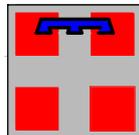




Autostrada Asti-Cuneo



PROVINCIA DI ASTI



REGIONE PIEMONTE



PROVINCIA DI CUNEO

COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE ASTI - CUNEO

TRONCO II A21 (ASTI EST) - A6 (MARENE)

LOTTO 6 RODDI - DIGA ENEL

PROGETTO ESECUTIVO
OPERE D'ARTE IN SEDE

GALLERIA DI VERDUNO GALLERIA ARTIFICIALE E IMBOCCO LATO CHERASCO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI IMBOCCO

| | | | | | | |
|-------------|------------|-----------------------------------|------------|--------------|----------------|----------------------------|
| Aggiornato: | Data : | Descrizione: | Redatto: | Controllato: | Approvato: | Codifica: |
| 00 | Apr. 2013 | EMISSIONE | Ing. Gatti | Ing. Ossezia | Ing. Ghislandi | 2.6 E - r D.2.3.2.01 |
| Aggiornato: | Data : | Descrizione: | Redatto: | Controllato: | Approvato: | Lotto Prog. Tipo Elaborato |
| 01 | Marzo 2015 | Rev. a seguito richieste MIT-SVCA | Ing. Gatti | Ing. Saurio | Ing. Ghislandi | Marzo 2015 |
| Aggiornato: | Data : | Descrizione: | Redatto: | Controllato: | Approvato: | Scala: |
| | | | | | | - |



PROGETTISTA e RESP. INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Dott. Ing. Enrico Ghislandi
Albo di Milano
N° A 16993

CONSULENZA SPECIALIZZATA



CONCESSIONARIA:



INDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUZIONE | 4 |
| 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 5 |
| 3. SOFTWARE UTILIZZATO | 7 |
| 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO | 8 |
| 4.1. <i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE</i> | 9 |
| 4.2. <i>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO</i> | 9 |
| 4.3. <i>INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO</i> | 11 |
| 4.4. <i>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA</i> | 19 |
| 5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO | 20 |
| 6. ESAME DELLE PROBLEMATICHE PROGETTUALI E DEGLI SCENARI DI RISCHIO | 22 |
| 7. FASI ESECUTIVE E METODOLOGIA DI INTERVENTO | 24 |
| 7.1. <i>FASI ESECUTIVE</i> | 24 |
| 7.2. <i>PARATIA DI PALI IN C.A. E SBANCAMENTI LATERALI</i> | 26 |
| 7.2.1. <i>Esecuzione dei tiranti</i> | 27 |
| 7.3. <i>ESECUZIONE CONSOLIDAMENTO AL FRONTE ED AL CONTORNO DELLA SEZIONE DI ATTACCO</i> | 29 |
| 7.3.1. <i>Intervento di presostegno al contorno della sezione di scavo</i> | 29 |
| 7.3.2. <i>Intervento di presostegno al fronte della sezione di scavo</i> | 30 |
| 7.4. <i>COSTRUZIONE DIMA D'ATTACCO</i> | 30 |
| 7.5. <i>SCAVO DEL 1° CAMPO DI AVANZAMENTO</i> | 31 |
| 7.6. <i>GETTO DELLA SOLETTA DI FONDO SCAVO PROVVISORIA</i> | 31 |
| 7.7. <i>REALIZZAZIONE DELLA GALLERIA ARTIFICIALE</i> | 31 |
| 7.8. <i>CAMPO PROVA JET-GROUTING</i> | 32 |
| 7.9. <i>RITOMBAMENTO E SISTEMAZIONE DEFINITIVA</i> | 36 |
| 7.10. <i>EVENTUALE RITROVAMENTO DI CAVITÀ CARSICHE</i> | 37 |
| 8. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE | 39 |
| 9. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA E CARATTERISTICHE DEI TERRENI PER LE ANALISI | 40 |
| 9.1. <i>STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO</i> | 40 |
| 9.1.1. <i>Sezione 1</i> | 40 |
| 9.1.2. <i>Sezione 2</i> | 43 |
| 9.1.3. <i>Sezione 3</i> | 45 |
| 9.1.4. <i>Sezione 4</i> | 46 |
| 10. SPECIFICHE PER LE ANALISI DI PARATIE IN PALI | 48 |

| | |
|---|------------|
| 10.1. CONDIZIONI DI CARICO | 50 |
| 10.1.1. Spinta del terreno | 50 |
| 10.1.2. Spinta del sovraccarico superficiale | 51 |
| 10.1.3. Carico sismico | 51 |
| 10.2. ANALISI IN ACCORDO ALLE NTC2008 | 52 |
| 11. SPECIFICHE PER LE ANALISI DI PARATIE IN JET GROUTING | 54 |
| 11.1. PARATIE IN JET GROUTING – TIPOLOGIA 1 | 54 |
| 11.2. PARATIE IN JET GROUTING – TIPOLOGIA 2 | 57 |
| 12. RISULTATI DELLE ANALISI | 59 |
| 12.1. PARATIE IN PALI DI DIAMETRO 1200 MM..... | 59 |
| 12.1.1. Sezione n°1 – FASE 1..... | 59 |
| 12.1.2. Sezione n°1 – FASE 2..... | 63 |
| 12.1.3. Sezione n°2 – FASE 1..... | 67 |
| 12.1.4. Sezione n°2 – FASE 2..... | 71 |
| 12.1.5. Sezione n°3..... | 75 |
| 12.1.6. Sezione n°4..... | 78 |
| 12.2. PARATIE IN JET-GROUTING – TIPOLOGIA 1..... | 81 |
| 12.3. PARATIE IN JET-GROUTING – TIPOLOGIA 2..... | 84 |
| 13. VERIFICHE STRUTTURALI..... | 87 |
| 13.1. PARATIE IN PALI DI DIAMETRO 1200 MM..... | 87 |
| 13.1.1. Verifiche dei pali in c.a. – Pali di altezza 32 m, 31 m, 28 m (provvvisori) | 87 |
| 13.1.2. Verifiche dei pali in c.a. – Pali di altezza 22 m..... | 111 |
| 13.1.3. Tiranti di ancoraggio..... | 123 |
| 13.1.4. Travi di ripartizione | 128 |
| 13.1.5. Travi di testa nella zona del fronte di attacco | 133 |
| 13.1.6. Travi di testa nelle zone laterali..... | 137 |
| 13.2. PARATIE IN JET-GROUTING – TIPOLOGIA 1..... | 140 |
| 13.3. PARATIE IN JET-GROUTING – TIPOLOGIA 2..... | 142 |
| 14. ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE PER LA PARATIA E PER IL VERSANTE | 144 |
| 14.1. ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DELLA PARATIA - SLOPE | 144 |
| 14.1.1. Metodologia di analisi..... | 144 |
| 14.1.2. Azione sismica..... | 147 |
| 14.1.3. Risultati..... | 148 |
| 14.2. ANALISI DI INTERFERENZA FRA LE OPERE DI IMBOCCO E LA STRUTTURE ESISTENTI - PLAXIS..... | 152 |
| 14.2.1. Descrizione del codice di calcolo..... | 152 |
| 14.2.2. Modello geometrico | 154 |
| 14.2.3. Parametri geotecnici..... | 159 |
| 14.2.4. Fasi di calcolo..... | 160 |
| 14.2.5. Risultati analisi di stabilità..... | 161 |
| 14.2.6. Interazione scavo – versante..... | 165 |

| | |
|--|------------|
| 15. MONITORAGGIO DELLE OPERE DI IMBOCCO | 169 |
| 16. APPENDICE A: “SEZIONE 1” – FASE 1..... | 170 |
| 16.1. ANALISI A1M1 - SLV | 170 |
| 16.2. ANALISI A1M1 - SLD | 172 |
| 16.3. ANALISI A2M2 - SLV | 174 |
| 17. APPENDICE B: “SEZIONE 1” – FASE 2..... | 176 |
| 17.1. ANALISI A1M1 - SLV | 176 |
| 17.2. ANALISI A1M1 - SLD | 177 |
| 17.3. ANALISI A2M2 - SLV | 178 |
| 18. APPENDICE C: “SEZIONE 2” – FASE 1..... | 179 |
| 18.1. ANALISI A1M1 - SLV | 179 |
| 18.2. ANALISI A1M1 - SLD | 181 |
| 18.3. ANALISI A2M2 - SLV | 183 |
| 19. APPENDICE D: “SEZIONE 2” – FASE 2..... | 185 |
| 19.1. ANALISI A1M1 - SLV | 185 |
| 19.2. ANALISI A1M1 - SLD | 186 |
| 19.3. ANALISI A2M2 - SLV | 187 |
| 20. APPENDICE E: “SEZIONE 3” | 188 |
| 20.1. ANALISI A1M1 - SLV | 188 |
| 20.2. ANALISI A1M1 - SLD | 190 |
| 20.3. ANALISI A2M2 - SLV | 192 |
| 21. APPENDICE F: “SEZIONE 4”..... | 194 |
| 21.1. ANALISI A1M1 - SLV | 194 |
| 21.2. ANALISI A1M1 - SLD | 196 |
| 21.3. ANALISI A2M2 - SLV | 198 |

1. INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione di calcolo sono le verifiche geotecniche relative alle fasi di realizzazione dell'imbocco "lato Cherasco – Cuneo" della galleria Verduno, scavata con TBM-EPB, comprendendo il dimensionamento e la verifica delle opere di sostegno degli scavi, nonché le verifiche di stabilità dei versanti interessati dalla realizzazione dell'imbocco. L'opera fa parte del collegamento "Asti – Cuneo" tra le autostrade A6 ed A21, Tronco II "Asti Est – Marene", lotto 6 "Roddi – Diga Enel".

Le opere di contenimento degli scavi dell'imbocco interessano prevalentemente un'area di versante dove, dal punto di vista litologico, sono presenti in sequenza: accumuli di frana e limo, argille limoso-sabbiose, rocce gessifere e marne.

Il presente Progetto Esecutivo è stato sviluppato tenendo conto delle fasi di progettazione precedenti ed alla luce degli approfondimenti geologici condotti a seguito delle indagini geognostiche integrative del settembre-luglio 2012.

Nel seguito sono riportate le analisi statiche condotte e le relative verifiche.

Il documento riporta per esteso le analisi e le verifiche strutturali condotte per alcune sezioni di scavo considerate tipologiche per l'intera sviluppata delle paratie di pali, eseguita con pali di diametro 1.20 m disposti con passo 1.40 m. I pali hanno lunghezze variabili: 32 m, 31 m, 28 m, 22 m, 16 m e 10 m. La trave di testa ha dimensioni 100x150 cm.

Le verifiche sono state condotte secondo quanto previsto dalle "Norme tecniche per le Costruzioni" 2008, sia agli Stati Limite Ultimi che agli Stati Limite di Esercizio.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le verifiche statiche degli interventi, la redazione della presente relazione e degli elaborati tecnici allegati sono stati effettuati nel rispetto della Normativa in vigore e di alcune Raccomandazioni.

I principali riferimenti normativi sono i seguenti:

- Norme Tecniche per le Costruzioni del D.M. 14/01/2008.
- Circolare esplicativa n° 617 del 02/02/2009: “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- Legge n° 1086 del 05/11/1971: Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- D.M. LL.PP. 11/03/1988: 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.
- Circ. Min. LL.PP 24/09/88 n.30483. Legge 02/02/74, n.64 art.1. D.M. 11/03/1988: 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. Istruzioni per l’applicazione.
- Raccomandazioni AICAP (Maggio 1993): Ancoraggi nei terreni e nelle rocce.
- EN 1992-1-1: Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.



- EN 1997-1: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- EN 1998-5: Eurocodice 8. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- EN 1998-2: Eurocodice 8. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 2: Ponti.

3. SOFTWARE UTILIZZATO

Nella redazione del Progetto Esecutivo sono stati utilizzati due software commerciali per l'analisi delle strutture di sostegno e della stabilità di fronti di scavo e pendii.

1. PARATIE per Windows, Versione 7.0. Programma per il progetto e la verifica di paratie, CEAS.
2. SLOPE / W, Versione 5. Programma per l'analisi di stabilità di pendii, GEO-SLOPE Int. Ltd., Canada.
3. PLAXIS, versione 2011. Programma ad elementi finiti per applicazioni geotecniche nel quale modelli costitutivi del terreno sono utilizzati per simulare il comportamento del suolo.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO

L'analisi di tutta la documentazione pregressa e delle indagini eseguite nell'ultima fase di progettazione, hanno consentito una ricostruzione lito-stratigrafica e geotecnica di dettaglio dell'area, in affinamento rispetto a quanto emerso in sede di Progetto Definitivo.

Nel seguito si riporta una sintesi delle caratteristiche lito-stratigrafiche della zona a progetto. Per un approfondimento geologico, geotecnico ed idrogeologico si rimanda alle specifiche relazioni ed agli elaborati geologici di progetto:

- Relazione geologica (elaborato 2.6.E.r.D.2.1.02.00),
- Relazione geotecnica (elaborato 2.6.E.r.D.2.1.03.00),
- Relazione idrogeologica (elaborato 2.6.E.r.D.2.1.04.00),
- Planimetria geomorfologica di dettaglio lato Cuneo (elaborato 2.6.E.d.D.2.1.21.00),
- Sezioni geologiche lato Cuneo (scala 1:500/1:1000),
- Sezioni geologiche EE' FF' (elaborato 2.6.E.d.D.2.1.16.00),
- Sezioni geologiche II' HH' LL' (elaborato 2.6.E.d.D.2.1.18.00).

4.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'area è caratterizzata dalla seguente successione lito-stratigrafica (partendo dai terreni più antichi ai più recenti):

- Marne di S. Agata Fossili (Tortoniano), costituita da argille, argilliti e marne,
- Formazione Gessoso-Solfifera (Messiniano), che si sovrappone alle Marne di S. Agata Fossili mediante una superficie di contatto erosivo, costituita da un'alternanza di peliti grigie, violacee o brune, entro la quale si intercalano corpi a giacitura lentiforme di gesso in grossi cristalli o a grana minuta,
- Argille di Lugagnano (Pliocene inferiore-medio), costituite da argille marnose e siltose di colore grigio-azzurro con possibili intercalazioni di sabbia,
- Depositi alluvionali medio-recenti ed attuali (Olocene – Pleistocene superiore), costituiti in prevalenza da sabbie e ghiaie, con frazioni limose; questi depositi sono caratterizzati da brusche variazioni laterali,
- Depositi di copertura detritico-colluviali, costituiti da limi sabbiosi fini non addensati, limi argillosi poco consistenti inglobanti a tratti sabbie e ghiaie; localmente si osservano frammenti di cristalli di gessi e, raramente, ciottoli ($d_{max} = 10 \div 20$ cm) e clasti di marna alterata.

4.2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La morfologia dell'area è caratterizzata prevalentemente da un pendio con bassa acclività condizionato da una serie di discontinuità in conseguenza delle quali il substrato appare frammentato in una serie di blocchi. Nel complesso, il settore di versante lato Cuneo presenta una morfologia poco acclive, e caratterizzato dalla presenza di avvallamenti, dossi, contropendenze.

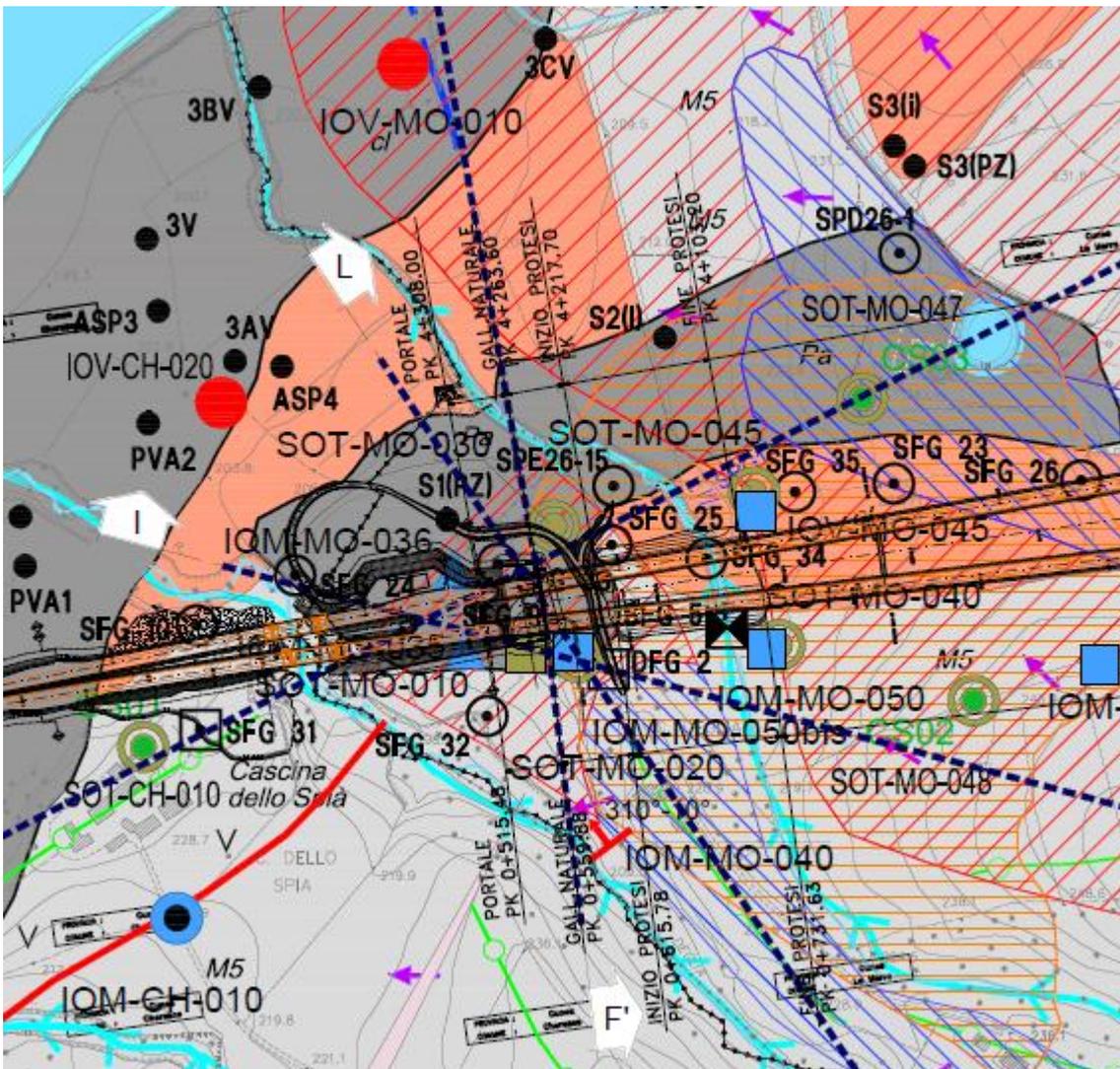
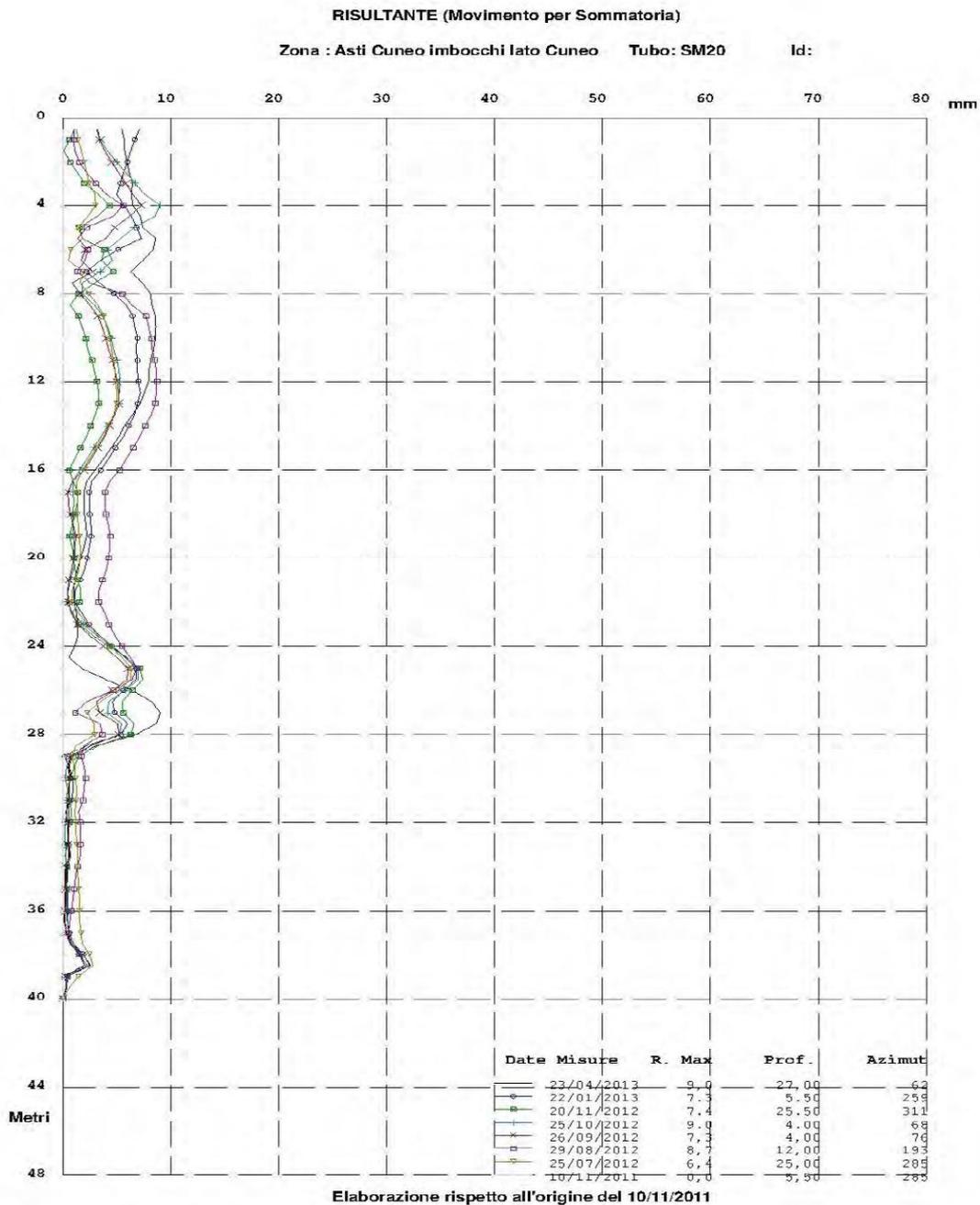


Figura 1: Inquadramento geologico-geomorfologico dell'imbocco

L'area interessata dall'imbocco risulta particolarmente delicata dal punto di vista geomorfologico per la presenza di formazioni gessose e la conseguente possibilità di intercettare le cavità. L'area di imbocco rientra in un'area di frana attiva così come censita dal PAI aggiornato.

Per quanto riguarda il monitoraggio in atto, mediante inclinometri profondi, si rileva la presenza di un movimento dell'ordine di pochi millimetri (<10 mm) a 28-29 metri di profondità dal p.c., all'interno dell'inclinometro SOT-MO-020. Questi movimenti devono essere oggetto di verifica nelle misure future, mostrando un'oscillazione dei dati che potrebbe anche essere ricondotta a tolleranze

strumentali. Si riporta l'inclinometro SOT-MO-020 (ultima lettura eseguita 23 aprile 2013).



4.3. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO

Le indagini geognostiche di dettaglio eseguite hanno consentito di individuare le successioni stratigrafiche descritte nel seguito, finalizzate allo studio delle opere di imbocco e delle condizioni di stabilità del versante. Oltre alle sezioni



stratigrafiche in asse galleria (profili longitudinali), l'area d'imbocco è stata ricostruita mediante la definizione della sezione trasversale FF', ortogonale al tracciato delle gallerie, e delle sezioni HH', II', LL", in corrispondenza del versante. L'insieme delle sezioni trasversali ha consentito di valutare le condizioni di stabilità del versante e la loro evoluzione durante le fasi di costruzione dell'imbocco. Di seguito, al fine di inquadrare i terreni interessati, si riportano alcune foto di carote appartenenti ai sondaggi utilizzati proprio per la ricostruzione delle sezione geologico - stratigrafiche.

Il sondaggio IOM-MO-040 evidenzia la presenza di roccia gessifera già a circa 12 metri di profondità dal p.c., così come il sondaggio SOT-MO-030.

SONDAGGIO n°: IOM-MO-040_PZC-02-09



CASSA 3
 DA m 10,00
 A m 15,00



CASSA 4
 DA m 15,00
 A m 20,00

SONDAGGIO n° IOM-MO-050_PZC-01-09



CASSA 3
 DA m 10,00
 A m 15,00



CASSA 4
 DA m 15,00
 A m 20,00

Si riportano nel seguito le sezioni finalizzate alla ricostruzione stratigrafica dell'area di imbocco.

Canna di Monte

Alla progressiva di attacco della galleria naturale in corrispondenza della paratia, lungo il profilo longitudinale in asse alla canna di monte ed alla canna di valle, osserviamo la seguente stratigrafia schematica (cfr. Figura 2):

- dal piano campagna fino alla profondità di m 14, si osservano depositi di copertura costituiti da circa 1.5 – 2.0 metri di terreno vegetale, e la rimanente parte da depositi di copertura costituiti dalle unità litologiche 3 e 4, ovvero da depositi sabbioso-ghiaiosi in lenti (“Unità 3”) e da depositi di frana costituiti da limi argillosi, limi sabbiosi ed argille limose (“Unità 4”);
- quindi, da m 14 a m 28.60 dal piano campagna, si osserva una alternanza di lenti ghiaioso-sabbiose (“Unità litologica 3”) e di substrato gessoso (“Unità litologica 6”),
- infine, a m 28.60 si ha il substrato gessoso rappresentato dalla formazione Gessoso-Solfifera, costituita da un’alternanza di peliti grigie, violacee o brune, entro la quale si intercalano corpi a giacitura lentiforme di gesso in grossi cristalli o a grana minuta (“Unità litologica 6”).

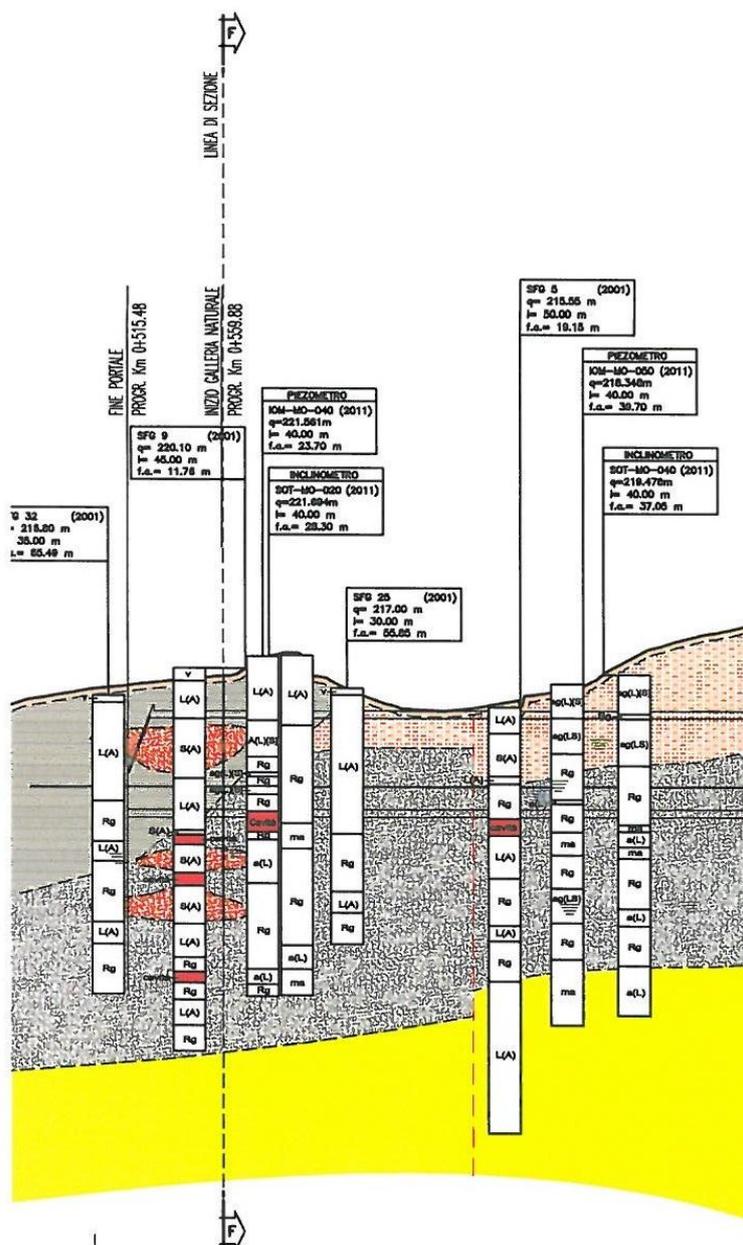


Figura 2: sezione geologico – stratigrafica – canna di monte

Canna di Valle

Alla progressiva di attacco della galleria naturale in corrispondenza della paratia, lungo il profilo longitudinale in asse alla canna di valle, osserviamo la seguente stratigrafia schematica (cfr. Figura 3):

- dal piano campagna fino alla profondità di m 20 circa, si osservano depositi di copertura costituiti da circa 1.5 – 2.0 metri di terreno vegetale,

e la rimanente parte da depositi di copertura costituiti dalle unità litologiche 3 e 4, ovvero da depositi sabbioso-ghiaiosi in lenti (“Unità 3”) e da depositi di frana costituiti da limi argillosi, limi sabbiosi ed argille limose (“Unità 4”);

- quindi, si ha il substrato gessoso rappresentato dalla formazione Gessoso-Solfifera, costituita da un’alternanza di peliti grigie, violacee o brune, entro la quale si intercalano corpi a giacitura lentiforme di gesso in grossi cristalli o a grana minuta (“Unità litologica 6”).

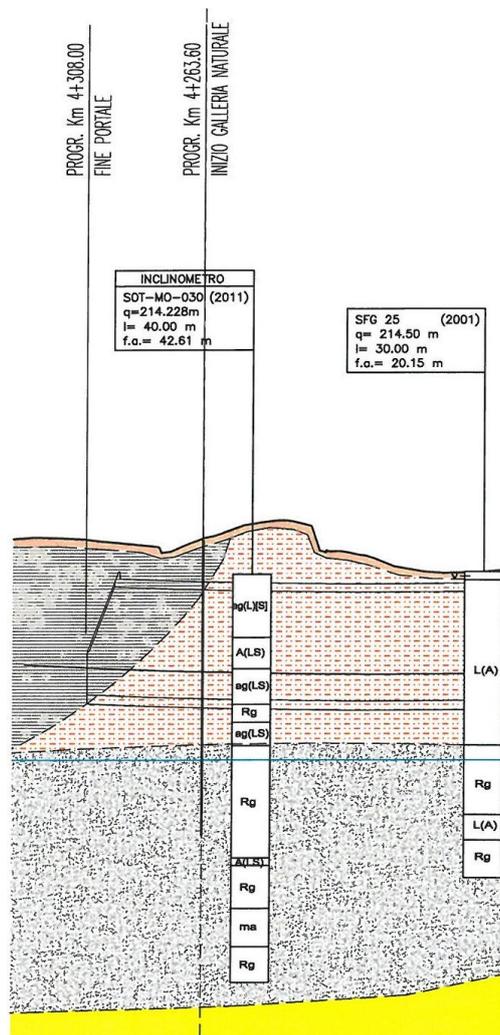


Figura 3: sezione geologico – stratigrafica – canna di valle

Sezioni HH'

La sezione (cfr. *Figura 4*) presenta le seguenti caratteristiche:

- Nel settore, vicino al fiume Tanaro, una eterogeneità di terreni data dalla presenza di depositi limosi, sabbioso-ghiaiosi, ed argillosi con spessori massimi di circa 23-24 metri dal p.c., poggianti sui corpi gessosi, a loro volta trasgressivi sul substrato marnoso-argilloso,
- Nel settore centrale, in corrispondenza della cascina, si osserva uno spessore di circa 30 metri di depositi argilloso-limosi, poggianti sui corpi gessosi, questi trasgressivi sul substrato marnoso,
- Nel settore a monte, si osserva uno spessore di circa 18-20 metri di depositi argilloso-limosi poggianti sulla roccia gessifera, trasgressiva sul sottostante substrato marnoso.

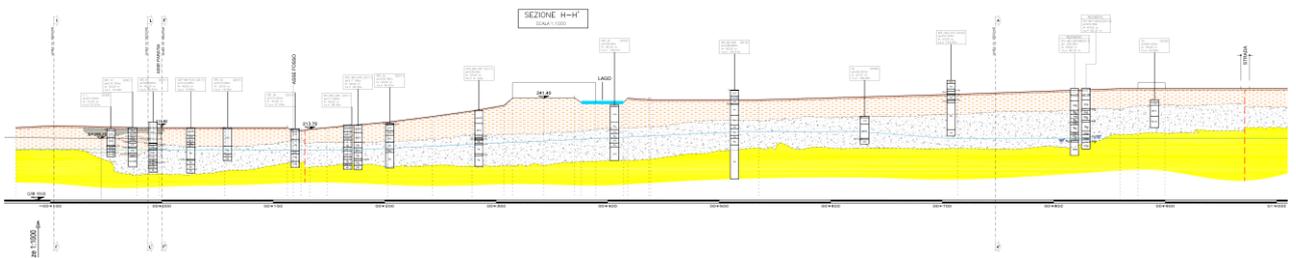


Figura 4: sezione HH'

In merito ai livelli di falda si osserva che, sulla base della campagna di monitoraggio piezometrico 2011/2012 la soggiacenza della falda in corrispondenza dell'area di imbocco si trova all'incirca alla profondità di 21 metri dal piano campagna e, pertanto, al di sotto del piano di imposta delle due carreggiate della galleria a progetto. In considerazione dell'effetto di risalita della quota di falda in concomitanza di eventi meteorici intensi, nelle verifiche progettuali la quota della falda è stata assunta pari a circa 8 metri dal piano campagna.

4.4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Le caratteristiche meccaniche (resistenza al taglio e deformabilità) sono state assunte sulla base dei dati disponibili presentati negli elaborati geologici e geotecnici. In particolare sono state analizzate tutte le prove geotecniche disponibili dai sondaggi eseguiti nelle varie fasi di indagini eseguite.

L'analisi di tutti i dati ha consentito la definizione dei seguenti range di parametri geotecnici per i terreni presenti in corrispondenza della zona di imbocco:

| | | Unità 4 | Unità 5 | Unità 6 | Unità 7 |
|-----------------------------------|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Peso di volume | $[kN/m^3]$ | 19 - 20 | 27 - 35 | 20 | 21 |
| Coesione di picco | $[kPa]$ | 0 - 10 | 5 - 10 | 30 - 40 | 20 - 100 |
| Angolo di attrito di picco | $[^\circ]$ | 28 - 33 | 27 - 35 | 23 - 24 | 25 - 30 |
| Angolo di attrito residuo | $[^\circ]$ | 16 - 21 | - | - | 16 - 20 |
| Modulo di deformabilità | $[MPa]$ | 15 - 20 | 15 - 25 | 150 - 250 | 40 - 100 |

Dal punto di vista geotecnico, in ottemperanza alla nuova normativa NTC 2008, è stato assunto che il terreno in esame appartenga ad un suolo di categoria C: “Terreno Categoria C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi fra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)”.

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

In accordo alle indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/01/2008 il sisma ha un'intensità legata all'ubicazione geografica del sito di costruzione. Il Comune di Cherasco ha le seguenti coordinate geografiche:

Latitudine: 44.65° N

Longitudine: 7.85° E

L'opera è classificata in classe d'uso IV avendo funzione pubblica o strategica importante, anche con riferimento alle gestione della protezione civile in caso di calamità. La vita nominale dell'opera è stata assunta pari a 100 anni.

In accordo alla normativa, la vita di riferimento per il calcolo dell'azione sismica è pari a:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 100 \text{ anni} \cdot 2 = 200 \text{ anni}$$

Quale categoria del suolo, come discusso al Capitolo 4, si è considerata la categoria C: *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi fra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)”*.

La topografia del terreno interessato dall'intervento presenta lievi pendii. In accordo alle indicazioni normative, il terreno è stato considerato in categoria topografica T2.

L'azione sismica per gli Stati Limite Ultimo (SLV) e di Esercizio (SLD) ha i seguenti parametri di riferimento, riportati nel seguito.



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

| STATO LIMITE | T_R [ANNI] | a_g [g] | F_O [-] | T_C^* [s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|-------------|
| SLD | 201 | 0.045 | 2.637 | 0.255 |
| SLV | 1898 | 0.077 | 2.910 | 0.312 |

6. ESAME DELLE PROBLEMATICHE PROGETTUALI E DEGLI SCENARI DI RISCHIO

Con riferimento al quadro geologico-geotecnico precedentemente presentato, la costruzione dell'imbocco lato Cherasco pone problematiche legate sia al contesto geomorfologico dell'area, caratterizzato da versanti con modestissima pendenza censiti dal PAI come un'area instabile, specie nei pendii degradanti verso il fondovalle del fiume Tanaro, sia per la presenza di formazioni gessose, con la conseguente possibilità di intercettare cavità con circolazione d'acqua.

Al riguardo il settore dell'imbocco ha evidenziato nei sondaggi diversi passaggi caratterizzati dalla mancanza di carota per presenza di cavità correlate a dissoluzione dei gessi.

Quali possibili interferenze con le opere di imbocco si segnala la presenza di alcune costruzioni isolate, in particolare (con riferimento alle denominazioni dell'elaborato "Planimetria edifici censiti") l'edificio 01, costituito da una cascina in località Rivalta.

Le criticità che devono essere quindi esaminate in sede di progetto dell'imbocco sono principalmente le seguenti:

- Possibili instabilità delle coltri superficiali in fase di realizzazione degli scavi di imbocco (va valutato anche il possibile rischio di innesco di superfici di scivolamento profonde)
- Interferenza con le preesistenze a monte dell'imbocco, rappresentate in particolare dalla cascina in località Rivalta.
- Presenza di cavità all'interno della formazione dei gessi.

Tali criticità costituiscono quindi dapprima le problematiche progettuali da risolvere nella scelta delle modalità di realizzazione dell'imbocco e successivamente rappresentano gli scenari di rischio che devono essere attentamente valutati in sede di progetto.

Al fine di limitare gli scavi a cielo aperto si è avanzata la posizione dell'imbocco della galleria naturale, ubicandolo alle progr. 0+560.48 per la canna di monte e 4+263.00 pr la canna di valle. Per l'attraversamento del tratto di galleria tra le progr. 0+615.78 – 0+731.63 (canna di monte) e 4+217.70 – 4+103.20 (canna di valle), dove i ricoprimenti non sono sufficienti a condurre uno scavo a foro cieco, si è predisposto l'impiego di una protesi in misto stabilizzato, così da evitare la realizzazione delle importanti opere di sbancamento qualora si fosse impostato l'imbocco della galleria naturale direttamente alle progr. 0+731 e 4+103.

Quali opere di sostegno degli scavi per la realizzazione dell'imbocco si è previsto l'impiego di pali di diametro 1200 mm, contrastati da tiranti in trefoli, così da garantire una adeguata rigidezza delle opere di sostegno e minimizzare le deformazioni del versante a tergo dell'imbocco. Una parte di paratia riveste carattere di opera definitiva, dovranno quindi essere monitorati i tiranti allo scopo di valutare l'evoluzione della forza nel tirante, così da consentire, il controllo nel tempo della funzionalità dell'opera (per le frequenze di lettura si rimanda all'elaborato 2.6E-rD.2.1.08 "Relazione di monitoraggio")

Inoltre, per evitare il prodursi di instabilità delle coltri superficiali, si sono ridotte le altezze di sbancamento in assenza di opere di sostegno (altezza massima pari a 5 m) e soprattutto si sono adottate, anche in fase provvisoria, pendenze di sbancamento più ridotte, pari a 2 (verticale) su 3 (orizzontale), rispetto a quanto solito fare.

Nel seguito si riportano in dettaglio gli interventi previste e la successione delle fasi esecutive.

7. FASI ESECUTIVE E METODOLOGIA DI INTERVENTO

Si riportano nel seguito le principali fasi esecutive relative alla realizzazione delle opere di imbocco lato Cherasco, rimandando per i dettagli agli elaborati grafici.

7.1. FASI ESECUTIVE

Al fine di sintetizzare le principali fasi esecutive relative alle opere da realizzare in corrispondenza dell'Imbocco lato Cherasco, si sono individuate 4n macrofasi.

Macrofase A

- 1a) Realizzazione delle piste per l'esecuzione della paratia di imbocco in pali $\phi 1200$;
- 1b) Esecuzione degli scavi di sbancamento scotico superficiale e riporto terreno propedeutici alla realizzazione dei consolidamenti e delle paratie in jet-grouting;
- 2a) Esecuzione della paratia di imbocco in pali $\phi 1200$ secondo la geometria di progetto e realizzazione della trave di testata;
- 2b) Esecuzione dei consolidamenti e delle paratie in jet grouting.

Macrofase B

- 3) Realizzazione della canaletta per smaltimento acque e delle altre opere di regimazione idraulica superficiale;
- 4a) Scavo di ribasso, a valle della paratia di imbocco, fino al raggiungimento della quota piazzale;
 - Scavo fino a quota -0.50 m dalla quota del primo ordine di tiranti;
 - Realizzazione dei tiranti e dei drenaggi appartenenti al primo ordine e realizzazione a scendere sulla paratia di uno strato di spritz beton armato con rete elettrosaldato $\phi 6$ mm maglia 15x15 cm o fibrorinforzato;
 - Scavo fino a quota -0.50 m dalla quota del secondo ordine di tiranti;

- Reiterazione delle suddette fasi fino al raggiungimento della quota di fondo scavo.
- 4b) Esecuzione degli scavi di sbancamento scotico superficiale e riporto terreno propedeutici al gtto della protesi in misto stabilizzato;
- 4c) Realizzazione della strada di collegamento all'imbocco del cunicolo e scavo dell'imbocco del cunicolo.

Macrofase C

- 5a) Realizzazione della dima di attacco in c.a. secondo la geometria di progetto;
- 5b) Realizzazione della protesi in misto stabilizzato;
- Realizzazione in corrispondenza del filo di scavo di uno strato di spritz beton fibrorinforzato spessore 20 cm;
 - Stesa di terreno stabilizzato a calce secondo la geometria di progetto per strati non superiori a 30 cm e successiva rullatura (per il dettaglio delle fasi esecutive della costruzione dei rilevati si veda la relazione tecnica);
- 5c) Scavo del cunicolo;
- 6a) Rimozione dei pali in corrispondenza della sagoma della galleria e attacco degli scavi previa realizzazione di una rampa per consentire ai mezzi di raggiungere la quota di scavo;
- 6b) Scavo e getto delle selle per la traslazione delle TBM non interferenti con la rampa di accesso alla galleria;
- 7) Scavo e getto dell'ultima porzione di sella;
- 8) Attacco degli scavi con TBM.

Macrofase Definitiva

- 9) Realizzazione della galleria artificiale e del becco di flauto in c.a.;
- 10) Ritombamento dell'imbocco e sistemazione definitiva del piazzale.

7.2. PARATIA DI PALI IN C.A. E SBANCAMENTI LATERALI

Quale opera di contenimento degli scavi è stata prevista la realizzazione di una paratia costituita da pali in cemento armato di diametro 1.20 m disposti a passo 1.40 m. I tiranti sono costituiti da 4 / 6 trefoli in acciaio armonico di diametro 0.6", con passo 2.80 m / 1.40 m.

L'altezza massima fuori terra delle paratie è di circa 15.30 m con infissione variabile fino ad un massimo di circa 15.6 m. Sono stati impiegati tiranti aventi un numero massimo di trefoli pari a 6, disposti con passo 2.8 m e 1.4 m, con inclinazione di 25° rispetto all'orizzontale e 0° sul piano orizzontale. Le paratie in corrispondenza degli imbocchi della canna di valle e della canna di monte prevedono tiranti con angoli di inclinazione verticale 7°, 5°, 3°, 2° e 0° per facilitare la rimozione dei trefoli in acciaio per il successivo scavo con TBM-EPB.

Per le quote di esecuzione degli ordini di tiranti e la disposizione della paratia si rimanda ai relativi elaborati grafici.

Come detto in precedenza una parte della paratia di sostegno degli scavi riveste carattere di opera definitiva. Dal momento che la zona di imbocco è interessata dalla formazione dei gessi, ricca di solfati, i pali di questa porzione di paratia (cfr. elab. 2.6E-dD.2.3.2.27 "Paratia di imbocco - Sviluppata opere di sostegno") dovranno essere realizzati con un calcestruzzo con classe di esposizione XA3, corrispondente ad un ambiente chimico fortemente aggressivo, che risponda inoltre ai seguenti requisiti:

- Classe di resistenza minima C35/45
- Tipologia di cemento: Cemento ad alta resistenza ai solfati

Le travi di ripartizione dei tiranti è previsto siano realizzate mediante travi in c.a. sia sul fronte di attacco delle gallerie che nelle altre zone dell'imbocco.

A tergo della paratia sono state previste canalette per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche. Sono infine previsti drenaggi di lunghezza

variabile al fine di abbattere le eventuali pressioni idrostatiche a tergo della paratia. I tubi sono disposti a passo 2.8 m e le quote sono fissate sugli elaborati grafici.

Per la realizzazione delle paratie tirantate, si prevedono le seguenti fasi operative:

1. realizzazione dei pali trivellati armati con passo 140 cm e realizzazione della trave di testata;
2. scavo fino a 0.50 m sotto la quota del primo ordine di tiranti;
3. realizzazione del 1° ordine di tiranti;
4. realizzazione degli ordini di tiranti successivi con modalità analoghe alla realizzazione del primo ordine e scavo fino a 0.50 m sotto la quota dell'ordine di tiranti in esecuzione con relativa messa in opera dei drenaggi;
5. scavo fino alla quota di fondo;
6. getto della dima;
7. esecuzione dello scavo della galleria come da relativo elaborato grafico.

7.2.1. Esecuzione dei tiranti

L'esecuzione dei tiranti provvisori dovrà avvenire secondo le seguenti fasi:

1. perforazione secondo la geometria di progetto;
2. posa in opera del tirante, dotato di distanziatori e canne per la successiva iniezione del bulbo di ancoraggio;
3. iniezione della miscela cementizia per la formazione del bulbo di ancoraggio, della lunghezza prevista in progetto;
4. iniezione di cementazione secondaria nella parte libera del tirante, tra guaina liscia e parete del foro;
5. tesatura del tirante, prima di procedere al fissaggio della testa sarà necessario attendere la completa maturazione della miscela iniettata per il bulbo di ancoraggio, per un tempo dell'ordine di almeno 72 ore.

L'esecuzione dei tiranti definitivi dovrà avvenire secondo le seguenti fasi:

1. perforazione secondo la geometria di progetto;
2. posa in opera del tirante, dotato di distanziatori e canne per la successiva iniezione del bulbo di ancoraggio;
3. iniezione della miscela cementizia per la formazione del bulbo di ancoraggio, della lunghezza prevista in progetto;
4. iniezione di cementazione secondaria nella parte libera del tirante, tra guaina liscia e parete del foro;
5. tesatura del tirante, prima di procedere al fissaggio della testa sarà necessario attendere la completa maturazione della miscela iniettata per il bulbo di ancoraggio, per un tempo dell'ordine di almeno 72 ore.
6. esecuzione e posizionamento di una finitura esterna a protezione della paratia e delle teste di ancoraggio dei tiranti.
7. operazioni di ritesatura dei trefoli da effettuare durante la vita di progetto dell'opera.

Per i tiranti definitivi i bulbi di ancoraggio dovranno essere realizzati con miscele di cemento ad alta resistenza ai solfati.

A protezione di questi sbancamenti è previsto poi il ricoprimento dei fronti di scavo con:

- rivestimento in betoncino proiettato $sp=10\text{cm}/20\text{cm}$, $R_{ck}\geq 35\text{MPa}$
- armatura costituita da doppia rete elettrosaldata $\phi 6\text{mm}$, maglia $15\times 15\text{cm}$.

A seguito della realizzazione delle paratie e degli sbancamenti, si potrà procedere allo scavo di attacco della galleria naturale, per il quale si è previsto di realizzare in avanzamento interventi di preconsolidamento al fronte ed al contorno. Prima di operare gli scavi dovrà inoltre essere eseguita una dima di attacco. Tale dima ha la funzione di definire la geometria di scavo e di costituire

un ulteriore elemento di stabilità della parete nella fase delicata di attacco della galleria naturale.

7.3. ESECUZIONE CONSOLIDAMENTO AL FRONTE ED AL CONTORNO DELLA SEZIONE DI ATTACCO

Completati gli interventi sul versante, si procederà all'esecuzione dei trattamenti necessari per l'attacco delle gallerie naturali.

7.3.1. Intervento di presostegno al contorno della sezione di scavo

Il contorno della sezione di scavo verrà consolidato mediante una coronella di jet grouting anche armati mediante elementi strutturali tubolari in acciaio. Tale duplice intervento (la cui esecuzione nei campi successivi al primo sarà valutata sulla base del rilievo geomeccanico delle condizioni del fronte e della stabilità locale del versante a seguito dello scavo) è motivato dalla necessità di integrare, in corrispondenza di una tratta a copertura molto ridotta, la protezione allo scavo offerta dagli elementi tubolari in acciaio, con un incremento delle proprietà meccaniche del terreno, allo scopo di contenere il più possibile i fenomeni di cedimento del terreno.

Gli interventi saranno così eseguiti:

- A) realizzazione di una coronella di terreno consolidato mediante n°39 trattamenti in jet grouting Ø 600 armati con tubi metallici Ø 88.9 x 10 mm, passo 0.45 m, lunghezza 14 m e n°28 trattamenti in jet grouting Ø 600.

Le fasi esecutive per la realizzazione degli interventi di presostegno sono le seguenti:

- perforazione secondo la geometria di progetto;
- inserimento nei fori dei tubi in acciaio;
- cementazione dei tubi nei fori ed iniezione.
- inserimento nei fori degli elementi strutturali tubolari in acciaio;
- cementazione dei tubi nei fori ed iniezione.

Sul fronte, prima di eseguire l'intervento, dovrà essere eseguito uno strato di spritz beton fibrorinforzato di spessore pari a 15 cm.

7.3.2. Intervento di presostegno al fronte della sezione di scavo

In corrispondenza del fronte di scavo verranno realizzati n° 79 tubi in VTR cementati di lunghezza 18 m e sovrapposizione 9 m.

Le fasi esecutive per l'esecuzione degli interventi di presostegno sono le seguenti:

- perforazione secondo la geometria di progetto;
- inserimento nei fori degli elementi strutturali in vetroresina;
- cementazione dei tubi nei fori.

In presenza di acqua deve essere prevista la realizzazione di drenaggi integrativi in avanzamento, in numero di 3 (dx) + 3(sx).

7.4. COSTRUZIONE DIMA D'ATTACCO

Si procede alla costruzione della dima d'attacco della galleria, secondo le seguenti fasi costruttive:

- si posiziona la centinatura metallica, all'intradosso della dima; ogni centina è costituita da due profilati HEB 200 tipo S275 o superiore, controventati tra loro, passo 1.00 m
- si effettua la cassetta esterna della dima
- si esegue il getto della dima d'attacco con conglomerato cementizio avente $R_{ck} \geq 35$ MPa:

7.5. SCAVO DEL 1° CAMPO DI AVANZAMENTO

Eseguita la dima si procede con lo scavo della galleria naturale, realizzando il primo campo d'avanzamento. Si esegue un primo avanzamento in naturale, di lunghezza pari a 9.0 m, secondo le seguenti fasi costruttive:

- avanzamento a piena sezione realizzando sfondi ≈ 1.20 m e posa immediata del rivestimento di 1^a fase, costituito da spritz-beton di spessore pari a 35 cm, armato con rete elettrosaldata $\varnothing 6$ maglia 20 x 20 o fibrorinforzato e centine metalliche 2HEB 200 passo 1.00 m, acciaio tipo S275 o superiore.
- Relativamente alle modalità di scavo si ipotizza l'impiego escavatore e/o demolitore meccanico.

Gli avanzamenti successivi a tale concio di attacco, saranno descritti nella relazione tecnica della galleria naturale, nella quale sono riportate anche i dimensionamenti relativi alle fasi di avanzamento con TBM-EPB.

7.6. GETTO DELLA SOLETTA DI FONDO SCAVO PROVVISORIA

Per garantire la stabilità dello scavo nel breve termine e per confinare il piede delle centine disposte in precedenza, si esegue il getto di una soletta di calcestruzzo non armata ad una distanza di un diametro dal fronte di scavo. Tale struttura è provvisoria in quanto, con il successivo passaggio della TBM, sarà demolita dallo scavo meccanizzato.

