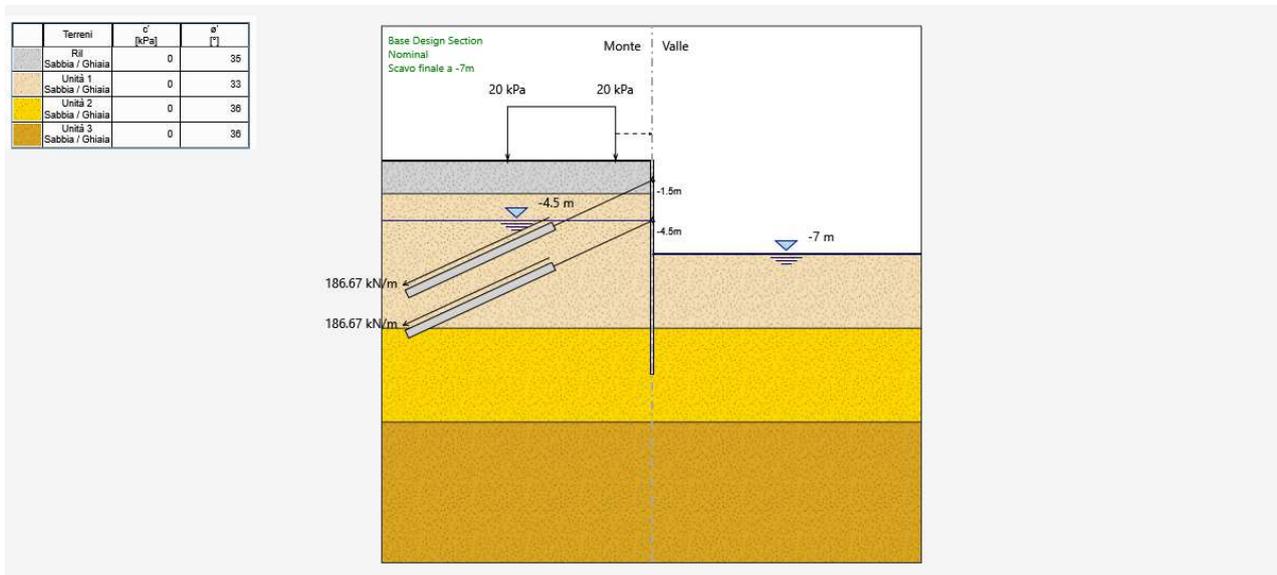


Figura 10: Fase di massimo scavo

Si riporta un tabulato delle risultanze di calcolo per ciascuna combinazione prevista da normativa.

9.2.2 TABULATO DI SINTESI DI ANALISI DELLA BERLINESE

Riepilogo per la DA <Nominal>

Parete <Left Wall>

Min. spostamento laterale [mm]	-1.67	Z = -1.4 m	D.A. Nominal (Scavo finale a -7m)
Max. spostamento laterale [mm]	15.61	Z = -7.3 m	D.A. Nominal (Scavo finale a -7m)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.09		D.A. Nominal (Tirante 1)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.31		D.A. Nominal (Scavo finale a -7m)

Risultati Elementi parete (Beam)

Max. momento (assoluto) [kNm/m]	65.6	Z = -4.5 m	D.A. Nominal (Scavo finale a -7m)
Max. taglio [kN/m]	92.22	Z = -4.7 m	D.A. Nominal (Scavo finale a -7m)
SteelWord: massimo struttamento in flessione	0.387	Z = -4.5 m	D.A. Nominal (Scavo finale a -7m)
SteelWord: massimo struttamento a taglio	0.075	Z = -4.5 m	D.A. Nominal (Scavo finale a -7m)