7.7. REALIZZAZIONE DELLA GALLERIA ARTIFICIALE

Le fasi esecutive del portale sono:

- scavo dell'arco rovescio;
- getto di uno spessore minimo di 10 cm di calcestruzzo magro di pulizia;

- posizionamento dell'armatura, della cassetta e getto dell'arco rovescio fino alla quota di ripresa di getto;
- posizionamento dell'armatura, della cassetta e getto dei piedritti e della calotta;
- sistemazione finale dell'imbocco, con la posa in opera di tutte le opere di protezione previste.

7.8. CAMPO PROVA JET-GROUTING

Al fine di definire in dettaglio i parametri operativi per la realizzazione dei trattamenti colonnari in jet-grouting previsti occorrerà predisporre uno specifico campo prova.

Gli interventi in jet-grouting previsti per le fasi esecutive dell'imbocco lato Cherasco sono:

- Trattamenti colonnari in jet-grouting propedeutici ai successivi sbancamenti. Saranno realizzati trattamenti colonnari in jet-grouting monofluido $\phi 600 / \phi 800$;
- Trattamenti colonnari in jet-grouting propedeutici alla fondazione della protesi. Saranno realizzati trattamenti colonnari in jet-grouting monofluido $\phi 600 / \phi 800$ aventi lunghezza pari a circa 9 m.

Scopi principali del Campo Prova sono:

- la definizione dei parametri operativi d'intervento, quali la composizione della miscela stabilizzante, i volumi e la portata del fluido introdotto, il numero ed il diametro degli ugelli, la pressione applicata e la velocità di risalita e di rotazione delle aste;
- i criteri di valutazione dei requisiti dei trattamenti realizzati, con indicazione delle prove da eseguire in situ ed in laboratorio;
- i requisiti minimi richiesti da progetto.

In funzione delle aree disponibili si realizzerà il campo prova in corrispondenza dell'imbocco lato Cherasco, in una zona a margine della paratia di imbocco,

così da potere procedere allo scavo parziale delle colonne al fine di una ispezione visiva. In sede costruttiva verrà redatto uno specifico documento.

In questa fase si individua la necessità di realizzare:

- 3 trattamenti verticali di lunghezza pari a 9.0 m, del diametro nominale pari a 600 mm, con diverse combinazioni di ugelli e parametri operativi;
- 2 rosette, ciascuna composta da 3 colonne del diametro nominale pari a 600 mm, con due set di parametri individuati dalle prime colonne prova eseguite;
- 3 trattamenti verticali di lunghezza pari a 9.0 m, del diametro nominale pari a 800 mm, con diverse combinazioni di ugelli e parametri operativi;
- 2 rosette, ciascuna composta da 3 colonne del diametro nominale pari a 800 mm, con due set di parametri individuati dalle prime colonna prova eseguite.

I parametri operativi saranno scelti nell'ambito delle specifiche tecniche di seguito indicate, in considerazione delle attrezzature che il Cantiere intenderà adottare.

Per l'esecuzione dei trattamenti in jet-grouting è preferibile che la perforazione avvenga "a secco" (eventualmente con miscela cementizia), del diametro di 100 mm. L'estrazione della sonda per l'iniezione della miscela avverrà, in considerazione dell'esame delle litologie riscontrate nei carotaggi, con i seguenti parametri operativi di partenza:

Colonne diametro 600 mm (monofluido)

- Pressione: 400-450 bar
- Numero ugelli: 2 da 2.2-2.6 mm
(salvaguardando la stabilità del foro)
- Portata: 150-190 lt/min
- Velocità di estrazione: 40-60 cm/min

- Velocità di rotazione: 12-16 giri/min
- Rapporto A/C 1.0-1.1
- Resistenza media compressione: 5.0 MPa

In sede di esecuzione del campo prova, si provvederà, in funzione dei risultati delle prime perforazioni, ad una più puntuale calibrazione dei parametri operativi sopra riportati.

I trattamenti dovranno essere realizzati con le seguenti tolleranze ammissibili:

- coordinate planimetriche del centro del trattamento: ± 2 cm
- scostamento dall'asse teorico: $\pm 2\%$
- lunghezza: ± 15 cm
- quota testa: ± 10 cm

Per ciascun trattamento del campo prova dovrà essere compilata una scheda contenente le seguenti informazioni:

- Denominazione del trattamento, con indicazione dell'ubicazione topografica e del giorno di esecuzione;
- Parametri operativi di progetto e reali: quota piano campagna, errore di centramento sul picchetto, inclinazione dell'asta di perforazione;
- Parametri di perforazione: lunghezza della perforazione, lunghezza della perforazione a vuoto, pressione in perforazione, diametro utensile, caratteristiche utensile;
- Parametri di iniezione: numero ugelli, diametro degli ugelli, velocità di rotazione, velocità di risalita, pressione pompa miscela, portata miscela;
- Caratteristiche della miscela: rapporto A/C, quantità miscela utilizzata, densità della miscela, viscosità della miscela, decantazione o resa volumetrica, tempo di presa, prelievo dei campioni per prove di rottura;
- Caratteristiche del trattamento: diametro efficace medio, quota testa;

- Prelievo di campioni dal trattamento: numero e profondità di asportazione, indicazioni sull'eventuale esecuzione di carotaggio in asse (RQD ...).

Al fine di verificare la buona riuscita del trattamento occorrerà procedere a:

Esame visivo del consolidamento

L'esame visivo del consolidamento sarà effettuato portando a giorno lo stesso sino ad una profondità ≥ 4.50 m da piano campagna, quindi circa 4.0 m di colonna dovrà risultare visibile. L'esame permetterà di valutare le caratteristiche d'insieme dell'intervento di consolidamento previsto e l'estensione della zona consolidata dei singoli trattamenti eseguiti. Si rileva che per zona consolidata dei singoli trattamenti s'intende il volume di terreno interessato dal consolidamento sia direttamente, attraverso il rimescolamento e l'eventuale sostituzione del terreno naturale con la miscela legante, sia la zona di terreno trattato tramite lenti o livelli di miscela penetrati nel terreno stesso (claquage).

Per ogni colonna prova realizzata andrà redatta una accurata descrizione degli esiti della verifica visiva, con relativa documentazione fotografica.

Carotaggi

Si prevede l'esecuzione di 2+2 carotaggi continui, per l'intera lunghezza delle colonne, con carotiere di almeno 100 mm di diametro nominale, in corrispondenza delle rosette compenstrate.

Sui carotaggi eseguiti andranno condotte le seguenti operazioni:

- catalogazione, descrizione e documentazione fotografica;
- osservazioni relative al grado di continuità con l'indicazione della percentuale di recupero e la lunghezza di ciascun pezzo di carota. Tale percentuale di recupero dovrà essere superiore o uguale al 70%;
- prelievo di n°2 campioni indisturbati per ciascun carotaggio, alle quote indicative -2.0 m e -4.5 m da piano campagna. I campioni dovranno essere conservati in fustelle di PVC chiuse con paraffina e imballati. Su

tali campioni andranno eseguite le prove di laboratorio indicate nel seguito.

Prove di laboratorio

Dopo aver ultimato l'esame visivo dei trattamenti, dovranno essere asportati dei blocchi di terreno consolidato, sufficienti da poter prelevare in laboratorio n° 2 campioni, in asse al trattamento, per ciascun consolidamento, per un totale di 18 campioni, in aggiunta alle carote prelevate dalle perforazioni di cui al paragrafo precedente. Sui tali campioni, in parte trascorsi 14 giorni ed in parte trascorsi almeno 28 giorni dall'esecuzione delle colonne, si prevede l'esecuzione delle seguenti prove di laboratorio:

- determinazione del peso specifico;
- resistenza a compressione mediante prove ad espansione laterale libera.
- su 1/3 dei provini, la prova a compressione dovrà essere condotta in controllo di deformazione o carico, al fine di determinare il valore del modulo elastico del terreno consolidato.

7.9. RITOMBAMENTO E SISTEMAZIONE DEFINITIVA

La fase finale prevede il ritombamento dell'imbocco e la sistemazione definitiva delle opere di regimazione idraulica.

7.10. EVENTUALE RITROVAMENTO DI CAVITÀ CARSIICHE

Le opere di imbocco della galleria interessano in buona parte la formazione dei gessi (Unità 6), per la quale, in fase di indagine, si è riscontrata la presenza di cavità, principalmente dovute alla dissoluzione della roccia ad opera delle acque di circolazione sotterranea.

Tale criticità potrà essere rinvenuta sia durante l'esecuzione delle opere di sostegno, in fase di realizzazione dei pali e dei tiranti di contrasto della paratia, sia nelle fasi di scavo.

In corrispondenza delle zone di imbocco e del primo tratto di galleria naturale, interessato dai gessi, sono già state effettuate indagini sismiche che hanno escluso la presenza di importanti cavità (si veda a riguardo la “Relazione geotecnica”). In corso d'opera saranno condotte ulteriori indagini tomografiche sismiche, attraverso prove del tipo cross-hole, finalizzate ad individuare eventuali cavità di dimensioni minori (si veda ad esempio l'elaborato 2.6.E-d.D.2.3.2.48).

A seguito dell'individuazione di cavità, sia mediante le indagini da eseguirsi in anticipo rispetto alle lavorazioni, sia in fase di scavo dei terreni di imbocco e della galleria, occorrerà procedere al riempimento delle stesse con cls magro o miscele cementizie, a seconda della dimensione e della localizzazione della cavità. Le fasi esecutive sono le seguenti:

1. Individuazione e valutazione geometrica della cavità
2. Asportazione dell'eventuale acqua in essa contenuta
3. Riempimento con cls magro o miscela cementizia
4. Verifica dell'avvenuto riempimento

In particolare la presenza di cavità nei terreni a tergo dell'imbocco potrà risultare problematica qualora venga ad interessare i bulbi di ancoraggio dei tiranti, determinando una riduzione di efficienza del contrasto sulla paratia.

Per questo motivo l'esecuzione dei bulbi dovrà avvenire mediante due passate di iniezione; la prima di riempimento a gravità (pressioni di mandata di 2-3 bar), con verifica sia dei volumi iniettati sia delle pressioni residue a fine riempimento (si dovrà in particolare riscontrare, verso il termine della fase di riempimento, un aumento progressivo delle pressioni fino a valori di 8-10 bar). Verrà poi effettuata una seconda fase di iniezione, ad alta pressione (pressione di mandata 15-25 bar), attraverso le valvole disposte ad interasse di 1.0 m lungo il tratto di bulbo del tirante.

Qualora, data la presenza di una cavità dal volume rilevante in relazione alla geometria dell'ancoraggio, non si riesca durante la prima fase di riempimento a riscontrare pressioni residue significative, occorrerà eseguire il riempimento in più passate, così da evitare che si verifichi il rifluimento di miscela di iniezione lontano dalla zona del bulbo attraverso spaccature nella roccia o condotti carsici.

In ogni caso tutti i tiranti dovranno essere sottoposti a collaudo secondo le prescrizioni contenute nelle "Raccomandazioni AICAP", così da verificare puntualmente la tenuta dell'ancoraggio per i valori di azioni previste a progetto.

8. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE

Per la progettazione delle opere di sostegno in oggetto, si sono utilizzati i seguenti materiali:

calcestruzzo per i pali provvisori

e per le travi di ripartizione: $R_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$;
 $E_c = 31447 \text{ MPa}$
Classe di esposizione XC2

calcestruzzo per i pali definitivi

e per le travi di ripartizione: $R_{ck} \geq 45 \text{ MPa}$;
 $E_c = 34625 \text{ MPa}$
Classe di esposizione XA3

calcestruzzo per le travi di testata: $R_{ck} \geq 35 \text{ MPa}$
 $E_c = 32588 \text{ MPa}$
Classe di esposizione XC2

acciaio per profilati/piastre: S355
 $f_{yk} = 355 \text{ MPa}$
 $f_{tk} = 510 \text{ MPa}$

acciaio armonico per tiranti: trefoli stabilizzati da 0.6”
 $f_{ptk} \geq 1860 \text{ N/mm}^2$
 $f_{p(1)k} \geq 1670 \text{ N/mm}^2$

acciaio per armature: B450C
 $f_{yk} = 450 \text{ MPa}$

(*) In alternativa all'acciaio, le armature dei pali della paratia che saranno interessati da successive demolizioni per l'esecuzione degli scavi delle gallerie, potranno essere poste in opera barre di vetroresina al fine di facilitare le operazioni di rimozione delle strutture demolite e di ridurre gli oneri economici derivanti da questa lavorazione.

9. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA E CARATTERISTICHE DEI TERRENI PER LE ANALISI

9.1. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

Sono state individuate 4 sezioni rappresentative per l'analisi della paratia. Si riportano nel seguito i dettagli di tali sezioni e la stratigrafia utilizzata nelle analisi svolte.

9.1.1. Sezione 1

La Sezione di calcolo 1 è stata effettuata in corrispondenza dell'asse della galleria di monte. Per tale sezione, in accordo ai dati geotecnici a disposizione, è stata considerata la seguente stratigrafia:

- da piano campagna fino a profondità -14.20 m: "Unità 4";
- oltre -14.20 m: "Unità 6"

La falda è stata considerata ad una profondità di 8 m dal p.c. per tenere in considerazione eventuali risalite a seguito di eventi meteorici intensi.

Per quanto riguarda i parametri geotecnici dei materiali, in Tabella 1 ed in Tabella 2 sono riportati i dati relativi ai materiali incontrati rispettivamente per le combinazioni A1M1 e A2M2 previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/01/2008.

I parametri di calcolo per la valutazione delle spinte geostatiche sono stati valutati considerando un'inclinazione del terreno a tergo della paratia pari a 10°. Tale analisi è stata denominata "Sezione 1 – FASE 1".

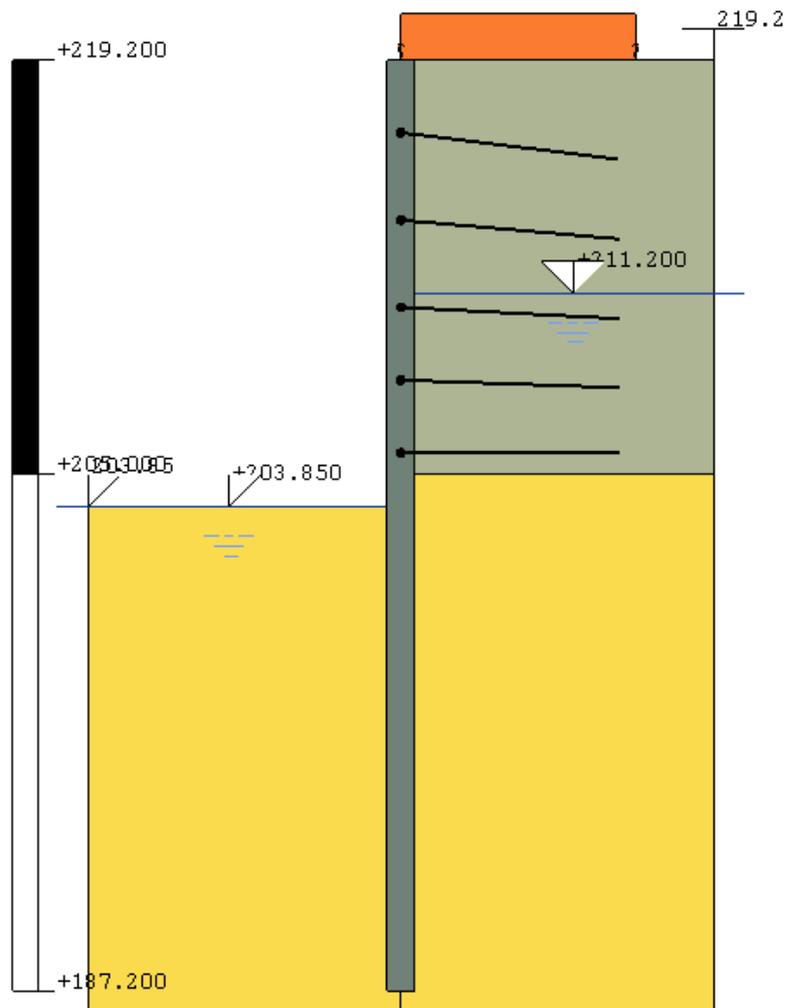


Figura 5: Schema di calcolo per la Sezione 1 – Fase 1

Le fasi costruttive definite in precedenza hanno reso necessario lo studio di una sezione di scavo definita “Sezione 1 – FASE 2”. Tale calcolo considera la situazione progettuale dopo il taglio dei pali fino al successivo passaggio della TBM.

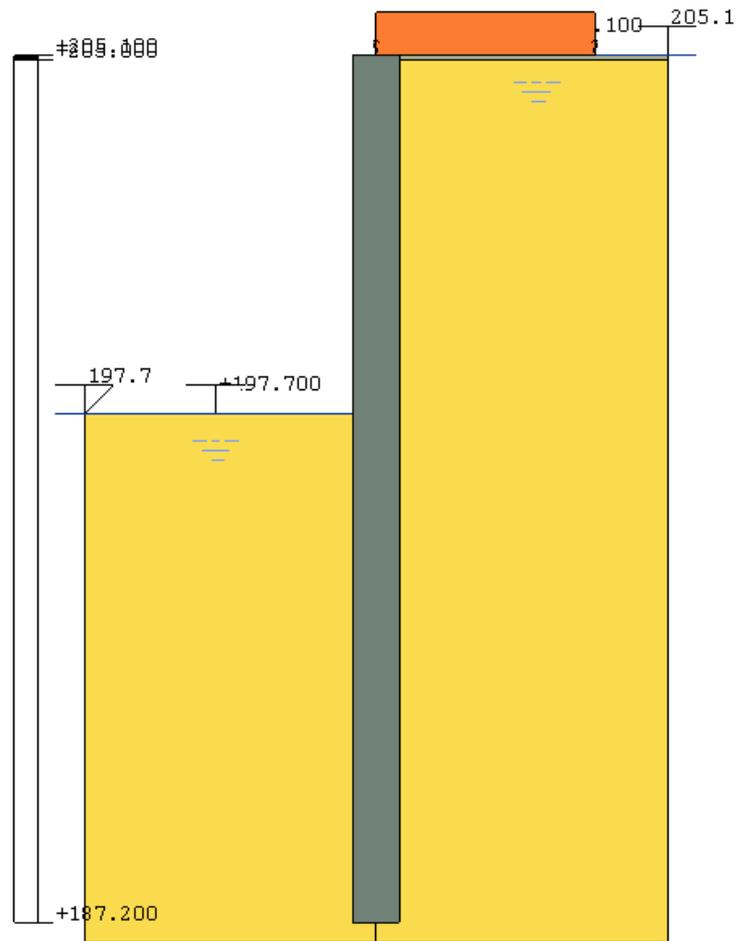


Figura 6: Schema di calcolo per la Sezione 1 – Fase 2

| | | Unità 4 | Unità 5 | Unità 6 | Unità 7 |
|--|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Peso di volume | [kN/m ³] | 20 | 19.5 | 20 | 21 |
| Coesione | [KPa] | 0 | 5 | 40 | 80 |
| Angolo di attrito | [°] | 30 | 27 | 24 | 25 |
| Modulo di rigidezza in condizioni vergini | [MPa] | 10 | 15 | 25 | 120 |
| Modulo di rigidezza in condizioni di scarico – ricarico | [MPa] | 15 | 22.5 | 27.5 | 180 |

Tabella 1: Caratterizzazione geotecnica (coefficienti M1)

| | | Unità 4 | Unità 5 | Unità 6 | Unità 7 |
|--|---------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Peso di volume | <i>[kN/m³]</i> | 20 | 19.5 | 20 | 21 |
| Coesione | <i>[KPa]</i> | 0 | 4 | 32 | 64 |
| Angolo di attrito | <i>[°]</i> | 24.8 | 22.2 | 19.6 | 20.5 |
| Modulo di rigidezza in condizioni vergini | <i>[MPa]</i> | 10 | 15 | 25 | 120 |
| Modulo di rigidezza in condizioni di scarico – ricarica | <i>[MPa]</i> | 15 | 22.5 | 27.5 | 180 |

Tabella 2: Caratterizzazione geotecnica (coefficienti M2)

9.1.2. Sezione 2

La Sezione di calcolo 2 è stata effettuata in corrispondenza dell'asse della galleria di valle. Per tale sezione, in accordo ai dati geotecnici a disposizione, è stata considerata la seguente stratigrafia:

- da piano campagna fino a profondità -5.4 m: "Unità 4";
- da -5.40 m a -20.2 m: "Unità 5"
- oltre -20.2 m: "Unità 6"

I parametri geotecnici dei materiali sono riportati in Tabella 1 ed in Tabella 2.

I parametri di calcolo per la valutazione delle spinte geostatiche sono stati valutati considerando un'inclinazione del terreno a tergo della paratia pari a 5°.

Tale analisi è stata denominata "Sezione 2 – FASE 1".

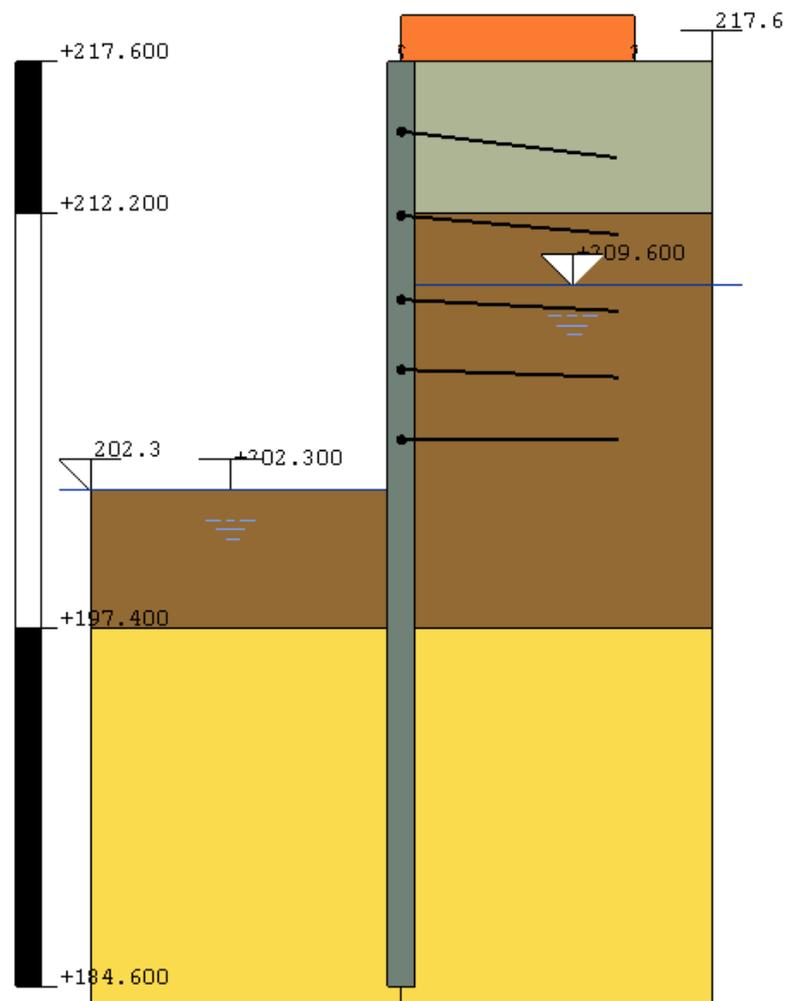


Figura 7: Schema di calcolo per la Sezione 2 – Fase 1

Le fasi costruttive definite in precedenza hanno reso necessario lo studio di una sezione di scavo definita “Sezione 2 – FASE 2”. Tale calcolo considera la situazione progettuale dopo il taglio dei pali fino al successivo passaggio della TBM.

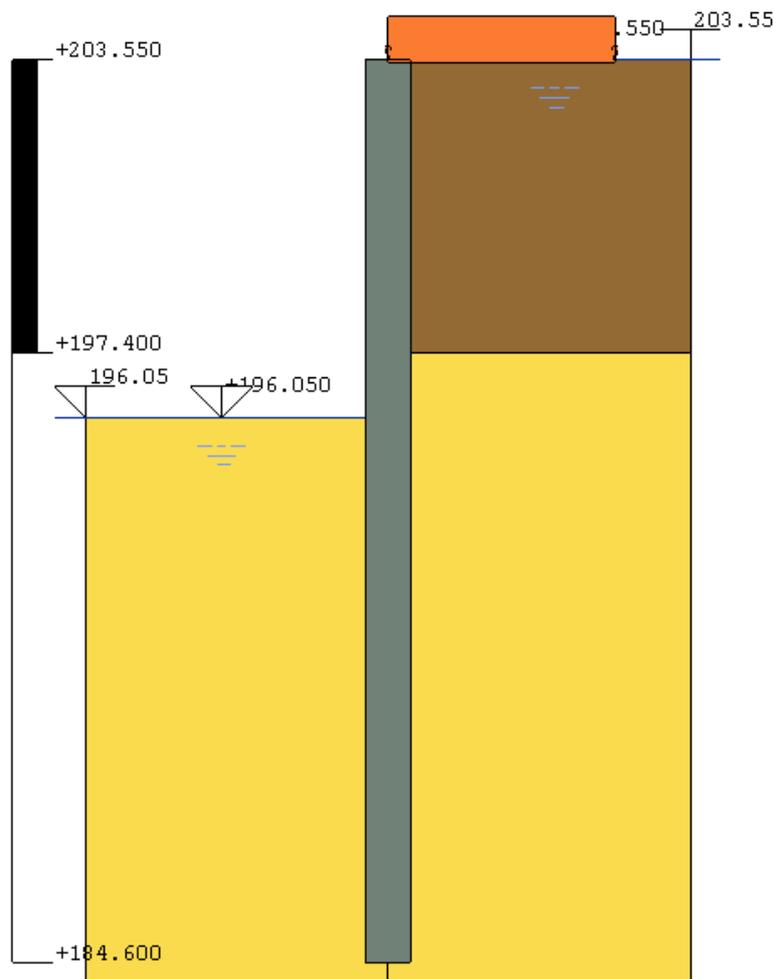


Figura 8: Schema di calcolo per la Sezione 2 – Fase 2

9.1.3. Sezione 3

La Sezione di calcolo 3 è stata effettuata al di fuori delle zone di imbocco a destra della galleria di monte. La falda è stata posizionata a una profondità di 8.0 m dal p.c..

Le analisi sono state svolte considerando la seguente stratigrafia:

- da piano campagna fino a profondità -7.0 m: “Unità 4”;
- oltre -7.0 m: “Unità 6”

I parametri geotecnici dei materiali sono riportati in Tabella 1 ed in Tabella 2.

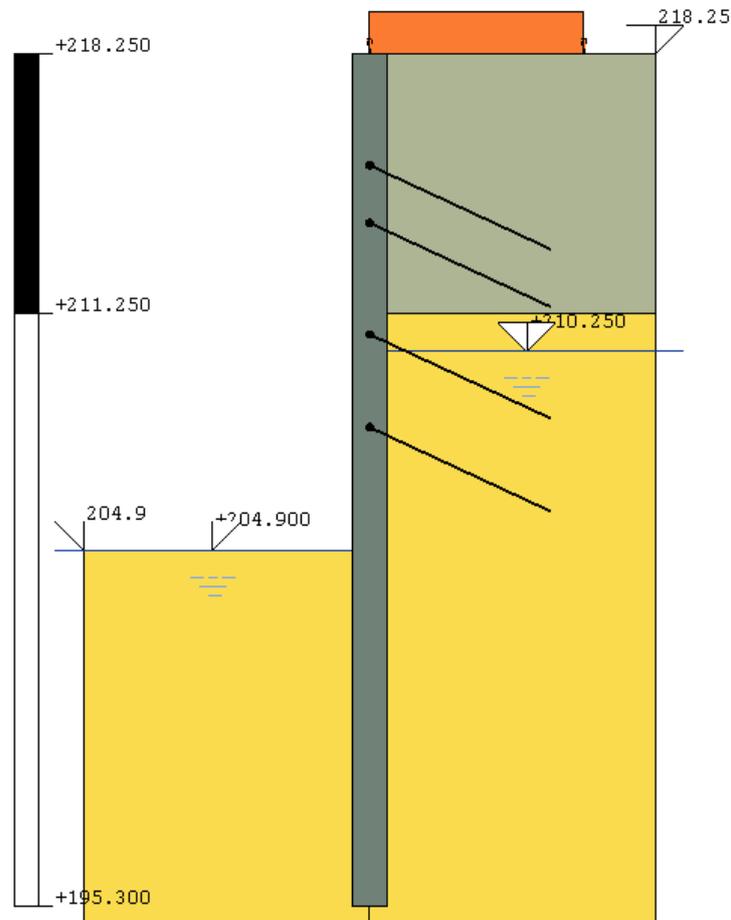


Figura 9: Schema di calcolo per la Sezione 3

9.1.4. Sezione 4

La Sezione di calcolo 4 è stata effettuata al di fuori delle zone di imbocco a sinistra della galleria di valle. La falda è stata posizionata a una profondità di 7.0 m dal p.c..

Le analisi sono state svolte considerando la seguente stratigrafia:

- da piano campagna fino a profondità -12.0 m: “Unità 4”;
- oltre -12.0 m: “Unità 7”

I parametri geotecnici dei materiali sono riportati in Tabella 1 ed in Tabella 2.

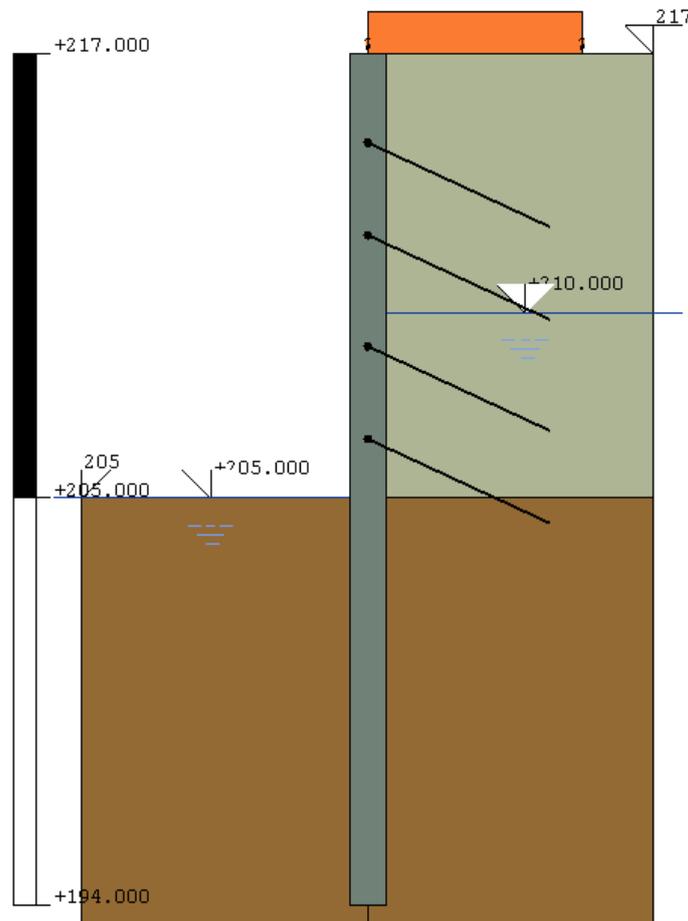


Figura 10: Schema di calcolo per la Sezione 4

10. SPECIFICHE PER LE ANALISI DI PARATIE IN PALI

Nella presente relazione è stato utilizzato il programma *Paratie* v. 7.0 per il calcolo delle sollecitazioni e delle deformazioni nelle paratie.

Il programma *Paratie* affronta il problema della simulazione di uno scavo sostenuto da diaframmi flessibili attraverso il metodo degli elementi finiti. La schematizzazione del fenomeno fisico è del tipo “Trave su suolo elastico” detto anche terreno alla Winkler.

I diaframmi sono rappresentati come elementi trave il cui comportamento flessionale è definito dalla rigidezza flessionale EJ , mentre il terreno viene simulato attraverso elementi elastoplastici monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie.

Con questo modello di calcolo la realizzazione dello scavo sostenuto da paratie tirantate è seguita in tutte le varie fasi elencate in precedenza. L'analisi con il modello ad elementi finiti è quindi un'analisi “Statica Incrementale”: ogni passo coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una certa quota di scavo, da un certo insieme di tiranti applicati, da una distribuzione di carichi applicati. Poiché il comportamento degli elementi finiti (terreno) è di tipo elastoplastico, ogni step richiede più iterazioni ed ogni configurazione dipende in generale dalle configurazioni precedenti: lo sviluppo di deformazioni plastiche ad un certo step di carico condiziona la risposta della struttura negli step successivi.

I parametri che caratterizzano il modello possono essere distinti in due classi: parametri di spinta e parametri di deformabilità del terreno.

I parametri di spinta sono il coefficiente di spinta a riposo K_0 , il coefficiente di spinta attiva K_a e il coefficiente di spinta passiva K_p . I parametri di deformabilità del terreno compaiono nella definizione della rigidezza delle molle.

Le due componenti di sforzo verticale ed orizzontale vengono intese come sforzi principali. È definita una funzione di plasticità dipendente da esse e la funzione anzidetta determina i confini di una regione entro la quale è determinato lo stato tensionale. A seconda dello stato in cui l'elemento si trova,

esso 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. Questa fase viene identificata con la sigla UL-RL (Unloading-Reloading).
- Fase incrudente: l'elemento viene sollecitato a livelli di tensione mai ancora 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.

10.1. CONDIZIONI DI CARICO

Le opere di sostegno sono state verificate applicando i carichi indicati nel seguito.

10.1.1. Spinta del terreno

Il terreno esercita una spinta orizzontale sulla paratia proporzionale al carico verticale cui esso è soggetto. Il fattore di proporzionalità (coefficiente di spinta) dipende dallo stato deformativo del terreno e può variare dal coefficiente di spinta attiva K_a al coefficiente di spinta passiva K_p , i quali a loro volta dipendono dall'angolo d'attrito interno del terreno, dall'attrito paratia – terreno, dall'inclinazione della paratia e dall'inclinazione dal terreno adiacente.

I coefficienti di spinta attiva e passiva sono stati calcolati in accordo alla teoria classica.

Il programma di calcolo utilizzato applica alla paratia la componente orizzontale della spinta del terreno, calcolata utilizzando un coefficiente di spinta ottenuto iterativamente ad ogni passo dell'analisi in funzione dello stato deformativo puntuale del terreno.

10.1.2. Spinta del sovraccarico superficiale

Il sovraccarico superficiale, considerato pari a 20 kN/m^2 , determina una spinta orizzontale sulla paratia. Il fattore di proporzionalità (coefficiente di spinta) dipende dallo stato deformativo del terreno e può variare dal coefficiente di spinta attiva K_a al coefficiente di spinta passiva K_p , i quali a loro volta dipendono dall'angolo d'attrito interno del terreno, dall'attrito paratia – terreno, dall'inclinazione della paratia e dall'inclinazione del terreno adiacente.

Il programma di calcolo utilizzato applica alla paratia la componente orizzontale della spinta del terreno, calcolata utilizzando un coefficiente di spinta ottenuto iterativamente ad ogni passo dell'analisi in funzione dello stato deformativo puntuale del terreno.

10.1.3. Carico sismico

Sulla base di quanto riportato nella normativa europea (Eurocodice 8 – Parte 5) si è deciso di considerare la presenza dell'azione sismica di progetto considerando la riduzione della spinta passiva nel terreno a disotto del piano di scavo e l'incremento del coefficiente di spinta attiva negli strati al di sopra.

10.2. ANALISI IN ACCORDO ALLE NTC2008

Le analisi delle sezioni caratteristiche delle paratie sono state effettuate in accordo a quanto stabilito nelle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/01/2008.

In accordo a quanto stabilito al paragrafo 6.5.3.1.2 della normativa, è stato utilizzato l'Approccio 1.

Le verifiche allo Stato Limite Ultimo per il dimensionamento geotecnico delle paratie (GEO), per il quale si considera lo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e l'eventuale raggiungimento delle condizioni di equilibrio limite nel terreno interagente con la paratia, sono state condotte con la Combinazione A2+M2+R1. In questa combinazione, i coefficienti γ_R sulla resistenza globale (R1) sono unitari e le sole azioni variabili sono amplificate con il coefficienti del gruppo A2. Il sovraccarico pari a 20 kN/m^2 è stato considerato applicato alla paratia con un coefficiente moltiplicativo pari a 1.0. Esso infatti rappresenta una condizione di esercizio rara e la sua intensità giustifica tale assunzione. I parametri di resistenza di progetto, modificati in accordo ai coefficienti M2, sono perciò inferiori a quelli caratteristici e di conseguenza il valore di progetto della spinta attiva è maggiore e quello della spinta passiva è minore, dei corrispondenti valori caratteristici.

Le verifiche allo Stato Limite Ultimo per il raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali (STR) sono state effettuate utilizzando la Combinazione A1+M1+R1, nella quale i coefficienti sui parametri di resistenza del terreno (M1) e sulla resistenza globale del sistema (R1) sono unitari, mentre le azioni permanenti e variabili sono amplificate mediante i coefficienti parziali del gruppo A1. In questo caso i coefficienti parziali amplificativi delle azioni sono stati applicati direttamente alle sollecitazioni, calcolate con i valori caratteristici delle azioni e delle resistenze. Ai fini delle analisi A1+M1 i risultati delle analisi sono stati moltiplicati per il coefficiente 1.3. L'entità del sovraccarico accidentale e la sua effettiva presenza durante la vita di esercizio dell'opera, giustifica tale assunzione.

Per ciascuna sezione di calcolo delle paratie sono state elaborate 3 situazioni progettuali:

(1) Analisi A1M1 (SLV)

In questa analisi sono stati considerati i valori caratteristici dei parametri di resistenza del terreno e del sovraccarico. La struttura è stata in seguito sottoposta al carico sismico, modificando i parametri di spinta del terreno, per il sisma SLV. I risultati ottenuti, prima della fase sismica, sono stati utilizzati per le verifiche alle tensioni ed alla fessurazione in accordo Stato Limite di Esercizio e per il controllo degli spostamenti.

I risultati, di tipo statico, sono stati amplificati per il coefficiente 1.3, mentre i risultati di tipo sismico sono stati amplificati per il coefficiente 1.0. In tal modo è stato possibile effettuare le verifiche allo Stato Limite Ultimo delle strutture.

(2) Analisi A1M1 (SLD)

In questa analisi sono stati considerati i valori caratteristici dei parametri di resistenza del terreno e del sovraccarico. La struttura è stata in seguito sottoposta al carico sismico, modificando i parametri di spinta del terreno, per il sisma SLD. Tali risultati sono stati utilizzati per la valutazione degli spostamenti in condizioni sismiche.

(3) Analisi A2M2 (SLV)

In questa analisi i parametri di resistenza del terreno sono stati modificati in accordo ai coefficienti M2. Il sovraccarico accidentale, come specificato in precedenza, è stato considerato di entità pari a 20 kN/m^2 (valore caratteristico). La struttura è stata in seguito sottoposta al carico sismico, modificando i parametri di spinta del terreno, per il sisma SLV. L'analisi ha permesso di verificare l'eventuale formazione di meccanismi di collasso dovuti al raggiungimento dell'equilibrio limite nel terreno interagente con la paratia.

11. SPECIFICHE PER LE ANALISI DI PARATIE IN JET GROUTING

Il progetto ha previsto la realizzazione di due tipologie di paratie in jet grouting armate con tubi metallici.

La prima tipologia è costituita dalle paratie in jet grouting realizzate per evitare gli scavi di sbancamento di altezza superiore ai 5 m. Esse si trovano principalmente in corrispondenza della zona consolidata con protesi in misto stabilizzato, per il tratto di galleria naturale adiacente all'imbocco lato Cherasco.

La seconda tipologia di paratie in jet grouting permette le operazioni di scavo del cunicolo, posizionato fra le canne di monte e valle con funzione di supporto alle operazioni di scavo.

11.1. PARATIE IN JET GROUTING – TIPOLOGIA 1

Le strutture di sostegno degli scavi, predisposte per evitare sbancamenti maggiori di 5 m, realizzate con colonne di jet grouting, sono armate con tubi metallici (2 \varnothing 114.3 x 8.56 mm disposti a passo 40 cm). Le analisi sono state eseguite con il software commerciale Plaxis.

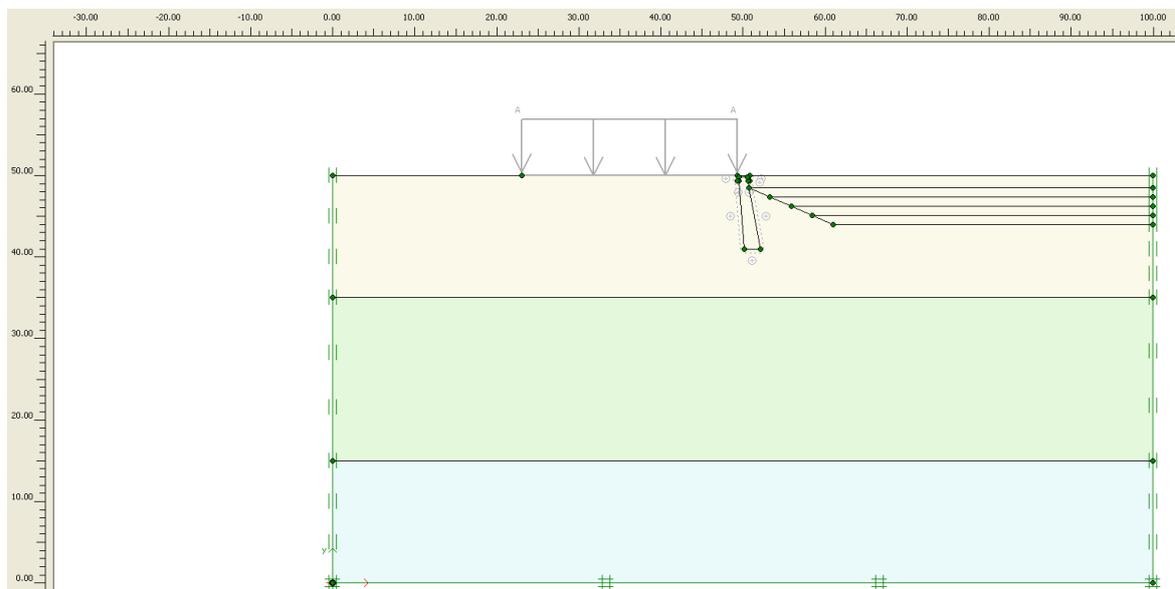


Figura 11: geometria dell'analisi con Plaxis

La stratigrafia è stata dedotta dal profilo longitudinale in asse alla galleria di valle e prevede i primi 15 m di “Unità 5”, i successivi 20 m di “Unità 6” e la parte restante di “Unità 7”.

L’analisi è stata condotta per fasi (Staged Construction) seguendo la realizzazione della struttura di supporto a partire dal piano campagna inalterato. La prima fase prevede l’applicazione del sovraccarico superficiale (20 kN/mq) che considera la presenza dei mezzi di cantiere necessari per l’iniezione del materiale cementizio e per le successive operazioni di scavo. La fase che segue prevede la realizzazione delle colonne di jet grouting e della trave di testa in calcestruzzo. Il modello di calcolo non considera la presenza dei tubolari metallici di armatura $\varnothing 114.3 \times 8.56$ mm in quanto la rigidità dovuta alla malta di iniezione è prevalente.

Il jet grouting è stato considerato, all’interno del programma di calcolo, come un terreno con legge costitutiva alla Mohr-Coulomb con le seguenti caratteristiche meccaniche:

| | | | |
|-----------|---|-----------|-------------------------------|
| γ | = | 20 kN/mc | peso specifico del materiale |
| E | = | 30000 MPa | modulo elastico del materiale |
| ν | = | 0.25 | modulo di Poisson |
| c | = | 350 kN/mq | coesione efficace |
| φ | = | 34° | angolo di attrito |

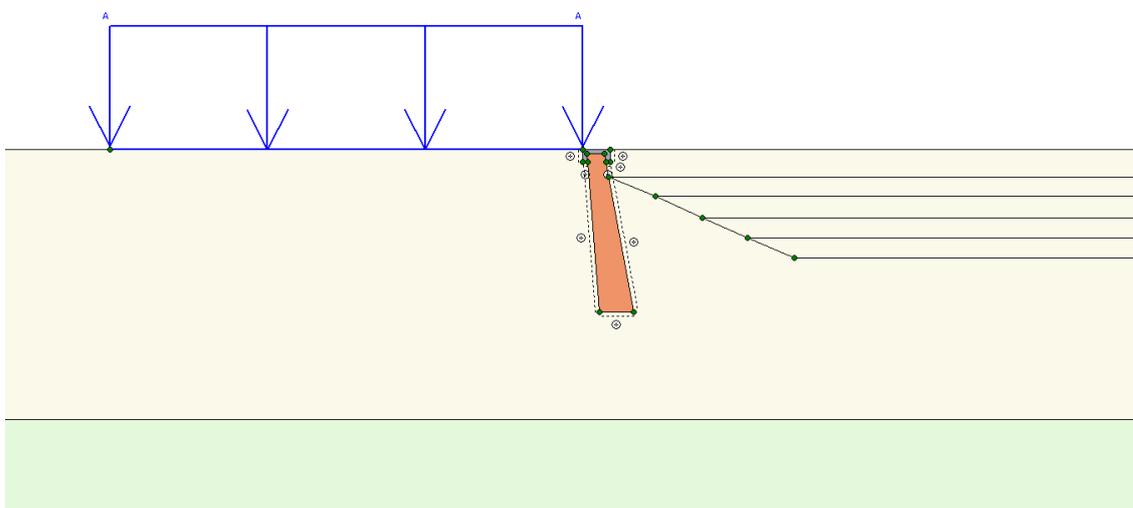


Figura 12: fase di calcolo nella quale si realizzano le colonne di jet grouting



La trave di testa è realizzata in calcestruzzo C25/30 ed è stata considerata, nel modello di calcolo, costituita da un materiale elastico lineare con modulo elastico di 30000 MPa e coefficiente di Poisson 0.2. Il peso specifico del calcestruzzo è assunto pari a 25 kN/mc.

Le fasi finali prevedono la rimozione, per strati, del terreno a valle fino al raggiungimento della quota di fondo scavo.

L'analisi sismica non è stata effettuata in quanto l'opera è considerata provvisoria con vita utile minore di 2 anni.

11.2. PARATIE IN JET GROUTING – TIPOLOGIA 2

Le strutture di sostegno degli scavi necessari per la realizzazione dell'imbocco del cunicolo, realizzate con colonne di jet grouting, sono armate con tubi metallici (3 Ø114.3 x 8.56 mm disposti a passo 40 cm). Le analisi sono state eseguite con il software commerciale Plaxis.

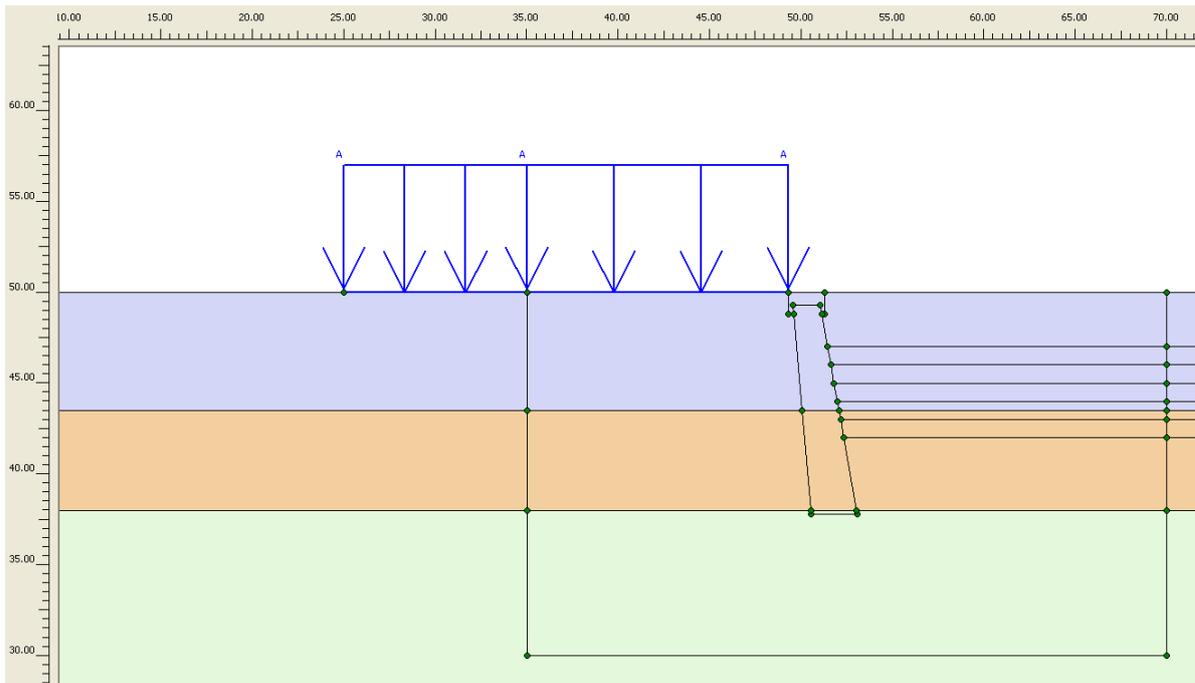


Figura 13: geometria dell'analisi con Plaxis

La stratigrafia è stata dedotta dai profili longitudinali eseguiti in asse alle gallerie di monte e di valle e sulla base di una sezione trasversale eseguita a tergo delle paratie di sostegno degli scavi. I primi 6.5 m dal p.c. sono stati considerati di "Unità 4". I successivi 5.5 m di "Unità 5" e la restante parte del modello di calcolo di "Unità 6".

L'analisi è stata condotta per fasi (Staged Construction) seguendo la realizzazione della struttura di supporto a partire dal piano campagna inalterato. La prima fase prevede l'applicazione del sovraccarico superficiale (20 kN/mq) che considera la presenza dei mezzi di cantiere necessari per l'iniezione del materiale cementizio e per le successive operazioni di scavo. La fase che segue prevede la realizzazione delle colonne di jet grouting e della trave di testa in calcestruzzo. Il modello di calcolo non considera la presenza dei

tubolari metallici di armatura $\varnothing 114.3 \times 8.56$ mm in quanto la rigidezza dovuta alla malta di iniezione è prevalente.

Il jet grouting è stato considerato, all'interno del programma di calcolo, come un terreno con legge costitutiva alla Mohr-Coulomb con le seguenti caratteristiche meccaniche:

| | | | |
|-----------|---|-----------|-------------------------------|
| γ | = | 20 kN/mc | peso specifico del materiale |
| E | = | 30000 MPa | modulo elastico del materiale |
| ν | = | 0.25 | modulo di Poisson |
| c | = | 350 kN/mq | coesione efficace |
| φ | = | 34° | angolo di attrito |

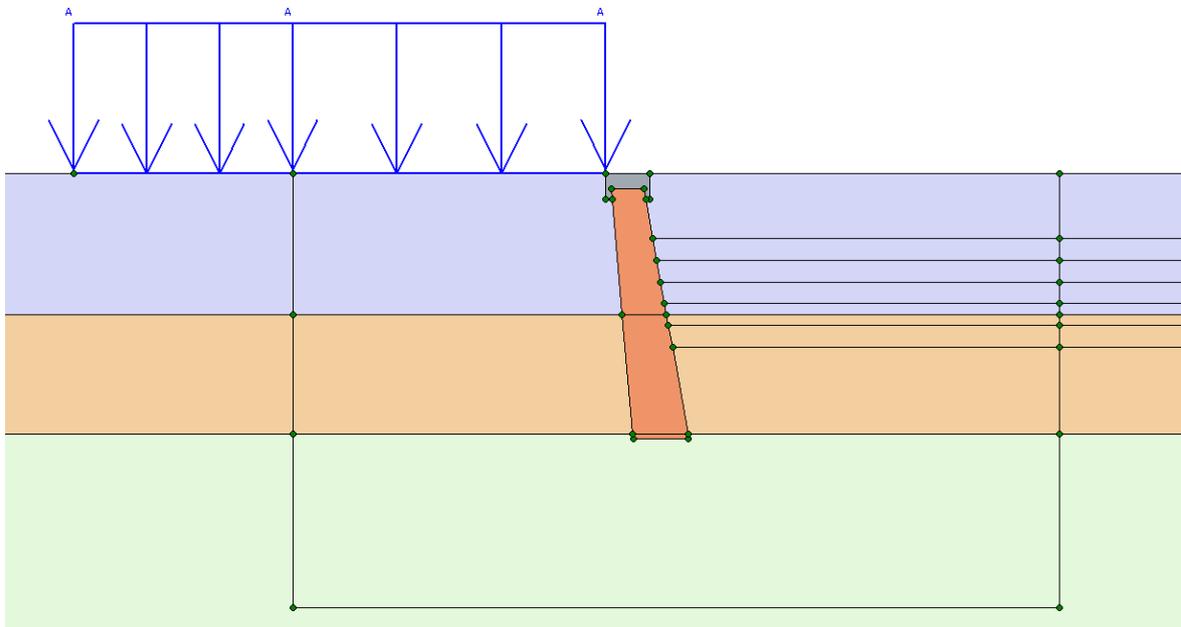


Figura 14: fase di calcolo nella quale si realizzano le colonne di jet grouting

La trave di testa è realizzata in calcestruzzo C25/30 ed è stata considerata, nel modello di calcolo, costituita da un materiale elastico lineare con modulo elastico di 30000 MPa e coefficiente di Poisson 0.2. Il peso specifico del calcestruzzo è assunto pari a 25 kN/mc.

Le fasi finali prevedono la rimozione, per strati, del terreno a valle fino al raggiungimento della quota di fondo scavo.

L'analisi sismica non è stata effettuata in quanto l'opera è considerata provvisoria con vita utile minore di 2 anni.

12. RISULTATI DELLE ANALISI

12.1. PARATIE IN PALI DI DIAMETRO 1200 MM

Le analisi svolte con il programma Paratie hanno condotto ad una serie di risultati per le diverse combinazioni di carico analizzate. Nel seguito si riportano i risultati principali utilizzati per le verifiche.

12.1.1. Sezione n°1 – FASE 1

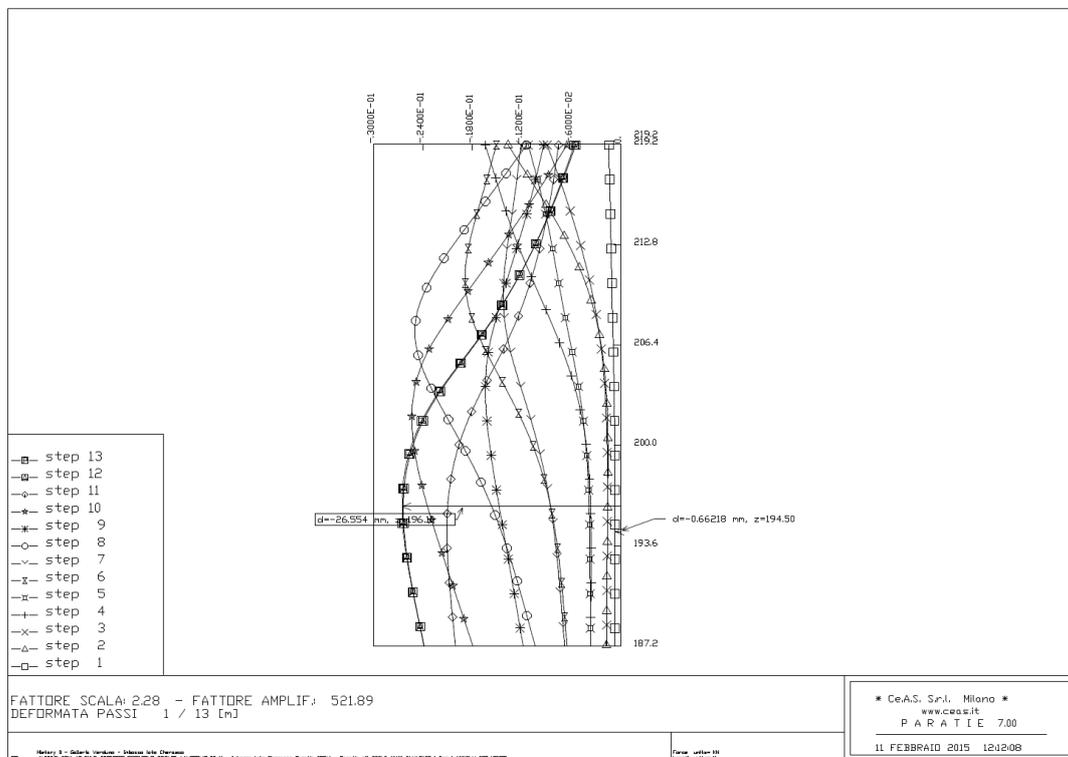


Figura 15: Deformata – analisi A1M1SLV

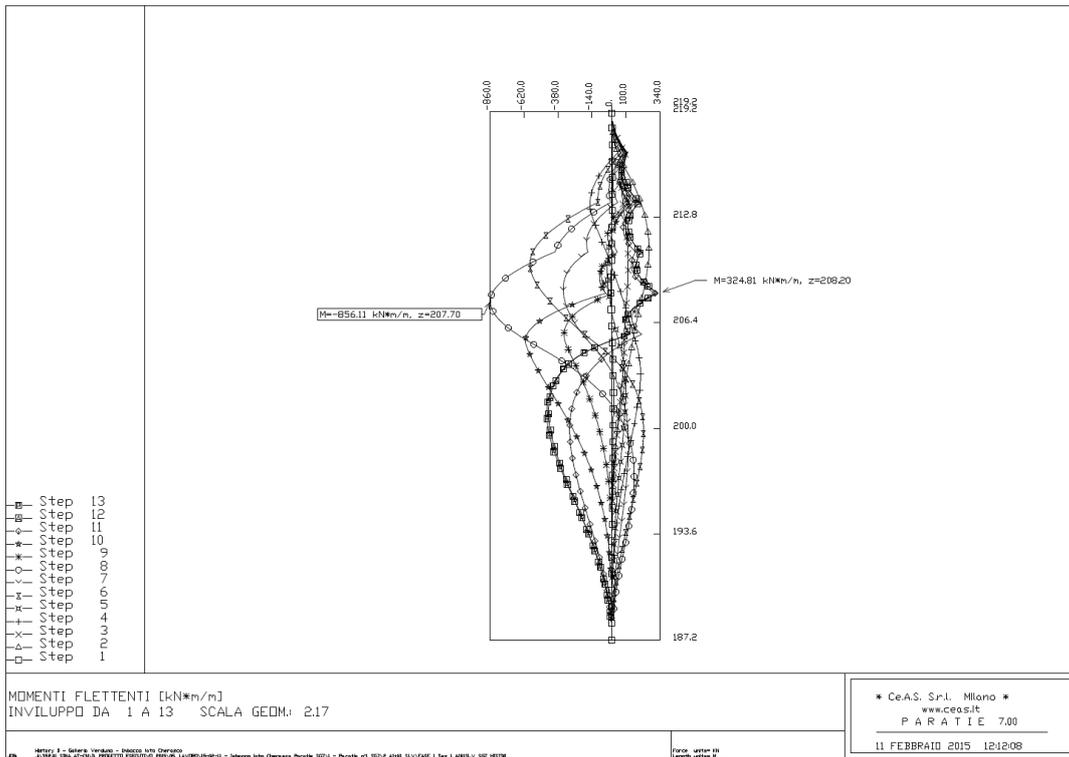


Figura 16: Momento flettente – analisi A1M1SLV

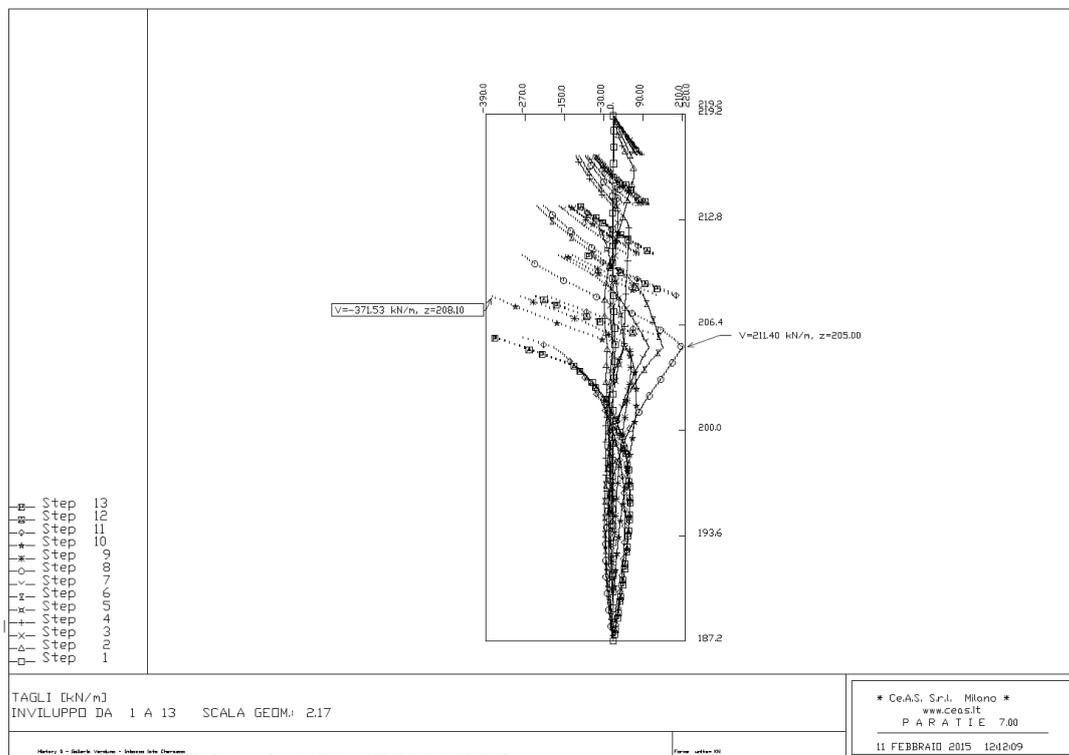


Figura 17: Azione di taglio – analisi A1M1SLV

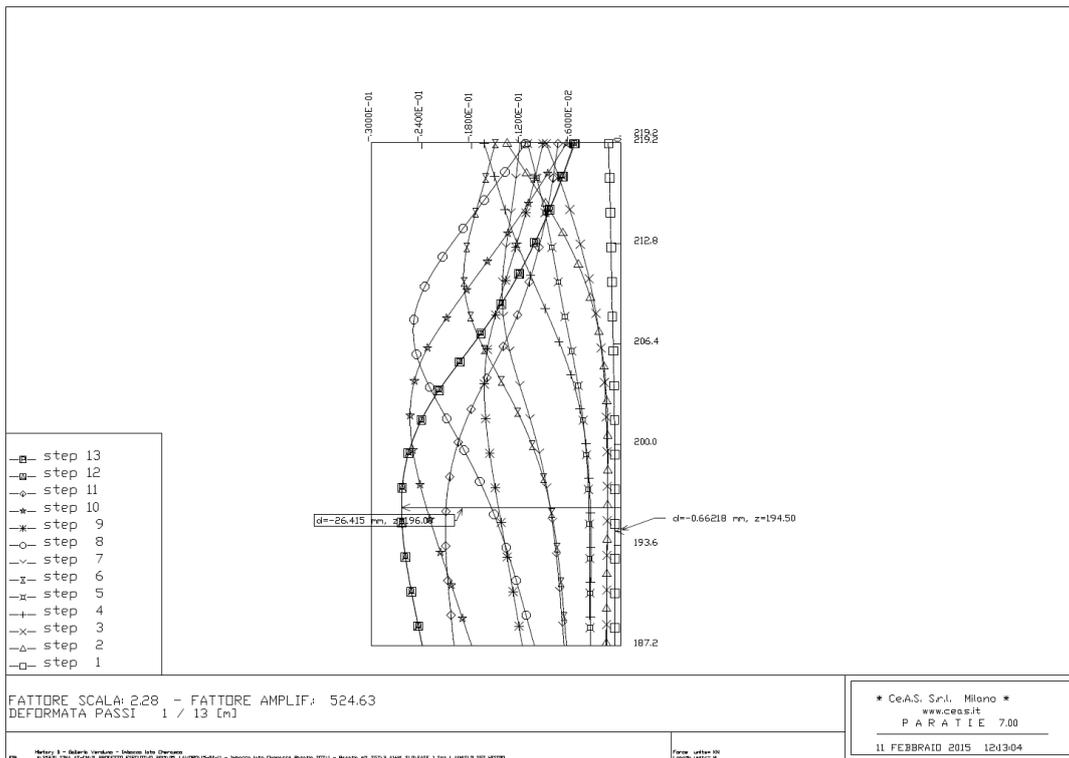


Figura 18: Deformata – analisi A1M1SLD

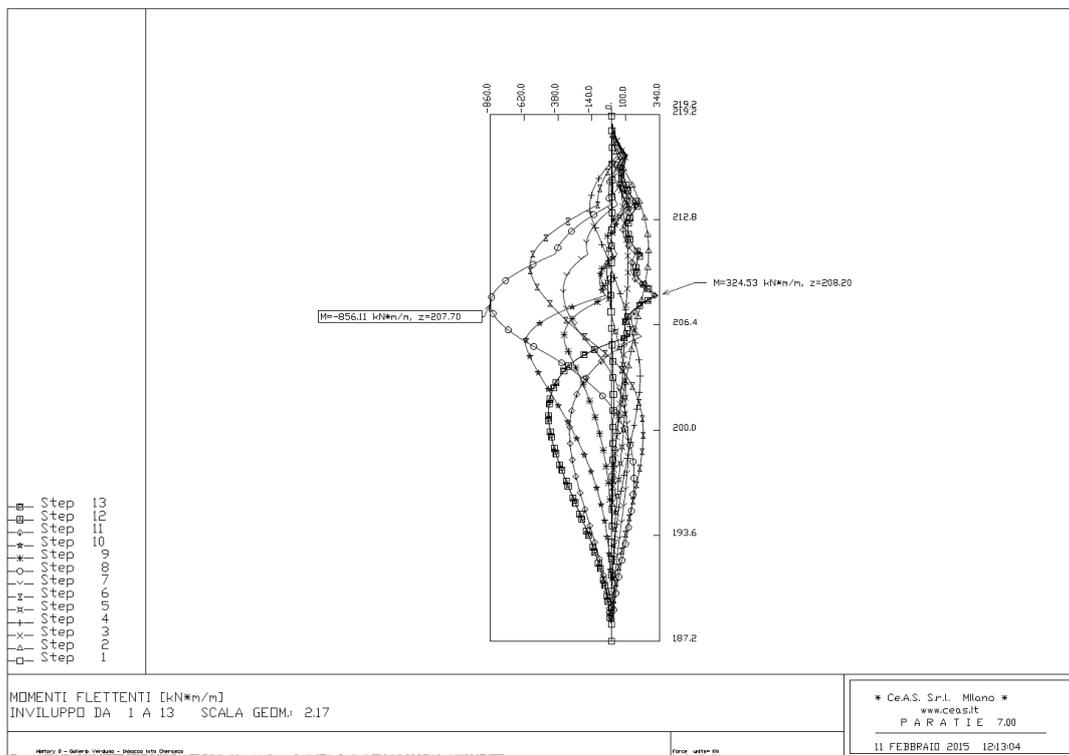


Figura 19: Momento flettente – analisi A1M1SLD

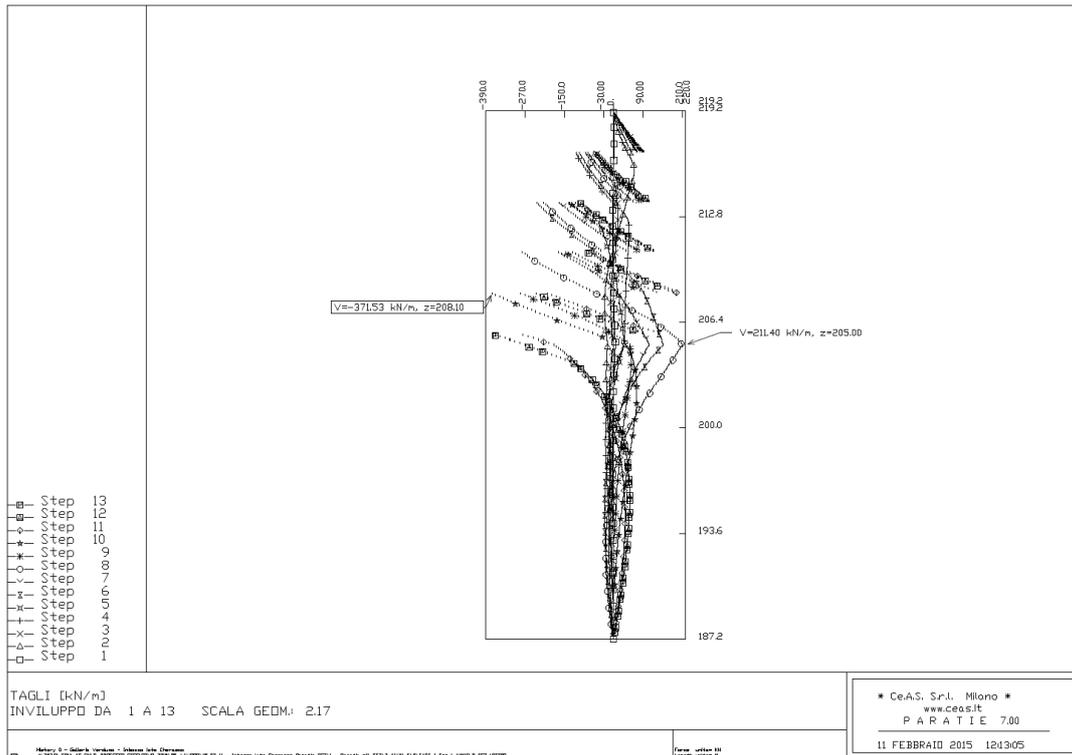


Figura 20: Azione di taglio – analisi A1M1SLD

12.1.2. Sezione n°1 – FASE 2

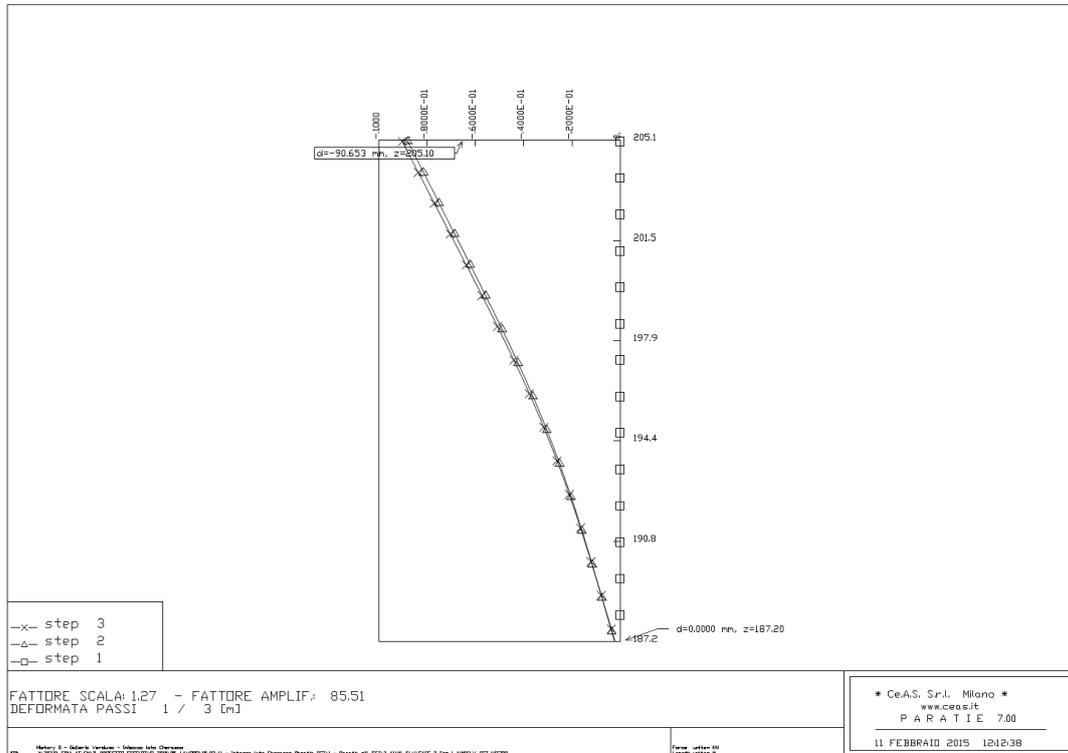


Figura 21: Deformata – analisi A1M1SLV

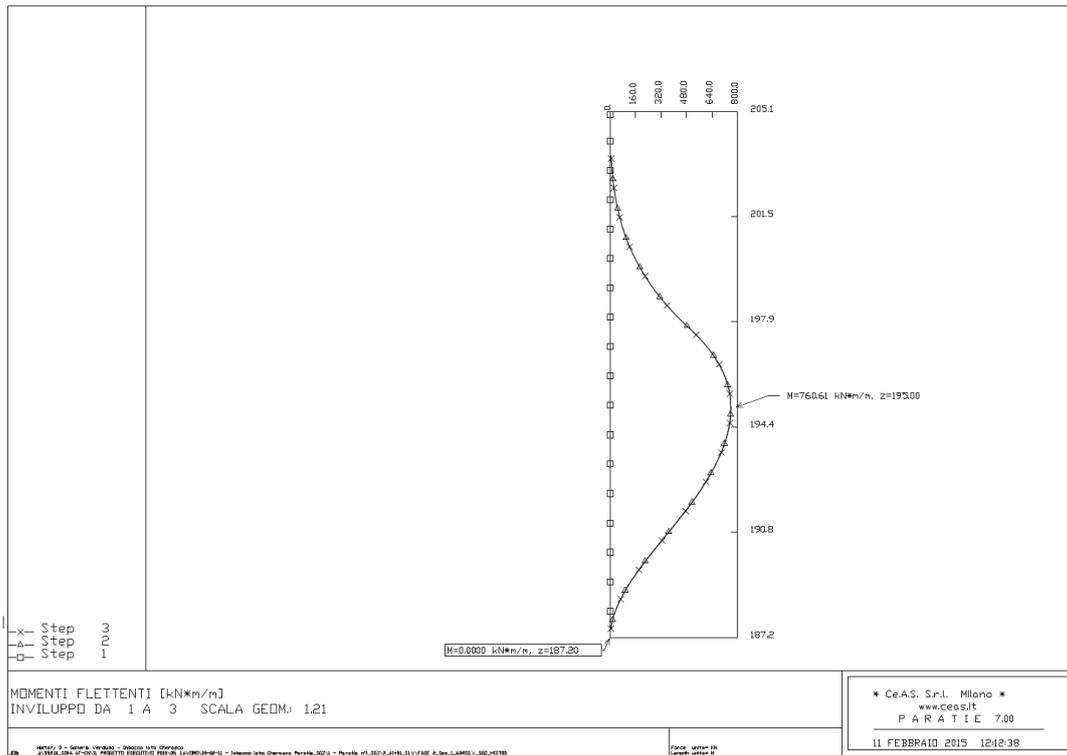


Figura 22: Momento flettente – analisi A1M1SLV

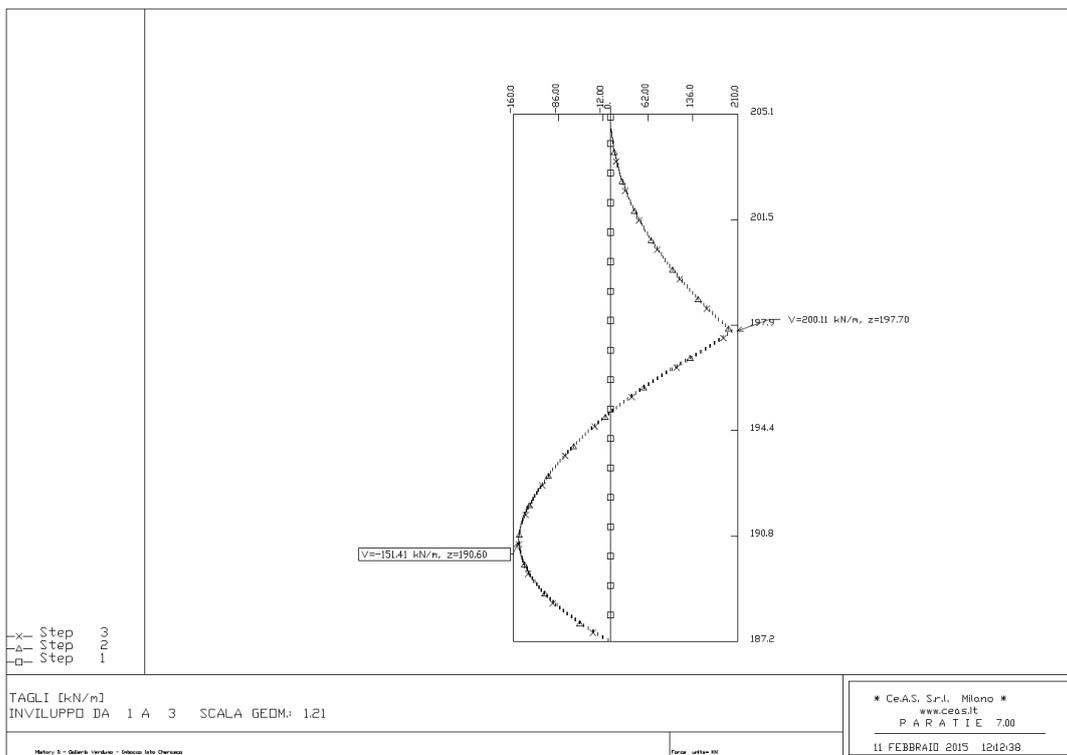


Figura 23: Azione di taglio – analisi A1M1SLV

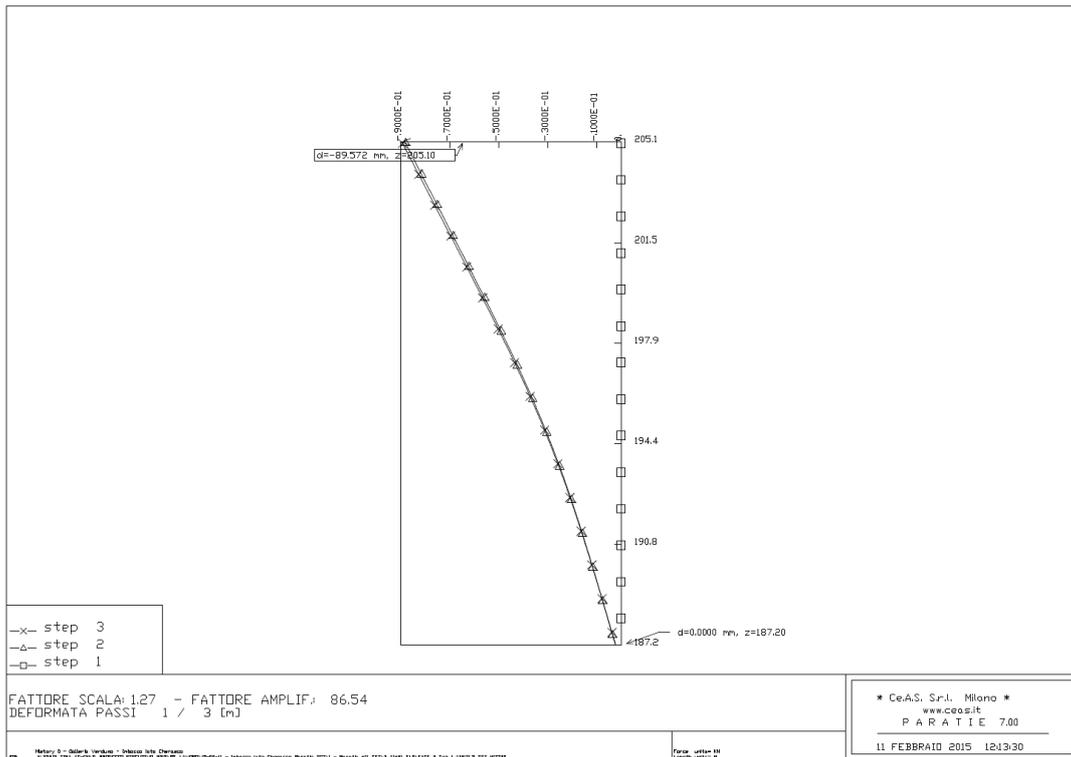


Figura 24: Deformata – analisi A1M1SLD

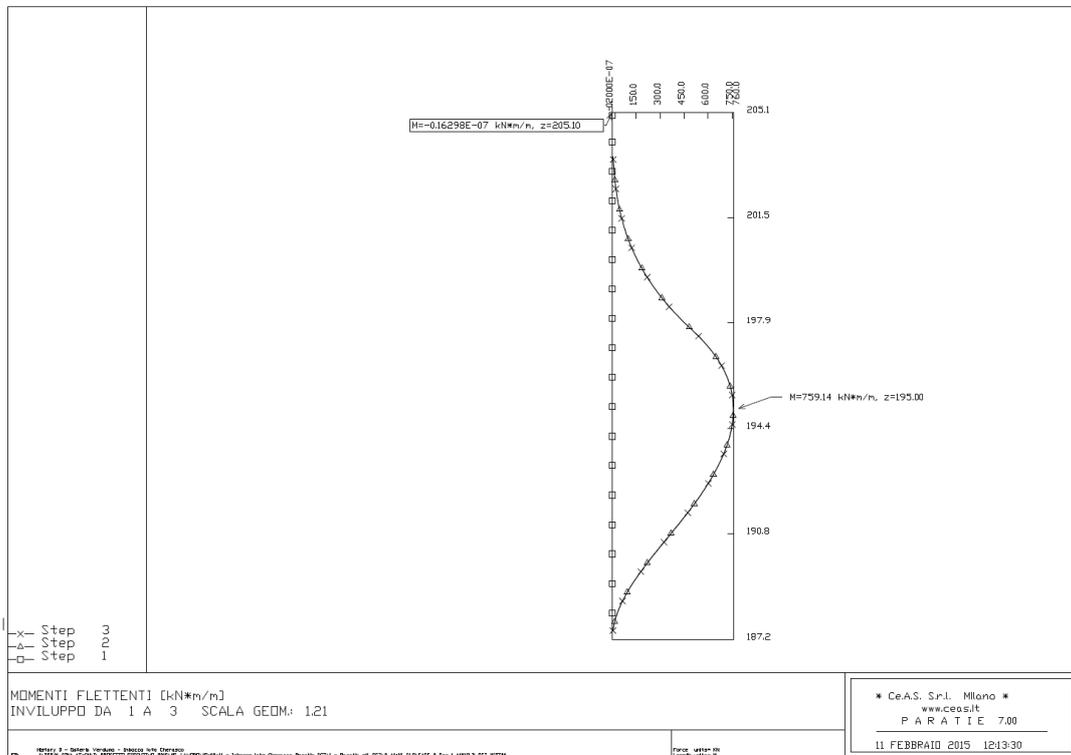


Figura 25: Momento flettente – analisi A1M1SLD

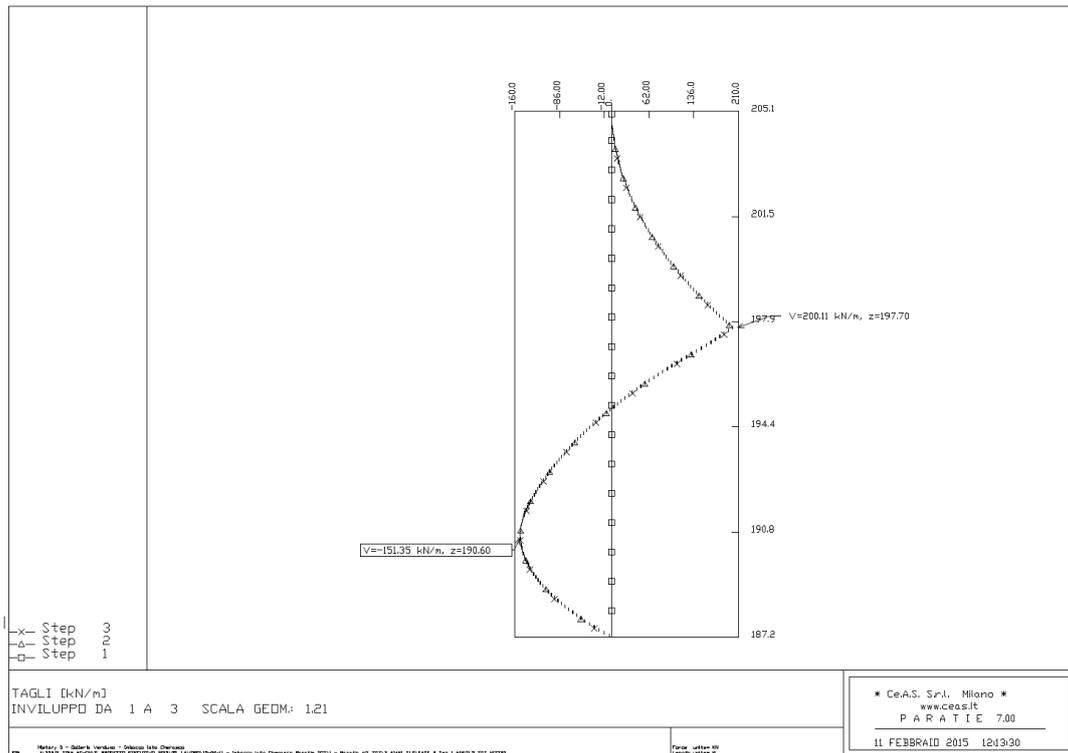


Figura 26: Azione di taglio – analisi A1M1SLD

Si osserva che la deformata massima in fase 2 (pari a 90 mm in condizioni sismiche e circa 85 mm in condizioni statiche) è relativa alla sola porzione di paratia a sbalzo tagliata poco prima della partenza della TBM, senza richiami verso il retrostante versante. Nel calcolo si è inoltre trascurato, a favore di sicurezza, la presenza del tampone di consolidamento a tergo della paratia, che consentirà il contenimento della deformata.