Risultati tiranti

Tirante 1 (1 / 1.5 m)	Max. forza (ass.) [kN]	280.41	D.A. Nominal (Scavo a -5m)
	Max. sfruttamento (GEO)	0.28	D.A. Nominal (Scavo a -5m)
	Max. sfruttamento (STR)	0.46	D.A. Nominal (Scavo a -5m)
	Trave di rip.:Max. coeff. sfrutt.	0.39	STEEL D.A. Nominal (Scavo a -5m)
Tirante 2 (1 / 1.5 m)	Max. forza (ass.) [kN]	290.95	D.A. Nominal (Scavo finale a -7m)
	Max. sfruttamento (GEO)	0.29	D.A. Nominal (Scavo finale a -7m)
	Max. sfruttamento (STR)	0.48	D.A. Nominal (Scavo finale a -7m)

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali -Muzza

Trave di rip.:Max. coeff. sfrutt. 0.41 STEEL D.A. Nominal (Scavo finale a -7m)

Riepilogo per la DA <NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)>

Parete <Left Wall>

Min. spostamento laterale [mm] -1.67 Z = -1.4 m D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo finale a -7m)
Max. spostamento laterale [mm] 15.61 Z = -7.3 m D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo finale a -7m)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.09 D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Tirante 1)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.31 D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo finale a -7m)

Risultati Elementi parete (Beam)

Max. momento (assoluto) [kNm/m] 65.6 Z = -4.5 m D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo finale a -7m)
Max. taglio [kN/m] 92.22 Z = -4.7 m D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi
Permanente) (Scavo finale a -7m)
SteelWord: massimo struttamento in flessione 0.387 Z = -4.5 m D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo finale a -7m)
SteelWord: massimo struttamento a taglio 0.075 Z = -4.5 m D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo finale a -7m)

Risultati tiranti

Tirante 1 (1 / 1.5 m) Max. forza (ass.) [kN] 280.41 D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi
Permanente) (Scavo a -5m)
Max. sfruttamento (GEO) 0.28 D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo a -5m)
Max. sfruttamento (STR) 0.46 D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo a -5m)
Trave di rip.:Max. coeff. sfrutt. 0.39 STEEL D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo a -5m)
Tirante 2 (1 / 1.5 m) Max. forza (ass.) [kN] 290.95 D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi
Permanente) (Scavo finale a -7m)
Max. sfruttamento (GEO) 0.29 D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo finale a -7m)
Max. sfruttamento (STR) 0.48 D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo finale a -7m)
Trave di rip.:Max. coeff. sfrutt. 0.41 STEEL D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo finale a -7m)

Riepilogo per la DA <NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)>

Parete <Left Wall>

Min. spostamento laterale [mm] -1.66 Z = -1.4 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
(Scavo finale a -7m)
Max. spostamento laterale [mm] 15.9 Z = -7.3 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
(Scavo finale a -7m)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.09 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
(Tirante 1)

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali -Muzza

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.31 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
(Scavo finale a -7m)

Risultati Elementi parete (Beam)

Max. momento (assoluto) [kNm/m] 85.49 Z = -4.5 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
(Scavo finale a -7m)

Max. taglio [kN/m] 120.36 Z = -4.7 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Scavo
finale a -7m)

SteelWord: massimo struttamento in flessione 0.504 Z = -4.5 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per
tiranti) (Scavo finale a -7m)

SteelWord: massimo struttamento a taglio 0.097 Z = -4.5 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per
tiranti) (Scavo finale a -7m)

Risultati tiranti

Tirante 1 (1 / 1.5 m) Max. forza (ass.) [kN] 364.56 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Scavo
a -5m)

Max. sfruttamento (GEO) 0.72 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
(Scavo a -5m)

Max. sfruttamento (STR) 0.6 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
(Scavo a -5m)

Trave di rip.:Max. coeff. sfrutt. 0.51 STEEL D.A. NTC2018: A1+M1+R1
(R3 per tiranti) (Scavo a -5m)

Tirante 2 (1 / 1.5 m) Max. forza (ass.) [kN] 378.54 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Scavo
finale a -7m)

Max. sfruttamento (GEO) 0.75 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
(Scavo finale a -7m)

Max. sfruttamento (STR) 0.62 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
(Scavo finale a -7m)