12.1.3. Sezione n°2 – FASE 1

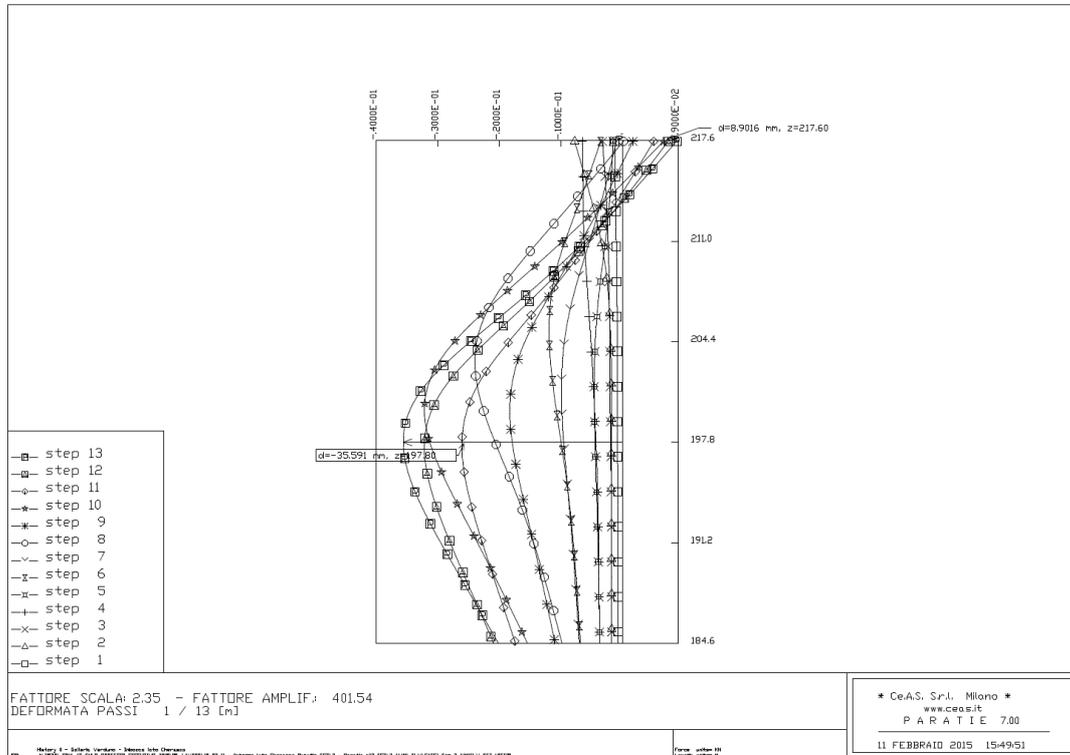


Figura 27: Deformata – analisi A1M1SLV

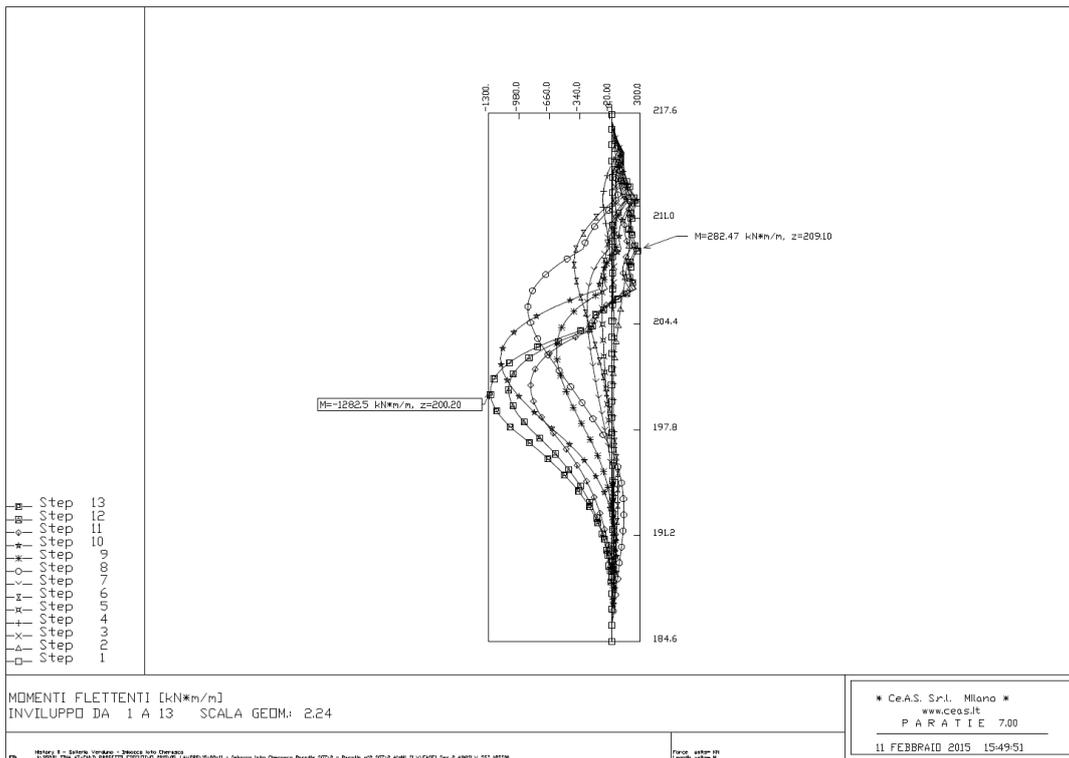


Figura 28: Momento flettente – analisi A1M1SLV

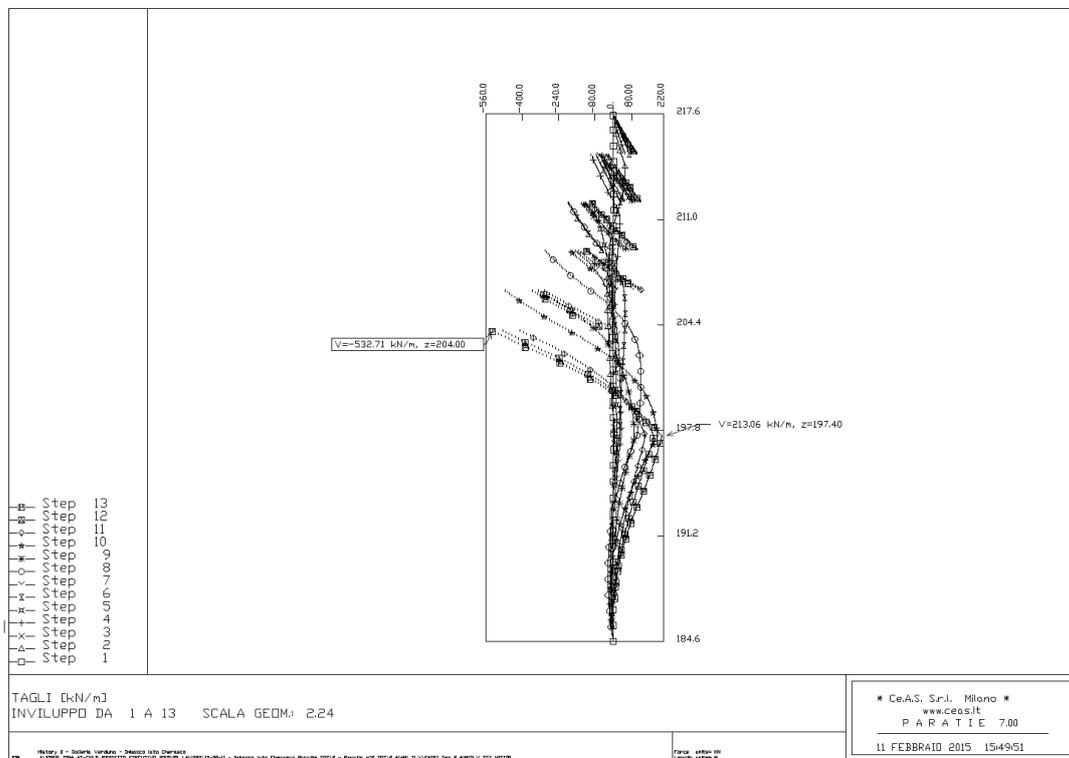


Figura 29: Azione di taglio – analisi A1M1SLV

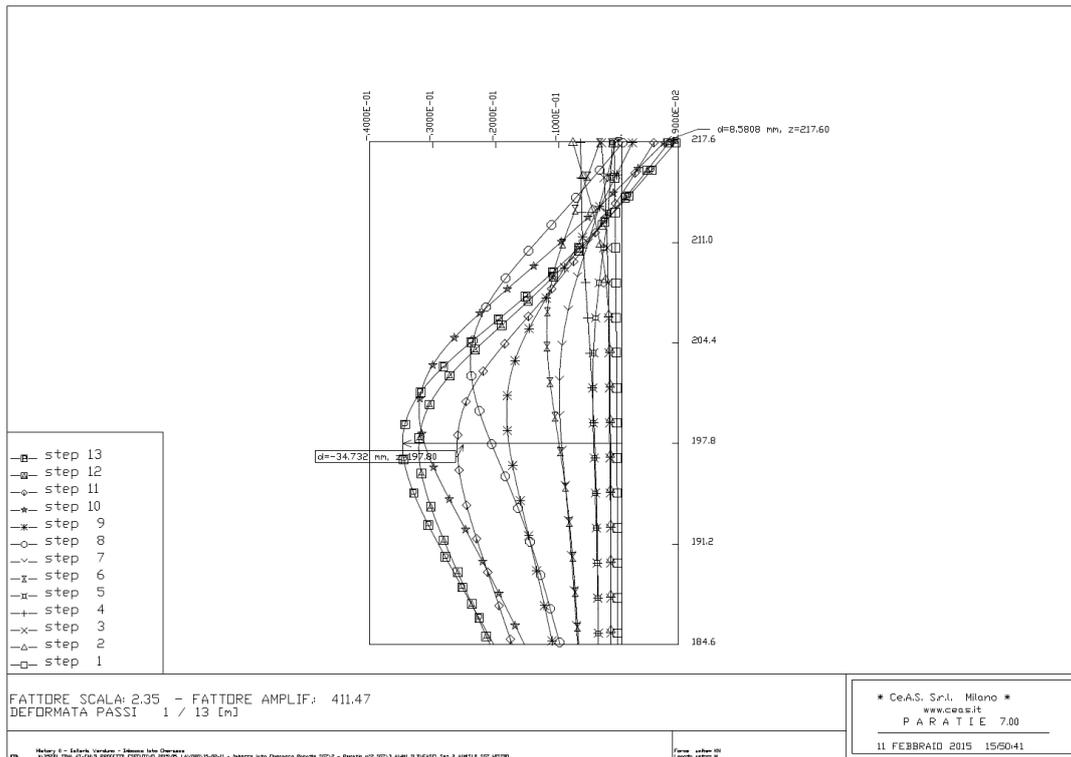


Figura 30: Deformata – analisi A1M1SLD

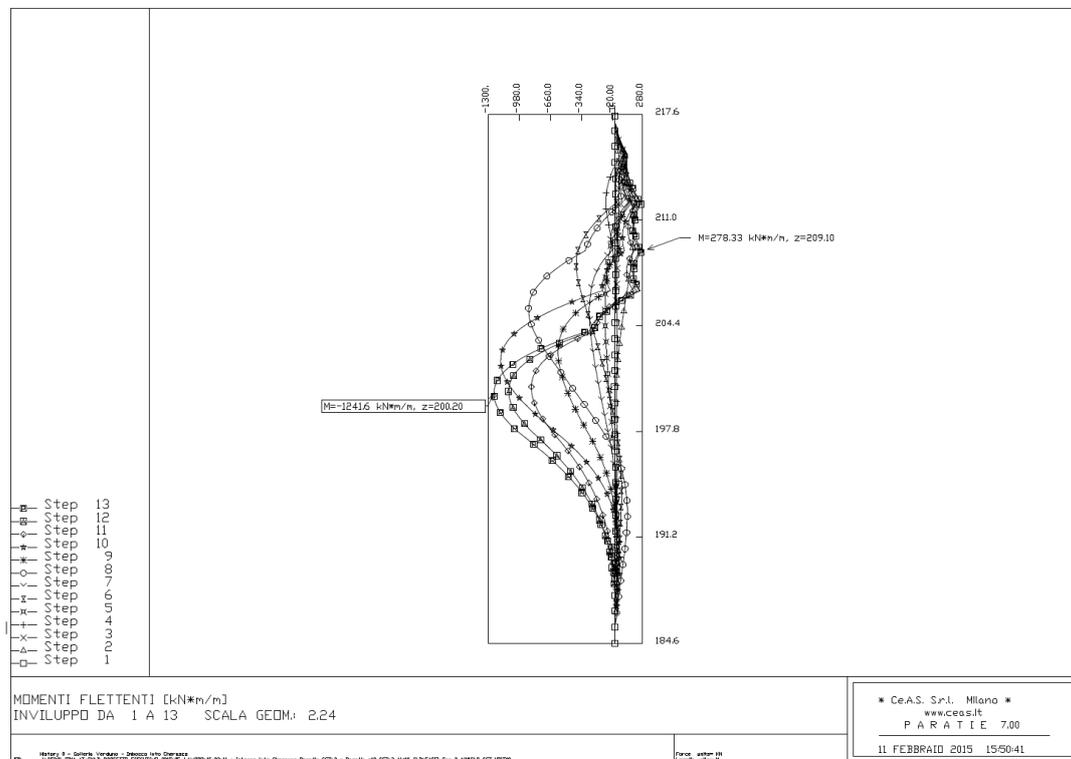


Figura 31: Momento flettente – analisi A1M1SLD

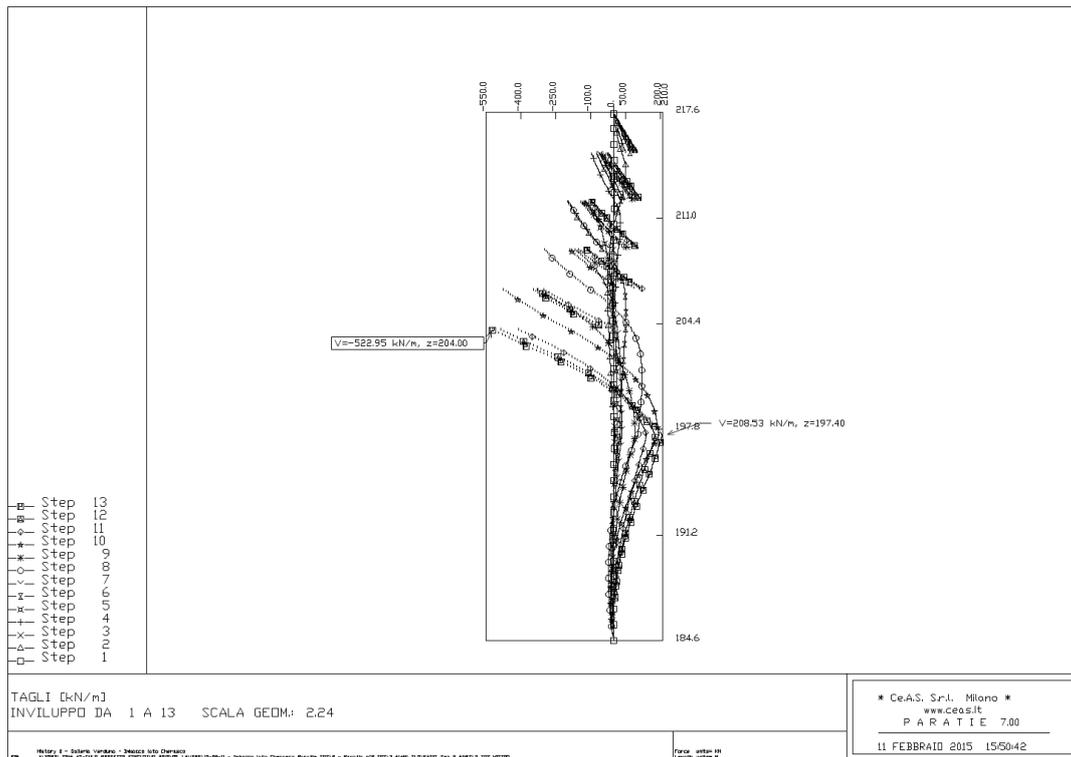


Figura 32: Azione di taglio – analisi A1M1SLD

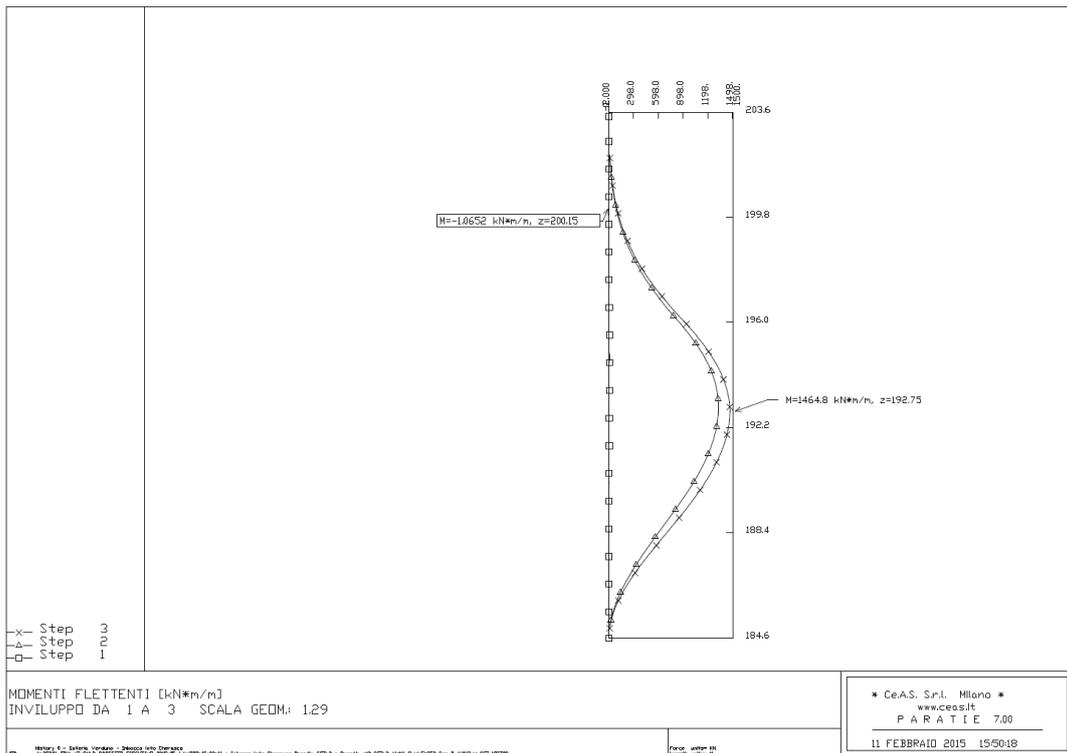


Figura 34: Momento flettente – analisi A1M1SLV

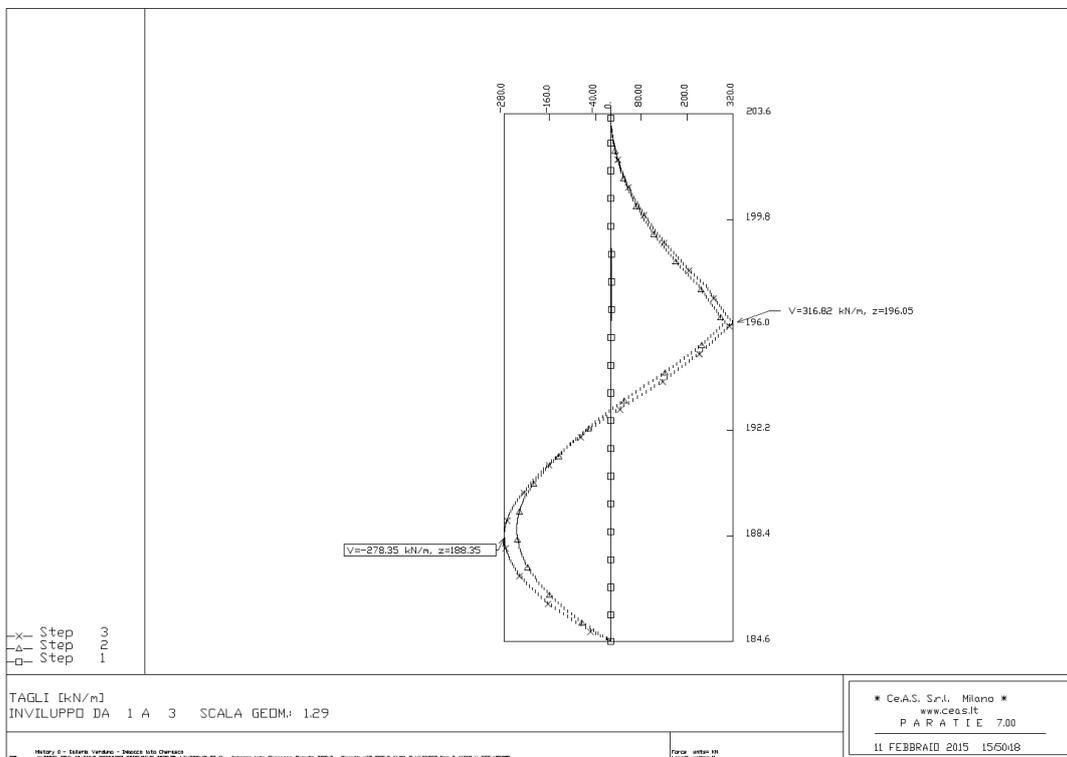


Figura 35: Azione di taglio – analisi A1M1SLV

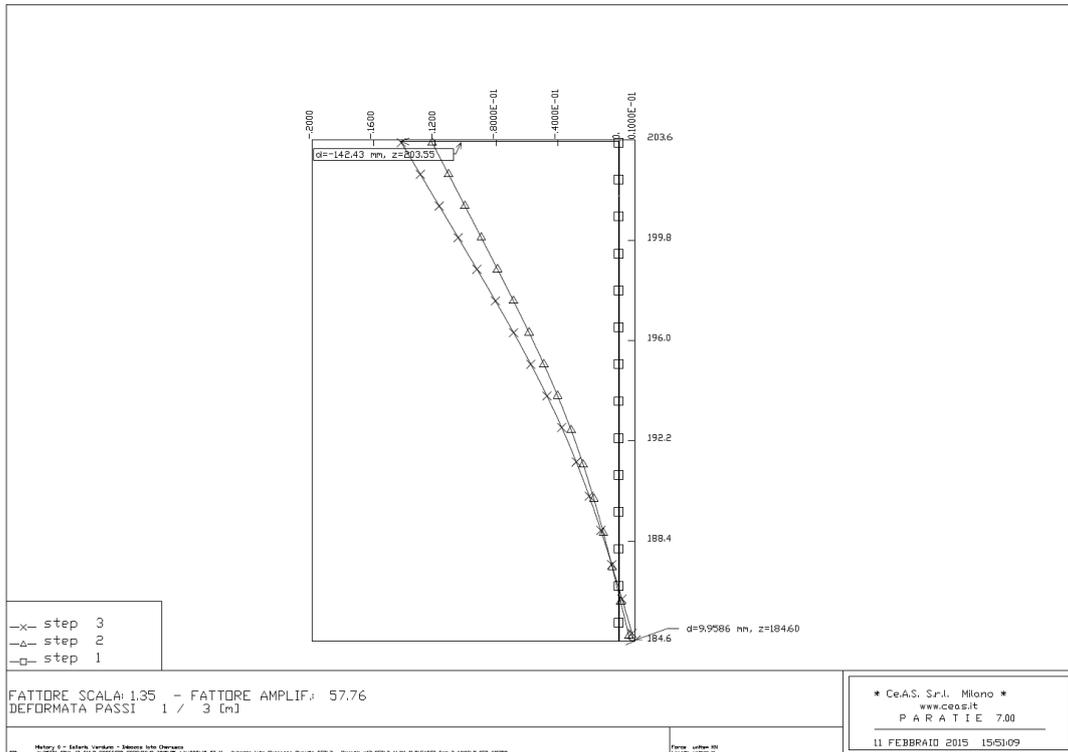


Figura 36: Deformata – analisi A1M1SLD

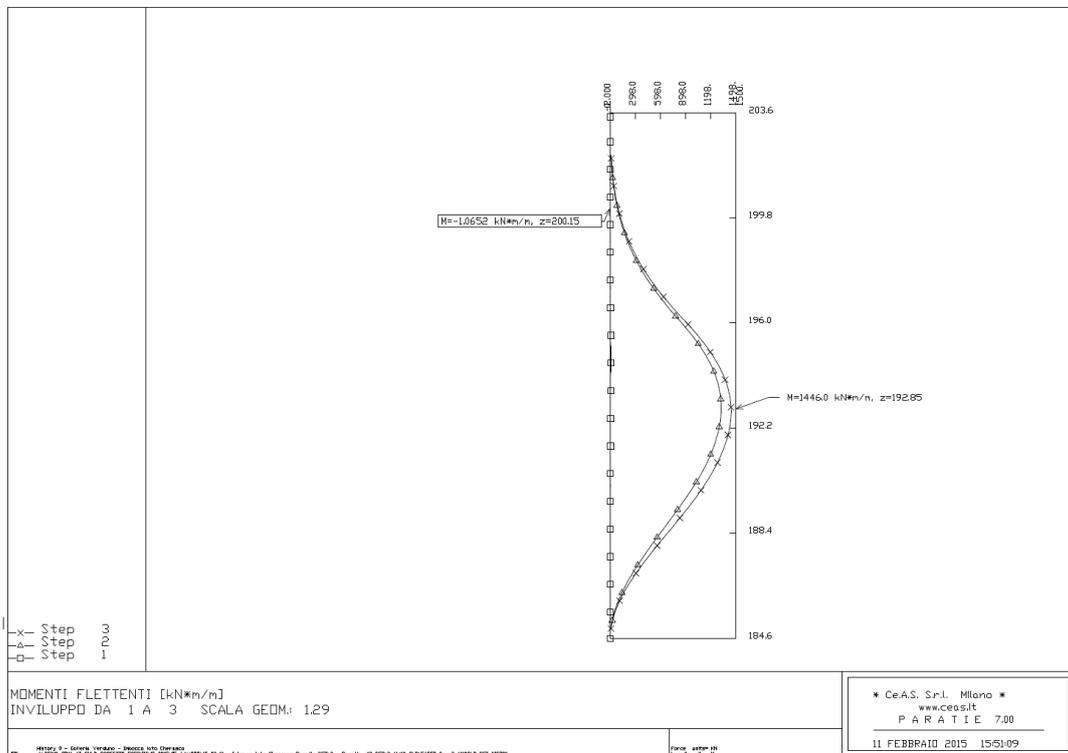


Figura 37: Momento flettente – analisi A1M1SLD

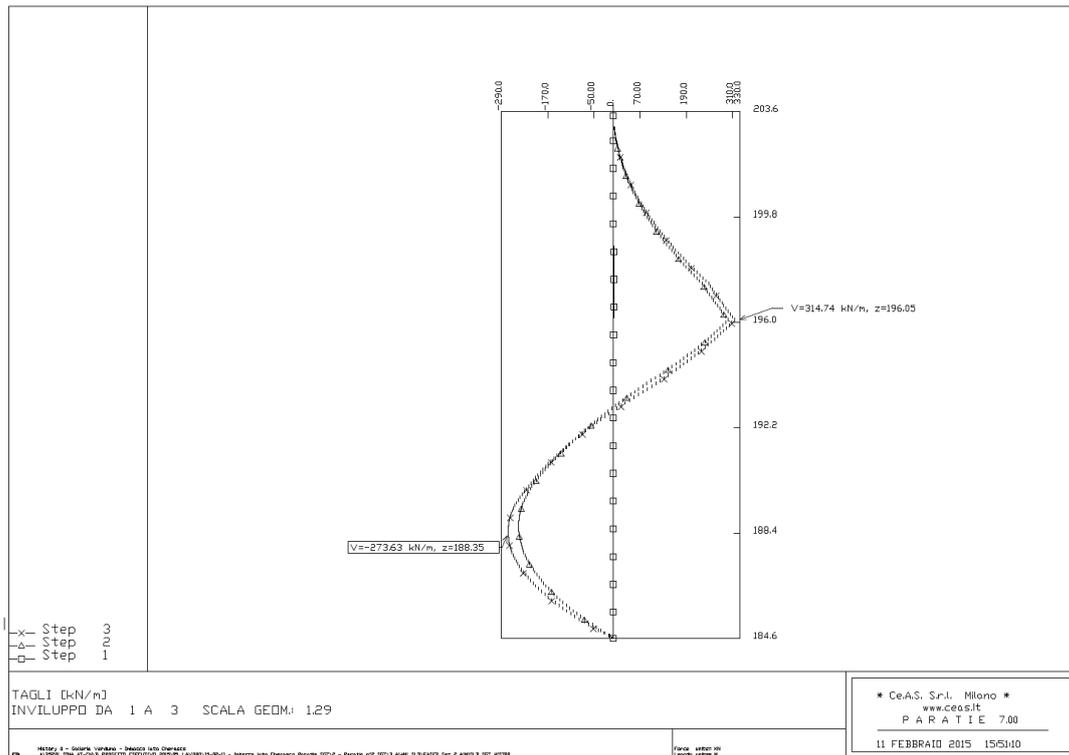


Figura 38: Azione di taglio – analisi A1M1SLD

Si osserva che la deformata massima in fase 2 (pari a 145 mm in condizioni sismiche e 120 mm in condizioni statiche) è relativa alla sola porzione di paratia a sbalzo tagliata poco prima della partenza della TBM, senza richiami verso il retrostante versante. Nel calcolo si è inoltre trascurato, a favore di sicurezza, la presenza del tampone di consolidamento a tergo della paratia, che consentirà il contenimento della deformata.

12.1.5. Sezione n°3

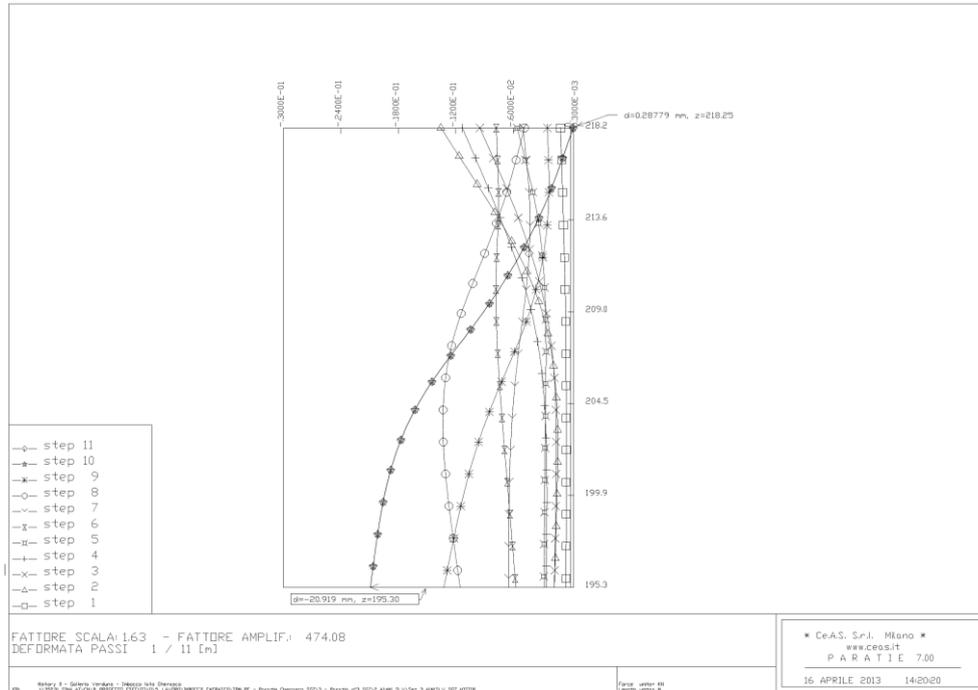


Figura 39: Deformata – analisi A1M1SLV

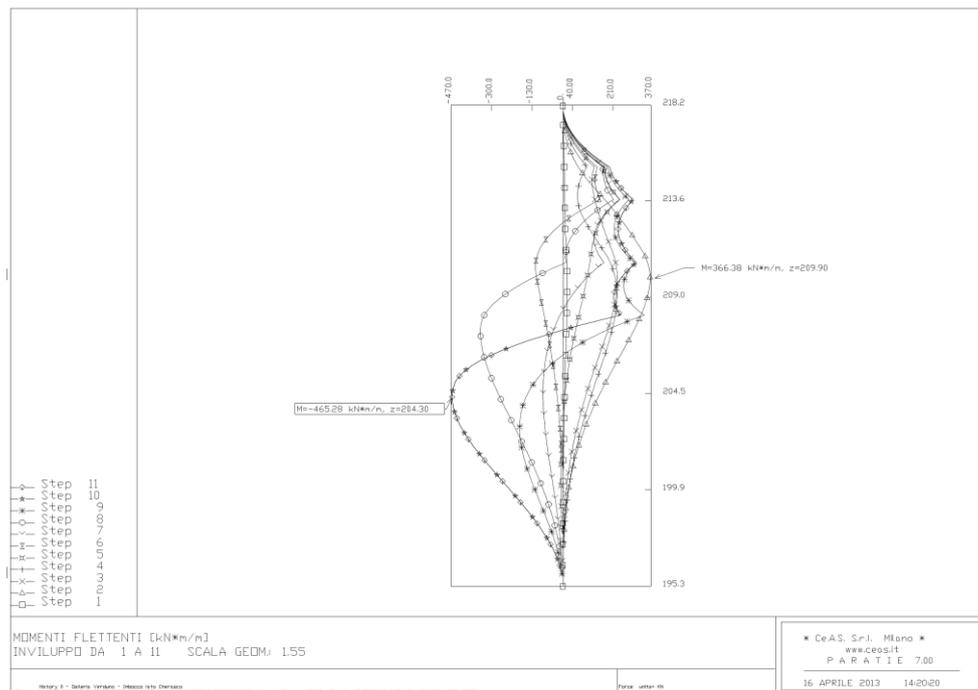


Figura 40: Momento flettente – analisi A1M1SLV

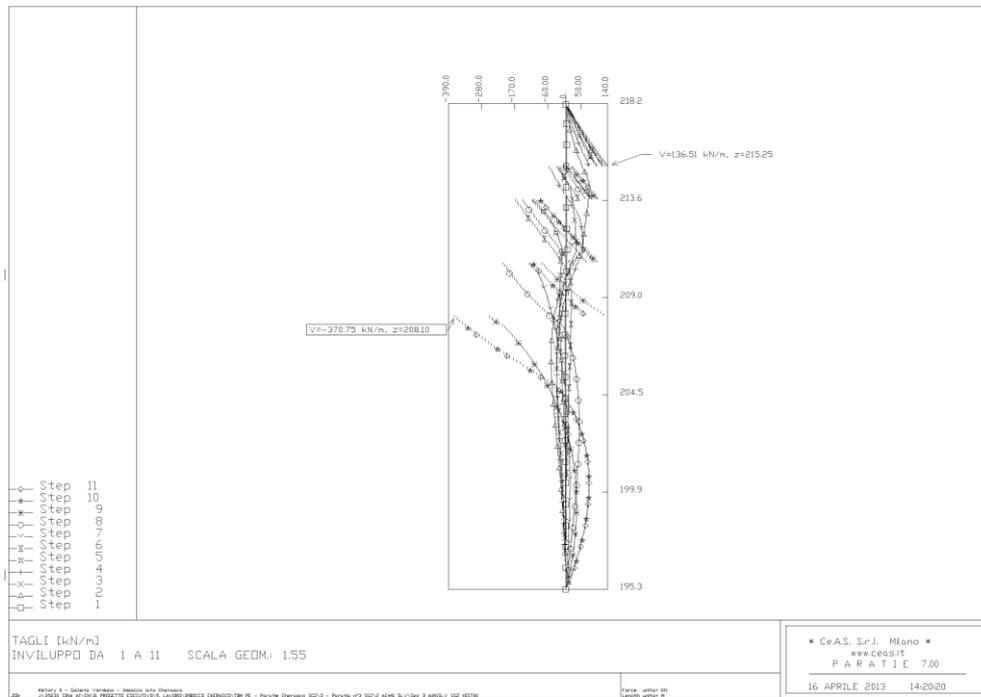


Figura 41: Azione di taglio – analisi A1M1SLV

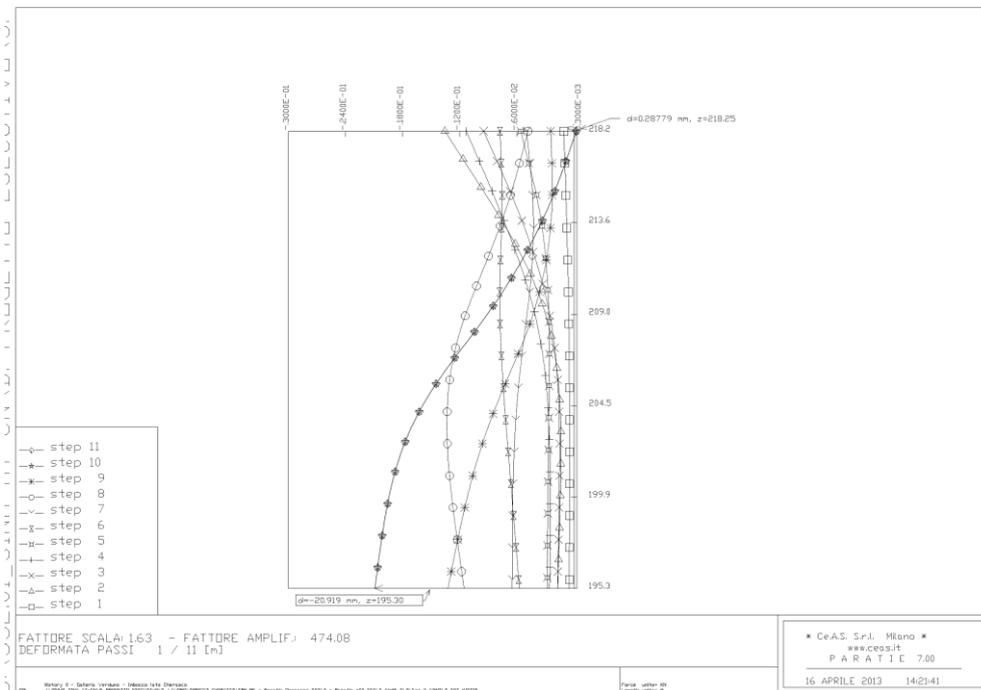


Figura 42: Deformata – analisi A1M1SLD

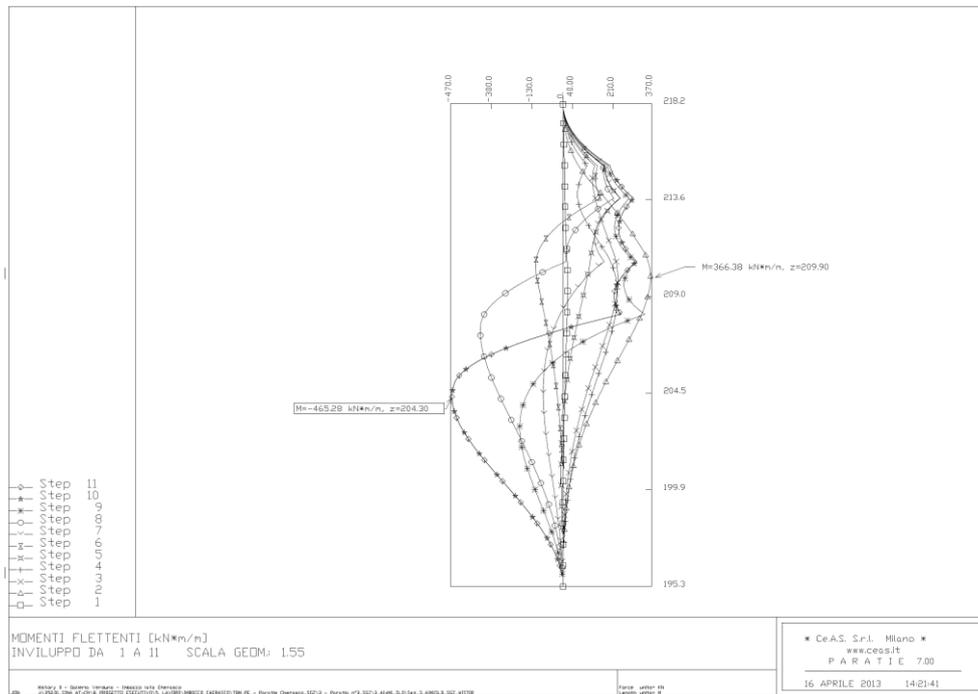


Figura 43: Momento flettente – analisi A1M1SLD

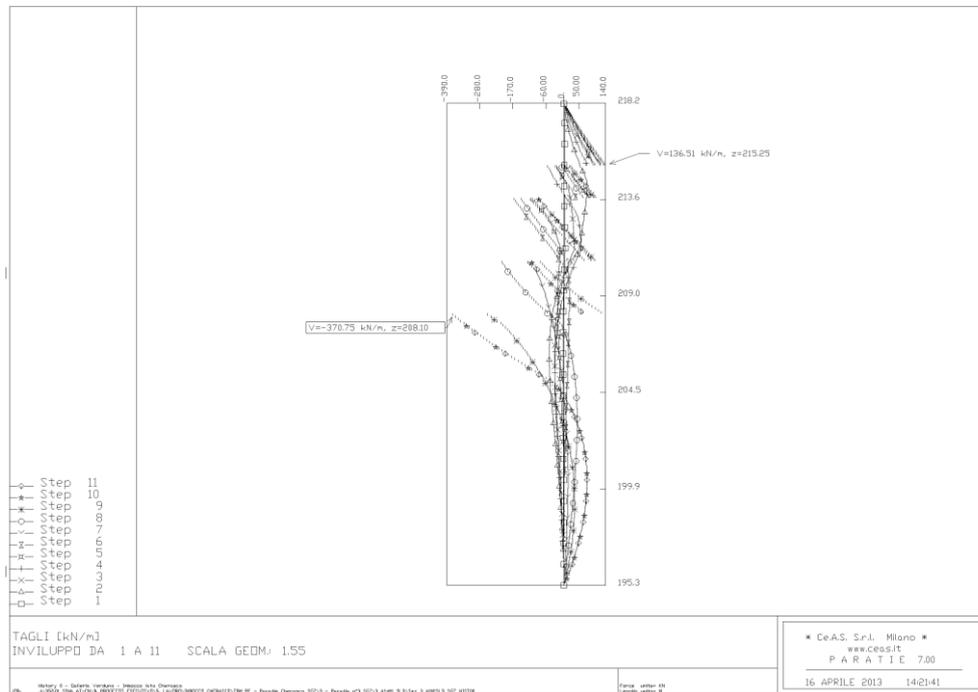


Figura 44: Azione di taglio – analisi A1M1SLD

12.1.6. Sezione n°4

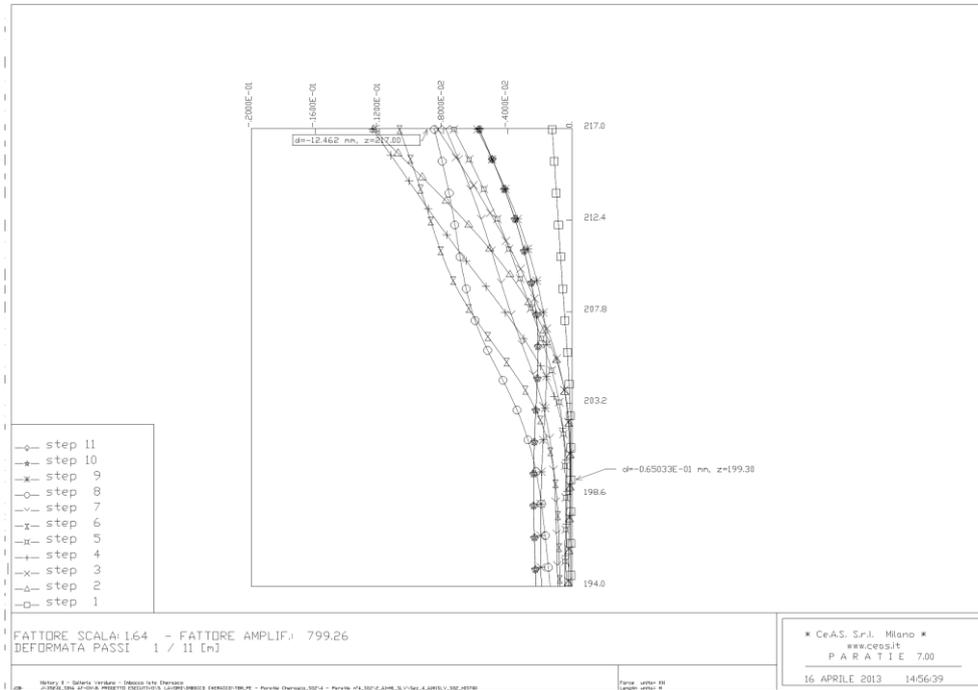


Figura 45: Deformata – analisi A1M1SLV

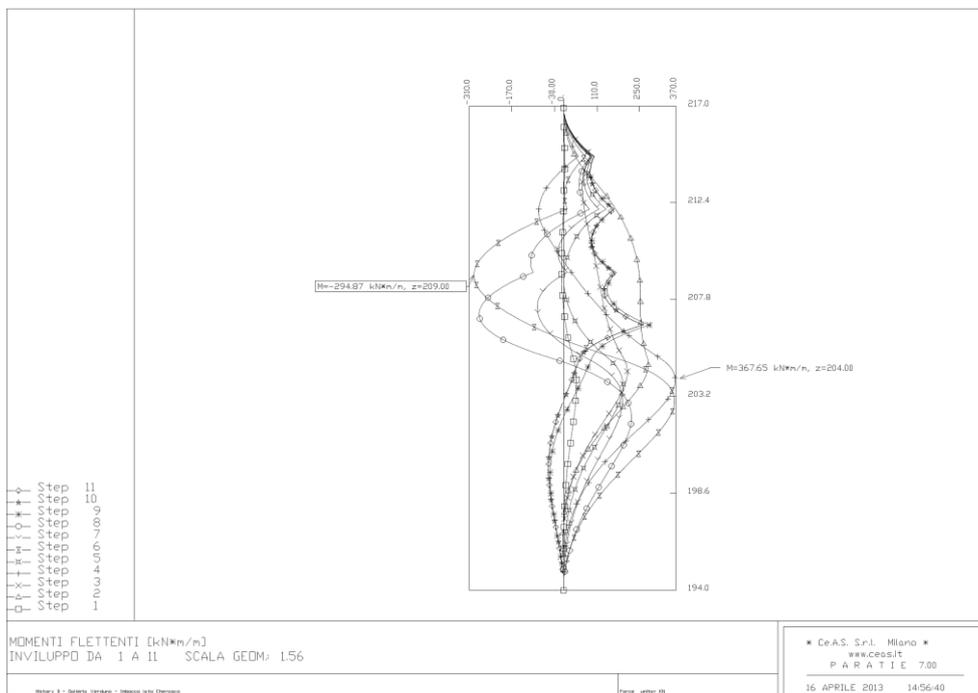


Figura 46: Momento flettente – analisi A1M1SLV

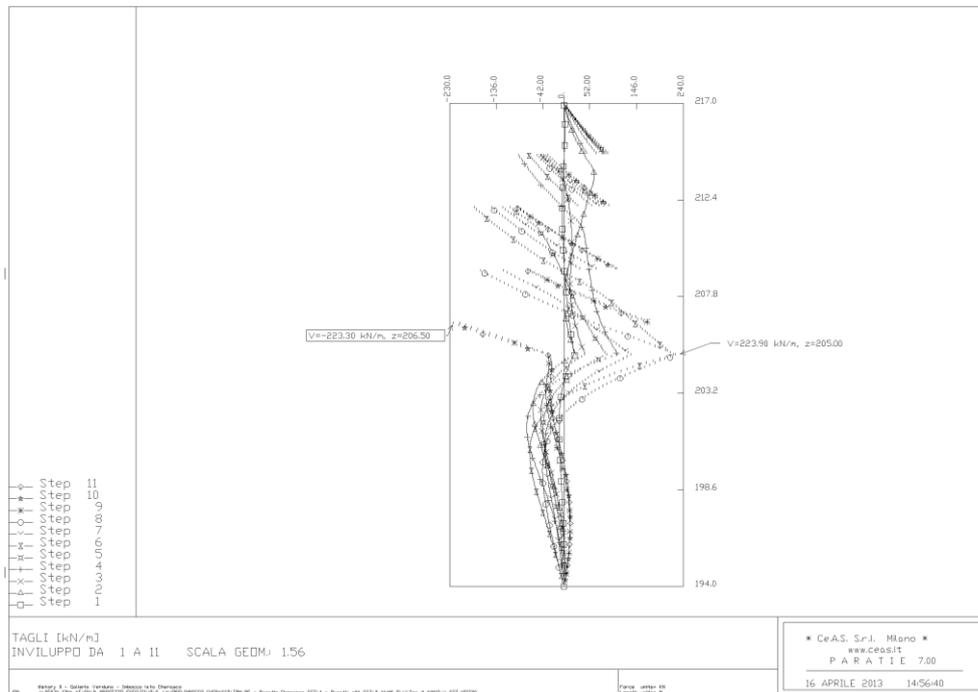


Figura 47: Azione di taglio – analisi A1M1SLV

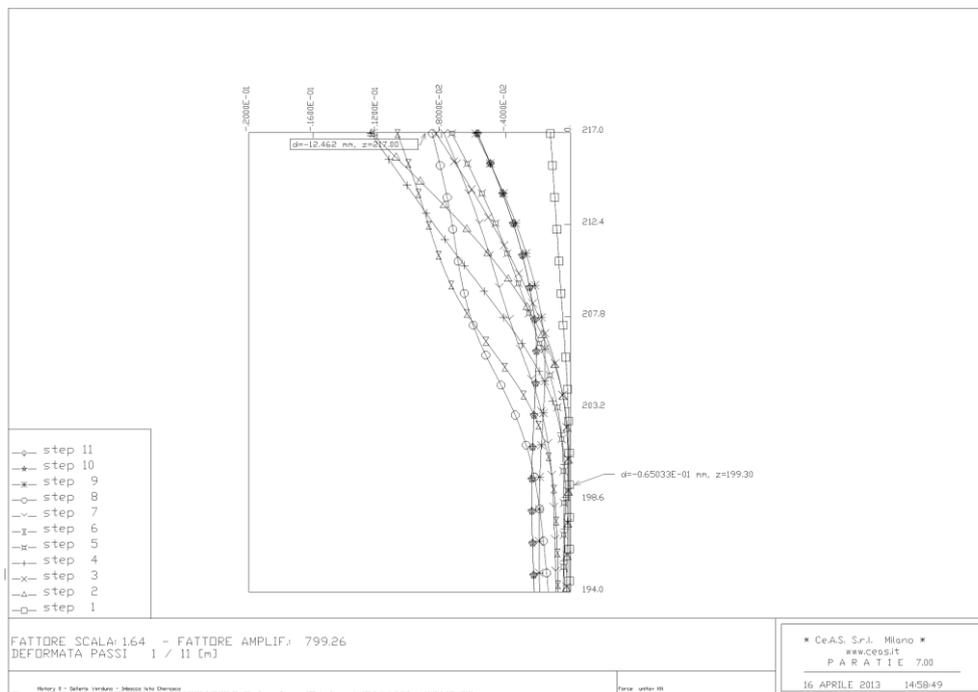


Figura 48: Deformata – analisi A1M1SLD

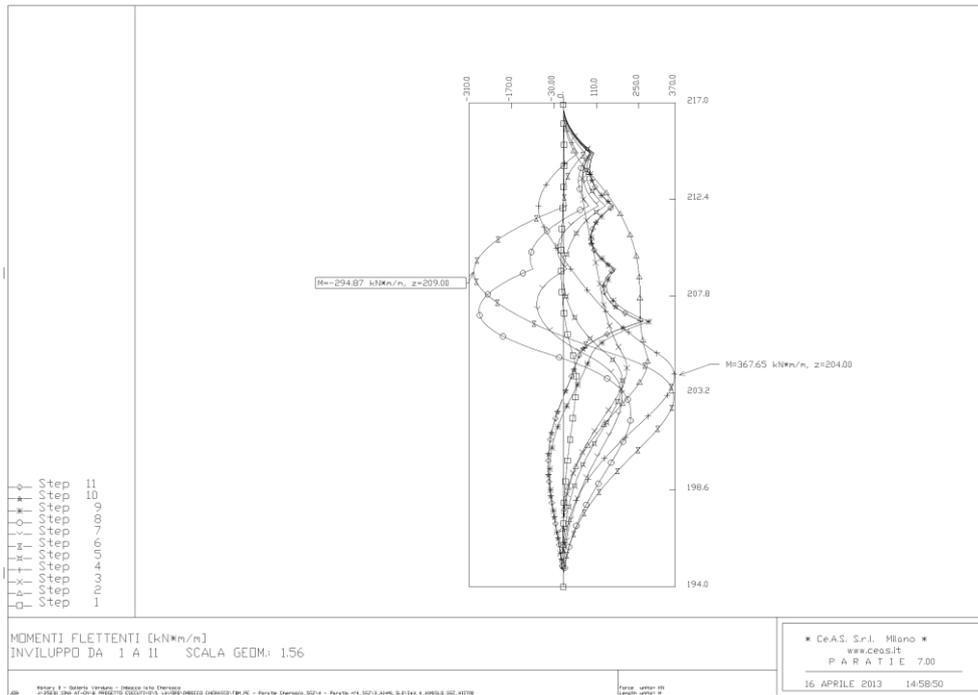


Figura 49: Momento flettente – analisi A1M1SLD

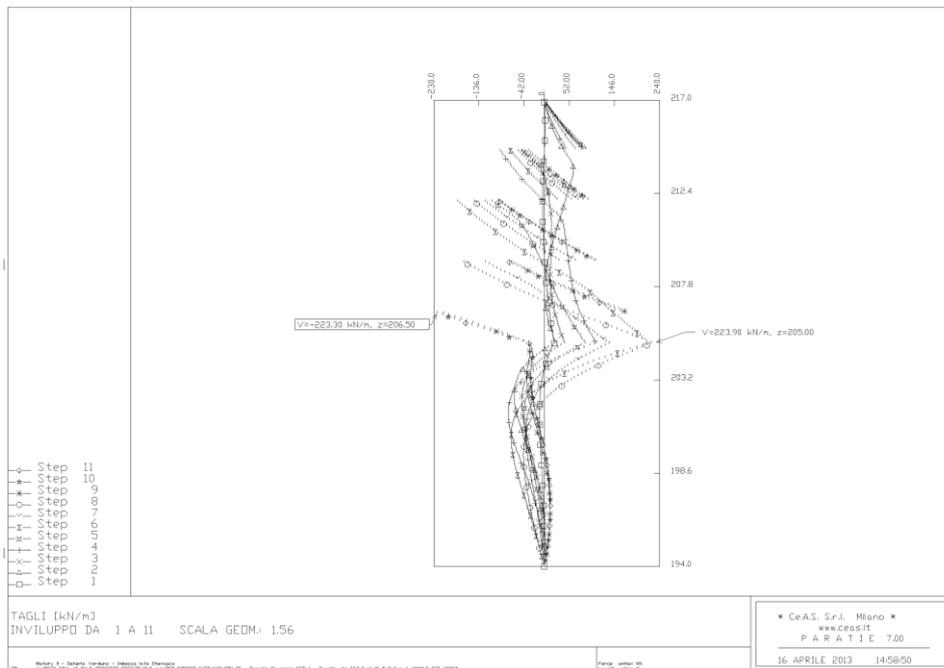


Figura 50: Azione di taglio – analisi A1M1SLD

12.2. PARATIE IN JET-GROUTING – TIPOLOGIA 1

Le analisi sono state eseguite con i parametri caratteristici dei materiali e dei terreni. Le verifiche strutturali, riportate nel seguito, considereranno tali risultati moltiplicati per il coefficiente 1.30.

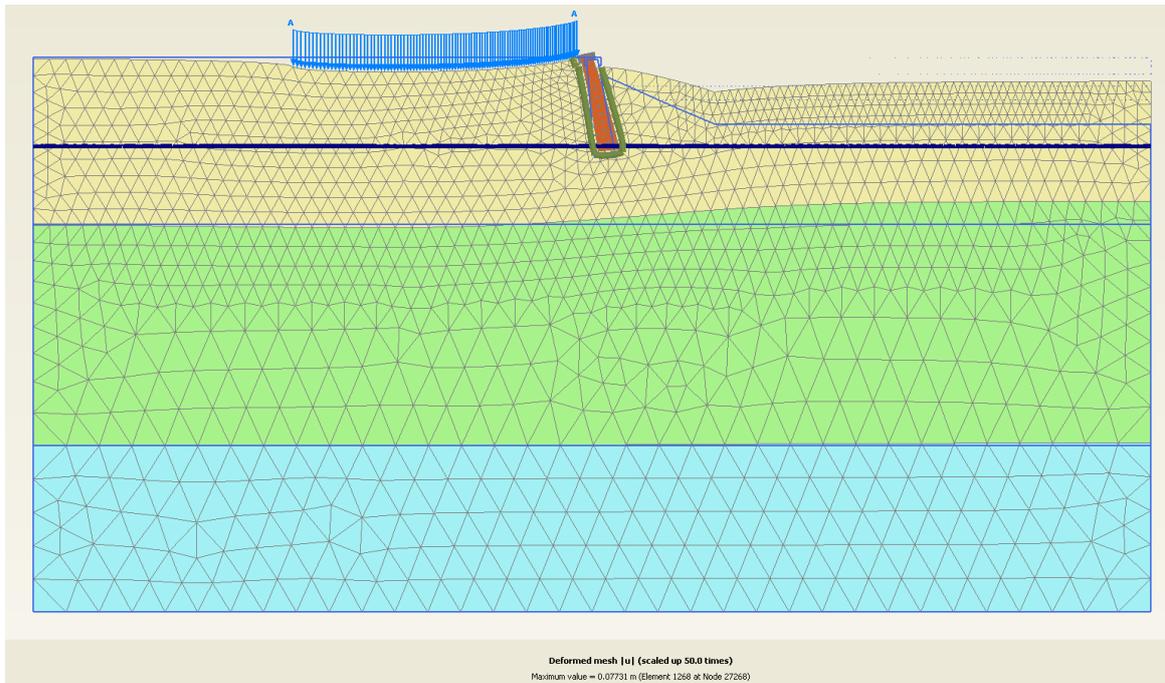


Figura 51: deformazione totale per l'ultima fase di scavo

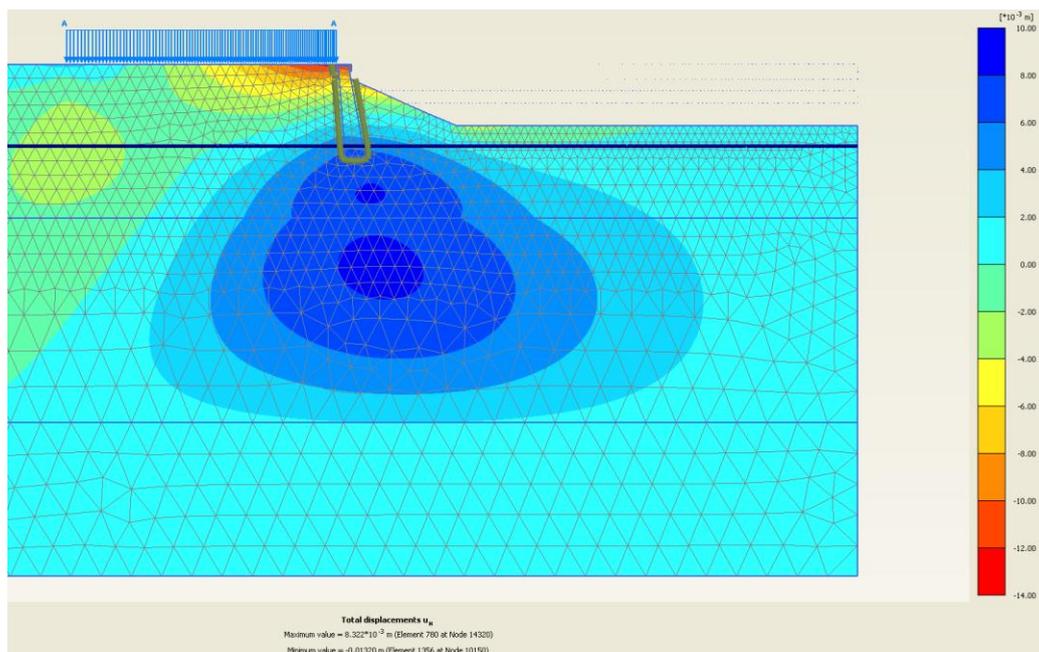


Figura 52: spostamento in direzione orizzontale

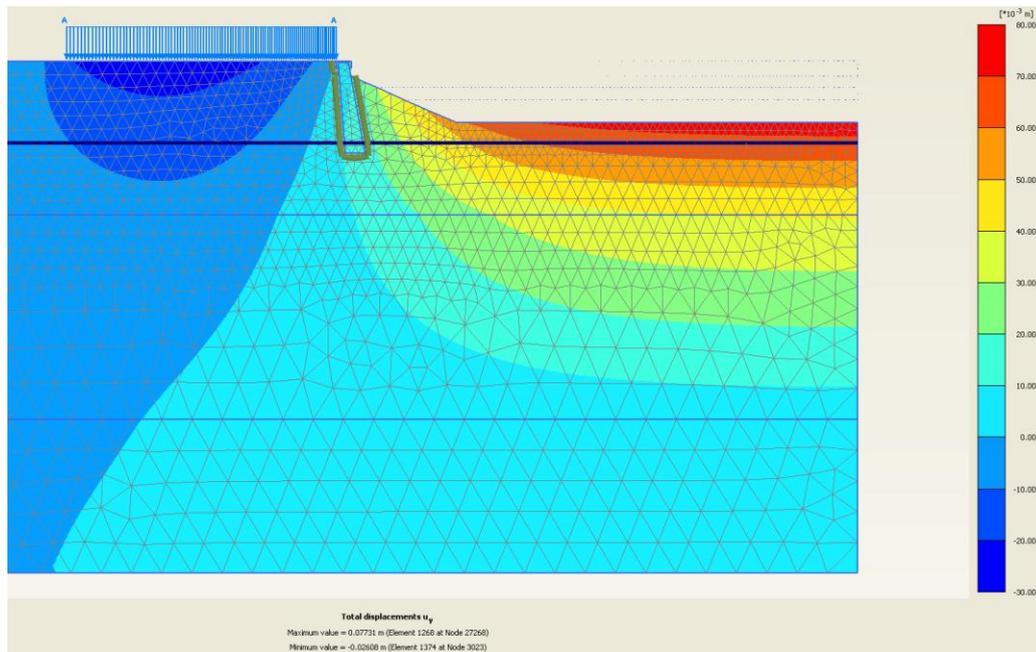


Figura 53: spostamento in direzione verticale

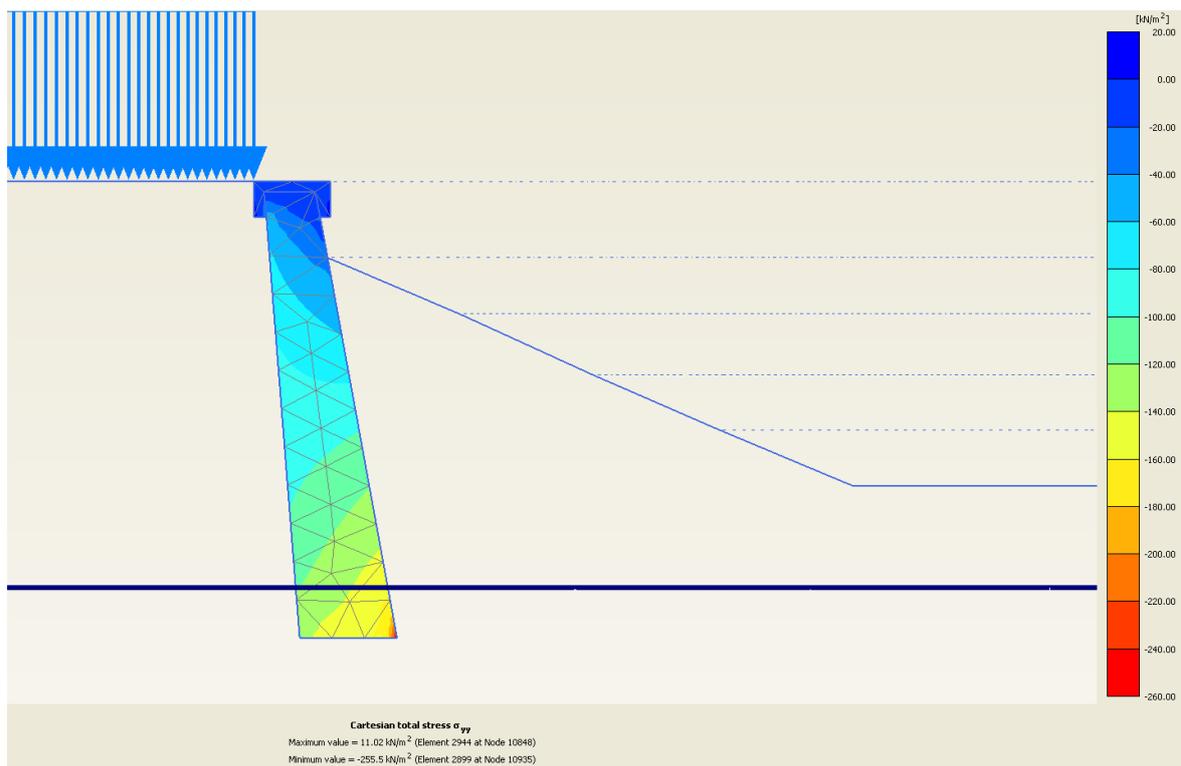


Figura 54: sforzo normale in direzione σ_{yy} [kN/mq]

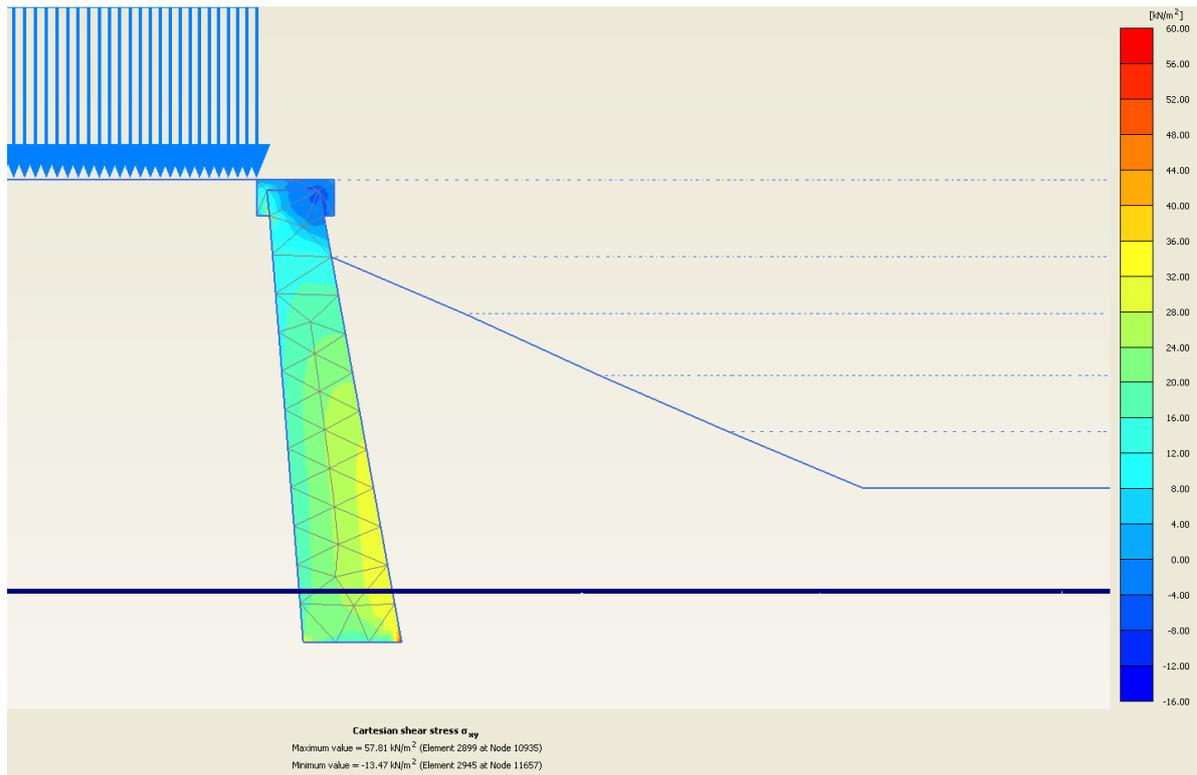


Figura 55: sforzo tangenziale σ_{xy} [kN/mq]

12.3. PARATIE IN JET-GROUTING – TIPOLOGIA 2

Le analisi sono state eseguite con i parametri caratteristici dei materiali e dei terreni. Le verifiche strutturali, riportate nel seguito, considereranno tali risultati moltiplicati per il coefficiente 1.30.

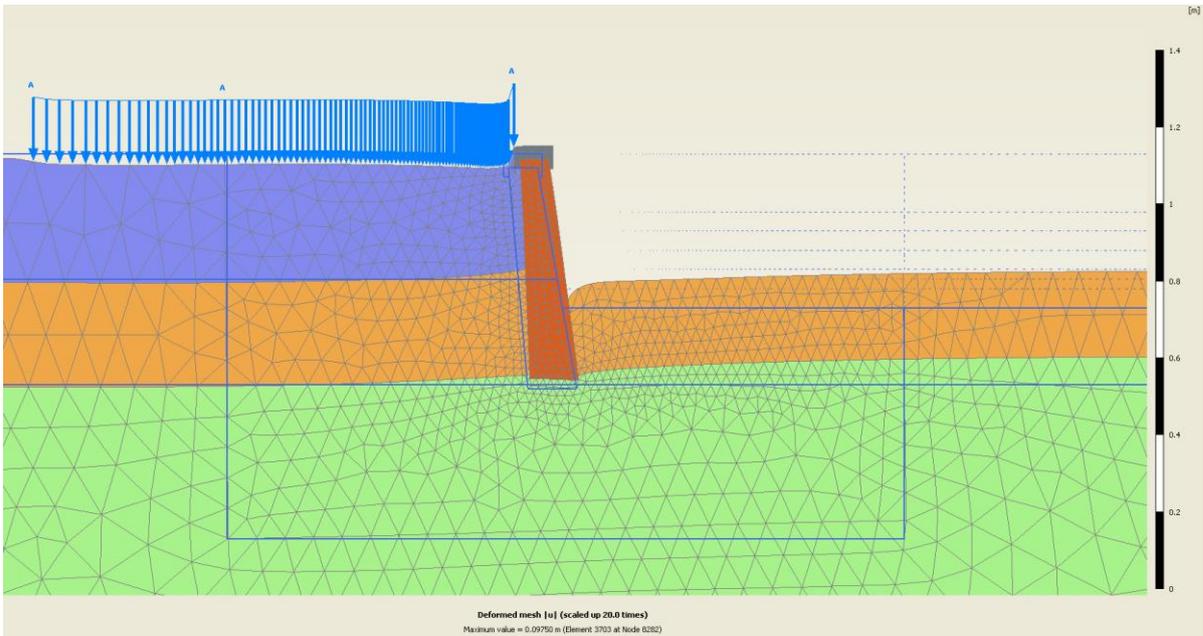


Figura 56: deformazione totale per l'ultima fase di scavo

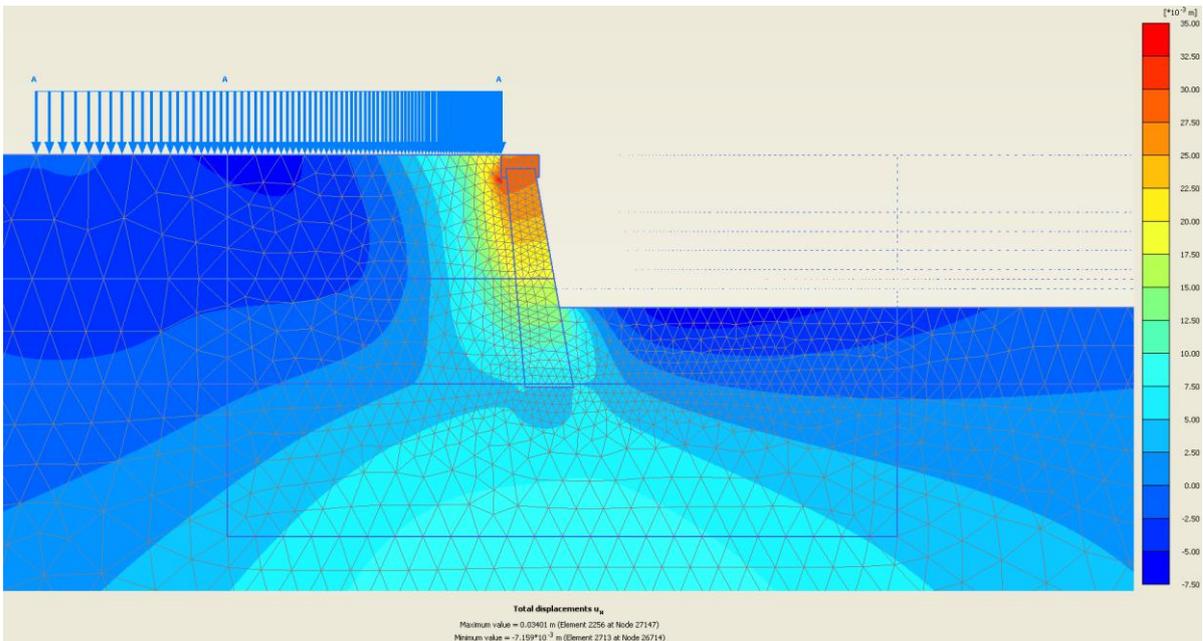


Figura 57: spostamento in direzione orizzontale

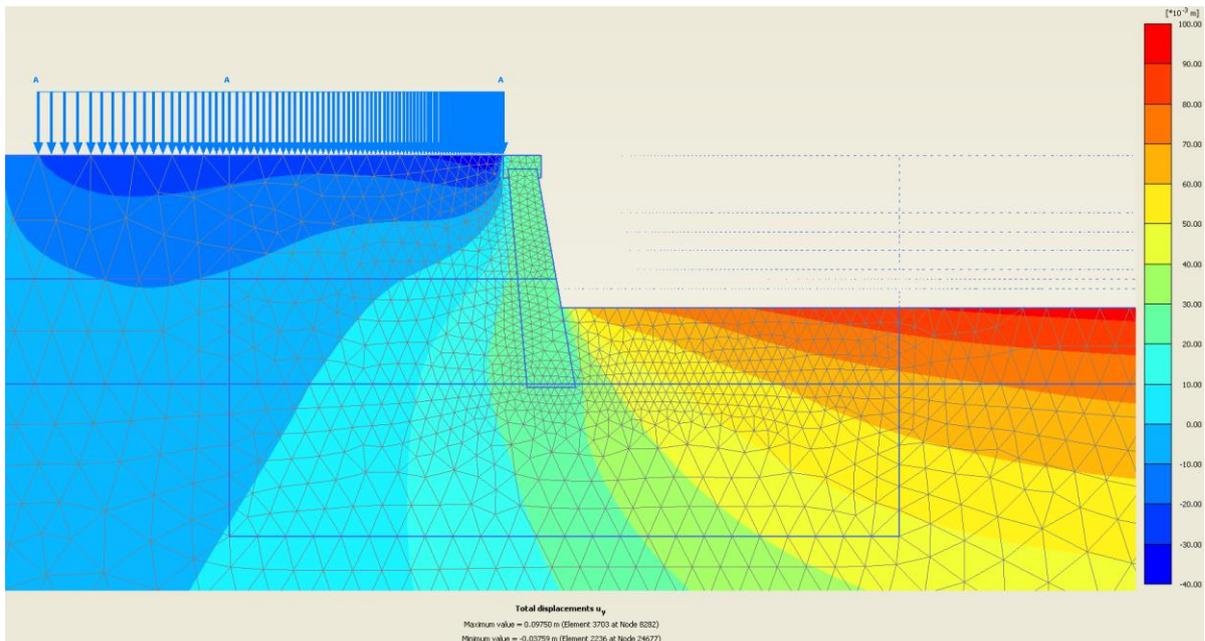


Figura 58: spostamento in direzione verticale

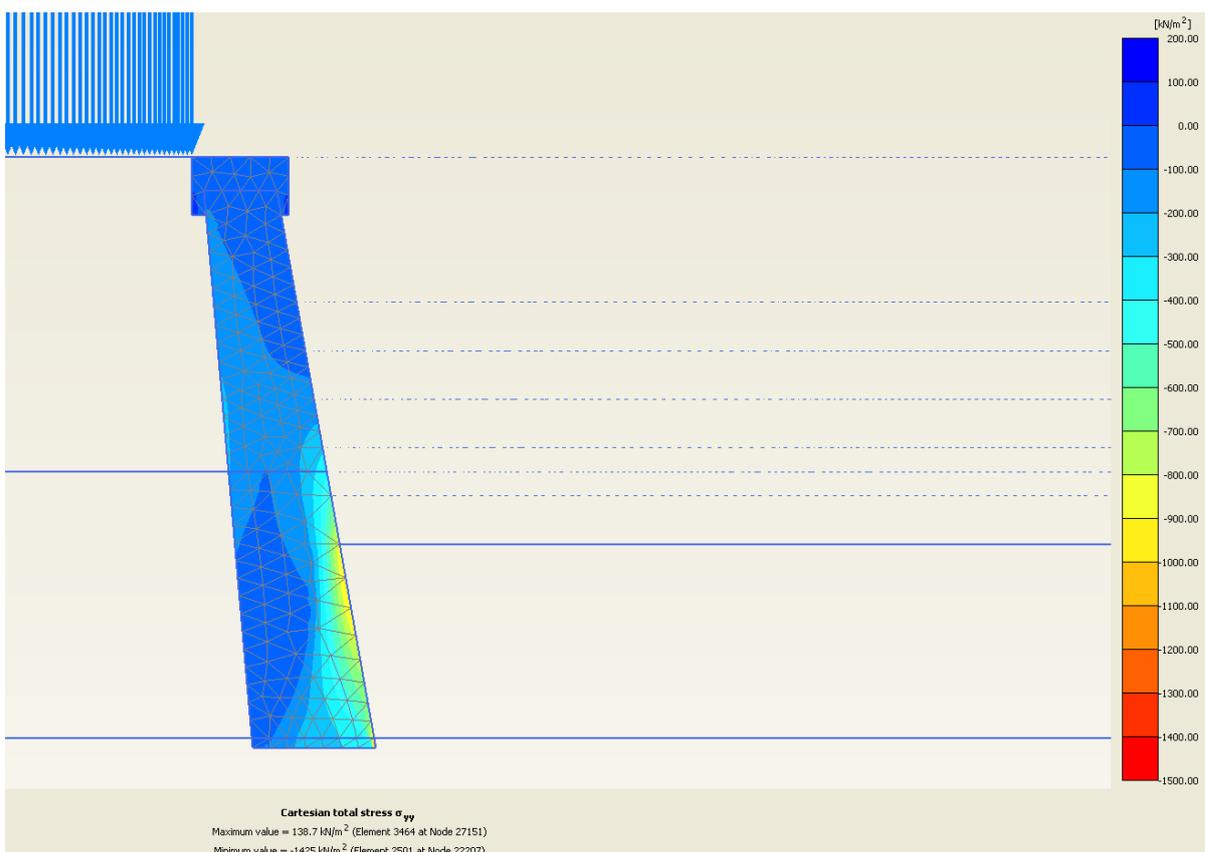


Figura 59: sforzo normale in direzione σ_{yy} [kN/mq]

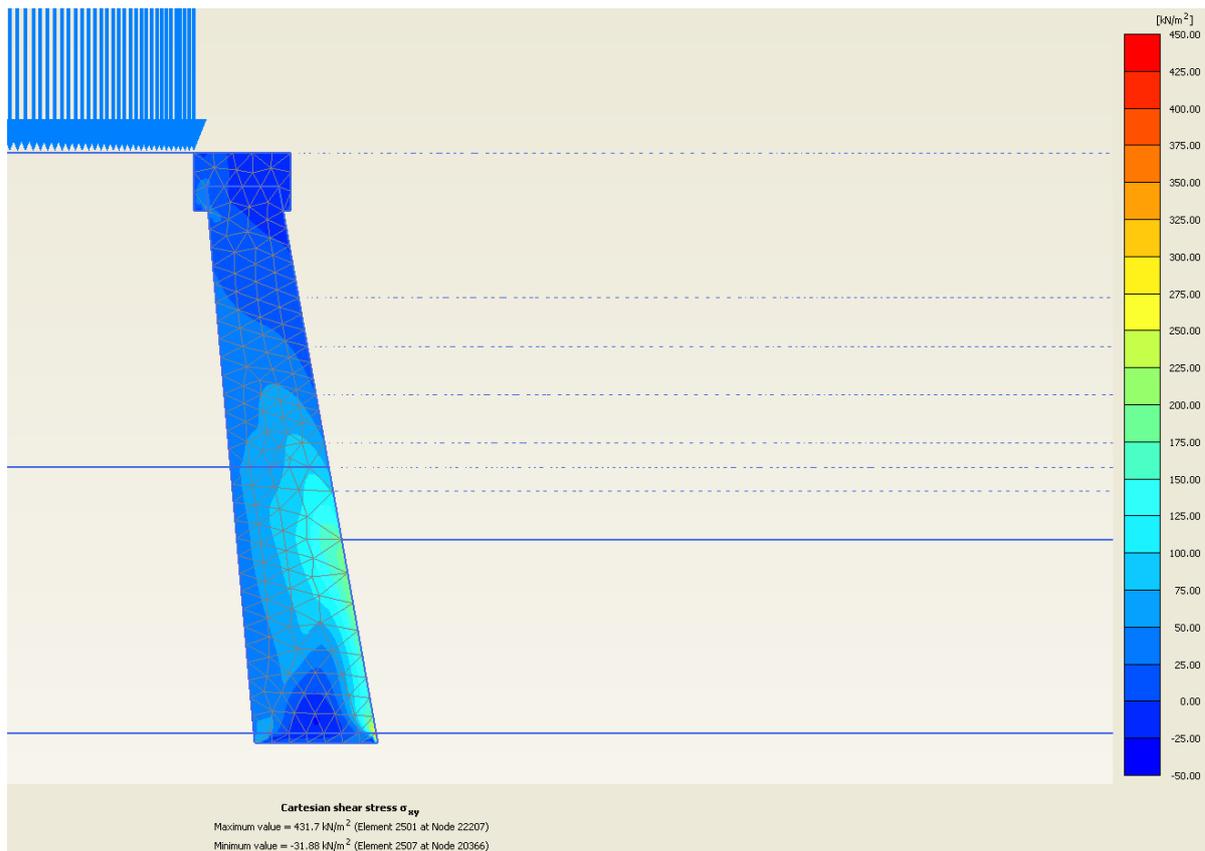


Figura 60: sforzo tangenziale σ_{xy} [kN/mq]

13. VERIFICHE STRUTTURALI

13.1. PARATIE IN PALI DI DIAMETRO 1200 MM

13.1.1. Verifiche dei pali in c.a. – Pali di altezza 32 m, 31 m, 28 m (provvisori)

I pali con diametro 1200 mm, di lunghezze 32 m, 31 m e 28 m, con carattere provvisoria necessari alla realizzazione della paratia di imbocco delle due canne, sono realizzati con un calcestruzzo di classe C25/30 con resistenza minima a compressione $R_{ck} \geq 30$ MPa. L'acciaio è del tipo B450C con tensione limite caratteristica di snervamento f_{yk} pari a 450 MPa.

I pali sono armati con 20 barre longitudinali $\phi 26$ per i primi 8.5 m di palo circa (Armatura tipo 1). Per i 14 m successivi circa, i pali sono armati con 20+16 barre longitudinali $\phi 26$ (Armatura tipo 2). La parte finale dei pali è armata ancora con 20 barre longitudinali $\phi 26$ (Armatura tipo 1). L'armatura a taglio è costituita da staffe $\phi 20 / 20$ cm. Si riportano nel seguito le verifiche strutturali più gravose allo Stato Limite Ultimo effettuate per le combinazioni A1M1 e Sisma SLV e le verifiche allo Stato Limite di Esercizio effettuate per le combinazioni Rara, Frequente e Quasi Permanente.

I pali di altezza 31 m, 32 m interessano le sezioni di calcolo 1 e 2, per le fasi 1 e 2. Tali risultati si considerano validi anche per i pali di altezza 28 m. Le analisi hanno evidenziato risultati più gravosi per la sezione di calcolo 2, eseguita in corrispondenza della galleria di valle: si riportano quindi le verifiche solo per questa sezione di calcolo avendo, in ogni caso, verificato che la disposizione delle barre di armatura fa fronte adeguatamente allo stato di sforzo presente nei pali della sezione di calcolo 1.



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
 PROGETTO ESECUTIVO
 Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco**

Risultati numerici

| FASE 1 | | A1+M1 | | | | | | | |
|--------|------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| z | N | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| | | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} |
| [m] | [kN] | [kNm] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] |
| 217.60 | 0.0 | 0.0 | 3.5 | 0.0 | 0.6 | 0.0 | 2.7 | 0.0 | 0.0 |
| 217.50 | 2.8 | 0.3 | 3.5 | 0.1 | 0.6 | 0.3 | 2.7 | 0.0 | 0.0 |
| 217.50 | 2.8 | 0.3 | 10.5 | 0.1 | 1.0 | 0.3 | 8.3 | 0.0 | 0.0 |
| 217.40 | 5.7 | 1.4 | 10.5 | 0.2 | 1.0 | 1.1 | 8.3 | 0.0 | 0.0 |
| 217.40 | 5.7 | 1.4 | 17.5 | 0.2 | 1.4 | 1.1 | 13.9 | 0.0 | 0.0 |
| 217.30 | 8.5 | 3.1 | 17.5 | 0.3 | 1.4 | 2.5 | 13.9 | 0.0 | 0.0 |
| 217.30 | 8.5 | 3.1 | 24.6 | 0.3 | 1.7 | 2.5 | 19.5 | 0.0 | 0.0 |
| 217.20 | 11.3 | 5.6 | 24.6 | 0.5 | 1.7 | 4.4 | 19.5 | 0.0 | 0.0 |
| 217.20 | 11.3 | 5.6 | 31.7 | 0.5 | 2.0 | 4.4 | 25.1 | 0.0 | 0.0 |
| 217.10 | 14.1 | 8.8 | 31.7 | 0.7 | 2.0 | 6.9 | 25.1 | 0.0 | 0.0 |
| 217.10 | 14.1 | 8.8 | 38.9 | 0.7 | 2.2 | 6.9 | 30.8 | 0.0 | 0.0 |
| 217.00 | 17.0 | 12.7 | 38.9 | 0.9 | 2.2 | 10.0 | 30.8 | 0.0 | 0.0 |
| 217.00 | 17.0 | 12.7 | 46.1 | 0.9 | 2.3 | 10.0 | 36.5 | 0.0 | 0.0 |
| 216.90 | 19.8 | 17.3 | 46.1 | 1.1 | 2.3 | 13.7 | 36.5 | 0.0 | 0.0 |
| 216.90 | 19.8 | 17.3 | 53.4 | 1.1 | 2.3 | 13.7 | 42.2 | 0.0 | 0.0 |
| 216.80 | 22.6 | 22.6 | 53.4 | 1.3 | 2.3 | 17.9 | 42.2 | 0.0 | 0.0 |
| 216.80 | 22.6 | 22.6 | 60.7 | 1.3 | 2.3 | 17.9 | 48.0 | 0.0 | 0.0 |
| 216.70 | 25.4 | 28.7 | 60.7 | 1.6 | 2.3 | 22.7 | 48.0 | 0.0 | 0.0 |
| 216.70 | 25.4 | 28.7 | 68.1 | 1.6 | 2.2 | 22.7 | 53.8 | 0.0 | 0.0 |
| 216.60 | 28.3 | 35.5 | 68.1 | 1.8 | 2.2 | 28.1 | 53.8 | 0.0 | 0.0 |
| 216.60 | 28.3 | 35.5 | 75.6 | 1.8 | 2.2 | 28.1 | 59.7 | 0.0 | 0.0 |
| 216.50 | 31.1 | 43.1 | 75.6 | 2.0 | 2.2 | 34.0 | 59.7 | 0.0 | 0.0 |
| 216.50 | 31.1 | 43.1 | 83.1 | 2.0 | 2.1 | 34.0 | 65.6 | 0.0 | 0.0 |
| 216.40 | 33.9 | 51.4 | 83.1 | 2.2 | 2.1 | 40.6 | 65.6 | 0.0 | 0.0 |
| 216.40 | 33.9 | 51.4 | 90.6 | 2.2 | 2.1 | 40.6 | 71.5 | 0.0 | 0.0 |
| 216.30 | 36.8 | 60.4 | 90.6 | 2.4 | 2.1 | 47.7 | 71.5 | 0.0 | 0.0 |
| 216.30 | 36.8 | 60.4 | 98.2 | 2.4 | 2.0 | 47.7 | 77.4 | 0.0 | 0.0 |
| 216.20 | 39.6 | 70.2 | 98.2 | 2.6 | 2.0 | 55.5 | 77.4 | 0.0 | 0.0 |
| 216.20 | 39.6 | 70.2 | 105.8 | 2.6 | 2.0 | 55.5 | 83.4 | 0.0 | 0.0 |
| 216.10 | 42.4 | 80.8 | 105.8 | 2.8 | 2.0 | 63.8 | 83.4 | 0.0 | 0.0 |
| 216.10 | 42.4 | 80.8 | 113.5 | 2.8 | 1.9 | 63.8 | 89.5 | 0.0 | 0.0 |
| 216.00 | 45.2 | 92.2 | 113.5 | 3.0 | 1.9 | 72.8 | 89.5 | 0.0 | 0.0 |
| 216.00 | 45.2 | 92.2 | 121.2 | 3.0 | 1.9 | 72.8 | 95.5 | 0.0 | 0.0 |
| 215.90 | 48.1 | 104.3 | 121.2 | 3.2 | 1.9 | 82.3 | 95.5 | 0.0 | 0.0 |
| 215.90 | 48.1 | 104.3 | 129.0 | 3.2 | 1.9 | 82.3 | 101.6 | 0.0 | 0.0 |
| 215.80 | 50.9 | 117.2 | 129.0 | 3.4 | 1.9 | 92.5 | 101.6 | 0.0 | 0.0 |
| 215.80 | 50.9 | 117.2 | 136.8 | 3.4 | 1.9 | 92.5 | 107.7 | 0.0 | 0.0 |
| 215.70 | 53.7 | 130.9 | 136.8 | 3.6 | 1.9 | 103.3 | 107.7 | 0.0 | 0.0 |
| 215.70 | 53.7 | 130.9 | 144.7 | 3.6 | 1.9 | 103.3 | 113.9 | 0.0 | 0.0 |
| 215.60 | 56.5 | 145.3 | 144.7 | 3.8 | 1.9 | 114.7 | 113.9 | 0.0 | 0.0 |
| 215.60 | 56.5 | 145.3 | 152.7 | 3.8 | 1.9 | 114.7 | 120.1 | 0.0 | 0.0 |
| 215.50 | 59.4 | 160.6 | 152.7 | 4.0 | 1.9 | 126.7 | 120.1 | 0.0 | 0.0 |
| 215.50 | 59.4 | 160.6 | 160.6 | 4.0 | 1.9 | 126.7 | 126.3 | 0.0 | 0.0 |
| 215.40 | 62.2 | 176.7 | 160.6 | 4.2 | 1.9 | 139.3 | 126.3 | 0.0 | 0.0 |
| 215.40 | 62.2 | 176.7 | 168.7 | 4.2 | 1.9 | 139.3 | 132.6 | 0.0 | 0.0 |
| 215.30 | 65.0 | 193.5 | 168.7 | 4.4 | 1.9 | 152.6 | 132.6 | 0.0 | 0.0 |
| 215.30 | 65.0 | 193.5 | 176.8 | 4.4 | 1.9 | 152.6 | 138.9 | 0.0 | 0.0 |
| 215.20 | 67.9 | 211.2 | 176.8 | 4.6 | 1.9 | 166.5 | 138.9 | 0.0 | 0.0 |
| 215.20 | 67.9 | 211.2 | 184.9 | 4.6 | 2.0 | 166.5 | 145.3 | 0.0 | 0.0 |
| 215.10 | 70.7 | 229.7 | 184.9 | 4.8 | 2.0 | 181.0 | 145.3 | 0.0 | 0.0 |
| 215.10 | 70.7 | 229.7 | 65.2 | 4.8 | -174.8 | 181.0 | 0.0 | 0.0 | -28.9 |
| 215.00 | 73.5 | 225.3 | 65.2 | 5.0 | -174.8 | 178.1 | 0.0 | 0.0 | -28.9 |
| 215.00 | 73.5 | 225.3 | 69.3 | 5.0 | -169.8 | 178.1 | 0.0 | 0.0 | -22.5 |
| 214.90 | 76.3 | 221.7 | 69.3 | 5.2 | -169.8 | 175.8 | 0.0 | 0.0 | -22.5 |
| 214.90 | 76.3 | 221.7 | 73.4 | 5.2 | -164.8 | 175.8 | 0.0 | 0.0 | -16.1 |
| 214.80 | 79.2 | 218.9 | 73.4 | 5.4 | -164.8 | 174.2 | 0.0 | 0.0 | -16.1 |
| 214.80 | 79.2 | 218.9 | 77.7 | 5.4 | -159.6 | 174.2 | 0.0 | 0.0 | -9.6 |
| 214.70 | 82.0 | 217.0 | 77.7 | 5.6 | -159.6 | 173.3 | 0.0 | 0.0 | -9.6 |



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
 PROGETTO ESECUTIVO
 Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco**

| FASE 1 | | A1+M1 | | | | | | | |
|--------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| z | N | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} |
| [m] | [kN] | [kNm] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] |
| 214.70 | 82.0 | 217.0 | 82.1 | 5.6 | -154.3 | 173.3 | 0.0 | 0.0 | -3.1 |
| 214.60 | 84.8 | 215.9 | 82.1 | 5.8 | -154.3 | 173.0 | 0.0 | 0.0 | -3.1 |
| 214.60 | 84.8 | 215.9 | 86.6 | 5.8 | -149.0 | 173.0 | 3.5 | 0.0 | 0.0 |
| 214.50 | 87.7 | 215.6 | 86.6 | 6.0 | -149.0 | 173.3 | 3.5 | 0.0 | 0.0 |
| 214.50 | 87.7 | 215.6 | 90.1 | 6.0 | -143.6 | 173.3 | 10.0 | 0.0 | 0.0 |
| 214.40 | 90.5 | 216.2 | 90.1 | -5.2 | -143.6 | 174.3 | 10.0 | 0.0 | 0.0 |
| 214.40 | 90.5 | 216.2 | 92.7 | -5.2 | -138.1 | 174.3 | 16.6 | 0.0 | 0.0 |
| 214.30 | 93.3 | 217.6 | 92.7 | -19.0 | -138.1 | 176.0 | 16.6 | 0.0 | 0.0 |
| 214.30 | 93.3 | 217.6 | 94.2 | -19.0 | -132.4 | 176.0 | 23.3 | 0.0 | 0.0 |
| 214.20 | 96.1 | 219.9 | 94.2 | -32.2 | -132.4 | 178.3 | 23.3 | 0.0 | 0.0 |
| 214.20 | 96.1 | 219.9 | 94.8 | -32.2 | -126.8 | 178.3 | 30.0 | 0.0 | 0.0 |
| 214.10 | 99.0 | 223.1 | 94.8 | -44.9 | -126.8 | 181.3 | 30.0 | 0.0 | 0.0 |
| 214.10 | 99.0 | 223.1 | 94.4 | -44.9 | -121.1 | 181.3 | 36.7 | 0.0 | 0.0 |
| 214.00 | 101.8 | 227.1 | 94.4 | -57.0 | -121.1 | 185.0 | 36.7 | 0.0 | 0.0 |
| 214.00 | 101.8 | 227.1 | 93.4 | -57.0 | -115.3 | 185.0 | 43.4 | 0.0 | 0.0 |
| 213.90 | 104.6 | 232.0 | 93.4 | -68.6 | -115.3 | 189.3 | 43.4 | 0.0 | 0.0 |
| 213.90 | 104.6 | 232.0 | 92.3 | -68.6 | -109.6 | 189.3 | 50.2 | 0.0 | 0.0 |
| 213.80 | 107.4 | 237.8 | 92.3 | -79.5 | -109.6 | 194.3 | 50.2 | 0.0 | 0.0 |
| 213.80 | 107.4 | 237.8 | 91.2 | -79.5 | -103.7 | 194.3 | 57.0 | 0.0 | 0.0 |
| 213.70 | 110.3 | 244.4 | 91.2 | -89.9 | -103.7 | 200.0 | 57.0 | 0.0 | 0.0 |
| 213.70 | 110.3 | 244.4 | 89.9 | -89.9 | -97.8 | 200.0 | 63.8 | 0.0 | 0.0 |
| 213.60 | 113.1 | 251.9 | 89.9 | -99.7 | -97.8 | 206.4 | 63.8 | 0.0 | 0.0 |
| 213.60 | 113.1 | 251.9 | 88.6 | -99.7 | -91.9 | 206.4 | 70.6 | 0.0 | 0.0 |
| 213.50 | 115.9 | 260.3 | 88.6 | -108.9 | -91.9 | 213.5 | 70.6 | 0.0 | 0.0 |
| 213.50 | 115.9 | 260.3 | 92.8 | -108.9 | -85.9 | 213.5 | 77.4 | 0.0 | 0.0 |
| 213.40 | 118.8 | 269.6 | 92.8 | -117.5 | -85.9 | 221.2 | 77.4 | 0.0 | 0.0 |
| 213.40 | 118.8 | 269.6 | 101.5 | -117.5 | -79.8 | 221.2 | 84.2 | 0.0 | 0.0 |
| 213.30 | 121.6 | 279.8 | 101.5 | -125.4 | -79.8 | 229.6 | 84.2 | 0.0 | 0.0 |
| 213.30 | 121.6 | 279.8 | 110.3 | -125.4 | -73.8 | 229.6 | 90.9 | 0.0 | 0.0 |
| 213.20 | 124.4 | 290.8 | 110.3 | -132.8 | -73.8 | 238.7 | 90.9 | 0.0 | 0.0 |
| 213.20 | 124.4 | 290.8 | 119.0 | -132.8 | -67.6 | 238.7 | 97.6 | 0.0 | 0.0 |
| 213.10 | 127.2 | 302.7 | 119.0 | -139.6 | -67.6 | 248.5 | 97.6 | 0.0 | 0.0 |
| 213.10 | 127.2 | 302.7 | 127.7 | -139.6 | -61.4 | 248.5 | 104.3 | 0.0 | 0.0 |
| 213.00 | 130.1 | 315.5 | 127.7 | -145.7 | -61.4 | 258.9 | 104.3 | 0.0 | 0.0 |
| 213.00 | 130.1 | 315.5 | 136.4 | -145.7 | -55.2 | 258.9 | 111.1 | 0.0 | 0.0 |
| 212.90 | 132.9 | 329.1 | 136.4 | -151.2 | -55.2 | 270.0 | 111.1 | 0.0 | 0.0 |
| 212.90 | 132.9 | 329.1 | 145.2 | -151.2 | -48.9 | 270.0 | 117.8 | 0.0 | 0.0 |
| 212.80 | 135.7 | 343.6 | 145.2 | -156.1 | -48.9 | 281.8 | 117.8 | 0.0 | 0.0 |
| 212.80 | 135.7 | 343.6 | 154.0 | -156.1 | -42.3 | 281.8 | 124.6 | 0.0 | 0.0 |
| 212.70 | 138.5 | 359.0 | 154.0 | -160.4 | -42.3 | 294.3 | 124.6 | 0.0 | 0.0 |
| 212.70 | 138.5 | 359.0 | 163.0 | -160.4 | -35.7 | 294.3 | 131.5 | 0.0 | 0.0 |
| 212.60 | 141.4 | 375.3 | 163.0 | -163.9 | -35.7 | 307.4 | 131.5 | 0.0 | 0.0 |
| 212.60 | 141.4 | 375.3 | 172.0 | -163.9 | -29.0 | 307.4 | 138.5 | 0.0 | 0.0 |
| 212.50 | 144.2 | 392.5 | 172.0 | -166.8 | -29.0 | 321.3 | 138.5 | 0.0 | 0.0 |
| 212.50 | 144.2 | 392.5 | 181.2 | -166.8 | -22.1 | 321.3 | 145.6 | 0.0 | 0.0 |
| 212.40 | 147.0 | 410.6 | 181.2 | -169.0 | -22.1 | 335.8 | 145.6 | 0.0 | 0.0 |
| 212.40 | 147.0 | 410.6 | 190.5 | -169.0 | -15.1 | 335.8 | 152.7 | 0.0 | 0.0 |
| 212.30 | 149.9 | 429.7 | 190.5 | -170.5 | -15.1 | 351.1 | 152.7 | 0.0 | 0.0 |
| 212.30 | 149.9 | 429.7 | 200.0 | -170.5 | -8.0 | 351.1 | 160.0 | 0.0 | 0.0 |
| 212.20 | 152.7 | 449.7 | 200.0 | -171.3 | -8.0 | 367.1 | 160.0 | 0.0 | 0.0 |
| 212.20 | 152.7 | 449.7 | 210.4 | -171.3 | -0.9 | 367.1 | 167.9 | 0.0 | 0.0 |
| 212.10 | 155.5 | 470.7 | 210.4 | -171.4 | -0.9 | 383.9 | 167.9 | 0.0 | 0.0 |
| 212.10 | 155.5 | 470.7 | 57.8 | -171.4 | -363.1 | 383.9 | 0.0 | 0.0 | -127.5 |
| 212.00 | 158.3 | 453.5 | 57.8 | -170.8 | -363.1 | 371.1 | 0.0 | 0.0 | -127.5 |
| 212.00 | 158.3 | 453.5 | 53.5 | -170.8 | -355.7 | 371.1 | 0.0 | 0.0 | -119.3 |
| 211.90 | 161.2 | 437.3 | 53.5 | -169.4 | -355.7 | 359.2 | 0.0 | 0.0 | -119.3 |
| 211.90 | 161.2 | 437.3 | 49.1 | -169.4 | -348.2 | 359.2 | 0.0 | 0.0 | -111.0 |
| 211.80 | 164.0 | 422.2 | 49.1 | -167.3 | -348.2 | 348.1 | 0.0 | 0.0 | -111.0 |
| 211.80 | 164.0 | 422.2 | 44.7 | -167.3 | -340.6 | 348.1 | 0.0 | 0.0 | -102.6 |
| 211.70 | 166.8 | 408.2 | 44.7 | -164.4 | -340.6 | 337.8 | 0.0 | 0.0 | -102.6 |



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
 PROGETTO ESECUTIVO
 Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco**

| FASE 1 | | A1+M1 | | | | | | | |
|--------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| z | N | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} |
| [m] | [kN] | [kNm] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] |
| 211.70 | 166.8 | 408.2 | 40.4 | -164.4 | -332.9 | 337.8 | 0.0 | 0.0 | -94.1 |
| 211.60 | 169.6 | 395.3 | 40.4 | -160.8 | -332.9 | 328.4 | 0.0 | 0.0 | -94.1 |
| 211.60 | 169.6 | 395.3 | 41.5 | -160.8 | -325.0 | 328.4 | 0.0 | 0.0 | -85.6 |
| 211.50 | 172.5 | 383.5 | 41.5 | -178.0 | -325.0 | 319.9 | 0.0 | 0.0 | -85.6 |
| 211.50 | 172.5 | 383.5 | 45.5 | -178.0 | -317.0 | 319.9 | 0.0 | 0.0 | -76.9 |
| 211.40 | 175.3 | 372.9 | 45.5 | -209.7 | -317.0 | 312.2 | 0.0 | 0.0 | -76.9 |
| 211.40 | 175.3 | 372.9 | 48.8 | -209.7 | -308.9 | 312.2 | 0.0 | 0.0 | -68.2 |
| 211.30 | 178.1 | 363.4 | 48.8 | -240.6 | -308.9 | 305.4 | 0.0 | 0.0 | -68.2 |
| 211.30 | 178.1 | 363.4 | 51.2 | -240.6 | -300.6 | 305.4 | 0.0 | 0.0 | -59.3 |
| 211.20 | 181.0 | 355.1 | 51.2 | -270.7 | -300.6 | 299.4 | 0.0 | 0.0 | -59.3 |
| 211.20 | 181.0 | 355.1 | 52.9 | -270.7 | -292.3 | 299.4 | 0.0 | 0.0 | -50.4 |
| 211.10 | 183.8 | 347.9 | 52.9 | -299.9 | -292.3 | 294.4 | 0.0 | 0.0 | -50.4 |
| 211.10 | 183.8 | 347.9 | 53.7 | -299.9 | -283.8 | 294.4 | 0.0 | 0.0 | -41.3 |
| 211.00 | 186.6 | 349.4 | 53.7 | -328.3 | -283.8 | 290.3 | 0.0 | 0.0 | -41.3 |
| 211.00 | 186.6 | 349.4 | 53.7 | -328.3 | -275.1 | 290.3 | 0.0 | 0.0 | -32.2 |
| 210.90 | 189.4 | 350.8 | 53.7 | -355.8 | -275.1 | 287.1 | 0.0 | 0.0 | -32.2 |
| 210.90 | 189.4 | 350.8 | 53.5 | -355.8 | -266.4 | 287.1 | 0.0 | 0.0 | -23.0 |
| 210.80 | 192.3 | 351.8 | 53.5 | -382.5 | -266.4 | 284.8 | 0.0 | 0.0 | -23.0 |
| 210.80 | 192.3 | 351.8 | 53.1 | -382.5 | -257.5 | 284.8 | 0.0 | 0.0 | -13.7 |
| 210.70 | 195.1 | 352.6 | 53.1 | -408.2 | -257.5 | 283.4 | 0.0 | 0.0 | -13.7 |
| 210.70 | 195.1 | 352.6 | 52.5 | -408.2 | -248.5 | 283.4 | 0.0 | 0.0 | -4.3 |
| 210.60 | 197.9 | 353.0 | 52.5 | -433.1 | -248.5 | 283.0 | 0.0 | 0.0 | -4.3 |
| 210.60 | 197.9 | 353.0 | 51.9 | -433.1 | -239.4 | 283.0 | 5.2 | 0.0 | 0.0 |
| 210.50 | 200.7 | 353.2 | 51.9 | -457.0 | -239.4 | 283.5 | 5.2 | 0.0 | 0.0 |
| 210.50 | 200.7 | 353.2 | 51.1 | -457.0 | -230.2 | 283.5 | 14.8 | 0.0 | 0.0 |
| 210.40 | 203.6 | 353.1 | 51.1 | -480.0 | -230.2 | 285.0 | 14.8 | 0.0 | 0.0 |
| 210.40 | 203.6 | 353.1 | 50.3 | -480.0 | -220.8 | 285.0 | 24.4 | 0.0 | 0.0 |
| 210.30 | 206.4 | 352.7 | 50.3 | -502.1 | -220.8 | 287.4 | 24.4 | 0.0 | 0.0 |
| 210.30 | 206.4 | 352.7 | 49.4 | -502.1 | -211.3 | 287.4 | 34.2 | 0.0 | 0.0 |
| 210.20 | 209.2 | 352.0 | 49.4 | -523.2 | -211.3 | 290.8 | 34.2 | 0.0 | 0.0 |
| 210.20 | 209.2 | 352.0 | 53.3 | -523.2 | -201.7 | 290.8 | 44.0 | 0.0 | 0.0 |
| 210.10 | 212.1 | 351.1 | 53.3 | -543.4 | -201.7 | 295.2 | 44.0 | 0.0 | 0.0 |
| 210.10 | 212.1 | 351.1 | 66.4 | -543.4 | -192.0 | 295.2 | 54.0 | 0.0 | 0.0 |
| 210.00 | 214.9 | 350.7 | 66.4 | -562.6 | -192.0 | 300.6 | 54.0 | 0.0 | 0.0 |
| 210.00 | 214.9 | 350.7 | 79.7 | -562.6 | -182.1 | 300.6 | 64.0 | 0.0 | 0.0 |
| 209.90 | 217.7 | 358.6 | 79.7 | -580.8 | -182.1 | 307.0 | 64.0 | 0.0 | 0.0 |
| 209.90 | 217.7 | 358.6 | 93.1 | -580.8 | -172.1 | 307.0 | 74.1 | 0.0 | 0.0 |
| 209.80 | 220.5 | 368.0 | 93.1 | -598.0 | -172.1 | 314.4 | 74.1 | 0.0 | 0.0 |
| 209.80 | 220.5 | 368.0 | 106.6 | -598.0 | -162.0 | 314.4 | 84.3 | 0.0 | 0.0 |
| 209.70 | 223.4 | 378.6 | 106.6 | -614.2 | -162.0 | 322.9 | 84.3 | 0.0 | 0.0 |
| 209.70 | 223.4 | 378.6 | 120.3 | -614.2 | -151.7 | 322.9 | 94.6 | 0.0 | 0.0 |
| 209.60 | 226.2 | 390.6 | 120.3 | -629.4 | -151.7 | 332.3 | 94.6 | 0.0 | 0.0 |
| 209.60 | 226.2 | 390.6 | 134.0 | -629.4 | -141.4 | 332.3 | 104.9 | 0.0 | 0.0 |
| 209.50 | 229.0 | 404.1 | 134.0 | -643.5 | -141.4 | 342.8 | 104.9 | 0.0 | 0.0 |
| 209.50 | 229.0 | 404.1 | 148.0 | -643.5 | -130.7 | 342.8 | 115.4 | 0.0 | 0.0 |
| 209.40 | 231.8 | 418.9 | 148.0 | -656.6 | -130.7 | 354.4 | 115.4 | 0.0 | 0.0 |
| 209.40 | 231.8 | 418.9 | 162.2 | -656.6 | -119.9 | 354.4 | 126.1 | 0.0 | 0.0 |
| 209.30 | 234.7 | 435.1 | 162.2 | -668.6 | -119.9 | 367.0 | 126.1 | 0.0 | 0.0 |
| 209.30 | 234.7 | 435.1 | 176.6 | -668.6 | -108.8 | 367.0 | 137.0 | 0.0 | 0.0 |
| 209.20 | 237.5 | 452.7 | 176.6 | -679.5 | -108.8 | 380.7 | 137.0 | 0.0 | 0.0 |
| 209.20 | 237.5 | 452.7 | 191.3 | -679.5 | -97.5 | 380.7 | 148.0 | 0.0 | 0.0 |
| 209.10 | 240.3 | 471.9 | 191.3 | -689.2 | -97.5 | 395.5 | 148.0 | 0.0 | 0.0 |
| 209.10 | 240.3 | 471.9 | 37.0 | -689.2 | -544.0 | 395.5 | 0.0 | 0.0 | -164.0 |
| 209.00 | 243.2 | 451.2 | 37.0 | -697.8 | -544.0 | 379.1 | 0.0 | 0.0 | -164.0 |
| 209.00 | 243.2 | 451.2 | 35.9 | -697.8 | -532.2 | 379.1 | 0.0 | 0.0 | -152.7 |
| 208.90 | 246.0 | 432.1 | 35.9 | -705.2 | -532.2 | 363.8 | 0.0 | 0.0 | -152.7 |
| 208.90 | 246.0 | 432.1 | 34.9 | -705.2 | -520.2 | 363.8 | 0.0 | 0.0 | -141.2 |
| 208.80 | 248.8 | 414.5 | 34.9 | -713.0 | -520.2 | 349.7 | 0.0 | 0.0 | -141.2 |
| 208.80 | 248.8 | 414.5 | 33.8 | -713.0 | -507.9 | 349.7 | 0.0 | 0.0 | -129.6 |
| 208.70 | 251.6 | 398.5 | 33.8 | -763.8 | -507.9 | 336.7 | 0.0 | 0.0 | -129.6 |



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

| FASE 1 | | A1+M1 | | | | | | | |
|--------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| z | N | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} |
| [m] | [kN] | [kNm] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] |
| 208.70 | 251.6 | 398.5 | 32.8 | -763.8 | -495.5 | 336.7 | 0.0 | 0.0 | -117.8 |
| 208.60 | 254.5 | 384.0 | 32.8 | -813.3 | -495.5 | 324.9 | 0.0 | 0.0 | -117.8 |
| 208.60 | 254.5 | 384.0 | 31.8 | -813.3 | -482.8 | 324.9 | 0.0 | 0.0 | -105.9 |
| 208.50 | 257.3 | 371.1 | 31.8 | -861.6 | -482.8 | 314.3 | 0.0 | 0.0 | -105.9 |
| 208.50 | 257.3 | 371.1 | 30.8 | -861.6 | -469.8 | 314.3 | 0.0 | 0.0 | -93.8 |
| 208.40 | 260.1 | 359.9 | 30.8 | -908.6 | -469.8 | 305.0 | 0.0 | 0.0 | -93.8 |
| 208.40 | 260.1 | 359.9 | 29.8 | -908.6 | -456.6 | 305.0 | 0.0 | 0.0 | -81.5 |
| 208.30 | 263.0 | 350.2 | 29.8 | -954.2 | -456.6 | 296.8 | 0.0 | 0.0 | -81.5 |
| 208.30 | 263.0 | 350.2 | 28.8 | -954.2 | -443.2 | 296.8 | 0.0 | 0.0 | -69.1 |
| 208.20 | 265.8 | 342.3 | 28.8 | -998.6 | -443.2 | 289.9 | 0.0 | 0.0 | -69.1 |
| 208.20 | 265.8 | 342.3 | 27.9 | -998.6 | -429.6 | 289.9 | 0.0 | 0.0 | -56.6 |
| 208.10 | 268.6 | 335.9 | 27.9 | -1041.5 | -429.6 | 284.2 | 0.0 | 0.0 | -56.6 |
| 208.10 | 268.6 | 335.9 | 26.9 | -1041.5 | -415.7 | 284.2 | 0.0 | 0.0 | -43.9 |
| 208.00 | 271.4 | 331.3 | 26.9 | -1083.1 | -415.7 | 279.8 | 0.0 | 0.0 | -43.9 |
| 208.00 | 271.4 | 331.3 | 26.0 | -1083.1 | -401.6 | 279.8 | 0.0 | 0.0 | -31.1 |
| 207.90 | 274.3 | 328.4 | 26.0 | -1123.2 | -401.6 | 276.7 | 0.0 | 0.0 | -31.1 |
| 207.90 | 274.3 | 328.4 | 30.1 | -1123.2 | -387.3 | 276.7 | 0.0 | 0.0 | -18.1 |
| 207.80 | 277.1 | 327.3 | 30.1 | -1162.0 | -387.3 | 274.9 | 0.0 | 0.0 | -18.1 |
| 207.80 | 277.1 | 327.3 | 36.8 | -1162.0 | -372.7 | 274.9 | 0.0 | 0.0 | -4.9 |
| 207.70 | 279.9 | 327.9 | 36.8 | -1199.2 | -372.7 | 274.4 | 0.0 | 0.0 | -4.9 |
| 207.70 | 279.9 | 327.9 | 43.0 | -1199.2 | -357.9 | 274.4 | 8.4 | 0.0 | 0.0 |
| 207.60 | 282.7 | 330.3 | 43.0 | -1235.0 | -357.9 | 275.3 | 8.4 | 0.0 | 0.0 |
| 207.60 | 282.7 | 330.3 | 48.8 | -1235.0 | -342.8 | 275.3 | 21.8 | 0.0 | 0.0 |
| 207.50 | 285.6 | 334.4 | 48.8 | -1269.3 | -342.8 | 277.5 | 21.8 | 0.0 | 0.0 |
| 207.50 | 285.6 | 334.4 | 63.3 | -1269.3 | -327.5 | 277.5 | 35.3 | 0.0 | 0.0 |
| 207.40 | 288.4 | 340.4 | 63.3 | -1302.1 | -327.5 | 281.0 | 35.3 | 0.0 | 0.0 |
| 207.40 | 288.4 | 340.4 | 82.3 | -1302.1 | -312.0 | 281.0 | 49.1 | 0.0 | 0.0 |
| 207.30 | 291.2 | 348.3 | 82.3 | -1333.3 | -312.0 | 285.9 | 49.1 | 0.0 | 0.0 |
| 207.30 | 291.2 | 348.3 | 101.6 | -1333.3 | -296.3 | 285.9 | 62.9 | 0.0 | 0.0 |
| 207.20 | 294.1 | 357.9 | 101.6 | -1362.9 | -296.3 | 292.2 | 62.9 | 0.0 | 0.0 |
| 207.20 | 294.1 | 357.9 | 121.1 | -1362.9 | -280.3 | 292.2 | 76.9 | 0.0 | 0.0 |
| 207.10 | 296.9 | 369.5 | 121.1 | -1390.9 | -280.3 | 299.9 | 76.9 | 0.0 | 0.0 |
| 207.10 | 296.9 | 369.5 | 140.8 | -1390.9 | -264.1 | 299.9 | 91.0 | 0.0 | 0.0 |
| 207.00 | 299.7 | 382.9 | 140.8 | -1417.3 | -264.1 | 309.0 | 91.0 | 0.0 | 0.0 |
| 207.00 | 299.7 | 382.9 | 160.7 | -1417.3 | -247.6 | 309.0 | 105.3 | 0.0 | 0.0 |
| 206.90 | 302.5 | 398.3 | 160.7 | -1442.1 | -247.6 | 319.5 | 105.3 | 0.0 | 0.0 |
| 206.90 | 302.5 | 398.3 | 180.8 | -1442.1 | -230.9 | 319.5 | 119.7 | 0.0 | 0.0 |
| 206.80 | 305.4 | 415.6 | 180.8 | -1465.2 | -230.9 | 331.5 | 119.7 | 0.0 | 0.0 |
| 206.80 | 305.4 | 415.6 | 201.2 | -1465.2 | -214.0 | 331.5 | 134.2 | 0.0 | 0.0 |
| 206.70 | 308.2 | 434.8 | 201.2 | -1486.6 | -214.0 | 344.9 | 134.2 | 0.0 | 0.0 |
| 206.70 | 308.2 | 434.8 | 221.7 | -1486.6 | -196.9 | 344.9 | 149.0 | 0.0 | 0.0 |
| 206.60 | 311.0 | 456.0 | 221.7 | -1506.3 | -196.9 | 359.8 | 149.0 | 0.0 | 0.0 |
| 206.60 | 311.0 | 456.0 | 85.5 | -1506.3 | -864.8 | 359.8 | 0.0 | 0.0 | -495.9 |
| 206.50 | 313.8 | 396.3 | 85.5 | -1524.2 | -864.8 | 310.2 | 0.0 | 0.0 | -495.9 |
| 206.50 | 313.8 | 396.3 | 87.0 | -1524.2 | -846.7 | 310.2 | 0.0 | 0.0 | -480.8 |
| 206.40 | 316.7 | 338.6 | 87.0 | -1540.4 | -846.7 | 262.1 | 0.0 | 0.0 | -480.8 |
| 206.40 | 316.7 | 338.6 | 88.3 | -1540.4 | -828.5 | 262.1 | 0.0 | 0.0 | -465.5 |
| 206.30 | 319.5 | 282.9 | 88.3 | -1554.8 | -828.5 | 215.6 | 0.0 | 0.0 | -465.5 |
| 206.30 | 319.5 | 282.9 | 89.5 | -1554.8 | -810.1 | 215.6 | 0.0 | 0.0 | -450.0 |
| 206.20 | 322.3 | 229.3 | 89.5 | -1567.4 | -810.1 | 170.6 | 0.0 | 0.0 | -450.0 |
| 206.20 | 322.3 | 229.3 | 90.5 | -1567.4 | -791.5 | 170.6 | 0.0 | 0.0 | -434.4 |
| 206.10 | 325.2 | 202.1 | 90.5 | -1578.1 | -791.5 | 127.1 | 0.0 | 0.0 | -434.4 |
| 206.10 | 325.2 | 202.1 | 91.5 | -1578.1 | -772.8 | 127.1 | 0.0 | 0.0 | -418.6 |
| 206.00 | 328.0 | 197.4 | 91.5 | -1587.3 | -772.8 | 85.3 | 0.0 | 0.0 | -418.6 |
| 206.00 | 328.0 | 197.4 | 92.3 | -1587.3 | -753.8 | 85.3 | 0.0 | 0.0 | -402.6 |
| 205.90 | 330.8 | 192.7 | 92.3 | -1595.0 | -753.8 | 45.0 | 0.0 | 0.0 | -402.6 |
| 205.90 | 330.8 | 192.7 | 93.1 | -1595.0 | -734.8 | 45.0 | 0.0 | 0.0 | -386.4 |
| 205.80 | 333.6 | 188.1 | 93.1 | -1601.2 | -734.8 | 6.4 | 0.0 | 0.0 | -386.4 |
| 205.80 | 333.6 | 188.1 | 93.8 | -1601.2 | -715.5 | 6.4 | 0.0 | 0.0 | -370.0 |
| 205.70 | 336.5 | 183.4 | 93.8 | -1605.9 | -715.5 | 0.0 | 0.0 | -30.6 | -370.0 |