Trave di rip.:Max. coeff. sfrutt. 0.53 STEEL D.A. NTC2018: A1+M1+R1
(R3 per tiranti) (Scavo finale a -7m)

Riepilogo per la DA <NTC2018: A2+M2+R1>

Parete <Left Wall>

Min. spostamento laterale [mm] -10.82 Z = 0 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a
-7m)

Max. spostamento laterale [mm] 45.71 Z = -7.5 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a
-7m)

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.13 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Tirante 1)

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.49 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a
-7m)

Risultati Elementi parete (Beam)

Max. momento (assoluto) [kNm/m] 119.21 Z = -7.3 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a
-7m)

Max. taglio [kN/m] 122.01 Z = -4.7 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a -7m)

SteelWord: massimo struttamento in flessione 0.703 Z = -7.3 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo
finale a -7m)

SteelWord: massimo struttamento a taglio 0.099 Z = -4.5 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo
finale a -7m)

Risultati tiranti

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali -Muzza

Tirante 1 (1 / 1.5 m) (Tirante 1)	Max. forza (ass.) [kN]	280.05	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Tirante 1)
	Max. sfruttamento (GEO)	0.56	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Tirante 1)
	Max. sfruttamento (STR)	0.46	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Tirante 1)
	Trave di rip.:Max. coeff. sfrutt.	0.39	STEEL D.A. NTC2018: A2+M2+R1
Tirante 2 (1 / 1.5 m) -7m) -7m) (Scavo finale a -7m)	Max. forza (ass.) [kN]	315.09	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a -7m)
	Max. sfruttamento (GEO)	0.63	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a -7m)
	Max. sfruttamento (STR)	0.52	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a -7m)
	Trave di rip.:Max. coeff. sfrutt.	0.44	STEEL D.A. NTC2018: A2+M2+R1

Riepilogo per tutte le Design Assumption (DA) attive

Parete <Left Wall>

Min. spostamento laterale [mm]	-10.82	Z = 0 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a -7m)
Max. spostamento laterale [mm]	45.71	Z = -7.5 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a -7m)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.13		D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Tirante 1)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.49		D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a -7m)

Risultati Elementi parete (Beam)

Max. momento (assoluto) [kNm/m]	119.21	Z = -7.3 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a -7m)
Max. taglio [kN/m]	122.01	Z = -4.7 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a -7m)
SteelWord: massimo struttamento in flessione	0.703	Z = -7.3 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a -7m)
SteelWord: massimo struttamento a taglio	0.099	Z = -4.5 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo finale a -7m)

Risultati tiranti

Tirante 1 (1 / 1.5 m) (Scavo a -5m) (Scavo a -5m) (Scavo a -5m) (R3 per tiranti) (Scavo a -5m)	Max. forza (ass.) [kN]	364.56	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Scavo a -5m)
	Max. sfruttamento (GEO)	0.72	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
	Max. sfruttamento (STR)	0.6	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
	Trave di rip.:Max. coeff. sfrutt.	0.51	STEEL D.A. NTC2018: A1+M1+R1
Tirante 2 (1 / 1.5 m) (Scavo finale a -7m) (Scavo finale a -7m) (R3 per tiranti) (Scavo finale a -7m)	Max. forza (ass.) [kN]	378.54	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Scavo finale a -7m)
	Max. sfruttamento (GEO)	0.75	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
	Max. sfruttamento (STR)	0.62	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
	Trave di rip.:Max. coeff. sfrutt.	0.53	STEEL D.A. NTC2018: A1+M1+R1

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisorie - Muzza

9.3 PALANCOLA

Come già illustrato in premessa, le spalle del ponte sono disposte ai margini del canale Muzza per cui è stata prevista l'infissione di palancole metalliche su tre lati delle fondazioni al fine di proteggere lo scavo dall'acqua del canale e/o dalla falda freatica:

A titolo di esempio, di seguito si riporta la sezione trasversale e longitudinale della spalla S1 con l'ubicazione delle palancole:

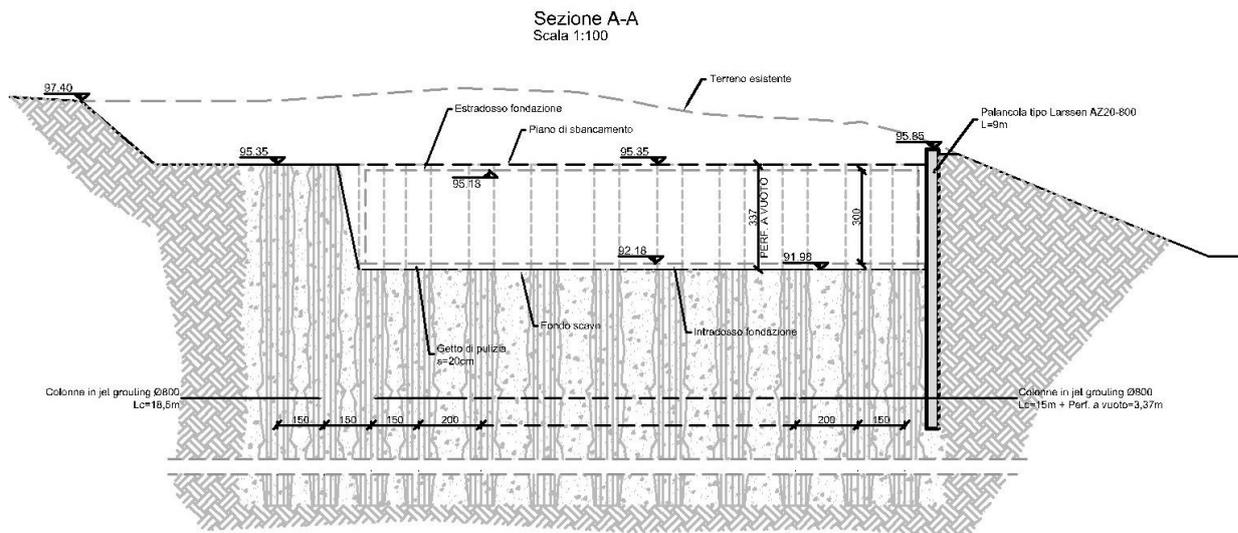


Figura 11: Sezione longitudinale (in asse tracciamento ponte)

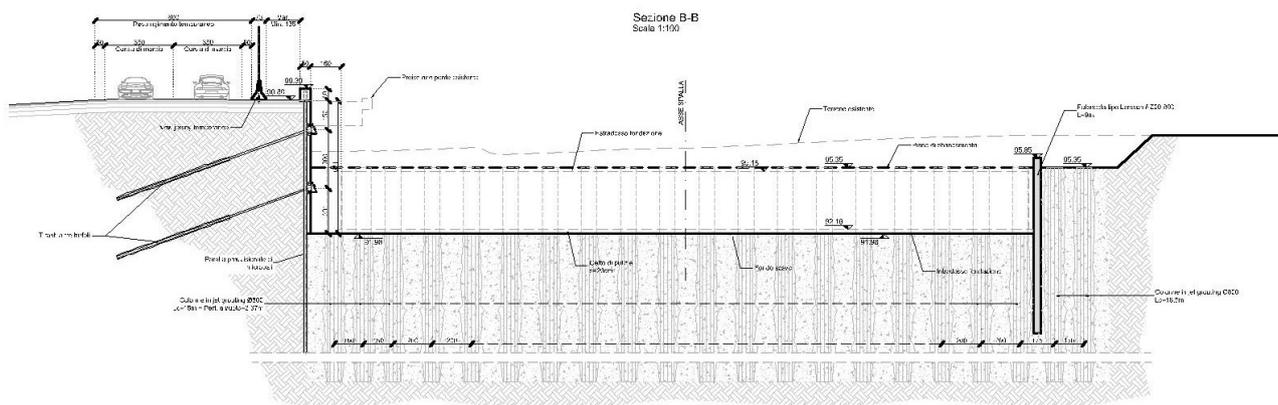


Figura 12: Sezione trasversale (in asse appoggi)