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

| FASE 1 | | A1+M1 | | | | | | | |
|--------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| z | N | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} |
| [m] | [kN] | [kNm] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] |
| 205.70 | 336.5 | 183.4 | 94.3 | -1605.9 | -696.1 | 0.0 | 0.0 | -30.6 | -353.5 |
| 205.60 | 339.3 | 178.8 | 94.3 | -1609.3 | -696.1 | 0.0 | 0.0 | -66.0 | -353.5 |
| 205.60 | 339.3 | 178.8 | 94.8 | -1609.3 | -676.5 | 0.0 | 0.0 | -66.0 | -336.7 |
| 205.50 | 342.1 | 174.2 | 94.8 | -1611.3 | -676.5 | 0.0 | 0.0 | -99.6 | -336.7 |
| 205.50 | 342.1 | 174.2 | 95.2 | -1611.3 | -656.7 | 0.0 | 0.0 | -99.6 | -319.8 |
| 205.40 | 344.9 | 169.6 | 95.2 | -1611.9 | -656.7 | 0.0 | 0.0 | -131.6 | -319.8 |
| 205.40 | 344.9 | 169.6 | 95.5 | -1611.9 | -636.8 | 0.0 | 0.0 | -131.6 | -302.7 |
| 205.30 | 347.8 | 165.1 | 95.5 | -1611.3 | -636.8 | 0.0 | 0.0 | -161.9 | -302.7 |
| 205.30 | 347.8 | 165.1 | 95.7 | -1611.3 | -616.7 | 0.0 | 0.0 | -161.9 | -285.4 |
| 205.20 | 350.6 | 160.6 | 95.7 | -1609.4 | -616.7 | 0.0 | 0.0 | -190.4 | -285.4 |
| 205.20 | 350.6 | 160.6 | 95.8 | -1609.4 | -596.3 | 0.0 | 0.0 | -190.4 | -268.0 |
| 205.10 | 353.4 | 156.2 | 95.8 | -1606.3 | -596.3 | 0.0 | 0.0 | -217.2 | -268.0 |
| 205.10 | 353.4 | 156.2 | 95.9 | -1606.3 | -575.7 | 0.0 | 0.0 | -217.2 | -250.4 |
| 205.00 | 356.3 | 151.7 | 95.9 | -1602.1 | -575.7 | 0.0 | 0.0 | -242.3 | -250.4 |
| 205.00 | 356.3 | 151.7 | 95.8 | -1602.1 | -554.9 | 0.0 | 0.0 | -242.3 | -232.6 |
| 204.90 | 359.1 | 147.3 | 95.8 | -1596.6 | -554.9 | 0.0 | 0.0 | -265.5 | -232.6 |
| 204.90 | 359.1 | 147.3 | 95.7 | -1596.6 | -533.9 | 0.0 | 0.0 | -265.5 | -214.6 |
| 204.80 | 361.9 | 143.0 | 95.7 | -1590.2 | -533.9 | 0.0 | 0.0 | -287.0 | -214.6 |
| 204.80 | 361.9 | 143.0 | 95.5 | -1590.2 | -512.7 | 0.0 | 0.0 | -287.0 | -196.4 |
| 204.70 | 364.7 | 138.7 | 95.5 | -1582.6 | -512.7 | 0.0 | 0.0 | -306.6 | -196.4 |
| 204.70 | 364.7 | 138.7 | 95.2 | -1582.6 | -491.2 | 0.0 | 0.0 | -306.6 | -178.0 |
| 204.60 | 367.6 | 134.5 | 95.2 | -1601.9 | -491.2 | 0.0 | 0.0 | -324.4 | -178.0 |
| 204.60 | 367.6 | 134.5 | 95.6 | -1601.9 | -469.5 | 0.0 | 0.0 | -324.4 | -159.5 |
| 204.50 | 370.4 | 130.3 | 95.6 | -1648.8 | -469.5 | 0.0 | 0.0 | -340.4 | -159.5 |
| 204.50 | 370.4 | 130.3 | 105.0 | -1648.8 | -447.5 | 0.0 | 0.0 | -340.4 | -140.8 |
| 204.40 | 373.2 | 126.1 | 105.0 | -1693.6 | -447.5 | 0.0 | 0.0 | -354.4 | -140.8 |
| 204.40 | 373.2 | 126.1 | 114.0 | -1693.6 | -425.4 | 0.0 | 0.0 | -354.4 | -121.9 |
| 204.30 | 376.0 | 122.0 | 114.0 | -1736.1 | -425.4 | 0.0 | 0.0 | -366.6 | -121.9 |
| 204.30 | 376.0 | 122.0 | 122.7 | -1736.1 | -403.0 | 0.0 | 0.0 | -366.6 | -102.8 |
| 204.20 | 378.9 | 117.9 | 122.7 | -1776.4 | -403.0 | 0.0 | 0.0 | -376.9 | -102.8 |
| 204.20 | 378.9 | 117.9 | 130.9 | -1776.4 | -380.4 | 0.0 | 0.0 | -376.9 | -83.5 |
| 204.10 | 381.7 | 114.0 | 130.9 | -1814.5 | -380.4 | 0.0 | 0.0 | -385.3 | -83.5 |
| 204.10 | 381.7 | 114.0 | 138.8 | -1814.5 | -884.2 | 0.0 | 0.0 | -385.3 | -745.8 |
| 204.00 | 384.5 | 110.0 | 138.8 | -1850.2 | -884.2 | 0.0 | 0.0 | -459.8 | -745.8 |
| 204.00 | 384.5 | 110.0 | 146.3 | -1850.2 | -859.4 | 0.0 | 0.0 | -459.8 | -726.2 |
| 203.90 | 387.4 | 106.1 | 146.3 | -1883.7 | -859.4 | 0.0 | 0.0 | -532.4 | -726.2 |
| 203.90 | 387.4 | 106.1 | 153.4 | -1883.7 | -834.4 | 0.0 | 0.0 | -532.4 | -706.4 |
| 203.80 | 390.2 | 102.3 | 153.4 | -1914.8 | -834.4 | 0.0 | 0.0 | -603.1 | -706.4 |
| 203.80 | 390.2 | 102.3 | 160.1 | -1914.8 | -809.1 | 0.0 | 0.0 | -603.1 | -686.4 |
| 203.70 | 393.0 | 98.5 | 160.1 | -1943.6 | -809.1 | 0.0 | 0.0 | -671.7 | -686.4 |
| 203.70 | 393.0 | 98.5 | 166.4 | -1943.6 | -783.7 | 0.0 | 0.0 | -671.7 | -666.2 |
| 203.60 | 395.8 | 94.8 | 166.4 | -1970.0 | -783.7 | 0.0 | 0.0 | -738.3 | -666.2 |
| 203.60 | 395.8 | 94.8 | 172.4 | -1970.0 | -758.1 | 0.0 | 0.0 | -738.3 | -645.8 |
| 203.50 | 398.7 | 91.1 | 172.4 | -1994.2 | -758.1 | 0.0 | 0.0 | -802.9 | -645.8 |
| 203.50 | 398.7 | 91.1 | 177.9 | -1994.2 | -732.3 | 0.0 | 0.0 | -802.9 | -625.3 |
| 203.40 | 401.5 | 87.5 | 177.9 | -2016.4 | -732.3 | 0.0 | 0.0 | -865.5 | -625.3 |
| 203.40 | 401.5 | 87.5 | 183.1 | -2016.4 | -706.2 | 0.0 | 0.0 | -865.5 | -604.6 |
| 203.30 | 404.3 | 84.0 | 183.1 | -2036.6 | -706.2 | 0.0 | 0.0 | -925.9 | -604.6 |
| 203.30 | 404.3 | 84.0 | 187.9 | -2036.6 | -680.0 | 0.0 | 0.0 | -925.9 | -583.7 |
| 203.20 | 407.2 | 80.5 | 187.9 | -2055.0 | -680.0 | 0.0 | 0.0 | -984.3 | -583.7 |
| 203.20 | 407.2 | 80.5 | 192.3 | -2055.0 | -653.6 | 0.0 | 0.0 | -984.3 | -562.6 |
| 203.10 | 410.0 | 77.1 | 192.3 | -2071.2 | -653.6 | 0.0 | 0.0 | -1040.6 | -562.6 |
| 203.10 | 410.0 | 77.1 | 196.3 | -2071.2 | -627.0 | 0.0 | 0.0 | -1040.6 | -541.4 |
| 203.00 | 412.8 | 73.8 | 196.3 | -2085.5 | -627.0 | 0.0 | 0.0 | -1094.7 | -541.4 |
| 203.00 | 412.8 | 73.8 | 199.9 | -2085.5 | -600.1 | 0.0 | 0.0 | -1094.7 | -519.9 |
| 202.90 | 415.6 | 70.5 | 199.9 | -2097.9 | -600.1 | 0.0 | 0.0 | -1146.7 | -519.9 |
| 202.90 | 415.6 | 70.5 | 203.2 | -2097.9 | -573.1 | 0.0 | 0.0 | -1146.7 | -498.3 |
| 202.80 | 418.5 | 67.3 | 203.2 | -2108.7 | -573.1 | 0.0 | 0.0 | -1196.5 | -498.3 |
| 202.80 | 418.5 | 67.3 | 206.1 | -2108.7 | -545.9 | 0.0 | 0.0 | -1196.5 | -476.5 |
| 202.70 | 421.3 | 64.1 | 206.1 | -2117.4 | -545.9 | 0.0 | 0.0 | -1244.2 | -476.5 |



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
 PROGETTO ESECUTIVO
 Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco**

| FASE 1 | | A1+M1 | | | | | | | |
|----------|-----------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| z [m] | N [kN] | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| | | M _{max} [kNm] | V _{max} [kN/m] | M _{min} [kNm/m] | V _{min} [kN/m] | M _{max} [kNm/m] | V _{max} [kN/m] | M _{min} [kNm/m] | V _{min} [kN/m] |
| 202.70 | 421.3 | 64.1 | 208.5 | -2117.4 | -518.5 | 0.0 | 0.0 | -1244.2 | -454.5 |
| 202.60 | 424.1 | 61.0 | 208.5 | -2124.5 | -518.5 | 0.0 | 0.0 | -1289.6 | -454.5 |
| 202.60 | 424.1 | 61.0 | 210.6 | -2124.5 | -491.0 | 0.0 | 0.0 | -1289.6 | -432.4 |
| 202.50 | 426.9 | 58.0 | 210.6 | -2129.8 | -491.0 | 0.0 | 0.0 | -1332.8 | -432.4 |
| 202.50 | 426.9 | 58.0 | 212.3 | -2129.8 | -463.2 | 0.0 | 0.0 | -1332.8 | -410.0 |
| 202.40 | 429.8 | 55.1 | 212.3 | -2133.4 | -463.2 | 0.0 | 0.0 | -1373.8 | -410.0 |
| 202.40 | 429.8 | 55.1 | 213.6 | -2133.4 | -435.2 | 0.0 | 0.0 | -1373.8 | -387.5 |
| 202.30 | 432.6 | 52.2 | 213.6 | -2135.4 | -435.2 | 0.0 | 0.0 | -1412.6 | -387.5 |
| 202.30 | 432.6 | 52.2 | 214.7 | -2135.4 | -409.2 | 0.0 | 0.0 | -1412.6 | -367.0 |
| 202.20 | 435.4 | 49.3 | 214.7 | -2136.0 | -409.2 | 0.0 | 0.0 | -1449.3 | -367.0 |
| 202.20 | 435.4 | 49.3 | 215.6 | -2136.0 | -384.4 | 0.0 | 0.0 | -1449.3 | -346.9 |
| 202.10 | 438.3 | 46.6 | 215.6 | -2134.7 | -384.4 | 0.0 | 0.0 | -1484.0 | -346.9 |
| 202.10 | 438.3 | 46.6 | 216.4 | -2134.7 | -360.0 | 0.0 | 0.0 | -1484.0 | -326.9 |
| 202.00 | 441.1 | 43.9 | 216.4 | -2131.9 | -360.0 | 0.0 | 0.0 | -1516.6 | -326.9 |
| 202.00 | 441.1 | 43.9 | 217.1 | -2131.9 | -336.0 | 0.0 | 0.0 | -1516.6 | -307.3 |
| 201.90 | 443.9 | 41.3 | 217.1 | -2127.8 | -336.0 | 0.0 | 0.0 | -1547.4 | -307.3 |
| 201.90 | 443.9 | 41.3 | 217.8 | -2127.8 | -312.4 | 0.0 | 0.0 | -1547.4 | -287.9 |
| 201.80 | 446.7 | 38.7 | 217.8 | -2122.1 | -312.4 | 0.0 | 0.0 | -1576.3 | -287.9 |
| 201.80 | 446.7 | 38.7 | 218.4 | -2122.1 | -289.2 | 0.0 | 0.0 | -1576.3 | -268.8 |
| 201.70 | 449.6 | 36.2 | 218.4 | -2115.0 | -289.2 | 0.0 | 0.0 | -1603.1 | -268.8 |
| 201.70 | 449.6 | 36.2 | 218.9 | -2115.0 | -266.4 | 0.0 | 0.0 | -1603.1 | -250.0 |
| 201.60 | 452.4 | 34.0 | 218.9 | -2106.5 | -266.4 | 0.0 | 0.0 | -1628.1 | -250.0 |
| 201.60 | 452.4 | 34.0 | 219.3 | -2106.5 | -244.0 | 0.0 | 0.0 | -1628.1 | -231.5 |
| 201.50 | 455.2 | 33.7 | 219.3 | -2096.6 | -244.0 | 0.0 | 0.0 | -1651.3 | -231.5 |
| 201.50 | 455.2 | 33.7 | 219.7 | -2096.6 | -222.0 | 0.0 | 0.0 | -1651.3 | -213.2 |
| 201.40 | 458.0 | 33.4 | 219.7 | -2085.4 | -222.0 | 0.0 | 0.0 | -1672.6 | -213.2 |
| 201.40 | 458.0 | 33.4 | 220.0 | -2085.4 | -200.5 | 0.0 | 0.0 | -1672.6 | -195.1 |
| 201.30 | 460.9 | 33.1 | 220.0 | -2073.0 | -200.5 | 0.0 | 0.0 | -1692.0 | -195.1 |
| 201.30 | 460.9 | 33.1 | 220.2 | -2073.0 | -179.3 | 0.0 | 0.0 | -1692.0 | -177.4 |
| 201.20 | 463.7 | 32.8 | 220.2 | -2059.3 | -179.3 | 0.0 | 0.0 | -1709.8 | -177.4 |
| 201.20 | 463.7 | 32.8 | 220.4 | -2059.3 | -158.5 | 0.0 | 0.0 | -1709.8 | -159.9 |
| 201.10 | 466.5 | 32.5 | 220.4 | -2044.4 | -158.5 | 0.0 | 0.0 | -1725.8 | -159.9 |
| 201.10 | 466.5 | 32.5 | 220.5 | -2044.4 | -138.1 | 0.0 | 0.0 | -1725.8 | -142.7 |
| 201.00 | 469.4 | 32.2 | 220.5 | -2028.4 | -138.1 | 0.0 | 0.0 | -1740.1 | -142.7 |
| 201.00 | 469.4 | 32.2 | 220.5 | -2028.4 | -118.2 | 0.0 | 0.0 | -1740.1 | -125.7 |
| 200.90 | 472.2 | 31.9 | 220.5 | -2011.1 | -118.2 | 0.0 | 0.0 | -1752.7 | -125.7 |
| 200.90 | 472.2 | 31.9 | 220.5 | -2011.1 | -98.6 | 0.0 | 0.0 | -1752.7 | -109.0 |
| 200.80 | 475.0 | 31.6 | 220.5 | -1992.9 | -98.6 | 0.0 | 0.0 | -1763.6 | -109.0 |
| 200.80 | 475.0 | 31.6 | 220.4 | -1992.9 | -79.4 | 0.0 | 0.0 | -1763.6 | -92.6 |
| 200.70 | 477.8 | 31.4 | 220.4 | -1973.6 | -79.4 | 0.0 | 0.0 | -1772.8 | -92.6 |
| 200.70 | 477.8 | 31.4 | 220.2 | -1973.6 | -60.7 | 0.0 | 0.0 | -1772.8 | -76.5 |
| 200.60 | 480.7 | 31.1 | 220.2 | -1976.5 | -60.7 | 0.0 | 0.0 | -1780.5 | -76.5 |
| 200.60 | 480.7 | 31.1 | 220.0 | -1976.5 | -42.3 | 0.0 | 0.0 | -1780.5 | -60.6 |
| 200.50 | 483.5 | 30.9 | 220.0 | -1980.7 | -42.3 | 0.0 | 0.0 | -1786.5 | -60.6 |
| 200.50 | 483.5 | 30.9 | 222.6 | -1980.7 | -24.4 | 0.0 | 0.0 | -1786.5 | -45.0 |
| 200.40 | 486.3 | 30.7 | 222.6 | -1983.3 | -24.4 | 0.0 | 0.0 | -1791.0 | -45.0 |
| 200.40 | 486.3 | 30.7 | 231.6 | -1983.3 | -15.3 | 0.0 | 0.0 | -1791.0 | -29.7 |
| 200.30 | 489.1 | 30.5 | 231.6 | -1983.8 | -15.3 | 0.0 | 0.0 | -1794.0 | -29.7 |
| 200.30 | 489.1 | 30.5 | 240.2 | -1983.8 | -14.7 | 0.0 | 0.0 | -1794.0 | -14.6 |
| 200.20 | 492.0 | 30.4 | 240.2 | -1982.9 | -14.7 | 0.0 | 0.0 | -1795.5 | -14.6 |
| 200.20 | 492.0 | 30.4 | 248.5 | -1982.9 | -14.0 | 0.0 | 0.2 | -1795.5 | 0.0 |
| 200.10 | 494.8 | 30.2 | 248.5 | -1980.2 | -14.0 | 0.0 | 0.2 | -1795.4 | 0.0 |
| 200.10 | 494.8 | 30.2 | 256.4 | -1980.2 | -13.3 | 0.0 | 14.7 | -1795.4 | 0.0 |
| 200.00 | 497.6 | 30.1 | 256.4 | -1975.8 | -13.3 | 0.0 | 14.7 | -1794.0 | 0.0 |
| 200.00 | 497.6 | 30.1 | 264.0 | -1975.8 | -12.6 | 0.0 | 29.0 | -1794.0 | 0.0 |
| 199.90 | 500.5 | 30.0 | 264.0 | -1969.8 | -12.6 | 0.0 | 29.0 | -1791.0 | 0.0 |
| 199.90 | 500.5 | 30.0 | 271.1 | -1969.8 | -12.0 | 0.0 | 43.0 | -1791.0 | 0.0 |
| 199.80 | 503.3 | 29.9 | 271.1 | -1962.3 | -12.0 | 0.0 | 43.0 | -1786.8 | 0.0 |
| 199.80 | 503.3 | 29.9 | 277.9 | -1962.3 | -11.3 | 0.0 | 56.7 | -1786.8 | 0.0 |
| 199.70 | 506.1 | 29.9 | 277.9 | -1953.4 | -11.3 | 0.0 | 56.7 | -1781.1 | 0.0 |



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
 PROGETTO ESECUTIVO
 Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco**

| FASE 1 | | A1+M1 | | | | | | | |
|--------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| z | N | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} |
| [m] | [kN] | [kNm] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] |
| 199.70 | 506.1 | 29.9 | 284.3 | -1953.4 | -10.6 | 0.0 | 70.2 | -1781.1 | 0.0 |
| 199.60 | 508.9 | 29.9 | 284.3 | -1942.9 | -10.6 | 0.0 | 70.2 | -1774.1 | 0.0 |
| 199.60 | 508.9 | 29.9 | 290.3 | -1942.9 | -9.9 | 0.0 | 83.4 | -1774.1 | 0.0 |
| 199.50 | 511.8 | 29.9 | 290.3 | -1931.0 | -9.9 | 0.0 | 83.4 | -1765.7 | 0.0 |
| 199.50 | 511.8 | 29.9 | 296.0 | -1931.0 | -9.3 | 0.0 | 96.3 | -1765.7 | 0.0 |
| 199.40 | 514.6 | 29.9 | 296.0 | -1917.7 | -9.3 | 0.0 | 96.3 | -1756.2 | 0.0 |
| 199.40 | 514.6 | 29.9 | 301.2 | -1917.7 | -8.6 | 0.0 | 108.9 | -1756.2 | 0.0 |
| 199.30 | 517.4 | 30.0 | 301.2 | -1903.0 | -8.6 | 0.0 | 108.9 | -1745.2 | 0.0 |
| 199.30 | 517.4 | 30.0 | 306.2 | -1903.0 | -7.9 | 0.0 | 121.3 | -1745.2 | 0.0 |
| 199.20 | 520.2 | 30.1 | 306.2 | -1887.2 | -7.9 | 0.0 | 121.3 | -1733.1 | 0.0 |
| 199.20 | 520.2 | 30.1 | 310.7 | -1887.2 | -7.3 | 0.0 | 133.4 | -1733.1 | 0.0 |
| 199.10 | 523.1 | 30.3 | 310.7 | -1869.9 | -7.3 | 0.0 | 133.4 | -1719.8 | 0.0 |
| 199.10 | 523.1 | 30.3 | 314.8 | -1869.9 | -6.6 | 0.0 | 145.3 | -1719.8 | 0.0 |
| 199.00 | 525.9 | 30.5 | 314.8 | -1851.3 | -6.6 | 0.0 | 145.3 | -1705.2 | 0.0 |
| 199.00 | 525.9 | 30.5 | 318.6 | -1851.3 | -5.9 | 0.0 | 156.9 | -1705.2 | 0.0 |
| 198.90 | 528.7 | 30.7 | 318.6 | -1831.6 | -5.9 | 0.0 | 156.9 | -1689.5 | 0.0 |
| 198.90 | 528.7 | 30.7 | 322.0 | -1831.6 | -5.2 | 0.0 | 168.2 | -1689.5 | 0.0 |
| 198.80 | 531.6 | 31.0 | 322.0 | -1810.9 | -5.2 | 0.0 | 168.2 | -1672.7 | 0.0 |
| 198.80 | 531.6 | 31.0 | 325.1 | -1810.9 | -4.6 | 0.0 | 179.2 | -1672.7 | 0.0 |
| 198.70 | 534.4 | 31.3 | 325.1 | -1789.0 | -4.6 | 0.0 | 179.2 | -1654.8 | 0.0 |
| 198.70 | 534.4 | 31.3 | 327.7 | -1789.0 | -3.9 | 0.0 | 190.0 | -1654.8 | 0.0 |
| 198.60 | 537.2 | 31.6 | 327.7 | -1766.0 | -3.9 | 0.0 | 190.0 | -1635.8 | 0.0 |
| 198.60 | 537.2 | 31.6 | 330.3 | -1766.0 | -3.3 | 0.0 | 200.5 | -1635.8 | 0.0 |
| 198.50 | 540.0 | 32.0 | 330.3 | -1742.0 | -3.3 | 0.0 | 200.5 | -1615.7 | 0.0 |
| 198.50 | 540.0 | 32.0 | 332.8 | -1742.0 | -2.6 | 0.0 | 210.7 | -1615.7 | 0.0 |
| 198.40 | 542.9 | 32.5 | 332.8 | -1717.0 | -2.6 | 0.0 | 210.7 | -1594.7 | 0.0 |
| 198.40 | 542.9 | 32.5 | 335.3 | -1717.0 | -1.9 | 0.0 | 220.7 | -1594.7 | 0.0 |
| 198.30 | 545.7 | 33.0 | 335.3 | -1691.0 | -1.9 | 0.0 | 220.7 | -1572.6 | 0.0 |
| 198.30 | 545.7 | 33.0 | 337.6 | -1691.0 | -1.3 | 0.0 | 230.4 | -1572.6 | 0.0 |
| 198.20 | 548.5 | 33.5 | 337.6 | -1664.2 | -1.3 | 0.0 | 230.4 | -1549.5 | 0.0 |
| 198.20 | 548.5 | 33.5 | 339.9 | -1664.2 | -0.6 | 0.0 | 239.8 | -1549.5 | 0.0 |
| 198.10 | 551.3 | 34.1 | 339.9 | -1636.4 | -0.6 | 0.0 | 239.8 | -1525.6 | 0.0 |
| 198.10 | 551.3 | 34.1 | 342.1 | -1636.4 | 0.1 | 0.0 | 249.0 | -1525.6 | 0.0 |
| 198.00 | 554.2 | 34.7 | 342.1 | -1607.9 | 0.1 | 0.0 | 249.0 | -1500.7 | 0.0 |
| 198.00 | 554.2 | 34.7 | 344.2 | -1607.9 | 0.7 | 0.0 | 257.9 | -1500.7 | 0.0 |
| 197.90 | 557.0 | 35.4 | 344.2 | -1578.5 | 0.7 | 0.0 | 257.9 | -1474.9 | 0.0 |
| 197.90 | 557.0 | 35.4 | 346.2 | -1578.5 | 1.4 | 0.0 | 266.5 | -1474.9 | 0.0 |
| 197.80 | 559.8 | 36.2 | 346.2 | -1548.4 | 1.4 | 0.0 | 266.5 | -1448.3 | 0.0 |
| 197.80 | 559.8 | 36.2 | 348.2 | -1548.4 | 2.1 | 0.0 | 274.8 | -1448.3 | 0.0 |
| 197.70 | 562.7 | 37.0 | 348.2 | -1517.6 | 2.1 | 0.0 | 274.8 | -1420.7 | 0.0 |
| 197.70 | 562.7 | 37.0 | 350.1 | -1517.6 | 2.7 | 0.0 | 282.9 | -1420.7 | 0.0 |
| 197.60 | 565.5 | 37.8 | 350.1 | -1486.1 | 2.7 | 0.0 | 282.9 | -1392.5 | 0.0 |
| 197.60 | 565.5 | 37.8 | 351.9 | -1486.1 | 3.4 | 0.0 | 290.7 | -1392.5 | 0.0 |
| 197.50 | 568.3 | 40.3 | 351.9 | -1453.9 | 3.4 | 0.0 | 290.7 | -1363.4 | 0.0 |
| 197.50 | 568.3 | 40.3 | 353.7 | -1453.9 | 4.0 | 0.0 | 298.3 | -1363.4 | 0.0 |
| 197.40 | 571.1 | 45.5 | 353.7 | -1421.2 | 4.0 | 0.0 | 298.3 | -1333.6 | 0.0 |
| 197.40 | 571.1 | 45.5 | 346.8 | -1421.2 | 3.9 | 0.0 | 295.9 | -1333.6 | 0.0 |
| 197.30 | 574.0 | 50.4 | 346.8 | -1388.8 | 3.9 | 0.0 | 295.9 | -1304.0 | 0.0 |
| 197.30 | 574.0 | 50.4 | 339.9 | -1388.8 | 3.8 | 0.0 | 293.4 | -1304.0 | 0.0 |
| 197.20 | 576.8 | 55.1 | 339.9 | -1356.8 | 3.8 | 0.0 | 293.4 | -1274.7 | 0.0 |
| 197.20 | 576.8 | 55.1 | 333.0 | -1356.8 | 3.7 | 0.0 | 290.9 | -1274.7 | 0.0 |
| 197.10 | 579.6 | 59.6 | 333.0 | -1325.3 | 3.7 | 0.0 | 290.9 | -1245.6 | 0.0 |
| 197.10 | 579.6 | 59.6 | 326.2 | -1325.3 | 3.6 | 0.0 | 288.3 | -1245.6 | 0.0 |
| 197.00 | 582.5 | 64.0 | 326.2 | -1294.0 | 3.6 | 0.0 | 288.3 | -1216.8 | 0.0 |
| 197.00 | 582.5 | 64.0 | 319.4 | -1294.0 | 3.5 | 0.0 | 285.6 | -1216.8 | 0.0 |
| 196.90 | 585.3 | 68.1 | 319.4 | -1263.2 | 3.5 | 0.0 | 285.6 | -1188.2 | 0.0 |
| 196.90 | 585.3 | 68.1 | 312.7 | -1263.2 | 3.4 | 0.0 | 282.9 | -1188.2 | 0.0 |
| 196.80 | 588.1 | 72.0 | 312.7 | -1232.8 | 3.4 | 0.0 | 282.9 | -1159.9 | 0.0 |
| 196.80 | 588.1 | 72.0 | 305.9 | -1232.8 | 3.3 | 0.0 | 280.1 | -1159.9 | 0.0 |
| 196.70 | 590.9 | 75.8 | 305.9 | -1202.8 | 3.3 | 0.0 | 280.1 | -1131.9 | 0.0 |



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

| FASE 1 | | A1+M1 | | | | | | | |
|--------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| z | N | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} |
| [m] | [kN] | [kNm] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] |
| 196.70 | 590.9 | 75.8 | 299.3 | -1202.8 | 3.2 | 0.0 | 277.3 | -1131.9 | 0.0 |
| 196.60 | 593.8 | 79.4 | 299.3 | -1173.1 | 3.2 | 0.0 | 277.3 | -1104.2 | 0.0 |
| 196.60 | 593.8 | 79.4 | 292.6 | -1173.1 | 3.1 | 0.0 | 274.4 | -1104.2 | 0.0 |
| 196.50 | 596.6 | 82.8 | 292.6 | -1143.9 | 3.1 | 0.0 | 274.4 | -1076.7 | 0.0 |
| 196.50 | 596.6 | 82.8 | 288.2 | -1143.9 | 3.0 | 0.0 | 271.4 | -1076.7 | 0.0 |
| 196.40 | 599.4 | 86.0 | 288.2 | -1115.1 | 3.0 | 0.0 | 271.4 | -1049.6 | 0.0 |
| 196.40 | 599.4 | 86.0 | 284.1 | -1115.1 | 2.9 | 0.0 | 268.4 | -1049.6 | 0.0 |
| 196.30 | 602.2 | 89.0 | 284.1 | -1086.7 | 2.9 | 0.0 | 268.4 | -1022.7 | 0.0 |
| 196.30 | 602.2 | 89.0 | 280.0 | -1086.7 | 2.8 | 0.0 | 265.4 | -1022.7 | 0.0 |
| 196.20 | 605.1 | 91.9 | 280.0 | -1058.7 | 2.8 | 0.0 | 265.4 | -996.2 | 0.0 |
| 196.20 | 605.1 | 91.9 | 275.8 | -1058.7 | 2.6 | 0.0 | 262.3 | -996.2 | 0.0 |
| 196.10 | 607.9 | 94.6 | 275.8 | -1031.1 | 2.6 | 0.0 | 262.3 | -970.0 | 0.0 |
| 196.10 | 607.9 | 94.6 | 271.7 | -1031.1 | 2.1 | 0.0 | 259.1 | -970.0 | 0.0 |
| 196.00 | 610.7 | 97.2 | 271.7 | -1003.9 | 2.1 | 0.0 | 259.1 | -944.1 | 0.0 |
| 196.00 | 610.7 | 97.2 | 267.5 | -1003.9 | 1.7 | 0.0 | 255.9 | -944.1 | 0.0 |
| 195.90 | 613.6 | 99.6 | 267.5 | -977.2 | 1.7 | 0.0 | 255.9 | -918.5 | 0.0 |
| 195.90 | 613.6 | 99.6 | 263.3 | -977.2 | 1.3 | 0.0 | 252.7 | -918.5 | 0.0 |
| 195.80 | 616.4 | 101.8 | 263.3 | -950.6 | 1.3 | 0.0 | 252.7 | -892.9 | 0.0 |
| 195.80 | 616.4 | 101.8 | 259.2 | -950.6 | 0.9 | 0.0 | 249.4 | -892.9 | 0.0 |
| 195.70 | 619.2 | 103.9 | 259.2 | -924.7 | 0.9 | 0.0 | 249.4 | -868.0 | 0.0 |
| 195.70 | 619.2 | 103.9 | 255.0 | -924.7 | 0.5 | 0.0 | 246.1 | -868.0 | 0.0 |
| 195.60 | 622.0 | 105.9 | 255.0 | -899.2 | 0.5 | 0.0 | 246.1 | -843.4 | 0.0 |
| 195.60 | 622.0 | 105.9 | 250.8 | -899.2 | 0.1 | 0.0 | 242.7 | -843.4 | 0.0 |
| 195.50 | 624.9 | 115.0 | 250.8 | -874.1 | 0.1 | 0.0 | 242.7 | -819.1 | 0.0 |
| 195.50 | 624.9 | 115.0 | 246.6 | -874.1 | -0.3 | 0.0 | 239.3 | -819.1 | 0.0 |
| 195.40 | 627.7 | 124.0 | 246.6 | -849.4 | -0.3 | 0.0 | 239.3 | -795.2 | 0.0 |
| 195.40 | 627.7 | 124.0 | 242.4 | -849.4 | -0.6 | 0.0 | 235.9 | -795.2 | 0.0 |
| 195.30 | 630.5 | 132.5 | 242.4 | -825.2 | -0.6 | 0.0 | 235.9 | -771.6 | 0.0 |
| 195.30 | 630.5 | 132.5 | 238.2 | -825.2 | -1.0 | 0.0 | 232.4 | -771.6 | 0.0 |
| 195.20 | 633.3 | 140.6 | 238.2 | -801.4 | -1.0 | 0.0 | 232.4 | -748.4 | 0.0 |
| 195.20 | 633.3 | 140.6 | 234.1 | -801.4 | -1.3 | 0.0 | 228.8 | -748.4 | 0.0 |
| 195.10 | 636.2 | 148.2 | 234.1 | -778.0 | -1.3 | 0.0 | 228.8 | -725.5 | 0.0 |
| 195.10 | 636.2 | 148.2 | 229.9 | -778.0 | -1.6 | 0.0 | 225.3 | -725.5 | 0.0 |
| 195.00 | 639.0 | 155.5 | 229.9 | -755.0 | -1.6 | 0.0 | 225.3 | -703.0 | 0.0 |
| 195.00 | 639.0 | 155.5 | 225.7 | -755.0 | -1.9 | 0.0 | 221.7 | -703.0 | 0.0 |
| 194.90 | 641.8 | 162.4 | 225.7 | -732.4 | -1.9 | 0.0 | 221.7 | -680.8 | 0.0 |
| 194.90 | 641.8 | 162.4 | 221.5 | -732.4 | -2.2 | 0.0 | 218.1 | -680.8 | 0.0 |
| 194.80 | 644.7 | 168.9 | 221.5 | -710.3 | -2.2 | 0.0 | 218.1 | -659.0 | 0.0 |
| 194.80 | 644.7 | 168.9 | 217.4 | -710.3 | -2.5 | 0.0 | 214.4 | -659.0 | 0.0 |
| 194.70 | 647.5 | 175.0 | 217.4 | -688.5 | -2.5 | 0.0 | 214.4 | -637.5 | 0.0 |
| 194.70 | 647.5 | 175.0 | 213.3 | -688.5 | -2.8 | 0.0 | 210.7 | -637.5 | 0.0 |
| 194.60 | 650.3 | 180.8 | 213.3 | -667.2 | -2.8 | 0.0 | 210.7 | -616.5 | 0.0 |
| 194.60 | 650.3 | 180.8 | 209.2 | -667.2 | -3.0 | 0.0 | 206.9 | -616.5 | 0.0 |
| 194.50 | 653.1 | 186.2 | 209.2 | -646.3 | -3.0 | 0.0 | 206.9 | -595.8 | 0.0 |
| 194.50 | 653.1 | 186.2 | 205.1 | -646.3 | -3.3 | 0.0 | 203.2 | -595.8 | 0.0 |
| 194.40 | 656.0 | 191.2 | 205.1 | -625.8 | -3.3 | 0.0 | 203.2 | -575.5 | 0.0 |
| 194.40 | 656.0 | 191.2 | 201.0 | -625.8 | -3.5 | 0.0 | 199.4 | -575.5 | 0.0 |
| 194.30 | 658.8 | 195.9 | 201.0 | -605.7 | -3.5 | 0.0 | 199.4 | -555.5 | 0.0 |
| 194.30 | 658.8 | 195.9 | 196.9 | -605.7 | -3.7 | 0.0 | 195.6 | -555.5 | 0.0 |
| 194.20 | 661.6 | 200.2 | 196.9 | -586.0 | -3.7 | 0.0 | 195.6 | -536.0 | 0.0 |
| 194.20 | 661.6 | 200.2 | 192.9 | -586.0 | -3.9 | 0.0 | 191.7 | -536.0 | 0.0 |
| 194.10 | 664.4 | 204.2 | 192.9 | -566.7 | -3.9 | 0.0 | 191.7 | -516.8 | 0.0 |
| 194.10 | 664.4 | 204.2 | 188.9 | -566.7 | -4.1 | 0.0 | 187.8 | -516.8 | 0.0 |
| 194.00 | 667.3 | 207.9 | 188.9 | -547.8 | -4.1 | 0.0 | 187.8 | -498.0 | 0.0 |
| 194.00 | 667.3 | 207.9 | 184.9 | -547.8 | -4.3 | 0.0 | 183.9 | -498.0 | 0.0 |
| 193.90 | 670.1 | 211.3 | 184.9 | -529.3 | -4.3 | 0.0 | 183.9 | -479.6 | 0.0 |
| 193.90 | 670.1 | 211.3 | 180.9 | -529.3 | -4.5 | 0.0 | 180.0 | -479.6 | 0.0 |
| 193.80 | 672.9 | 214.4 | 180.9 | -511.2 | -4.5 | 0.0 | 180.0 | -461.6 | 0.0 |
| 193.80 | 672.9 | 214.4 | 177.0 | -511.2 | -4.7 | 0.0 | 176.0 | -461.6 | 0.0 |
| 193.70 | 675.8 | 217.1 | 177.0 | -493.5 | -4.7 | 0.0 | 176.0 | -444.0 | 0.0 |



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
 PROGETTO ESECUTIVO
 Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco**

| FASE 1 | | A1+M1 | | | | | | | |
|--------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| z | N | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} |
| [m] | [kN] | [kNm] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] |
| 193.70 | 675.8 | 217.1 | 173.1 | -493.5 | -4.9 | 0.0 | 172.0 | -444.0 | 0.0 |
| 193.60 | 678.6 | 219.6 | 173.1 | -476.2 | -4.9 | 0.0 | 172.0 | -426.8 | 0.0 |
| 193.60 | 678.6 | 219.6 | 169.2 | -476.2 | -5.0 | 0.0 | 168.0 | -426.8 | 0.0 |
| 193.50 | 681.4 | 221.7 | 169.2 | -459.3 | -5.0 | 0.0 | 168.0 | -410.0 | 0.0 |
| 193.50 | 681.4 | 221.7 | 165.3 | -459.3 | -5.2 | 0.0 | 163.9 | -410.0 | 0.0 |
| 193.40 | 684.2 | 223.6 | 165.3 | -442.8 | -5.2 | 0.0 | 163.9 | -393.7 | 0.0 |
| 193.40 | 684.2 | 223.6 | 161.5 | -442.8 | -6.0 | 0.0 | 159.8 | -393.7 | 0.0 |
| 193.30 | 687.1 | 225.3 | 161.5 | -426.6 | -6.0 | 0.0 | 159.8 | -377.7 | 0.0 |
| 193.30 | 687.1 | 225.3 | 157.7 | -426.6 | -6.7 | 0.0 | 155.8 | -377.7 | 0.0 |
| 193.20 | 689.9 | 226.6 | 157.7 | -410.8 | -6.7 | 0.0 | 155.8 | -362.1 | 0.0 |
| 193.20 | 689.9 | 226.6 | 154.0 | -410.8 | -7.5 | 0.0 | 151.6 | -362.1 | 0.0 |
| 193.10 | 692.7 | 227.7 | 154.0 | -395.4 | -7.5 | 0.0 | 151.6 | -346.9 | 0.0 |
| 193.10 | 692.7 | 227.7 | 150.2 | -395.4 | -8.2 | 0.0 | 147.6 | -346.9 | 0.0 |
| 193.00 | 695.5 | 228.5 | 150.2 | -380.4 | -8.2 | 0.0 | 147.6 | -332.2 | 0.0 |
| 193.00 | 695.5 | 228.5 | 146.5 | -380.4 | -8.8 | 0.0 | 143.6 | -332.2 | 0.0 |
| 192.90 | 698.4 | 229.1 | 146.5 | -365.8 | -8.8 | 0.0 | 143.6 | -317.8 | 0.0 |
| 192.90 | 698.4 | 229.1 | 142.9 | -365.8 | -9.5 | 0.0 | 139.6 | -317.8 | 0.0 |
| 192.80 | 701.2 | 229.4 | 142.9 | -351.5 | -9.5 | 0.0 | 139.6 | -303.9 | 0.0 |
| 192.80 | 701.2 | 229.4 | 139.3 | -351.5 | -10.1 | 0.0 | 135.7 | -303.9 | 0.0 |
| 192.70 | 704.0 | 229.6 | 139.3 | -337.5 | -10.1 | 0.0 | 135.7 | -290.3 | 0.0 |
| 192.70 | 704.0 | 229.6 | 135.7 | -337.5 | -10.7 | 0.0 | 131.8 | -290.3 | 0.0 |
| 192.60 | 706.9 | 229.4 | 135.7 | -324.0 | -10.7 | 0.0 | 131.8 | -277.1 | 0.0 |
| 192.60 | 706.9 | 229.4 | 132.1 | -324.0 | -11.3 | 0.0 | 128.0 | -277.1 | 0.0 |
| 192.50 | 709.7 | 229.1 | 132.1 | -310.8 | -11.3 | 0.0 | 128.0 | -264.3 | 0.0 |
| 192.50 | 709.7 | 229.1 | 128.6 | -310.8 | -11.9 | 0.0 | 124.3 | -264.3 | 0.0 |
| 192.40 | 712.5 | 228.6 | 128.6 | -297.9 | -11.9 | 0.0 | 124.3 | -251.9 | 0.0 |
| 192.40 | 712.5 | 228.6 | 125.1 | -297.9 | -12.4 | 0.0 | 120.5 | -251.9 | 0.0 |
| 192.30 | 715.3 | 227.8 | 125.1 | -285.4 | -12.4 | 0.0 | 120.5 | -239.8 | 0.0 |
| 192.30 | 715.3 | 227.8 | 121.7 | -285.4 | -12.9 | 0.0 | 116.9 | -239.8 | 0.0 |
| 192.20 | 718.2 | 226.8 | 121.7 | -273.2 | -12.9 | 0.0 | 116.9 | -228.1 | 0.0 |
| 192.20 | 718.2 | 226.8 | 118.3 | -273.2 | -13.4 | 0.0 | 113.2 | -228.1 | 0.0 |
| 192.10 | 721.0 | 225.7 | 118.3 | -261.4 | -13.4 | 0.0 | 113.2 | -216.8 | 0.0 |
| 192.10 | 721.0 | 225.7 | 115.0 | -261.4 | -13.8 | 0.0 | 109.7 | -216.8 | 0.0 |
| 192.00 | 723.8 | 224.4 | 115.0 | -249.9 | -13.8 | 0.0 | 109.7 | -205.8 | 0.0 |
| 192.00 | 723.8 | 224.4 | 111.7 | -249.9 | -15.2 | 0.0 | 106.1 | -205.8 | 0.0 |
| 191.90 | 726.7 | 222.8 | 111.7 | -238.7 | -15.2 | 0.0 | 106.1 | -195.2 | 0.0 |
| 191.90 | 726.7 | 222.8 | 108.4 | -238.7 | -16.9 | 0.0 | 102.7 | -195.2 | 0.0 |
| 191.80 | 729.5 | 221.1 | 108.4 | -227.9 | -16.9 | 0.0 | 102.7 | -185.0 | 0.0 |
| 191.80 | 729.5 | 221.1 | 105.2 | -227.9 | -18.6 | 0.0 | 99.2 | -185.0 | 0.0 |
| 191.70 | 732.3 | 219.3 | 105.2 | -217.4 | -18.6 | 0.0 | 99.2 | -175.0 | 0.0 |
| 191.70 | 732.3 | 219.3 | 102.0 | -217.4 | -20.2 | 0.0 | 95.9 | -175.0 | 0.0 |
| 191.60 | 735.1 | 217.3 | 102.0 | -207.2 | -20.2 | 0.0 | 95.9 | -165.5 | 0.0 |
| 191.60 | 735.1 | 217.3 | 98.8 | -207.2 | -21.8 | 0.0 | 92.5 | -165.5 | 0.0 |
| 191.50 | 738.0 | 215.1 | 98.8 | -197.3 | -21.8 | 0.0 | 92.5 | -156.2 | 0.0 |
| 191.50 | 738.0 | 215.1 | 95.7 | -197.3 | -23.3 | 0.0 | 89.3 | -156.2 | 0.0 |
| 191.40 | 740.8 | 212.7 | 95.7 | -187.7 | -23.3 | 0.0 | 89.3 | -147.3 | 0.0 |
| 191.40 | 740.8 | 212.7 | 92.7 | -187.7 | -24.8 | 0.0 | 86.1 | -147.3 | 0.0 |
| 191.30 | 743.6 | 210.3 | 92.7 | -178.4 | -24.8 | 0.0 | 86.1 | -138.7 | 0.0 |
| 191.30 | 743.6 | 210.3 | 89.7 | -178.4 | -26.1 | 0.0 | 82.9 | -138.7 | 0.0 |
| 191.20 | 746.4 | 207.7 | 89.7 | -169.5 | -26.1 | 0.0 | 82.9 | -130.4 | 0.0 |
| 191.20 | 746.4 | 207.7 | 86.7 | -169.5 | -27.5 | 0.0 | 79.8 | -130.4 | 0.0 |
| 191.10 | 749.3 | 204.9 | 86.7 | -160.8 | -27.5 | 0.0 | 79.8 | -122.4 | 0.0 |
| 191.10 | 749.3 | 204.9 | 83.8 | -160.8 | -28.7 | 0.0 | 76.8 | -122.4 | 0.0 |
| 191.00 | 752.1 | 202.0 | 83.8 | -152.4 | -28.7 | 0.0 | 76.8 | -114.7 | 0.0 |
| 191.00 | 752.1 | 202.0 | 80.9 | -152.4 | -29.9 | 0.0 | 73.8 | -114.7 | 0.0 |
| 190.90 | 754.9 | 199.1 | 80.9 | -144.3 | -29.9 | 0.0 | 73.8 | -107.3 | 0.0 |
| 190.90 | 754.9 | 199.1 | 78.1 | -144.3 | -31.1 | 0.0 | 70.8 | -107.3 | 0.0 |
| 190.80 | 757.8 | 195.9 | 78.1 | -136.5 | -31.1 | 0.0 | 70.8 | -100.3 | 0.0 |
| 190.80 | 757.8 | 195.9 | 75.3 | -136.5 | -32.1 | 0.0 | 67.9 | -100.3 | 0.0 |
| 190.70 | 760.6 | 192.7 | 75.3 | -129.0 | -32.1 | 0.0 | 67.9 | -93.5 | 0.0 |



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

| FASE 1 | | A1+M1 | | | | | | | |
|--------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| z | N | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} |
| [m] | [kN] | [kNm] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] |
| 190.70 | 760.6 | 192.7 | 72.6 | -129.0 | -33.2 | 0.0 | 65.1 | -93.5 | 0.0 |
| 190.60 | 763.4 | 189.4 | 72.6 | -121.7 | -33.2 | 0.0 | 65.1 | -87.0 | 0.0 |
| 190.60 | 763.4 | 189.4 | 69.9 | -121.7 | -34.1 | 0.0 | 62.3 | -87.0 | 0.0 |
| 190.50 | 766.2 | 186.0 | 69.9 | -114.8 | -34.1 | 0.0 | 62.3 | -80.7 | 0.0 |
| 190.50 | 766.2 | 186.0 | 67.3 | -114.8 | -35.1 | 0.0 | 59.6 | -80.7 | 0.0 |
| 190.40 | 769.1 | 182.5 | 67.3 | -108.0 | -35.1 | 0.0 | 59.6 | -74.8 | 0.0 |
| 190.40 | 769.1 | 182.5 | 64.7 | -108.0 | -35.9 | 0.0 | 56.9 | -74.8 | 0.0 |
| 190.30 | 771.9 | 178.9 | 64.7 | -101.6 | -35.9 | 0.0 | 56.9 | -69.1 | 0.0 |
| 190.30 | 771.9 | 178.9 | 62.1 | -101.6 | -36.7 | 0.0 | 54.3 | -69.1 | 0.0 |
| 190.20 | 774.7 | 175.2 | 62.1 | -95.3 | -36.7 | 0.0 | 54.3 | -63.6 | 0.0 |
| 190.20 | 774.7 | 175.2 | 59.6 | -95.3 | -37.5 | 0.0 | 51.8 | -63.6 | 0.0 |
| 190.10 | 777.5 | 171.5 | 59.6 | -89.4 | -37.5 | 0.0 | 51.8 | -58.5 | 0.0 |
| 190.10 | 777.5 | 171.5 | 57.2 | -89.4 | -38.2 | 0.0 | 49.3 | -58.5 | 0.0 |
| 190.00 | 780.4 | 167.7 | 57.2 | -83.7 | -38.2 | 0.0 | 49.3 | -53.5 | 0.0 |
| 190.00 | 780.4 | 167.7 | 54.8 | -83.7 | -38.8 | 0.0 | 46.8 | -53.5 | 0.0 |
| 189.90 | 783.2 | 163.8 | 54.8 | -78.2 | -38.8 | 0.0 | 46.8 | -48.9 | 0.0 |
| 189.90 | 783.2 | 163.8 | 52.4 | -78.2 | -39.4 | 0.0 | 44.4 | -48.9 | 0.0 |
| 189.80 | 786.0 | 159.8 | 52.4 | -73.0 | -39.4 | 0.0 | 44.4 | -44.4 | 0.0 |
| 189.80 | 786.0 | 159.8 | 50.1 | -73.0 | -39.9 | 0.0 | 42.1 | -44.4 | 0.0 |
| 189.70 | 788.9 | 155.9 | 50.1 | -67.9 | -39.9 | 0.0 | 42.1 | -40.2 | 0.0 |
| 189.70 | 788.9 | 155.9 | 47.9 | -67.9 | -40.4 | 0.0 | 39.8 | -40.2 | 0.0 |
| 189.60 | 791.7 | 151.8 | 47.9 | -63.2 | -40.4 | 0.0 | 39.8 | -36.2 | 0.0 |
| 189.60 | 791.7 | 151.8 | 45.6 | -63.2 | -40.8 | 0.0 | 37.6 | -36.2 | 0.0 |
| 189.50 | 794.5 | 147.7 | 45.6 | -58.6 | -40.8 | 0.0 | 37.6 | -32.5 | 0.0 |
| 189.50 | 794.5 | 147.7 | 43.5 | -58.6 | -41.2 | 0.0 | 35.5 | -32.5 | 0.0 |
| 189.40 | 797.3 | 143.6 | 43.5 | -54.2 | -41.2 | 0.0 | 35.5 | -28.9 | 0.0 |
| 189.40 | 797.3 | 143.6 | 41.4 | -54.2 | -41.5 | 0.0 | 33.3 | -28.9 | 0.0 |
| 189.30 | 800.2 | 139.5 | 41.4 | -50.1 | -41.5 | 0.0 | 33.3 | -25.6 | 0.0 |
| 189.30 | 800.2 | 139.5 | 39.3 | -50.1 | -41.8 | 0.0 | 31.3 | -25.6 | 0.0 |
| 189.20 | 803.0 | 135.3 | 39.3 | -46.2 | -41.8 | 0.0 | 31.3 | -22.5 | 0.0 |
| 189.20 | 803.0 | 135.3 | 37.3 | -46.2 | -42.0 | 0.0 | 29.3 | -22.5 | 0.0 |
| 189.10 | 805.8 | 131.1 | 37.3 | -42.4 | -42.0 | 0.0 | 29.3 | -19.5 | 0.0 |
| 189.10 | 805.8 | 131.1 | 35.4 | -42.4 | -42.1 | 0.0 | 27.4 | -19.5 | 0.0 |
| 189.00 | 808.6 | 126.9 | 35.4 | -38.9 | -42.1 | 0.0 | 27.4 | -16.8 | 0.0 |
| 189.00 | 808.6 | 126.9 | 33.4 | -38.9 | -42.3 | 0.0 | 25.5 | -16.8 | 0.0 |
| 188.90 | 811.5 | 122.7 | 33.4 | -35.6 | -42.3 | 0.0 | 25.5 | -14.2 | 0.0 |
| 188.90 | 811.5 | 122.7 | 31.6 | -35.6 | -42.3 | 0.0 | 23.7 | -14.2 | 0.0 |
| 188.80 | 814.3 | 118.4 | 31.6 | -32.4 | -42.3 | 0.0 | 23.7 | -11.9 | 0.0 |
| 188.80 | 814.3 | 118.4 | 29.8 | -32.4 | -42.3 | 0.0 | 21.9 | -11.9 | 0.0 |
| 188.70 | 817.1 | 114.2 | 29.8 | -29.4 | -42.3 | 0.0 | 21.9 | -9.7 | 0.0 |
| 188.70 | 817.1 | 114.2 | 28.0 | -29.4 | -42.3 | 0.0 | 20.2 | -9.7 | 0.0 |
| 188.60 | 820.0 | 110.0 | 28.0 | -26.6 | -42.3 | 0.0 | 20.2 | -7.6 | 0.0 |
| 188.60 | 820.0 | 110.0 | 26.3 | -26.6 | -42.2 | 0.0 | 18.6 | -7.6 | 0.0 |
| 188.50 | 822.8 | 105.7 | 26.3 | -24.0 | -42.2 | 0.0 | 18.6 | -5.8 | 0.0 |
| 188.50 | 822.8 | 105.7 | 24.7 | -24.0 | -42.1 | 0.0 | 17.0 | -5.8 | 0.0 |
| 188.40 | 825.6 | 101.5 | 24.7 | -21.5 | -42.1 | 0.0 | 17.0 | -4.1 | 0.0 |
| 188.40 | 825.6 | 101.5 | 23.1 | -21.5 | -41.9 | 0.0 | 15.5 | -4.1 | 0.0 |
| 188.30 | 828.4 | 97.3 | 23.1 | -19.2 | -41.9 | 0.0 | 15.5 | -2.5 | 0.0 |
| 188.30 | 828.4 | 97.3 | 21.5 | -19.2 | -41.6 | 0.0 | 14.0 | -2.5 | 0.0 |
| 188.20 | 831.3 | 93.2 | 21.5 | -17.1 | -41.6 | 0.0 | 14.0 | -1.1 | 0.0 |
| 188.20 | 831.3 | 93.2 | 20.0 | -17.1 | -41.3 | 0.0 | 12.6 | -1.1 | 0.0 |
| 188.10 | 834.1 | 89.1 | 20.0 | -15.1 | -41.3 | 0.1 | 12.6 | 0.0 | 0.0 |
| 188.10 | 834.1 | 89.1 | 18.5 | -15.1 | -41.0 | 0.1 | 11.2 | 0.0 | 0.0 |
| 188.00 | 836.9 | 85.0 | 18.5 | -13.2 | -41.0 | 1.2 | 11.2 | 0.0 | 0.0 |
| 188.00 | 836.9 | 85.0 | 17.1 | -13.2 | -40.6 | 1.2 | 9.9 | 0.0 | 0.0 |
| 187.90 | 839.7 | 80.9 | 17.1 | -11.5 | -40.6 | 2.2 | 9.9 | 0.0 | 0.0 |
| 187.90 | 839.7 | 80.9 | 15.8 | -11.5 | -40.2 | 2.2 | 8.7 | 0.0 | 0.0 |
| 187.80 | 842.6 | 76.9 | 15.8 | -9.9 | -40.2 | 3.1 | 8.7 | 0.0 | 0.0 |
| 187.80 | 842.6 | 76.9 | 14.5 | -9.9 | -39.7 | 3.1 | 7.5 | 0.0 | 0.0 |
| 187.70 | 845.4 | 72.9 | 14.5 | -8.5 | -39.7 | 3.8 | 7.5 | 0.0 | 0.0 |