La palanca metallica prevista è del tipo Larssen AZ20-800 di lunghezza $L = 9$ m che presenta un tratto fuori terra di altezza massima pari a circa 3.80 m. Il terreno al piede della palanca, lato valle, è oggetto di trattamento di consolidamento mediante jet grouting prima dell'inizio dello scavo, pertanto in sede

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali - Muzza

di calcolo è stata prevista una fase di miglioramento delle caratteristiche geotecniche del terreno di valle a partire dai parametri del terreno trattato:

- Peso unità di volume: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno: $\varphi' = 33^\circ$
- Coesione drenata: $c' = 180 \text{ kPa}$
- Modulo elastico: $E = 140 \text{ MPa}$.

Per i dettagli di calcolo della parametrizzazione geotecnica del terreno trattato si rimanda alla relazione di calcolo delle fondazioni delle spalle del ponte Muzza.

9.3.1 MODELLO DI CALCOLO

Di seguito si riporta una rappresentazione grafica della fase di scavo della palancola in esame:

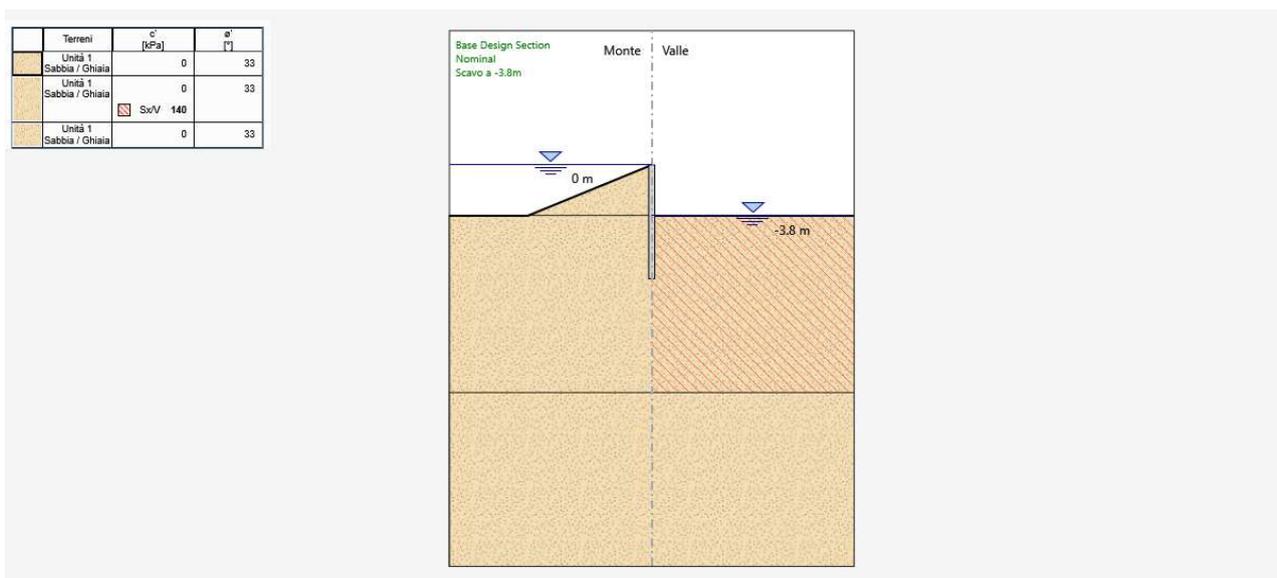


Figura 13: Fase di scavo

Si riporta un tabulato delle risultanze di calcolo per ciascuna combinazione prevista da normativa.