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

| FASE 1 | | A1+M1 | | | | | | | |
|--------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| z | N | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} |
| [m] | [kN] | [kNm] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] |
| 187.70 | 845.4 | 72.9 | 13.2 | -8.5 | -39.2 | 3.8 | 6.4 | 0.0 | 0.0 |
| 187.60 | 848.2 | 69.0 | 13.2 | -7.2 | -39.2 | 4.5 | 6.4 | 0.0 | 0.0 |
| 187.60 | 848.2 | 69.0 | 12.0 | -7.2 | -38.6 | 4.5 | 5.3 | 0.0 | 0.0 |
| 187.50 | 851.1 | 65.1 | 12.0 | -6.0 | -38.6 | 5.0 | 5.3 | 0.0 | 0.0 |
| 187.50 | 851.1 | 65.1 | 10.9 | -6.0 | -37.9 | 5.0 | 4.3 | 0.0 | 0.0 |
| 187.40 | 853.9 | 61.3 | 10.9 | -4.9 | -37.9 | 5.4 | 4.3 | 0.0 | 0.0 |
| 187.40 | 853.9 | 61.3 | 9.8 | -4.9 | -37.3 | 5.4 | 3.3 | 0.0 | 0.0 |
| 187.30 | 856.7 | 57.6 | 9.8 | -3.9 | -37.3 | 5.8 | 3.3 | 0.0 | 0.0 |
| 187.30 | 856.7 | 57.6 | 8.7 | -3.9 | -36.5 | 5.8 | 2.4 | 0.0 | 0.0 |
| 187.20 | 859.5 | 54.0 | 8.7 | -3.0 | -36.5 | 6.0 | 2.4 | 0.0 | 0.0 |
| 187.20 | 859.5 | 54.0 | 7.7 | -3.0 | -35.8 | 6.0 | 1.6 | 0.0 | 0.0 |
| 187.10 | 862.4 | 50.4 | 7.7 | -2.2 | -35.8 | 6.2 | 1.6 | 0.0 | 0.0 |
| 187.10 | 862.4 | 50.4 | 6.8 | -2.2 | -34.9 | 6.2 | 0.8 | 0.0 | 0.0 |
| 187.00 | 865.2 | 46.9 | 6.8 | -1.6 | -34.9 | 6.2 | 0.8 | 0.0 | 0.0 |
| 187.00 | 865.2 | 46.9 | 5.9 | -1.6 | -34.1 | 6.2 | 0.1 | 0.0 | 0.0 |
| 186.90 | 868.0 | 43.5 | 5.9 | -1.0 | -34.1 | 6.3 | 0.1 | 0.0 | 0.0 |
| 186.90 | 868.0 | 43.5 | 5.1 | -1.0 | -33.2 | 6.3 | 0.0 | 0.0 | -0.6 |
| 186.80 | 870.8 | 40.2 | 5.1 | -0.5 | -33.2 | 6.2 | 0.0 | 0.0 | -0.6 |
| 186.80 | 870.8 | 40.2 | 4.3 | -0.5 | -32.2 | 6.2 | 0.0 | 0.0 | -1.2 |
| 186.70 | 873.7 | 36.9 | 4.3 | 0.0 | -32.2 | 6.1 | 0.0 | 0.0 | -1.2 |
| 186.70 | 873.7 | 36.9 | 3.5 | 0.0 | -31.2 | 6.1 | 0.0 | 0.0 | -1.7 |
| 186.60 | 876.5 | 33.8 | 3.5 | 0.3 | -31.2 | 5.9 | 0.0 | 0.0 | -1.7 |
| 186.60 | 876.5 | 33.8 | 2.9 | 0.3 | -30.1 | 5.9 | 0.0 | 0.0 | -2.2 |
| 186.50 | 879.3 | 30.8 | 2.9 | 0.4 | -30.1 | 5.7 | 0.0 | 0.0 | -2.2 |
| 186.50 | 879.3 | 30.8 | 2.2 | 0.4 | -29.0 | 5.7 | 0.0 | 0.0 | -2.6 |
| 186.40 | 882.2 | 27.9 | 2.2 | 0.4 | -29.0 | 5.4 | 0.0 | 0.0 | -2.6 |
| 186.40 | 882.2 | 27.9 | 1.6 | 0.4 | -27.9 | 5.4 | 0.0 | 0.0 | -3.0 |
| 186.30 | 885.0 | 25.1 | 1.6 | 0.3 | -27.9 | 5.1 | 0.0 | 0.0 | -3.0 |
| 186.30 | 885.0 | 25.1 | 1.1 | 0.3 | -26.7 | 5.1 | 0.0 | 0.0 | -3.3 |
| 186.20 | 887.8 | 22.5 | 1.1 | 0.3 | -26.7 | 4.8 | 0.0 | 0.0 | -3.3 |
| 186.20 | 887.8 | 22.5 | 0.6 | 0.3 | -25.4 | 4.8 | 0.0 | 0.0 | -3.6 |
| 186.10 | 890.6 | 19.9 | 0.6 | 0.3 | -25.4 | 4.4 | 0.0 | 0.0 | -3.6 |
| 186.10 | 890.6 | 19.9 | 0.2 | 0.3 | -24.1 | 4.4 | 0.0 | 0.0 | -3.8 |
| 186.00 | 893.5 | 17.5 | 0.2 | 0.2 | -24.1 | 4.1 | 0.0 | 0.0 | -3.8 |
| 186.00 | 893.5 | 17.5 | -0.1 | 0.2 | -22.8 | 4.1 | 0.0 | 0.0 | -3.9 |
| 185.90 | 896.3 | 15.2 | -0.1 | 0.2 | -22.8 | 3.7 | 0.0 | 0.0 | -3.9 |
| 185.90 | 896.3 | 15.2 | -0.3 | 0.2 | -21.4 | 3.7 | 0.0 | 0.0 | -4.0 |
| 185.80 | 899.1 | 13.1 | -0.3 | 0.2 | -21.4 | 3.3 | 0.0 | 0.0 | -4.0 |
| 185.80 | 899.1 | 13.1 | -0.3 | 0.2 | -19.9 | 3.3 | 0.0 | 0.0 | -4.0 |
| 185.70 | 902.0 | 11.1 | -0.3 | 0.2 | -19.9 | 2.9 | 0.0 | 0.0 | -4.0 |
| 185.70 | 902.0 | 11.1 | -0.3 | 0.2 | -18.5 | 2.9 | 0.0 | 0.0 | -4.0 |
| 185.60 | 904.8 | 9.2 | -0.3 | 0.1 | -18.5 | 2.5 | 0.0 | 0.0 | -4.0 |
| 185.60 | 904.8 | 9.2 | -0.2 | 0.1 | -16.9 | 2.5 | 0.0 | 0.0 | -3.9 |
| 185.50 | 907.6 | 7.6 | -0.2 | 0.1 | -16.9 | 2.1 | 0.0 | 0.0 | -3.9 |
| 185.50 | 907.6 | 7.6 | -0.2 | 0.1 | -15.3 | 2.1 | 0.0 | 0.0 | -3.7 |
| 185.40 | 910.4 | 6.0 | -0.2 | 0.1 | -15.3 | 1.7 | 0.0 | 0.0 | -3.7 |
| 185.40 | 910.4 | 6.0 | -0.2 | 0.1 | -13.7 | 1.7 | 0.0 | 0.0 | -3.5 |
| 185.30 | 913.3 | 4.6 | -0.2 | 0.1 | -13.7 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | -3.5 |
| 185.30 | 913.3 | 4.6 | -0.2 | 0.1 | -12.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | -3.2 |
| 185.20 | 916.1 | 3.4 | -0.2 | 0.0 | -12.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | -3.2 |
| 185.20 | 916.1 | 3.4 | -0.1 | 0.0 | -10.3 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | -2.9 |
| 185.10 | 918.9 | 2.4 | -0.1 | 0.0 | -10.3 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | -2.9 |
| 185.10 | 918.9 | 2.4 | -0.1 | 0.0 | -8.6 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | -2.5 |
| 185.00 | 921.7 | 1.6 | -0.1 | 0.0 | -8.6 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | -2.5 |
| 185.00 | 921.7 | 1.6 | -0.1 | 0.0 | -6.7 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | -2.1 |
| 184.90 | 924.6 | 0.9 | -0.1 | 0.0 | -6.7 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | -2.1 |
| 184.90 | 924.6 | 0.9 | -0.1 | 0.0 | -4.9 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | -1.5 |
| 184.80 | 927.4 | 0.4 | -0.1 | 0.0 | -4.9 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | -1.5 |
| 184.80 | 927.4 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | -3.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | -1.0 |
| 184.70 | 930.2 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | -3.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -1.0 |



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

| FASE 1 | | A1+M1 | | | | | | | |
|--------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| z | N | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} |
| [m] | [kN] | [kNm] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] |
| 184.70 | 930.2 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | -1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.3 |
| 184.60 | 933.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.3 |



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

| FASE 2 | | A1+M1 | | | | | | | |
|--------|------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| Z | N | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} |
| [m] | [kN] | [kNm] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] |
| 203.55 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 203.45 | 2.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 203.45 | 2.8 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | -0.4 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 |
| 203.35 | 5.7 | 0.1 | 0.5 | -0.1 | -0.4 | 0.1 | 0.5 | 0.1 | 0.5 |
| 203.35 | 5.7 | 0.1 | 1.2 | -0.1 | -0.5 | 0.1 | 1.2 | 0.1 | 1.2 |
| 203.25 | 8.5 | 0.2 | 1.2 | -0.1 | -0.5 | 0.2 | 1.2 | 0.2 | 1.2 |
| 203.25 | 8.5 | 0.2 | 2.1 | -0.1 | -0.5 | 0.2 | 2.0 | 0.2 | 2.0 |
| 203.15 | 11.3 | 0.4 | 2.1 | -0.2 | -0.5 | 0.4 | 2.0 | 0.4 | 2.0 |
| 203.15 | 11.3 | 0.4 | 3.2 | -0.2 | -0.6 | 0.4 | 3.0 | 0.4 | 3.0 |
| 203.05 | 14.1 | 0.7 | 3.2 | -0.2 | -0.6 | 0.7 | 3.0 | 0.7 | 3.0 |
| 203.05 | 14.1 | 0.7 | 4.6 | -0.2 | -0.6 | 0.7 | 4.2 | 0.7 | 4.2 |
| 202.95 | 17.0 | 1.2 | 4.6 | -0.3 | -0.6 | 1.1 | 4.2 | 1.1 | 4.2 |
| 202.95 | 17.0 | 1.2 | 6.1 | -0.3 | -0.6 | 1.1 | 5.5 | 1.1 | 5.5 |
| 202.85 | 19.8 | 1.8 | 6.1 | -0.4 | -0.6 | 1.6 | 5.5 | 1.6 | 5.5 |
| 202.85 | 19.8 | 1.8 | 7.9 | -0.4 | -0.7 | 1.6 | 7.0 | 1.6 | 7.0 |
| 202.75 | 22.6 | 2.6 | 7.9 | -0.4 | -0.7 | 2.3 | 7.0 | 2.3 | 7.0 |
| 202.75 | 22.6 | 2.6 | 9.8 | -0.4 | -0.7 | 2.3 | 8.7 | 2.3 | 8.7 |
| 202.65 | 25.4 | 3.5 | 9.8 | -0.5 | -0.7 | 3.2 | 8.7 | 3.2 | 8.7 |
| 202.65 | 25.4 | 3.5 | 12.0 | -0.5 | -0.7 | 3.2 | 10.6 | 3.2 | 10.6 |
| 202.55 | 28.3 | 4.7 | 12.0 | -0.6 | -0.7 | 4.3 | 10.6 | 4.3 | 10.6 |
| 202.55 | 28.3 | 4.7 | 14.4 | -0.6 | -0.8 | 4.3 | 12.7 | 4.3 | 12.7 |
| 202.45 | 31.1 | 6.2 | 14.4 | -0.6 | -0.8 | 5.5 | 12.7 | 5.5 | 12.7 |
| 202.45 | 31.1 | 6.2 | 17.0 | -0.6 | -0.8 | 5.5 | 14.9 | 5.5 | 14.9 |
| 202.35 | 33.9 | 7.9 | 17.0 | -0.7 | -0.8 | 7.0 | 14.9 | 7.0 | 14.9 |
| 202.35 | 33.9 | 7.9 | 19.8 | -0.7 | -0.8 | 7.0 | 17.3 | 7.0 | 17.3 |
| 202.25 | 36.8 | 9.9 | 19.8 | -0.8 | -0.8 | 8.8 | 17.3 | 8.8 | 17.3 |
| 202.25 | 36.8 | 9.9 | 22.9 | -0.8 | -0.8 | 8.8 | 19.9 | 8.8 | 19.9 |
| 202.15 | 39.6 | 12.2 | 22.9 | -0.9 | -0.8 | 10.8 | 19.9 | 10.8 | 19.9 |
| 202.15 | 39.6 | 12.2 | 26.1 | -0.9 | -0.8 | 10.8 | 22.6 | 10.8 | 22.6 |
| 202.05 | 42.4 | 14.8 | 26.1 | -1.0 | -0.8 | 13.0 | 22.6 | 13.0 | 22.6 |
| 202.05 | 42.4 | 14.8 | 29.6 | -1.0 | -0.8 | 13.0 | 25.6 | 13.0 | 25.6 |
| 201.95 | 45.2 | 17.7 | 29.6 | -1.0 | -0.8 | 15.6 | 25.6 | 15.6 | 25.6 |
| 201.95 | 45.2 | 17.7 | 33.3 | -1.0 | -0.8 | 15.6 | 28.7 | 15.6 | 28.7 |
| 201.85 | 48.1 | 21.1 | 33.3 | -1.1 | -0.8 | 18.4 | 28.7 | 18.4 | 28.7 |
| 201.85 | 48.1 | 21.1 | 37.2 | -1.1 | -0.8 | 18.4 | 31.9 | 18.4 | 31.9 |
| 201.75 | 50.9 | 24.8 | 37.2 | -1.2 | -0.8 | 21.6 | 31.9 | 21.6 | 31.9 |
| 201.75 | 50.9 | 24.8 | 41.3 | -1.2 | -0.8 | 21.6 | 35.4 | 21.6 | 35.4 |
| 201.65 | 53.7 | 28.9 | 41.3 | -1.3 | -0.8 | 25.2 | 35.4 | 25.2 | 35.4 |
| 201.65 | 53.7 | 28.9 | 45.6 | -1.3 | -0.7 | 25.2 | 39.0 | 25.2 | 39.0 |
| 201.55 | 56.5 | 33.5 | 45.6 | -1.3 | -0.7 | 29.1 | 39.0 | 29.1 | 39.0 |
| 201.55 | 56.5 | 33.5 | 50.2 | -1.3 | -0.7 | 29.1 | 42.8 | 29.1 | 42.8 |
| 201.45 | 59.4 | 38.5 | 50.2 | -1.4 | -0.7 | 33.3 | 42.8 | 33.3 | 42.8 |
| 201.45 | 59.4 | 38.5 | 54.9 | -1.4 | -0.7 | 33.3 | 46.8 | 33.3 | 46.8 |
| 201.35 | 62.2 | 44.0 | 54.9 | -1.5 | -0.7 | 38.0 | 46.8 | 38.0 | 46.8 |
| 201.35 | 62.2 | 44.0 | 59.9 | -1.5 | -0.7 | 38.0 | 50.9 | 38.0 | 50.9 |
| 201.25 | 65.0 | 50.0 | 59.9 | -1.5 | -0.7 | 43.1 | 50.9 | 43.1 | 50.9 |
| 201.25 | 65.0 | 50.0 | 65.0 | -1.5 | -0.6 | 43.1 | 55.3 | 43.1 | 55.3 |
| 201.15 | 67.9 | 56.5 | 65.0 | -1.6 | -0.6 | 48.6 | 55.3 | 48.6 | 55.3 |
| 201.15 | 67.9 | 56.5 | 70.4 | -1.6 | -0.6 | 48.6 | 59.8 | 48.6 | 59.8 |
| 201.05 | 70.7 | 63.5 | 70.4 | -1.7 | -0.6 | 54.6 | 59.8 | 54.6 | 59.8 |
| 201.05 | 70.7 | 63.5 | 76.0 | -1.7 | -0.5 | 54.6 | 64.4 | 54.6 | 64.4 |
| 200.95 | 73.5 | 71.1 | 76.0 | -1.7 | -0.5 | 61.1 | 64.4 | 61.1 | 64.4 |
| 200.95 | 73.5 | 71.1 | 81.9 | -1.7 | -0.5 | 61.1 | 69.3 | 61.1 | 69.3 |
| 200.85 | 76.3 | 79.3 | 81.9 | -1.8 | -0.5 | 68.0 | 69.3 | 68.0 | 69.3 |
| 200.85 | 76.3 | 79.3 | 87.9 | -1.8 | -0.4 | 68.0 | 74.3 | 68.0 | 74.3 |
| 200.75 | 79.2 | 88.1 | 87.9 | -1.8 | -0.4 | 75.4 | 74.3 | 75.4 | 74.3 |
| 200.75 | 79.2 | 88.1 | 94.1 | -1.8 | -0.4 | 75.4 | 79.5 | 75.4 | 79.5 |
| 200.65 | 82.0 | 97.5 | 94.1 | -1.9 | -0.4 | 83.4 | 79.5 | 83.4 | 79.5 |



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

| FASE 2 | | A1+M1 | | | | | | | |
|----------|-----------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| z [m] | N [kN] | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| | | M _{max} [kNm] | V _{max} [kN/m] | M _{min} [kNm/m] | V _{min} [kN/m] | M _{max} [kNm/m] | V _{max} [kN/m] | M _{min} [kNm/m] | V _{min} [kN/m] |
| 200.65 | 82.0 | 97.5 | 100.6 | -1.9 | -0.3 | 83.4 | 84.9 | 83.4 | 84.9 |
| 200.55 | 84.8 | 107.6 | 100.6 | -1.9 | -0.3 | 91.9 | 84.9 | 91.9 | 84.9 |
| 200.55 | 84.8 | 107.6 | 107.3 | -1.9 | -0.2 | 91.9 | 90.5 | 91.9 | 90.5 |
| 200.45 | 87.7 | 118.3 | 107.3 | -1.9 | -0.2 | 100.9 | 90.5 | 100.9 | 90.5 |
| 200.45 | 87.7 | 118.3 | 114.2 | -1.9 | -0.2 | 100.9 | 96.2 | 100.9 | 96.2 |
| 200.35 | 90.5 | 129.7 | 114.2 | -1.9 | -0.2 | 110.5 | 96.2 | 110.5 | 96.2 |
| 200.35 | 90.5 | 129.7 | 121.3 | -1.9 | -0.1 | 110.5 | 102.1 | 110.5 | 102.1 |
| 200.25 | 93.3 | 141.8 | 121.3 | -1.9 | -0.1 | 120.7 | 102.1 | 120.7 | 102.1 |
| 200.25 | 93.3 | 141.8 | 128.6 | -1.9 | 0.0 | 120.7 | 108.2 | 120.7 | 108.2 |
| 200.15 | 96.1 | 154.7 | 128.6 | -1.9 | 0.0 | 131.6 | 108.2 | 131.6 | 108.2 |
| 200.15 | 96.1 | 154.7 | 136.1 | -1.9 | 0.1 | 131.6 | 114.4 | 131.6 | 114.4 |
| 200.05 | 99.0 | 168.3 | 136.1 | -1.9 | 0.1 | 143.0 | 114.4 | 143.0 | 114.4 |
| 200.05 | 99.0 | 168.3 | 143.9 | -1.9 | 0.2 | 143.0 | 120.8 | 143.0 | 120.8 |
| 199.95 | 101.8 | 182.7 | 143.9 | -1.9 | 0.2 | 155.1 | 120.8 | 155.1 | 120.8 |
| 199.95 | 101.8 | 182.7 | 151.8 | -1.9 | 0.3 | 155.1 | 127.4 | 155.1 | 127.4 |
| 199.85 | 104.6 | 197.9 | 151.8 | -1.9 | 0.3 | 167.8 | 127.4 | 167.8 | 127.4 |
| 199.85 | 104.6 | 197.9 | 160.0 | -1.9 | 0.4 | 167.8 | 134.2 | 167.8 | 134.2 |
| 199.75 | 107.4 | 213.9 | 160.0 | -1.9 | 0.4 | 181.2 | 134.2 | 181.2 | 134.2 |
| 199.75 | 107.4 | 213.9 | 168.4 | -1.9 | 0.5 | 181.2 | 141.2 | 181.2 | 141.2 |
| 199.65 | 110.3 | 230.7 | 168.4 | -1.8 | 0.5 | 195.4 | 141.2 | 195.4 | 141.2 |
| 199.65 | 110.3 | 230.7 | 177.0 | -1.8 | 0.6 | 195.4 | 148.3 | 195.4 | 148.3 |
| 199.55 | 113.1 | 248.4 | 177.0 | -1.7 | 0.6 | 210.2 | 148.3 | 210.2 | 148.3 |
| 199.55 | 113.1 | 248.4 | 185.8 | -1.7 | 0.7 | 210.2 | 155.6 | 210.2 | 155.6 |
| 199.45 | 115.9 | 267.0 | 185.8 | -1.7 | 0.7 | 225.8 | 155.6 | 225.8 | 155.6 |
| 199.45 | 115.9 | 267.0 | 194.8 | -1.7 | 0.8 | 225.8 | 163.1 | 225.8 | 163.1 |
| 199.35 | 118.8 | 286.5 | 194.8 | -1.6 | 0.8 | 242.1 | 163.1 | 242.1 | 163.1 |
| 199.35 | 118.8 | 286.5 | 204.1 | -1.6 | 0.9 | 242.1 | 170.7 | 242.1 | 170.7 |
| 199.25 | 121.6 | 306.9 | 204.1 | -1.5 | 0.9 | 259.1 | 170.7 | 259.1 | 170.7 |
| 199.25 | 121.6 | 306.9 | 213.5 | -1.5 | 1.1 | 259.1 | 178.6 | 259.1 | 178.6 |
| 199.15 | 124.4 | 328.2 | 213.5 | -1.4 | 1.1 | 277.0 | 178.6 | 277.0 | 178.6 |
| 199.15 | 124.4 | 328.2 | 223.2 | -1.4 | 1.2 | 277.0 | 186.6 | 277.0 | 186.6 |
| 199.05 | 127.2 | 350.6 | 223.2 | -1.3 | 1.2 | 295.7 | 186.6 | 295.7 | 186.6 |
| 199.05 | 127.2 | 350.6 | 233.1 | -1.3 | 1.3 | 295.7 | 194.7 | 295.7 | 194.7 |
| 198.95 | 130.1 | 373.9 | 233.1 | -1.1 | 1.3 | 315.1 | 194.7 | 315.1 | 194.7 |
| 198.95 | 130.1 | 373.9 | 243.2 | -1.1 | 1.5 | 315.1 | 203.1 | 315.1 | 203.1 |
| 198.85 | 132.9 | 398.2 | 243.2 | -1.0 | 1.5 | 335.4 | 203.1 | 335.4 | 203.1 |
| 198.85 | 132.9 | 398.2 | 253.5 | -1.0 | 1.6 | 335.4 | 211.6 | 335.4 | 211.6 |
| 198.75 | 135.7 | 423.5 | 253.5 | -0.8 | 1.6 | 356.6 | 211.6 | 356.6 | 211.6 |
| 198.75 | 135.7 | 423.5 | 264.0 | -0.8 | 1.8 | 356.6 | 220.3 | 356.6 | 220.3 |
| 198.65 | 138.5 | 449.9 | 264.0 | -0.6 | 1.8 | 378.6 | 220.3 | 378.6 | 220.3 |
| 198.65 | 138.5 | 449.9 | 274.7 | -0.6 | 2.0 | 378.6 | 229.2 | 378.6 | 229.2 |
| 198.55 | 141.4 | 477.4 | 274.7 | -0.5 | 2.0 | 401.5 | 229.2 | 401.5 | 229.2 |
| 198.55 | 141.4 | 477.4 | 285.7 | -0.5 | 2.1 | 401.5 | 238.2 | 401.5 | 238.2 |
| 198.45 | 144.2 | 506.0 | 285.7 | -0.2 | 2.1 | 425.4 | 238.2 | 425.4 | 238.2 |
| 198.45 | 144.2 | 506.0 | 296.8 | -0.2 | 2.3 | 425.4 | 247.5 | 425.4 | 247.5 |
| 198.35 | 147.0 | 535.6 | 296.8 | 0.0 | 2.3 | 450.1 | 247.5 | 450.1 | 247.5 |
| 198.35 | 147.0 | 535.6 | 308.2 | 0.0 | 2.5 | 450.1 | 256.9 | 450.1 | 256.9 |
| 198.25 | 149.9 | 566.5 | 308.2 | 0.2 | 2.5 | 475.8 | 256.9 | 475.8 | 256.9 |
| 198.25 | 149.9 | 566.5 | 319.8 | 0.2 | 2.6 | 475.8 | 266.4 | 475.8 | 266.4 |
| 198.15 | 152.7 | 598.5 | 319.8 | 0.5 | 2.6 | 502.4 | 266.4 | 502.4 | 266.4 |
| 198.15 | 152.7 | 598.5 | 331.6 | 0.5 | 2.8 | 502.4 | 276.2 | 502.4 | 276.2 |
| 198.05 | 155.5 | 631.6 | 331.6 | 0.8 | 2.8 | 530.1 | 276.2 | 530.1 | 276.2 |
| 198.05 | 155.5 | 631.6 | 343.6 | 0.8 | 3.0 | 530.1 | 286.1 | 530.1 | 286.1 |
| 197.95 | 158.3 | 666.0 | 343.6 | 1.1 | 3.0 | 558.7 | 286.1 | 558.7 | 286.1 |
| 197.95 | 158.3 | 666.0 | 355.9 | 1.1 | 3.2 | 558.7 | 296.2 | 558.7 | 296.2 |
| 197.85 | 161.2 | 701.6 | 355.9 | 1.4 | 3.2 | 588.3 | 296.2 | 588.3 | 296.2 |
| 197.85 | 161.2 | 701.6 | 368.3 | 1.4 | 3.4 | 588.3 | 306.5 | 588.3 | 306.5 |
| 197.75 | 164.0 | 738.4 | 368.3 | 1.7 | 3.4 | 619.0 | 306.5 | 619.0 | 306.5 |
| 197.75 | 164.0 | 738.4 | 381.0 | 1.7 | 3.6 | 619.0 | 317.0 | 619.0 | 317.0 |
| 197.65 | 166.8 | 776.5 | 381.0 | 2.1 | 3.6 | 650.7 | 317.0 | 650.7 | 317.0 |



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

| FASE 2 | | A1+M1 | | | | | | | |
|----------|-----------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| z [m] | N [kN] | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| | | M _{max} [kNm] | V _{max} [kN/m] | M _{min} [kNm/m] | V _{min} [kN/m] | M _{max} [kNm/m] | V _{max} [kN/m] | M _{min} [kNm/m] | V _{min} [kN/m] |
| 197.65 | 166.8 | 776.5 | 393.9 | 2.1 | 3.8 | 650.7 | 327.6 | 650.7 | 327.6 |
| 197.55 | 169.6 | 815.9 | 393.9 | 2.5 | 3.8 | 683.4 | 327.6 | 683.4 | 327.6 |
| 197.55 | 169.6 | 815.9 | 407.0 | 2.5 | 4.0 | 683.4 | 338.4 | 683.4 | 338.4 |
| 197.45 | 172.5 | 856.6 | 407.0 | 2.9 | 4.0 | 717.2 | 338.4 | 717.2 | 338.4 |
| 197.45 | 172.5 | 856.6 | 420.3 | 2.9 | 4.3 | 717.2 | 349.4 | 717.2 | 349.4 |
| 197.35 | 175.3 | 898.6 | 420.3 | 3.3 | 4.3 | 752.2 | 349.4 | 752.2 | 349.4 |
| 197.35 | 175.3 | 898.6 | 428.8 | 3.3 | 4.0 | 752.2 | 356.0 | 752.2 | 356.0 |
| 197.25 | 178.1 | 941.5 | 428.8 | 3.7 | 4.0 | 787.8 | 356.0 | 787.8 | 356.0 |
| 197.25 | 178.1 | 941.5 | 437.6 | 3.7 | 3.8 | 787.8 | 362.7 | 787.8 | 362.7 |
| 197.15 | 181.0 | 985.2 | 437.6 | 4.1 | 3.8 | 824.1 | 362.7 | 824.1 | 362.7 |
| 197.15 | 181.0 | 985.2 | 446.4 | 4.1 | 3.6 | 824.1 | 369.5 | 824.1 | 369.5 |
| 197.05 | 183.8 | 1029.9 | 446.4 | 4.5 | 3.6 | 861.0 | 369.5 | 861.0 | 369.5 |
| 197.05 | 183.8 | 1029.9 | 455.5 | 4.5 | 3.3 | 861.0 | 376.4 | 861.0 | 376.4 |
| 196.95 | 186.6 | 1075.4 | 455.5 | 4.8 | 3.3 | 898.6 | 376.4 | 898.6 | 376.4 |
| 196.95 | 186.6 | 1075.4 | 464.6 | 4.8 | 3.1 | 898.6 | 383.5 | 898.6 | 383.5 |
| 196.85 | 189.4 | 1121.9 | 464.6 | 5.1 | 3.1 | 937.0 | 383.5 | 937.0 | 383.5 |
| 196.85 | 189.4 | 1121.9 | 473.9 | 5.1 | 2.9 | 937.0 | 390.6 | 937.0 | 390.6 |
| 196.75 | 192.3 | 1169.3 | 473.9 | 5.4 | 2.9 | 976.1 | 390.6 | 976.1 | 390.6 |
| 196.75 | 192.3 | 1169.3 | 483.3 | 5.4 | 2.7 | 976.1 | 397.9 | 976.1 | 397.9 |
| 196.65 | 195.1 | 1217.6 | 483.3 | 5.7 | 2.7 | 1015.8 | 397.9 | 1015.8 | 397.9 |
| 196.65 | 195.1 | 1217.6 | 492.9 | 5.7 | 2.5 | 1015.8 | 405.2 | 1015.8 | 405.2 |
| 196.55 | 197.9 | 1266.9 | 492.9 | 5.9 | 2.5 | 1056.4 | 405.2 | 1056.4 | 405.2 |
| 196.55 | 197.9 | 1266.9 | 502.6 | 5.9 | 2.4 | 1056.4 | 412.7 | 1056.4 | 412.7 |
| 196.45 | 200.7 | 1317.2 | 502.6 | 6.2 | 2.4 | 1097.6 | 412.7 | 1097.6 | 412.7 |
| 196.45 | 200.7 | 1317.2 | 512.4 | 6.2 | 2.2 | 1097.6 | 420.2 | 1097.6 | 420.2 |
| 196.35 | 203.6 | 1368.4 | 512.4 | 6.4 | 2.2 | 1139.7 | 420.2 | 1139.7 | 420.2 |
| 196.35 | 203.6 | 1368.4 | 522.4 | 6.4 | 2.0 | 1139.7 | 427.9 | 1139.7 | 427.9 |
| 196.25 | 206.4 | 1420.6 | 522.4 | 6.6 | 2.0 | 1182.4 | 427.9 | 1182.4 | 427.9 |
| 196.25 | 206.4 | 1420.6 | 532.5 | 6.6 | 1.8 | 1182.4 | 435.7 | 1182.4 | 435.7 |
| 196.15 | 209.2 | 1473.9 | 532.5 | 6.8 | 1.8 | 1226.0 | 435.7 | 1226.0 | 435.7 |
| 196.15 | 209.2 | 1473.9 | 542.7 | 6.8 | 1.7 | 1226.0 | 443.5 | 1226.0 | 443.5 |
| 196.05 | 212.1 | 1528.1 | 542.7 | 6.9 | 1.7 | 1270.4 | 443.5 | 1270.4 | 443.5 |
| 196.05 | 212.1 | 1528.1 | 530.4 | 6.9 | 1.5 | 1270.4 | 434.2 | 1270.4 | 434.2 |
| 195.95 | 214.9 | 1581.2 | 530.4 | 7.1 | 1.5 | 1313.8 | 434.2 | 1313.8 | 434.2 |
| 195.95 | 214.9 | 1581.2 | 517.6 | 7.1 | 1.4 | 1313.8 | 424.6 | 1313.8 | 424.6 |
| 195.85 | 217.7 | 1632.9 | 517.6 | 7.2 | 1.4 | 1356.3 | 424.6 | 1356.3 | 424.6 |
| 195.85 | 217.7 | 1632.9 | 504.5 | 7.2 | 1.2 | 1356.3 | 414.6 | 1356.3 | 414.6 |
| 195.75 | 220.5 | 1683.4 | 504.5 | 7.3 | 1.2 | 1397.7 | 414.6 | 1397.7 | 414.6 |
| 195.75 | 220.5 | 1683.4 | 490.9 | 7.3 | 1.1 | 1397.7 | 404.3 | 1397.7 | 404.3 |
| 195.65 | 223.4 | 1732.5 | 490.9 | 7.5 | 1.1 | 1438.1 | 404.3 | 1438.1 | 404.3 |
| 195.65 | 223.4 | 1732.5 | 477.0 | 7.5 | 0.9 | 1438.1 | 393.8 | 1438.1 | 393.8 |
| 195.55 | 226.2 | 1780.2 | 477.0 | 7.5 | 0.9 | 1477.6 | 393.8 | 1477.6 | 393.8 |
| 195.55 | 226.2 | 1780.2 | 462.6 | 7.5 | 0.8 | 1477.6 | 382.8 | 1477.6 | 382.8 |
| 195.45 | 229.0 | 1826.4 | 462.6 | 7.6 | 0.8 | 1515.8 | 382.8 | 1515.8 | 382.8 |
| 195.45 | 229.0 | 1826.4 | 447.8 | 7.6 | 0.7 | 1515.8 | 371.6 | 1515.8 | 371.6 |
| 195.35 | 231.8 | 1871.1 | 447.8 | 7.7 | 0.7 | 1553.0 | 371.6 | 1553.0 | 371.6 |
| 195.35 | 231.8 | 1871.1 | 432.5 | 7.7 | 0.6 | 1553.0 | 360.2 | 1553.0 | 360.2 |
| 195.25 | 234.7 | 1914.8 | 432.5 | 7.8 | 0.6 | 1589.4 | 360.2 | 1589.4 | 360.2 |
| 195.25 | 234.7 | 1914.8 | 416.9 | 7.8 | 0.5 | 1589.4 | 348.5 | 1589.4 | 348.5 |
| 195.15 | 237.5 | 1956.7 | 416.9 | 7.8 | 0.5 | 1624.1 | 348.5 | 1624.1 | 348.5 |
| 195.15 | 237.5 | 1956.7 | 400.9 | 7.8 | 0.3 | 1624.1 | 336.6 | 1624.1 | 336.6 |
| 195.05 | 240.3 | 1996.7 | 400.9 | 7.8 | 0.3 | 1657.9 | 336.6 | 1657.9 | 336.6 |
| 195.05 | 240.3 | 1996.7 | 384.4 | 7.8 | 0.2 | 1657.9 | 324.5 | 1657.9 | 324.5 |
| 194.95 | 243.2 | 2035.1 | 384.4 | 7.9 | 0.2 | 1690.4 | 324.5 | 1690.4 | 324.5 |
| 194.95 | 243.2 | 2035.1 | 367.5 | 7.9 | 0.1 | 1690.4 | 312.1 | 1690.4 | 312.1 |
| 194.85 | 246.0 | 2071.9 | 367.5 | 7.9 | 0.1 | 1721.6 | 312.1 | 1721.6 | 312.1 |
| 194.85 | 246.0 | 2071.9 | 350.2 | 7.9 | 0.0 | 1721.6 | 299.5 | 1721.6 | 299.5 |
| 194.75 | 248.8 | 2106.8 | 350.2 | 7.9 | 0.0 | 1751.5 | 299.5 | 1751.5 | 299.5 |
| 194.75 | 248.8 | 2106.8 | 332.5 | 7.9 | 0.0 | 1751.5 | 286.7 | 1751.5 | 286.7 |
| 194.65 | 251.6 | 2140.1 | 332.5 | 7.9 | 0.0 | 1780.1 | 286.7 | 1780.1 | 286.7 |



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
 PROGETTO ESECUTIVO
 Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco**

| FASE 2 | | A1+M1 | | | | | | | |
|----------|-----------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| z [m] | N [kN] | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| | | M _{max} [kNm] | V _{max} [kN/m] | M _{min} [kNm/m] | V _{min} [kN/m] | M _{max} [kNm/m] | V _{max} [kN/m] | M _{min} [kNm/m] | V _{min} [kN/m] |
| 194.65 | 251.6 | 2140.1 | 314.4 | 7.9 | -0.1 | 1780.1 | 273.6 | 1780.1 | 273.6 |
| 194.55 | 254.5 | 2171.6 | 314.4 | 7.9 | -0.1 | 1807.5 | 273.6 | 1807.5 | 273.6 |
| 194.55 | 254.5 | 2171.6 | 296.0 | 7.9 | -0.2 | 1807.5 | 260.3 | 1807.5 | 260.3 |
| 194.45 | 257.3 | 2201.1 | 296.0 | 7.8 | -0.2 | 1833.6 | 260.3 | 1833.6 | 260.3 |
| 194.45 | 257.3 | 2201.1 | 277.3 | 7.8 | -0.3 | 1833.6 | 246.8 | 1833.6 | 246.8 |
| 194.35 | 260.1 | 2229.0 | 277.3 | 7.8 | -0.3 | 1858.2 | 246.8 | 1858.2 | 246.8 |
| 194.35 | 260.1 | 2229.0 | 258.3 | 7.8 | -0.4 | 1858.2 | 233.0 | 1858.2 | 233.0 |
| 194.25 | 263.0 | 2254.8 | 258.3 | 7.8 | -0.4 | 1881.6 | 233.0 | 1881.6 | 233.0 |
| 194.25 | 263.0 | 2254.8 | 239.0 | 7.8 | -0.4 | 1881.6 | 219.0 | 1881.6 | 219.0 |
| 194.15 | 265.8 | 2278.6 | 239.0 | 7.7 | -0.4 | 1903.4 | 219.0 | 1903.4 | 219.0 |
| 194.15 | 265.8 | 2278.6 | 219.3 | 7.7 | -0.5 | 1903.4 | 204.8 | 1903.4 | 204.8 |
| 194.05 | 268.6 | 2300.7 | 219.3 | 7.7 | -0.5 | 1923.9 | 204.8 | 1923.9 | 204.8 |
| 194.05 | 268.6 | 2300.7 | 199.3 | 7.7 | -0.6 | 1923.9 | 190.3 | 1923.9 | 190.3 |
| 193.95 | 271.4 | 2320.5 | 199.3 | 7.6 | -0.6 | 1942.9 | 190.3 | 1942.9 | 190.3 |
| 193.95 | 271.4 | 2320.5 | 179.1 | 7.6 | -0.6 | 1942.9 | 175.6 | 1942.9 | 175.6 |
| 193.85 | 274.3 | 2338.3 | 179.1 | 7.6 | -0.6 | 1960.6 | 175.6 | 1960.6 | 175.6 |
| 193.85 | 274.3 | 2338.3 | 159.1 | 7.6 | -0.7 | 1960.6 | 160.7 | 1960.6 | 160.7 |
| 193.75 | 277.1 | 2354.4 | 159.1 | 7.5 | -0.7 | 1976.5 | 160.7 | 1976.5 | 160.7 |
| 193.75 | 277.1 | 2354.4 | 139.5 | 7.5 | -0.7 | 1976.5 | 145.5 | 1976.5 | 145.5 |
| 193.65 | 279.9 | 2368.4 | 139.5 | 7.4 | -0.7 | 1991.1 | 145.5 | 1991.1 | 145.5 |
| 193.65 | 279.9 | 2368.4 | 120.2 | 7.4 | -0.8 | 1991.1 | 130.1 | 1991.1 | 130.1 |
| 193.55 | 282.7 | 2380.4 | 120.2 | 7.3 | -0.8 | 2004.1 | 130.1 | 2004.1 | 130.1 |
| 193.55 | 282.7 | 2380.4 | 101.1 | 7.3 | -0.8 | 2004.1 | 114.4 | 2004.1 | 114.4 |
| 193.45 | 285.6 | 2390.4 | 101.1 | 7.2 | -0.8 | 2015.6 | 114.4 | 2015.6 | 114.4 |
| 193.45 | 285.6 | 2390.4 | 82.4 | 7.2 | -0.9 | 2015.6 | 98.6 | 2015.6 | 98.6 |
| 193.35 | 288.4 | 2398.6 | 82.4 | 7.2 | -0.9 | 2025.4 | 98.6 | 2025.4 | 98.6 |
| 193.35 | 288.4 | 2398.6 | 63.9 | 7.2 | -0.9 | 2025.4 | 82.5 | 2025.4 | 82.5 |
| 193.25 | 291.2 | 2404.9 | 63.9 | 7.1 | -0.9 | 2033.6 | 82.5 | 2033.6 | 82.5 |
| 193.25 | 291.2 | 2404.9 | 45.8 | 7.1 | -1.0 | 2033.6 | 65.9 | 2033.6 | 65.9 |
| 193.15 | 294.1 | 2409.7 | 45.8 | 7.0 | -1.0 | 2040.2 | 65.9 | 2040.2 | 65.9 |
| 193.15 | 294.1 | 2409.7 | 27.9 | 7.0 | -1.0 | 2040.2 | 49.7 | 2040.2 | 49.7 |
| 193.05 | 296.9 | 2412.4 | 27.9 | 6.9 | -1.0 | 2045.3 | 49.7 | 2045.3 | 49.7 |
| 193.05 | 296.9 | 2412.4 | 10.4 | 6.9 | -1.0 | 2045.3 | 33.7 | 2045.3 | 33.7 |
| 192.95 | 299.7 | 2413.5 | 10.4 | 6.8 | -1.0 | 2048.6 | 33.7 | 2048.6 | 33.7 |
| 192.95 | 299.7 | 2413.5 | -1.1 | 6.8 | -0.9 | 2048.6 | 18.1 | 2048.6 | 18.1 |
| 192.85 | 302.5 | 2412.8 | -1.1 | 6.7 | -0.9 | 2050.4 | 18.1 | 2050.4 | 18.1 |
| 192.85 | 302.5 | 2412.8 | -1.1 | 6.7 | -23.9 | 2050.4 | 2.8 | 2050.4 | 2.8 |
| 192.75 | 305.4 | 2410.4 | -1.1 | 6.5 | -23.9 | 2050.7 | 2.8 | 2050.7 | 2.8 |
| 192.75 | 305.4 | 2410.4 | -1.1 | 6.5 | -40.7 | 2050.7 | -12.3 | 2050.7 | -12.3 |
| 192.65 | 308.2 | 2406.2 | -1.1 | 6.4 | -40.7 | 2049.5 | -12.3 | 2049.5 | -12.3 |
| 192.65 | 308.2 | 2406.2 | -1.1 | 6.4 | -57.1 | 2049.5 | -27.1 | 2049.5 | -27.1 |
| 192.55 | 311.0 | 2400.6 | -1.1 | 6.3 | -57.1 | 2046.8 | -27.1 | 2046.8 | -27.1 |
| 192.55 | 311.0 | 2400.6 | -1.2 | 6.3 | -73.3 | 2046.8 | -41.6 | 2046.8 | -41.6 |
| 192.45 | 313.8 | 2393.3 | -1.2 | 6.2 | -73.3 | 2042.6 | -41.6 | 2042.6 | -41.6 |
| 192.45 | 313.8 | 2393.3 | -1.2 | 6.2 | -89.2 | 2042.6 | -55.8 | 2042.6 | -55.8 |
| 192.35 | 316.7 | 2384.4 | -1.2 | 6.1 | -89.2 | 2037.0 | -55.8 | 2037.0 | -55.8 |
| 192.35 | 316.7 | 2384.4 | -1.2 | 6.1 | -104.9 | 2037.0 | -69.7 | 2037.0 | -69.7 |
| 192.25 | 319.5 | 2373.8 | -1.2 | 6.0 | -104.9 | 2030.0 | -69.7 | 2030.0 | -69.7 |
| 192.25 | 319.5 | 2373.8 | -1.2 | 6.0 | -120.2 | 2030.0 | -83.3 | 2030.0 | -83.3 |
| 192.15 | 322.3 | 2361.8 | -1.2 | 5.8 | -120.2 | 2021.7 | -83.3 | 2021.7 | -83.3 |
| 192.15 | 322.3 | 2361.8 | -1.2 | 5.8 | -135.4 | 2021.7 | -96.7 | 2021.7 | -96.7 |
| 192.05 | 325.2 | 2348.3 | -1.2 | 5.7 | -135.4 | 2012.1 | -96.7 | 2012.1 | -96.7 |
| 192.05 | 325.2 | 2348.3 | -1.2 | 5.7 | -150.2 | 2012.1 | -109.8 | 2012.1 | -109.8 |
| 191.95 | 328.0 | 2333.2 | -1.2 | 5.6 | -150.2 | 2001.0 | -109.8 | 2001.0 | -109.8 |
| 191.95 | 328.0 | 2333.2 | -1.2 | 5.6 | -164.8 | 2001.0 | -122.6 | 2001.0 | -122.6 |
| 191.85 | 330.8 | 2316.9 | -1.2 | 5.5 | -164.8 | 1988.8 | -122.6 | 1988.8 | -122.6 |
| 191.85 | 330.8 | 2316.9 | -1.3 | 5.5 | -179.2 | 1988.8 | -135.2 | 1988.8 | -135.2 |
| 191.75 | 333.6 | 2298.8 | -1.3 | 5.3 | -179.2 | 1975.3 | -135.2 | 1975.3 | -135.2 |
| 191.75 | 333.6 | 2298.8 | -1.3 | 5.3 | -193.3 | 1975.3 | -147.4 | 1975.3 | -147.4 |
| 191.65 | 336.5 | 2279.6 | -1.3 | 5.2 | -193.3 | 1960.6 | -147.4 | 1960.6 | -147.4 |



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco Il Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

| FASE 2 | | A1+M1 | | | | | | | |
|--------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| z | N | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| | | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} |
| [m] | [kN] | [kNm] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] |
| 191.65 | 336.5 | 2279.6 | -1.3 | 5.2 | -207.2 | 1960.6 | -159.5 | 1960.6 | -159.5 |
| 191.55 | 339.3 | 2258.8 | -1.3 | 5.1 | -207.2 | 1944.6 | -159.5 | 1944.6 | -159.5 |
| 191.55 | 339.3 | 2258.8 | -1.3 | 5.1 | -220.8 | 1944.6 | -171.2 | 1944.6 | -171.2 |
| 191.45 | 342.1 | 2236.8 | -1.3 | 5.0 | -220.8 | 1927.5 | -171.2 | 1927.5 | -171.2 |
| 191.45 | 342.1 | 2236.8 | -1.3 | 5.0 | -234.2 | 1927.5 | -182.8 | 1927.5 | -182.8 |
| 191.35 | 344.9 | 2213.3 | -1.3 | 4.8 | -234.2 | 1909.2 | -182.8 | 1909.2 | -182.8 |
| 191.35 | 344.9 | 2213.3 | -1.3 | 4.8 | -247.4 | 1909.2 | -194.0 | 1909.2 | -194.0 |
| 191.25 | 347.8 | 2188.6 | -1.3 | 4.7 | -247.4 | 1889.9 | -194.0 | 1889.9 | -194.0 |
| 191.25 | 347.8 | 2188.6 | -1.3 | 4.7 | -260.3 | 1889.9 | -205.0 | 1889.9 | -205.0 |
| 191.15 | 350.6 | 2162.5 | -1.3 | 4.6 | -260.3 | 1869.3 | -205.0 | 1869.3 | -205.0 |
| 191.15 | 350.6 | 2162.5 | -1.3 | 4.6 | -273.0 | 1869.3 | -215.8 | 1869.3 | -215.8 |
| 191.05 | 353.4 | 2135.2 | -1.3 | 4.5 | -273.0 | 1847.7 | -215.8 | 1847.7 | -215.8 |
| 191.05 | 353.4 | 2135.2 | -1.2 | 4.5 | -285.4 | 1847.7 | -226.3 | 1847.7 | -226.3 |
| 190.95 | 356.3 | 2106.7 | -1.2 | 4.3 | -285.4 | 1825.0 | -226.3 | 1825.0 | -226.3 |
| 190.95 | 356.3 | 2106.7 | -1.2 | 4.3 | -297.7 | 1825.0 | -236.6 | 1825.0 | -236.6 |
| 190.85 | 359.1 | 2077.0 | -1.2 | 4.2 | -297.7 | 1801.4 | -236.6 | 1801.4 | -236.6 |
| 190.85 | 359.1 | 2077.0 | -1.2 | 4.2 | -309.7 | 1801.4 | -246.6 | 1801.4 | -246.6 |
| 190.75 | 361.9 | 2046.0 | -1.2 | 4.1 | -309.7 | 1776.7 | -246.6 | 1776.7 | -246.6 |
| 190.75 | 361.9 | 2046.0 | -1.2 | 4.1 | -321.5 | 1776.7 | -256.4 | 1776.7 | -256.4 |
| 190.65 | 364.7 | 2013.8 | -1.2 | 4.0 | -321.5 | 1751.1 | -256.4 | 1751.1 | -256.4 |
| 190.65 | 364.7 | 2013.8 | -1.2 | 4.0 | -333.1 | 1751.1 | -265.9 | 1751.1 | -265.9 |
| 190.55 | 367.6 | 1980.5 | -1.2 | 3.8 | -333.1 | 1724.5 | -265.9 | 1724.5 | -265.9 |
| 190.55 | 367.6 | 1980.5 | -1.2 | 3.8 | -344.4 | 1724.5 | -275.2 | 1724.5 | -275.2 |
| 190.45 | 370.4 | 1946.1 | -1.2 | 3.7 | -344.4 | 1697.1 | -275.2 | 1697.1 | -275.2 |
| 190.45 | 370.4 | 1946.1 | -1.2 | 3.7 | -355.5 | 1697.1 | -284.3 | 1697.1 | -284.3 |
| 190.35 | 373.2 | 1910.5 | -1.2 | 3.6 | -355.5 | 1668.7 | -284.3 | 1668.7 | -284.3 |
| 190.35 | 373.2 | 1910.5 | -1.2 | 3.6 | -365.9 | 1668.7 | -293.1 | 1668.7 | -293.1 |
| 190.25 | 376.0 | 1873.9 | -1.2 | 3.5 | -365.9 | 1639.3 | -293.1 | 1639.3 | -293.1 |
| 190.25 | 376.0 | 1873.9 | -1.2 | 3.5 | -375.6 | 1639.3 | -301.8 | 1639.3 | -301.8 |
| 190.15 | 378.9 | 1836.4 | -1.2 | 3.4 | -375.6 | 1609.2 | -301.8 | 1609.2 | -301.8 |
| 190.15 | 378.9 | 1836.4 | -1.2 | 3.4 | -384.7 | 1609.2 | -310.2 | 1609.2 | -310.2 |
| 190.05 | 381.7 | 1797.9 | -1.2 | 3.3 | -384.7 | 1578.1 | -310.2 | 1578.1 | -310.2 |
| 190.05 | 381.7 | 1797.9 | -1.1 | 3.3 | -393.2 | 1578.1 | -318.3 | 1578.1 | -318.3 |
| 189.95 | 384.5 | 1758.6 | -1.1 | 3.1 | -393.2 | 1546.3 | -318.3 | 1546.3 | -318.3 |
| 189.95 | 384.5 | 1758.6 | -1.1 | 3.1 | -401.0 | 1546.3 | -326.3 | 1546.3 | -326.3 |
| 189.85 | 387.4 | 1718.5 | -1.1 | 3.0 | -401.0 | 1513.7 | -326.3 | 1513.7 | -326.3 |
| 189.85 | 387.4 | 1718.5 | -1.1 | 3.0 | -408.2 | 1513.7 | -334.0 | 1513.7 | -334.0 |
| 189.75 | 390.2 | 1677.7 | -1.1 | 2.9 | -408.2 | 1480.2 | -334.0 | 1480.2 | -334.0 |
| 189.75 | 390.2 | 1677.7 | -1.1 | 2.9 | -414.8 | 1480.2 | -341.5 | 1480.2 | -341.5 |
| 189.65 | 393.0 | 1636.2 | -1.1 | 2.8 | -414.8 | 1446.1 | -341.5 | 1446.1 | -341.5 |
| 189.65 | 393.0 | 1636.2 | -1.1 | 2.8 | -420.8 | 1446.1 | -348.7 | 1446.1 | -348.7 |
| 189.55 | 395.8 | 1594.1 | -1.1 | 2.7 | -420.8 | 1411.2 | -348.7 | 1411.2 | -348.7 |
| 189.55 | 395.8 | 1594.1 | -1.1 | 2.7 | -426.2 | 1411.2 | -355.3 | 1411.2 | -355.3 |
| 189.45 | 398.7 | 1551.5 | -1.1 | 2.6 | -426.2 | 1375.7 | -355.3 | 1375.7 | -355.3 |
| 189.45 | 398.7 | 1551.5 | -1.0 | 2.6 | -430.9 | 1375.7 | -361.3 | 1375.7 | -361.3 |
| 189.35 | 401.5 | 1508.4 | -1.0 | 2.5 | -430.9 | 1339.5 | -361.3 | 1339.5 | -361.3 |
| 189.35 | 401.5 | 1508.4 | -1.0 | 2.5 | -435.1 | 1339.5 | -366.8 | 1339.5 | -366.8 |
| 189.25 | 404.3 | 1464.9 | -1.0 | 2.4 | -435.1 | 1302.9 | -366.8 | 1302.9 | -366.8 |
| 189.25 | 404.3 | 1464.9 | -1.0 | 2.4 | -438.6 | 1302.9 | -371.6 | 1302.9 | -371.6 |
| 189.15 | 407.2 | 1421.0 | -1.0 | 2.3 | -438.6 | 1265.7 | -371.6 | 1265.7 | -371.6 |
| 189.15 | 407.2 | 1421.0 | -1.0 | 2.3 | -441.6 | 1265.7 | -375.9 | 1265.7 | -375.9 |
| 189.05 | 410.0 | 1376.8 | -1.0 | 2.2 | -441.6 | 1228.1 | -375.9 | 1228.1 | -375.9 |
| 189.05 | 410.0 | 1376.8 | -1.0 | 2.2 | -444.0 | 1228.1 | -379.5 | 1228.1 | -379.5 |
| 188.95 | 412.8 | 1332.4 | -1.0 | 2.1 | -444.0 | 1190.2 | -379.5 | 1190.2 | -379.5 |
| 188.95 | 412.8 | 1332.4 | -0.9 | 2.1 | -445.8 | 1190.2 | -382.6 | 1190.2 | -382.6 |
| 188.85 | 415.6 | 1287.9 | -0.9 | 2.0 | -445.8 | 1151.9 | -382.6 | 1151.9 | -382.6 |
| 188.85 | 415.6 | 1287.9 | -0.9 | 2.0 | -447.0 | 1151.9 | -385.2 | 1151.9 | -385.2 |
| 188.75 | 418.5 | 1243.2 | -0.9 | 1.9 | -447.0 | 1113.4 | -385.2 | 1113.4 | -385.2 |
| 188.75 | 418.5 | 1243.2 | -0.9 | 1.9 | -447.7 | 1113.4 | -387.1 | 1113.4 | -387.1 |
| 188.65 | 421.3 | 1198.4 | -0.9 | 1.8 | -447.7 | 1074.7 | -387.1 | 1074.7 | -387.1 |