9.3.2 TABULATO DI SINTESI DI ANALISI DELLA PALANCOLA

Riepilogo per la DA <Nominal>

Parete <Left Wall>

Min. spostamento laterale [mm]	0	Z = -8.5 m	D.A. Nominal (Jet grouting)
Max. spostamento laterale [mm]	17.64	Z = 0 m	D.A. Nominal (Scavo a -3.8m)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.24		D.A. Nominal (Jet grouting)

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali -Muzza

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.09 D.A. Nominal
(Palancola)

Risultati Elementi parete (Beam)

Max. momento (assoluto) [kNm/m] 100.99 Z = -4.4 m D.A. Nominal (Scavo a -3.8m)

Max. taglio [kN/m] 63.37 Z = -3.8 m D.A. Nominal (Scavo a -3.8m)

SteelWord: massimo struttamento in flessione 0.149 Z = -4.4 m D.A. Nominal
(Scavo a -3.8m)

SteelWord: massimo struttamento a taglio 0.056 Z = -3.6 m D.A. Nominal (Scavo a -3.8m)

Riepilogo per la DA <NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)>

Parete <Left Wall>

Min. spostamento laterale [mm] 0 Z = -8.5 m D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Jet grouting)

Max. spostamento laterale [mm] 17.64 Z = 0 m D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo a -3.8m)

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.24 D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Jet grouting)

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.09 D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Palancola)

Risultati Elementi parete (Beam)

Max. momento (assoluto) [kNm/m] 100.99 Z = -4.4 m D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo a -3.8m)

Max. taglio [kN/m] 63.37 Z = -3.8 m D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo a -3.8m)

SteelWord: massimo struttamento in flessione 0.149 Z = -4.4 m D.A. NTC2018:
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo a -3.8m)

SteelWord: massimo struttamento a taglio 0.056 Z = -3.6 m D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo a -3.8m)

Riepilogo per la DA <NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)>

Parete <Left Wall>

Min. spostamento laterale [mm] 0 Z = -8.5 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3
per tiranti) (Jet grouting)

Max. spostamento laterale [mm] 17.64 Z = 0 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3
per tiranti) (Scavo a -3.8m)

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.24 D.A. NTC2018:
A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Jet grouting)

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.09 D.A. NTC2018:
A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Palancola)

Risultati Elementi parete (Beam)

Max. momento (assoluto) [kNm/m] 131.29 Z = -4.4 m D.A. NTC2018:
A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Scavo a -3.8m)

Max. taglio [kN/m] 82.38 Z = -3.8 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per
tiranti) (Scavo a -3.8m)

SteelWord: massimo struttamento in flessione 0.194 Z = -4.4 m D.A. NTC2018:
A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Scavo a -3.8m)

SteelWord: massimo struttamento a taglio 0.073 Z = -3.6 m D.A. NTC2018:
A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Scavo a -3.8m)

Riepilogo per la DA <NTC2018: A2+M2+R1>

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali -Muzza

Parete <Left Wall>

Min. spostamento laterale [mm] 0 Z = -8.5 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Jet grouting)
Max. spostamento laterale [mm] 17.85 Z = 0 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo a -3.8m)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.34 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Jet grouting)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.13 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Palancola)

Risultati Elementi parete (Beam)

Max. momento (assoluto) [kNm/m] 105.77 Z = -4.4 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo a -3.8m)
Max. taglio [kN/m] 66.94 Z = -3.8 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo a -3.8m)
SteelWord: massimo struttamento in flessione 0.156 Z = -4.4 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo a -3.8m)
SteelWord: massimo struttamento a taglio 0.06 Z = -3.6 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo a -3.8m)

Riepilogo per tutte le Design Assumption (DA) attive

Parete <Left Wall>

Min. spostamento laterale [mm] 0 Z = -8.5 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Jet grouting)
Max. spostamento laterale [mm] 17.85 Z = 0 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo a -3.8m)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.34 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Jet grouting)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.13 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Palancola)

Risultati Elementi parete (Beam)

Max. momento (assoluto) [kNm/m] 131.29 Z = -4.4 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Scavo a -3.8m)
Max. taglio [kN/m] 82.38 Z = -3.8 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Scavo a -3.8m)
SteelWord: massimo struttamento in flessione 0.194 Z = -4.4 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Scavo a -3.8m)
SteelWord: massimo struttamento a taglio 0.073 Z = -3.6 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Scavo a -3.8m)

10 PRESCRIZIONE SCAVI

Sulla base delle informazioni ad oggi disponibili, l'intera area interessata dal progetto presenta un livello di falda a circa 4÷5 m di profondità dal piano campagna con cautelative variazioni stagionali fino a circa -2 m dallo stesso. In corrispondenza delle spalle del ponte in esame si deve tener conto inoltre della presenza del canale Muzza di cui il ponte ne è un'opera di scavalco.

A fronte di ciò la realizzazione delle palancole metalliche a confinamento degli scavi delle fondazioni delle spalle risulta fondamentale per evitare venute di acqua durante le lavorazioni.

Nonostante ciò è necessario comunque prevedere sistemi di controllo delle infiltrazioni di falda che possono risultare influenzate, rispetto a quanto previsto in progetto, dalla reale posizione del livello piezometrico e dalla effettiva permeabilità dei terreni. Si raccomanda pertanto di monitorare le aree di scavo prevedendo eventualmente pompe di emungimento o file di wellpoint/pozzi di aggotamento posti lungo l'intero perimetro dello scavo.

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali -Muzza

Sommario

1	PREMESSA	1
2	NORMATIVE E RIFERIMENTI	3
2.1	NORMATIVA.....	3
2.2	SOFTWARE UTILIZZATO.....	3
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	4
3.1	CALCESTRUZZO	4
3.2	ACCIAIO	4
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	6
5	COMBINAZIONI DI CARICO	8
5.1	COMBINAZIONI DI CARICO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - SLU.....	9
5.2	COMBINAZIONI DI CARICO AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE.....	9
6	MODELLO DI CALCOLO.....	10
7	CRITERI DI VERIFICA.....	12
7.1	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	12
7.1.1	<i>Collasso per rotazione intorno ad un punto dell'opera.....</i>	<i>12</i>
7.1.2	<i>Verifica a sfilamento dei tiranti</i>	<i>12</i>
7.2	VERIFICHE STRUTTURALI.....	14
7.2.1	<i>Verifica della paratia</i>	<i>14</i>
7.2.2	<i>Verifica di resistenza degli ancoraggi.....</i>	<i>14</i>
7.2.3	<i>Verifica di resistenza delle travi di ripartizione</i>	<i>15</i>
8	ANALISI DEI CARICHI.....	16
8.1	SPINTE DELLE TERRE.....	16
8.1.1	<i>Coefficiente di spinta a riposo.....</i>	<i>16</i>
8.1.2	<i>Coefficiente di spinta attiva.....</i>	<i>16</i>
8.1.3	<i>Coefficiente di spinta passiva.....</i>	<i>17</i>
8.2	SPINTA ATTIVA IN PRESENZA DI COESIONE	17
8.3	SOVRACCARICO STRADALE	17
9	RISULTATI E VERIFICHE DELLE PARATIE.....	18

Lavori di riqualifica e potenziamento della S.P. EX S.S. 415 "Paullese" - 2° Lotto - 1° Stralcio tratto "A" da S.P. 39 "Cerca" alla progr. Km 12+476 (Intersezione TEEM)

Relazione di calcolo opere provvisionali -Muzza

9.1	BERLINESE SPALLA S1.....	18
9.1.1	<i>Modello di calcolo</i>	<i>20</i>
9.1.2	<i>Tabulato di sintesi di analisi della berlinese</i>	<i>20</i>
9.2	BERLINESE SPALLA S2.....	24
9.2.1	<i>Modello di calcolo</i>	<i>26</i>
9.2.2	<i>Tabulato di sintesi di analisi della berlinese</i>	<i>26</i>
9.3	PALANCOLA	30
9.3.1	<i>Modello di calcolo</i>	<i>31</i>
9.3.2	<i>Tabulato di sintesi di analisi della palancola</i>	<i>31</i>
10	PRESCRIZIONE SCAVI.....	34