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

| FASE 2 | | A1+M1 | | | | | | | |
|--------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| z | N | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} |
| [m] | [kN] | [kNm] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] |
| 188.65 | 421.3 | 1198.4 | -0.9 | 1.8 | -447.8 | 1074.7 | -388.6 | 1074.7 | -388.6 |
| 188.55 | 424.1 | 1153.6 | -0.9 | 1.7 | -447.8 | 1035.8 | -388.6 | 1035.8 | -388.6 |
| 188.55 | 424.1 | 1153.6 | -0.9 | 1.7 | -447.2 | 1035.8 | -389.4 | 1035.8 | -389.4 |
| 188.45 | 426.9 | 1108.9 | -0.9 | 1.6 | -447.2 | 996.9 | -389.4 | 996.9 | -389.4 |
| 188.45 | 426.9 | 1108.9 | -0.8 | 1.6 | -446.1 | 996.9 | -389.7 | 996.9 | -389.7 |
| 188.35 | 429.8 | 1064.3 | -0.8 | 1.6 | -446.1 | 957.9 | -389.7 | 957.9 | -389.7 |
| 188.35 | 429.8 | 1064.3 | -0.8 | 1.6 | -444.4 | 957.9 | -389.4 | 957.9 | -389.4 |
| 188.25 | 432.6 | 1019.8 | -0.8 | 1.5 | -444.4 | 919.0 | -389.4 | 919.0 | -389.4 |
| 188.25 | 432.6 | 1019.8 | -0.8 | 1.5 | -442.2 | 919.0 | -388.5 | 919.0 | -388.5 |
| 188.15 | 435.4 | 975.6 | -0.8 | 1.4 | -442.2 | 880.1 | -388.5 | 880.1 | -388.5 |
| 188.15 | 435.4 | 975.6 | -0.8 | 1.4 | -439.3 | 880.1 | -387.1 | 880.1 | -387.1 |
| 188.05 | 438.3 | 931.7 | -0.8 | 1.3 | -439.3 | 841.4 | -387.1 | 841.4 | -387.1 |
| 188.05 | 438.3 | 931.7 | -0.8 | 1.3 | -435.9 | 841.4 | -385.1 | 841.4 | -385.1 |
| 187.95 | 441.1 | 888.1 | -0.8 | 1.2 | -435.9 | 802.9 | -385.1 | 802.9 | -385.1 |
| 187.95 | 441.1 | 888.1 | -0.7 | 1.2 | -431.9 | 802.9 | -382.5 | 802.9 | -382.5 |
| 187.85 | 443.9 | 844.9 | -0.7 | 1.2 | -431.9 | 764.7 | -382.5 | 764.7 | -382.5 |
| 187.85 | 443.9 | 844.9 | -0.7 | 1.2 | -427.4 | 764.7 | -379.4 | 764.7 | -379.4 |
| 187.75 | 446.7 | 802.2 | -0.7 | 1.1 | -427.4 | 726.7 | -379.4 | 726.7 | -379.4 |
| 187.75 | 446.7 | 802.2 | -0.7 | 1.1 | -422.2 | 726.7 | -375.7 | 726.7 | -375.7 |
| 187.65 | 449.6 | 759.9 | -0.7 | 1.0 | -422.2 | 689.2 | -375.7 | 689.2 | -375.7 |
| 187.65 | 449.6 | 759.9 | -0.7 | 1.0 | -416.6 | 689.2 | -371.5 | 689.2 | -371.5 |
| 187.55 | 452.4 | 718.3 | -0.7 | 1.0 | -416.6 | 652.0 | -371.5 | 652.0 | -371.5 |
| 187.55 | 452.4 | 718.3 | -0.6 | 1.0 | -410.4 | 652.0 | -366.7 | 652.0 | -366.7 |
| 187.45 | 455.2 | 677.3 | -0.6 | 0.9 | -410.4 | 615.3 | -366.7 | 615.3 | -366.7 |
| 187.45 | 455.2 | 677.3 | -0.6 | 0.9 | -403.6 | 615.3 | -361.3 | 615.3 | -361.3 |
| 187.35 | 458.0 | 636.9 | -0.6 | 0.8 | -403.6 | 579.2 | -361.3 | 579.2 | -361.3 |
| 187.35 | 458.0 | 636.9 | -0.6 | 0.8 | -396.2 | 579.2 | -355.4 | 579.2 | -355.4 |
| 187.25 | 460.9 | 597.3 | -0.6 | 0.8 | -396.2 | 543.6 | -355.4 | 543.6 | -355.4 |
| 187.25 | 460.9 | 597.3 | -0.6 | 0.8 | -388.4 | 543.6 | -349.0 | 543.6 | -349.0 |
| 187.15 | 463.7 | 558.4 | -0.6 | 0.7 | -388.4 | 508.7 | -349.0 | 508.7 | -349.0 |
| 187.15 | 463.7 | 558.4 | -0.6 | 0.7 | -379.9 | 508.7 | -342.0 | 508.7 | -342.0 |
| 187.05 | 466.5 | 520.4 | -0.6 | 0.7 | -379.9 | 474.6 | -342.0 | 474.6 | -342.0 |
| 187.05 | 466.5 | 520.4 | -0.5 | 0.7 | -370.9 | 474.6 | -334.5 | 474.6 | -334.5 |
| 186.95 | 469.4 | 483.4 | -0.5 | 0.6 | -370.9 | 441.1 | -334.5 | 441.1 | -334.5 |
| 186.95 | 469.4 | 483.4 | -0.5 | 0.6 | -361.4 | 441.1 | -326.4 | 441.1 | -326.4 |
| 186.85 | 472.2 | 447.2 | -0.5 | 0.6 | -361.4 | 408.5 | -326.4 | 408.5 | -326.4 |
| 186.85 | 472.2 | 447.2 | -0.5 | 0.6 | -351.3 | 408.5 | -317.7 | 408.5 | -317.7 |
| 186.75 | 475.0 | 412.1 | -0.5 | 0.5 | -351.3 | 376.7 | -317.7 | 376.7 | -317.7 |
| 186.75 | 475.0 | 412.1 | -0.5 | 0.5 | -340.7 | 376.7 | -308.6 | 376.7 | -308.6 |
| 186.65 | 477.8 | 378.0 | -0.5 | 0.5 | -340.7 | 345.8 | -308.6 | 345.8 | -308.6 |
| 186.65 | 477.8 | 378.0 | -0.4 | 0.5 | -329.5 | 345.8 | -298.9 | 345.8 | -298.9 |
| 186.55 | 480.7 | 345.1 | -0.4 | 0.4 | -329.5 | 316.0 | -298.9 | 316.0 | -298.9 |
| 186.55 | 480.7 | 345.1 | -0.4 | 0.4 | -317.8 | 316.0 | -288.7 | 316.0 | -288.7 |
| 186.45 | 483.5 | 313.3 | -0.4 | 0.4 | -317.8 | 287.1 | -288.7 | 287.1 | -288.7 |
| 186.45 | 483.5 | 313.3 | -0.4 | 0.4 | -305.6 | 287.1 | -277.9 | 287.1 | -277.9 |
| 186.35 | 486.3 | 282.7 | -0.4 | 0.3 | -305.6 | 259.3 | -277.9 | 259.3 | -277.9 |
| 186.35 | 486.3 | 282.7 | -0.4 | 0.3 | -292.8 | 259.3 | -266.7 | 259.3 | -266.7 |
| 186.25 | 489.1 | 253.5 | -0.4 | 0.3 | -292.8 | 232.6 | -266.7 | 232.6 | -266.7 |
| 186.25 | 489.1 | 253.5 | -0.4 | 0.3 | -279.5 | 232.6 | -254.9 | 232.6 | -254.9 |
| 186.15 | 492.0 | 225.5 | -0.4 | 0.3 | -279.5 | 207.1 | -254.9 | 207.1 | -254.9 |
| 186.15 | 492.0 | 225.5 | -0.3 | 0.3 | -265.7 | 207.1 | -242.7 | 207.1 | -242.7 |
| 186.05 | 494.8 | 198.9 | -0.3 | 0.2 | -265.7 | 182.9 | -242.7 | 182.9 | -242.7 |
| 186.05 | 494.8 | 198.9 | -0.3 | 0.2 | -251.4 | 182.9 | -229.9 | 182.9 | -229.9 |
| 185.95 | 497.6 | 173.8 | -0.3 | 0.2 | -251.4 | 159.9 | -229.9 | 159.9 | -229.9 |
| 185.95 | 497.6 | 173.8 | -0.3 | 0.2 | -236.6 | 159.9 | -216.6 | 159.9 | -216.6 |
| 185.85 | 500.5 | 150.1 | -0.3 | 0.2 | -236.6 | 138.2 | -216.6 | 138.2 | -216.6 |
| 185.85 | 500.5 | 150.1 | -0.3 | 0.2 | -221.3 | 138.2 | -202.8 | 138.2 | -202.8 |
| 185.75 | 503.3 | 128.0 | -0.3 | 0.1 | -221.3 | 117.9 | -202.8 | 117.9 | -202.8 |
| 185.75 | 503.3 | 128.0 | -0.2 | 0.1 | -205.4 | 117.9 | -188.6 | 117.9 | -188.6 |
| 185.65 | 506.1 | 107.5 | -0.2 | 0.1 | -205.4 | 99.1 | -188.6 | 99.1 | -188.6 |



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

| FASE 2 | | A1+M1 | | | | | | | |
|--------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| z | N | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} |
| [m] | [kN] | [kNm] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] |
| 185.65 | 506.1 | 107.5 | -0.2 | 0.1 | -189.1 | 99.1 | -173.8 | 99.1 | -173.8 |
| 185.55 | 508.9 | 88.5 | -0.2 | 0.1 | -189.1 | 81.7 | -173.8 | 81.7 | -173.8 |
| 185.55 | 508.9 | 88.5 | -0.2 | 0.1 | -172.3 | 81.7 | -158.5 | 81.7 | -158.5 |
| 185.45 | 511.8 | 71.3 | -0.2 | 0.1 | -172.3 | 65.8 | -158.5 | 65.8 | -158.5 |
| 185.45 | 511.8 | 71.3 | -0.2 | 0.1 | -154.9 | 65.8 | -142.7 | 65.8 | -142.7 |
| 185.35 | 514.6 | 55.8 | -0.2 | 0.1 | -154.9 | 51.6 | -142.7 | 51.6 | -142.7 |
| 185.35 | 514.6 | 55.8 | -0.2 | 0.1 | -137.1 | 51.6 | -126.4 | 51.6 | -126.4 |
| 185.25 | 517.4 | 42.1 | -0.2 | 0.0 | -137.1 | 38.9 | -126.4 | 38.9 | -126.4 |
| 185.25 | 517.4 | 42.1 | -0.1 | 0.0 | -118.7 | 38.9 | -109.6 | 38.9 | -109.6 |
| 185.15 | 520.2 | 30.3 | -0.1 | 0.0 | -118.7 | 28.0 | -109.6 | 28.0 | -109.6 |
| 185.15 | 520.2 | 30.3 | -0.1 | 0.0 | -99.8 | 28.0 | -92.2 | 28.0 | -92.2 |
| 185.05 | 523.1 | 20.3 | -0.1 | 0.0 | -99.8 | 18.8 | -92.2 | 18.8 | -92.2 |
| 185.05 | 523.1 | 20.3 | -0.1 | 0.0 | -80.5 | 18.8 | -74.4 | 18.8 | -74.4 |
| 184.95 | 525.9 | 12.2 | -0.1 | 0.0 | -80.5 | 11.3 | -74.4 | 11.3 | -74.4 |
| 184.95 | 525.9 | 12.2 | -0.1 | 0.0 | -60.6 | 11.3 | -56.1 | 11.3 | -56.1 |
| 184.85 | 528.7 | 6.2 | -0.1 | 0.0 | -60.6 | 5.7 | -56.1 | 5.7 | -56.1 |
| 184.85 | 528.7 | 6.2 | 0.0 | 0.0 | -40.2 | 5.7 | -37.2 | 5.7 | -37.2 |
| 184.75 | 531.6 | 2.1 | 0.0 | 0.0 | -40.2 | 2.0 | -37.2 | 2.0 | -37.2 |
| 184.75 | 531.6 | 2.1 | 0.0 | 0.0 | -19.3 | 2.0 | -17.9 | 2.0 | -17.9 |
| 184.65 | 534.4 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | -19.3 | 0.2 | -17.9 | 0.2 | -17.9 |
| 184.65 | 534.4 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | -4.3 | 0.2 | -4.0 | 0.2 | -4.0 |
| 184.60 | 535.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -4.3 | 0.0 | -4.0 | 0.0 | -4.0 |

Verifica armatura tipo 1 (20 ϕ 26)

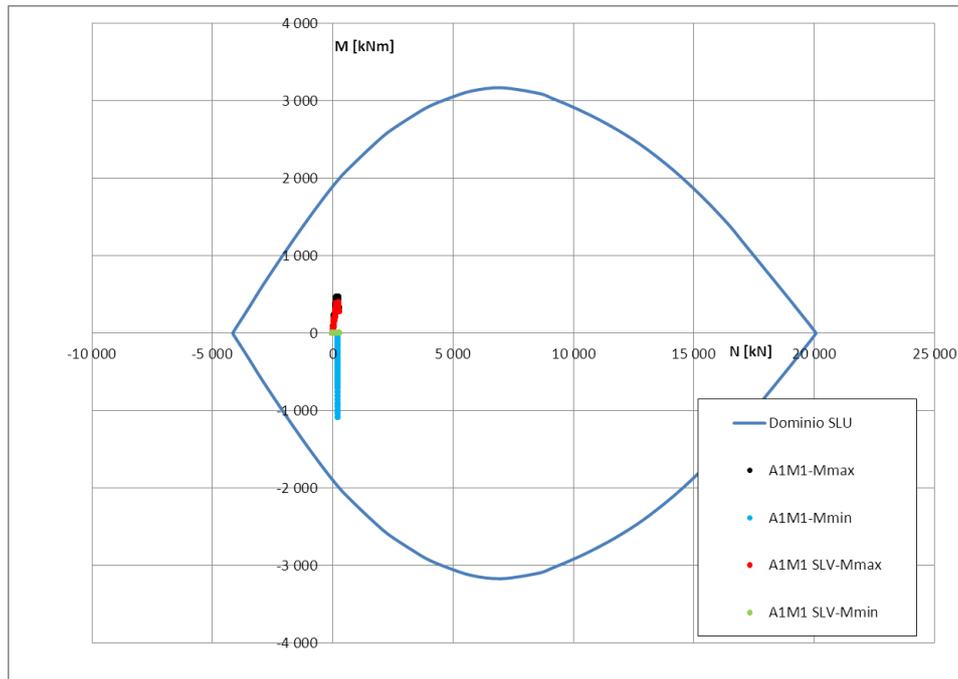


Figura 61: Dominio N-M Stato Limite Ultimo per pali 1200 mm – Primi 8.5 m di palo

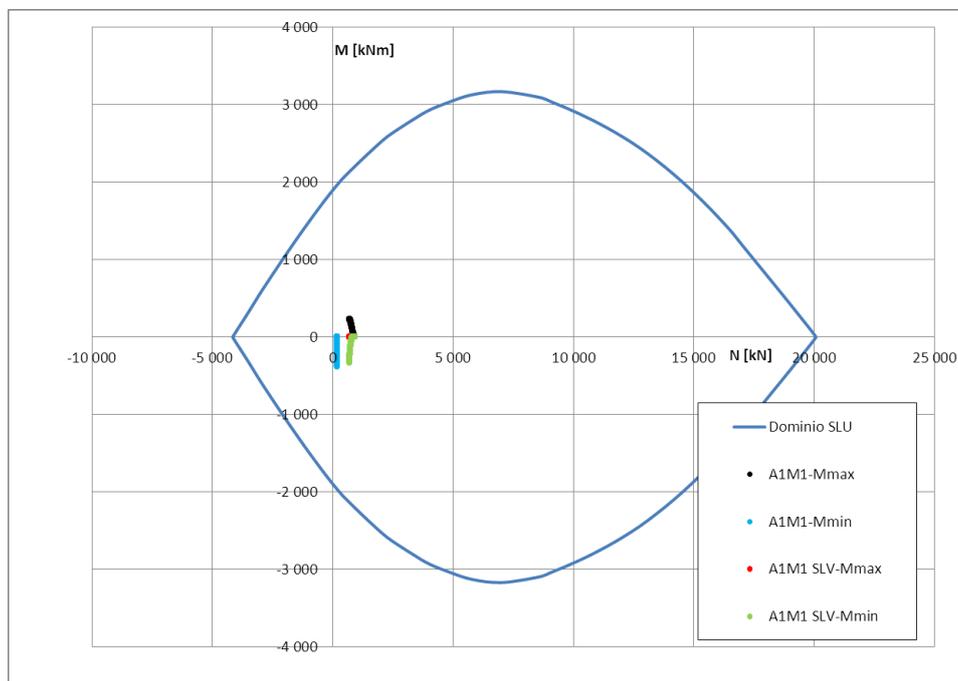


Figura 62: Dominio N-M Stato Limite Ultimo per pali 1200 mm – Parte finale di palo

La verifica allo Stato Limite Ultimo della sezione presso-inflessa è soddisfatta.

La verifica alle tensioni in esercizio ed alla fessurazione è stata effettuata per la condizione considerata come più gravosa. Tale condizione si ha alla quota di 208.0 m. Le azioni di verifica sono le seguenti:

$$N = 271.4 \text{ kN}$$

$$M = 1083.1 \text{ kNm} / 1.3 = 833.1 \text{ kNm}$$

La sezione circolare con diametro 1200 mm sottoposta a tale stato di sollecitazione presenta le seguenti caratteristiche tensionali:

$$\sigma_c = -7.46 \text{ MPa} \quad \text{compressione massima nella fibra di calcestruzzo}$$

$$\sigma_s = 215.3 \text{ MPa} \quad \text{trazione massima nelle barre di armatura}$$

$$\text{fess.} = 0.246 \text{ mm} \quad \text{apertura delle fessure}$$

I limiti tensionali per la combinazione Rara sono pari a:

$$\sigma_{c_Rara} = 14.94 \text{ MPa} \quad \text{limite compressione nella fibra di calcestruzzo}$$

$$\sigma_{s_Rara} = 360 \text{ MPa} \quad \text{limite trazione per le barre di armatura}$$

L'apertura delle fessure limite per la combinazione Frequente, considerata comunque cautelativa, per la classe di esposizione XC2 è pari a 0.40 mm.

Le verifiche allo Stato Limite di Esercizio sono quindi soddisfatte.

Verifica armatura tipo 2 (20 + 16 ϕ 26)

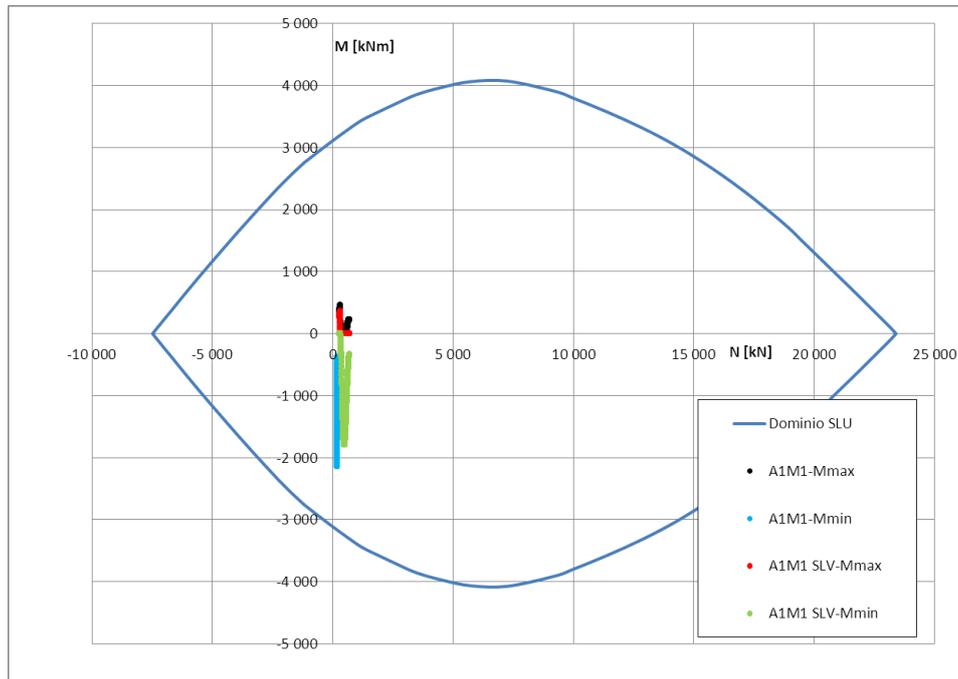


Figura 63: Dominio resistente N-M Stato Limite Ultimo per pali 1200 mm

La verifica allo Stato Limite Ultimo della sezione presso-inflessa è soddisfatta.

La verifica alle tensioni in esercizio ed alla fessurazione è stata effettuata per la condizione considerata come più gravosa. Tale condizione si ha alla quota di 202.20 m. Le azioni di verifica sono le seguenti:

$$N = 435.4 \text{ kN}$$

$$M = 2136.0 \text{ kNm} / 1.3 = 1643.1 \text{ kNm}$$

La sezione circolare con diametro 1200 mm sottoposta a tale stato di sollecitazione presenta le seguenti caratteristiche tensionali:

$$\sigma_c = -11.22 \text{ MPa} \quad \text{compressione massima nella fibra di calcestruzzo}$$

$$\sigma_s = 267.7 \text{ MPa} \quad \text{trazione massima nelle barre di armatura}$$

$$\text{fess.} = 0.310 \text{ mm} \quad \text{apertura delle fessure}$$

I limiti tensionali per la combinazione Rara sono pari a:

$$\sigma_{c_Rara} = 14.94 \text{ MPa} \quad \text{limite compressione nella fibra di calcestruzzo}$$

$$\sigma_{s_Rara} = 360 \text{ MPa} \quad \text{limite trazione per le barre di armatura}$$

L'apertura delle fessure limite per la combinazione Frequente, considerata comunque cautelativa, per la classe di esposizione XC2 è pari a 0.40 mm.

Le verifiche allo Stato Limite di Esercizio sono quindi soddisfatte.

Verifica a taglio per lo Stato Limite Ultimo

Per la verifica a taglio si utilizza una procedura indicata nel Bollettino CEB nr. 137, allegato 5, studio di Paul Regan. Si analizza una sezione rettangolare equivalente con le seguenti caratteristiche:

$$b_e = 0.9 D \quad \text{base equivalente}$$

$$d_e = 0.45 D + 0.64 (d - D/2) \quad \text{altezza equivalente}$$

$$D = 120 \text{ cm}$$

$$d = D - 2 \times \text{copriferro} = 107.2 \text{ cm}$$

$$b_e = 108 \text{ cm}$$

$$d_e = 84.2 \text{ cm}$$

$$h_e = d_e / 0.83 = 101 \text{ cm}$$

$$V_{\max} = 884.2 \text{ kN} \quad \text{taglio massimo sollecitante}$$

Si dispongono staffe $\varnothing 20 / 20 \text{ cm}$ che garantiscono una resistenza a taglio pari a 927 kN. La verifica a taglio allo Stato Limite Ultimo è soddisfatta.

Nota sulla disposizione dell'armatura

L'armatura è stata disposta in modo opportuno per far fronte allo stato tensionale ricavato per entrambe le fasi progettuali previste (Fase 1 e Fase 2).

13.1.2. Verifiche dei pali in c.a. – Pali di altezza 22 m

I pali di altezza 22 m con diametro 1200 mm, con carattere definitivo, sono realizzati con un calcestruzzo di classe C35/45 con resistenza minima a compressione $R_{ck} \geq 45$ MPa. L'acciaio è del tipo B450C con tensione limite caratteristica di snervamento f_{yk} pari a 450 MPa. Si riportano le verifiche anche per i pali provvisori di altezza 22 m realizzati con calcestruzzo con $R_{ck} \geq 30$ MPa.

I pali sono armati con 20 barre longitudinali $\varnothing 26$. L'armatura a taglio è costituita da staffe $\varnothing 20 / 20$ cm. Si riportano nel seguito le verifiche strutturali allo Stato Limite Ultimo effettuate per le combinazioni A1M1 e Sisma SLV e le verifiche allo Stato Limite di Esercizio effettuate per le combinazioni Rara, Frequente, Quasi Permanente.

Le Sezioni di calcolo 3 e 4 presentano entrambe pali di lunghezza 22 m. I risultati numerici hanno evidenziato uno stato tensionale più gravoso per i pali della Sezione 3: per tale motivo si riportano le verifiche per tale sezione. In ogni caso, l'armatura prevista è adeguata anche per far fronte allo stato tensionale ricavato dai calcoli della Sezione 4.

Risultati numerici

| z | N | A1+M1 | | | | | | | | |
|--------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|
| | | STATICO | | | | SISMA SLV | | | | |
| | | M_{max} | V_{max} | M_{min} | V_{min} | M_{max} | V_{max} | M_{min} | V_{min} | |
| [m] | [kN] | [kNm] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | |
| 218.25 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 218.15 | 2.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 218.15 | 2.8 | 0.0 | 7.5 | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 5.8 | 0.0 | 5.8 | 5.8 |
| 218.05 | 5.7 | 0.8 | 7.5 | 0.1 | 0.9 | 0.6 | 5.8 | 0.6 | 5.8 | 5.8 |
| 218.05 | 5.7 | 0.8 | 15.2 | 0.1 | 1.4 | 0.6 | 11.7 | 0.6 | 11.7 | 11.7 |
| 217.95 | 8.5 | 2.3 | 15.2 | 0.2 | 1.4 | 1.7 | 11.7 | 1.7 | 11.7 | 11.7 |
| 217.95 | 8.5 | 2.3 | 22.8 | 0.2 | 2.0 | 1.7 | 17.6 | 1.7 | 17.6 | 17.6 |
| 217.85 | 11.3 | 4.6 | 22.8 | 0.4 | 2.0 | 3.5 | 17.6 | 3.5 | 17.6 | 17.6 |
| 217.85 | 11.3 | 4.6 | 30.6 | 0.4 | 2.5 | 3.5 | 23.5 | 3.5 | 23.5 | 23.5 |
| 217.75 | 14.1 | 7.6 | 30.6 | 0.7 | 2.5 | 5.9 | 23.5 | 5.9 | 23.5 | 23.5 |
| 217.75 | 14.1 | 7.6 | 38.4 | 0.7 | 2.9 | 5.9 | 29.6 | 5.9 | 29.6 | 29.6 |
| 217.65 | 17.0 | 11.5 | 38.4 | 1.0 | 2.9 | 8.8 | 29.6 | 8.8 | 29.6 | 29.6 |
| 217.65 | 17.0 | 11.5 | 46.3 | 1.0 | 3.3 | 8.8 | 35.6 | 8.8 | 35.6 | 35.6 |
| 217.55 | 19.8 | 16.1 | 46.3 | 1.3 | 3.3 | 12.4 | 35.6 | 12.4 | 35.6 | 35.6 |
| 217.55 | 19.8 | 16.1 | 54.3 | 1.3 | 3.7 | 12.4 | 41.8 | 12.4 | 41.8 | 41.8 |
| 217.45 | 22.6 | 21.5 | 54.3 | 1.7 | 3.7 | 16.6 | 41.8 | 16.6 | 41.8 | 41.8 |
| 217.45 | 22.6 | 21.5 | 62.4 | 1.7 | 4.0 | 16.6 | 48.0 | 16.6 | 48.0 | 48.0 |



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

| z [m] | N [kN] | A1+M1 | | | | | | | |
|----------|-----------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| | | M _{max} [kNm] | V _{max} [kN/m] | M _{min} [kNm/m] | V _{min} [kN/m] | M _{max} [kNm/m] | V _{max} [kN/m] | M _{min} [kNm/m] | V _{min} [kN/m] |
| 217.35 | 25.4 | 27.8 | 62.4 | 2.1 | 4.0 | 21.4 | 48.0 | 21.4 | 48.0 |
| 217.35 | 25.4 | 27.8 | 70.5 | 2.1 | 4.2 | 21.4 | 54.2 | 21.4 | 54.2 |
| 217.25 | 28.3 | 34.8 | 70.5 | 2.5 | 4.2 | 26.8 | 54.2 | 26.8 | 54.2 |
| 217.25 | 28.3 | 34.8 | 78.7 | 2.5 | 4.5 | 26.8 | 60.5 | 26.8 | 60.5 |
| 217.15 | 31.1 | 42.7 | 78.7 | 2.9 | 4.5 | 32.8 | 60.5 | 32.8 | 60.5 |
| 217.15 | 31.1 | 42.7 | 87.0 | 2.9 | 4.7 | 32.8 | 66.9 | 32.8 | 66.9 |
| 217.05 | 33.9 | 51.4 | 87.0 | 3.4 | 4.7 | 39.5 | 66.9 | 39.5 | 66.9 |
| 217.05 | 33.9 | 51.4 | 95.3 | 3.4 | 4.8 | 39.5 | 73.3 | 39.5 | 73.3 |
| 216.95 | 36.8 | 60.9 | 95.3 | 3.9 | 4.8 | 46.9 | 73.3 | 46.9 | 73.3 |
| 216.95 | 36.8 | 60.9 | 103.8 | 3.9 | 4.9 | 46.9 | 79.8 | 46.9 | 79.8 |
| 216.85 | 39.6 | 71.3 | 103.8 | 4.4 | 4.9 | 54.8 | 79.8 | 54.8 | 79.8 |
| 216.85 | 39.6 | 71.3 | 112.3 | 4.4 | 5.0 | 54.8 | 86.3 | 54.8 | 86.3 |
| 216.75 | 42.4 | 82.5 | 112.3 | 4.9 | 5.0 | 63.5 | 86.3 | 63.5 | 86.3 |
| 216.75 | 42.4 | 82.5 | 120.8 | 4.9 | 5.0 | 63.5 | 92.9 | 63.5 | 92.9 |
| 216.65 | 45.2 | 94.6 | 120.8 | 5.4 | 5.0 | 72.8 | 92.9 | 72.8 | 92.9 |
| 216.65 | 45.2 | 94.6 | 129.5 | 5.4 | 5.0 | 72.8 | 99.6 | 72.8 | 99.6 |
| 216.55 | 48.1 | 107.5 | 129.5 | 5.9 | 5.0 | 82.7 | 99.6 | 82.7 | 99.6 |
| 216.55 | 48.1 | 107.5 | 138.2 | 5.9 | 5.0 | 82.7 | 106.3 | 82.7 | 106.3 |
| 216.45 | 50.9 | 121.4 | 138.2 | 6.4 | 5.0 | 93.4 | 106.3 | 93.4 | 106.3 |
| 216.45 | 50.9 | 121.4 | 147.0 | 6.4 | 4.9 | 93.4 | 113.1 | 93.4 | 113.1 |
| 216.35 | 53.7 | 136.1 | 147.0 | 6.9 | 4.9 | 104.7 | 113.1 | 104.7 | 113.1 |
| 216.35 | 53.7 | 136.1 | 155.8 | 6.9 | 4.7 | 104.7 | 119.9 | 104.7 | 119.9 |
| 216.25 | 56.5 | 151.6 | 155.8 | 7.3 | 4.7 | 116.6 | 119.9 | 116.6 | 119.9 |
| 216.25 | 56.5 | 151.6 | 164.8 | 7.3 | 4.6 | 116.6 | 126.7 | 116.6 | 126.7 |
| 216.15 | 59.4 | 168.1 | 164.8 | 7.8 | 4.6 | 129.3 | 126.7 | 129.3 | 126.7 |
| 216.15 | 59.4 | 168.1 | 173.8 | 7.8 | 4.4 | 129.3 | 133.7 | 129.3 | 133.7 |
| 216.05 | 62.2 | 185.5 | 173.8 | 8.2 | 4.4 | 142.7 | 133.7 | 142.7 | 133.7 |
| 216.05 | 62.2 | 185.5 | 182.9 | 8.2 | 4.1 | 142.7 | 140.7 | 142.7 | 140.7 |
| 215.95 | 65.0 | 203.8 | 182.9 | 8.6 | 4.1 | 156.8 | 140.7 | 156.8 | 140.7 |
| 215.95 | 65.0 | 203.8 | 192.0 | 8.6 | 3.9 | 156.8 | 147.7 | 156.8 | 147.7 |
| 215.85 | 67.9 | 223.0 | 192.0 | 9.0 | 3.9 | 171.5 | 147.7 | 171.5 | 147.7 |
| 215.85 | 67.9 | 223.0 | 201.2 | 9.0 | 3.7 | 171.5 | 154.8 | 171.5 | 154.8 |
| 215.75 | 70.7 | 243.1 | 201.2 | 9.4 | 3.7 | 187.0 | 154.8 | 187.0 | 154.8 |
| 215.75 | 70.7 | 243.1 | 210.5 | 9.4 | 3.5 | 187.0 | 162.0 | 187.0 | 162.0 |
| 215.65 | 73.5 | 264.2 | 210.5 | 9.7 | 3.5 | 203.2 | 162.0 | 203.2 | 162.0 |
| 215.65 | 73.5 | 264.2 | 219.9 | 9.7 | 3.3 | 203.2 | 169.2 | 203.2 | 169.2 |
| 215.55 | 76.3 | 286.1 | 219.9 | 10.1 | 3.3 | 220.1 | 169.2 | 220.1 | 169.2 |
| 215.55 | 76.3 | 286.1 | 229.4 | 10.1 | 3.1 | 220.1 | 176.4 | 220.1 | 176.4 |
| 215.45 | 79.2 | 309.1 | 229.4 | 10.4 | 3.1 | 237.8 | 176.4 | 237.8 | 176.4 |
| 215.45 | 79.2 | 309.1 | 238.9 | 10.4 | 3.0 | 237.8 | 183.7 | 237.8 | 183.7 |
| 215.35 | 82.0 | 333.0 | 238.9 | 10.7 | 3.0 | 256.1 | 183.7 | 256.1 | 183.7 |
| 215.35 | 82.0 | 333.0 | 248.4 | 10.7 | 2.8 | 256.1 | 191.1 | 256.1 | 191.1 |
| 215.25 | 84.8 | 357.8 | 248.4 | 11.0 | 2.8 | 275.2 | 191.1 | 275.2 | 191.1 |
| 215.25 | 84.8 | 357.8 | 102.1 | 11.0 | -98.5 | 275.2 | 33.6 | 275.2 | 33.6 |
| 215.15 | 87.7 | 362.2 | 102.1 | 11.2 | -98.5 | 278.6 | 33.6 | 278.6 | 33.6 |
| 215.15 | 87.7 | 362.2 | 107.6 | 11.2 | -91.8 | 278.6 | 41.1 | 278.6 | 41.1 |
| 215.05 | 90.5 | 367.5 | 107.6 | 11.5 | -91.8 | 282.7 | 41.1 | 282.7 | 41.1 |
| 215.05 | 90.5 | 367.5 | 113.3 | 11.5 | -85.0 | 282.7 | 48.7 | 282.7 | 48.7 |
| 214.95 | 93.3 | 373.9 | 113.3 | 11.8 | -85.0 | 287.6 | 48.7 | 287.6 | 48.7 |
| 214.95 | 93.3 | 373.9 | 119.1 | 11.8 | -78.1 | 287.6 | 56.2 | 287.6 | 56.2 |
| 214.85 | 96.1 | 381.2 | 119.1 | 12.0 | -78.1 | 293.2 | 56.2 | 293.2 | 56.2 |
| 214.85 | 96.1 | 381.2 | 125.0 | 12.0 | -71.0 | 293.2 | 63.9 | 293.2 | 63.9 |
| 214.75 | 99.0 | 389.5 | 125.0 | 12.2 | -71.0 | 299.6 | 63.9 | 299.6 | 63.9 |
| 214.75 | 99.0 | 389.5 | 130.5 | 12.2 | -63.8 | 299.6 | 71.6 | 299.6 | 71.6 |
| 214.65 | 101.8 | 398.8 | 130.5 | 12.5 | -63.8 | 306.8 | 71.6 | 306.8 | 71.6 |
| 214.65 | 101.8 | 398.8 | 135.0 | 12.5 | -56.5 | 306.8 | 79.3 | 306.8 | 79.3 |
| 214.55 | 104.6 | 409.1 | 135.0 | 12.7 | -56.5 | 314.7 | 79.3 | 314.7 | 79.3 |
| 214.55 | 104.6 | 409.1 | 138.6 | 12.7 | -49.1 | 314.7 | 87.1 | 314.7 | 87.1 |
| 214.45 | 107.4 | 420.4 | 138.6 | 12.9 | -49.1 | 323.4 | 87.1 | 323.4 | 87.1 |
| 214.45 | 107.4 | 420.4 | 141.3 | 12.9 | -41.6 | 323.4 | 94.9 | 323.4 | 94.9 |



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

| z [m] | N [kN] | A1+M1 | | | | | | | |
|----------|-----------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| | | M _{max} [kNm] | V _{max} [kN/m] | M _{min} [kNm/m] | V _{min} [kN/m] | M _{max} [kNm/m] | V _{max} [kN/m] | M _{min} [kNm/m] | V _{min} [kN/m] |
| 214.35 | 110.3 | 432.8 | 141.3 | 13.1 | -41.6 | 332.9 | 94.9 | 332.9 | 94.9 |
| 214.35 | 110.3 | 432.8 | 143.0 | 13.1 | -33.9 | 332.9 | 102.8 | 332.9 | 102.8 |
| 214.25 | 113.1 | 446.1 | 143.0 | 13.4 | -33.9 | 343.2 | 102.8 | 343.2 | 102.8 |
| 214.25 | 113.1 | 446.1 | 143.9 | 13.4 | -26.1 | 343.2 | 110.7 | 343.2 | 110.7 |
| 214.15 | 115.9 | 460.5 | 143.9 | 13.6 | -26.1 | 354.2 | 110.7 | 354.2 | 110.7 |
| 214.15 | 115.9 | 460.5 | 154.3 | 13.6 | -18.2 | 354.2 | 118.7 | 354.2 | 118.7 |
| 214.05 | 118.8 | 475.9 | 154.3 | 13.8 | -18.2 | 366.1 | 118.7 | 366.1 | 118.7 |
| 214.05 | 118.8 | 475.9 | 164.7 | 13.8 | -10.2 | 366.1 | 126.7 | 366.1 | 126.7 |
| 213.95 | 121.6 | 492.4 | 164.7 | 14.1 | -10.2 | 378.8 | 126.7 | 378.8 | 126.7 |
| 213.95 | 121.6 | 492.4 | 175.2 | 14.1 | -2.1 | 378.8 | 134.8 | 378.8 | 134.8 |
| 213.85 | 124.4 | 509.9 | 175.2 | 14.3 | -2.1 | 392.3 | 134.8 | 392.3 | 134.8 |
| 213.85 | 124.4 | 509.9 | 185.7 | 14.3 | 2.5 | 392.3 | 142.9 | 392.3 | 142.9 |
| 213.75 | 127.2 | 528.5 | 185.7 | 14.6 | 2.5 | 406.5 | 142.9 | 406.5 | 142.9 |
| 213.75 | 127.2 | 528.5 | 193.1 | 14.6 | 2.5 | 406.5 | 148.6 | 406.5 | 148.6 |
| 213.70 | 128.6 | 538.2 | 193.1 | 14.7 | 2.5 | 414.0 | 148.6 | 414.0 | 148.6 |
| 213.70 | 128.6 | 538.2 | 136.9 | 14.7 | -302.5 | 414.0 | -117.0 | 414.0 | -117.0 |
| 213.60 | 131.5 | 522.9 | 136.9 | 14.9 | -302.5 | 402.3 | -117.0 | 402.3 | -117.0 |
| 213.60 | 131.5 | 522.9 | 135.3 | 14.9 | -293.5 | 402.3 | -108.8 | 402.3 | -108.8 |
| 213.50 | 134.3 | 508.8 | 135.3 | 15.2 | -293.5 | 391.4 | -108.8 | 391.4 | -108.8 |
| 213.50 | 134.3 | 508.8 | 133.6 | 15.2 | -284.4 | 391.4 | -100.5 | 391.4 | -100.5 |
| 213.40 | 137.1 | 495.7 | 133.6 | 15.5 | -284.4 | 381.3 | -100.5 | 381.3 | -100.5 |
| 213.40 | 137.1 | 495.7 | 132.0 | 15.5 | -275.3 | 381.3 | -92.2 | 381.3 | -92.2 |
| 213.30 | 140.0 | 483.7 | 132.0 | 15.8 | -275.3 | 372.1 | -92.2 | 372.1 | -92.2 |
| 213.30 | 140.0 | 483.7 | 130.3 | 15.8 | -266.0 | 372.1 | -83.9 | 372.1 | -83.9 |
| 213.20 | 142.8 | 472.8 | 130.3 | 16.1 | -266.0 | 363.7 | -83.9 | 363.7 | -83.9 |
| 213.20 | 142.8 | 472.8 | 128.6 | 16.1 | -256.7 | 363.7 | -75.5 | 363.7 | -75.5 |
| 213.10 | 145.6 | 463.0 | 128.6 | 16.4 | -256.7 | 356.2 | -75.5 | 356.2 | -75.5 |
| 213.10 | 145.6 | 463.0 | 126.9 | 16.4 | -247.3 | 356.2 | -67.0 | 356.2 | -67.0 |
| 213.00 | 148.4 | 454.3 | 126.9 | 16.8 | -247.3 | 349.5 | -67.0 | 349.5 | -67.0 |
| 213.00 | 148.4 | 454.3 | 125.2 | 16.8 | -237.9 | 349.5 | -58.6 | 349.5 | -58.6 |
| 212.90 | 151.3 | 446.7 | 125.2 | 17.1 | -237.9 | 343.6 | -58.6 | 343.6 | -58.6 |
| 212.90 | 151.3 | 446.7 | 123.6 | 17.1 | -228.3 | 343.6 | -50.0 | 343.6 | -50.0 |
| 212.80 | 154.1 | 440.2 | 123.6 | 17.5 | -228.3 | 338.6 | -50.0 | 338.6 | -50.0 |
| 212.80 | 154.1 | 440.2 | 121.8 | 17.5 | -218.7 | 338.6 | -41.4 | 338.6 | -41.4 |
| 212.70 | 156.9 | 450.3 | 121.8 | 17.9 | -218.7 | 334.5 | -41.4 | 334.5 | -41.4 |
| 212.70 | 156.9 | 450.3 | 120.1 | 17.9 | -209.0 | 334.5 | -32.8 | 334.5 | -32.8 |
| 212.60 | 159.7 | 462.3 | 120.1 | 2.0 | -209.0 | 331.2 | -32.8 | 331.2 | -32.8 |
| 212.60 | 159.7 | 462.3 | 118.4 | 2.0 | -199.3 | 331.2 | -24.2 | 331.2 | -24.2 |
| 212.50 | 162.6 | 474.1 | 118.4 | -17.9 | -199.3 | 328.7 | -24.2 | 328.7 | -24.2 |
| 212.50 | 162.6 | 474.1 | 116.7 | -17.9 | -189.6 | 328.7 | -15.6 | 328.7 | -15.6 |
| 212.40 | 165.4 | 485.8 | 116.7 | -36.8 | -189.6 | 327.2 | -15.6 | 327.2 | -15.6 |
| 212.40 | 165.4 | 485.8 | 115.0 | -36.8 | -179.8 | 327.2 | -7.0 | 327.2 | -7.0 |
| 212.30 | 168.2 | 497.3 | 115.0 | -54.8 | -179.8 | 326.5 | -7.0 | 326.5 | -7.0 |
| 212.30 | 168.2 | 497.3 | 113.3 | -54.8 | -169.9 | 326.5 | 1.6 | 326.5 | 1.6 |
| 212.20 | 171.1 | 508.6 | 113.3 | -71.8 | -169.9 | 326.7 | 1.6 | 326.7 | 1.6 |
| 212.20 | 171.1 | 508.6 | 111.6 | -71.8 | -160.0 | 326.7 | 10.3 | 326.7 | 10.3 |
| 212.10 | 173.9 | 519.8 | 111.6 | -87.8 | -160.0 | 327.7 | 10.3 | 327.7 | 10.3 |
| 212.10 | 173.9 | 519.8 | 110.0 | -87.8 | -150.1 | 327.7 | 18.9 | 327.7 | 18.9 |
| 212.00 | 176.7 | 530.8 | 110.0 | -102.8 | -150.1 | 329.6 | 18.9 | 329.6 | 18.9 |
| 212.00 | 176.7 | 530.8 | 108.3 | -102.8 | -140.1 | 329.6 | 27.6 | 329.6 | 27.6 |
| 211.90 | 179.5 | 541.6 | 108.3 | -116.8 | -140.1 | 332.3 | 27.6 | 332.3 | 27.6 |
| 211.90 | 179.5 | 541.6 | 106.7 | -116.8 | -130.1 | 332.3 | 36.3 | 332.3 | 36.3 |
| 211.80 | 182.4 | 552.3 | 106.7 | -129.8 | -130.1 | 336.0 | 36.3 | 336.0 | 36.3 |
| 211.80 | 182.4 | 552.3 | 105.1 | -129.8 | -120.0 | 336.0 | 45.0 | 336.0 | 45.0 |
| 211.70 | 185.2 | 562.8 | 105.1 | -141.8 | -120.0 | 340.5 | 45.0 | 340.5 | 45.0 |
| 211.70 | 185.2 | 562.8 | 104.5 | -141.8 | -109.8 | 340.5 | 53.9 | 340.5 | 53.9 |
| 211.60 | 188.0 | 573.1 | 104.5 | -152.8 | -109.8 | 345.9 | 53.9 | 345.9 | 53.9 |
| 211.60 | 188.0 | 573.1 | 105.4 | -152.8 | -99.5 | 345.9 | 62.9 | 345.9 | 62.9 |
| 211.50 | 190.9 | 583.3 | 105.4 | -162.8 | -99.5 | 352.1 | 62.9 | 352.1 | 62.9 |
| 211.50 | 190.9 | 583.3 | 106.2 | -162.8 | -89.0 | 352.1 | 71.9 | 352.1 | 71.9 |



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
 PROGETTO ESECUTIVO
 Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco**

| z [m] | N [kN] | A1+M1 | | | | | | | |
|----------|-----------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| | | M _{max} [kNm] | V _{max} [kN/m] | M _{min} [kNm/m] | V _{min} [kN/m] | M _{max} [kNm/m] | V _{max} [kN/m] | M _{min} [kNm/m] | V _{min} [kN/m] |
| 211.40 | 193.7 | 593.4 | 106.2 | -171.7 | -89.0 | 359.3 | 71.9 | 359.3 | 71.9 |
| 211.40 | 193.7 | 593.4 | 117.6 | -171.7 | -78.4 | 359.3 | 81.1 | 359.3 | 81.1 |
| 211.30 | 196.5 | 603.3 | 117.6 | -179.5 | -78.4 | 367.4 | 81.1 | 367.4 | 81.1 |
| 211.30 | 196.5 | 603.3 | 130.6 | -179.5 | -67.6 | 367.4 | 90.3 | 367.4 | 90.3 |
| 211.20 | 199.3 | 613.0 | 130.6 | -186.3 | -67.6 | 376.5 | 90.3 | 376.5 | 90.3 |
| 211.20 | 199.3 | 613.0 | 141.6 | -186.3 | -59.7 | 376.5 | 97.7 | 376.5 | 97.7 |
| 211.10 | 202.2 | 621.8 | 141.6 | -192.2 | -59.7 | 386.2 | 97.7 | 386.2 | 97.7 |
| 211.10 | 202.2 | 621.8 | 152.9 | -192.2 | -51.5 | 386.2 | 105.1 | 386.2 | 105.1 |
| 211.00 | 205.0 | 629.8 | 152.9 | -197.4 | -51.5 | 396.7 | 105.1 | 396.7 | 105.1 |
| 211.00 | 205.0 | 629.8 | 164.4 | -197.4 | -43.1 | 396.7 | 112.7 | 396.7 | 112.7 |
| 210.90 | 207.8 | 636.8 | 164.4 | -201.7 | -43.1 | 408.0 | 112.7 | 408.0 | 112.7 |
| 210.90 | 207.8 | 636.8 | 176.1 | -201.7 | -34.5 | 408.0 | 120.5 | 408.0 | 120.5 |
| 210.80 | 210.6 | 643.1 | 176.1 | -205.1 | -34.5 | 420.1 | 120.5 | 420.1 | 120.5 |
| 210.80 | 210.6 | 643.1 | 188.1 | -205.1 | -25.5 | 420.1 | 128.4 | 420.1 | 128.4 |
| 210.70 | 213.5 | 648.6 | 188.1 | -207.7 | -25.5 | 432.9 | 128.4 | 432.9 | 128.4 |
| 210.70 | 213.5 | 648.6 | 69.8 | -207.7 | -376.6 | 432.9 | -150.0 | 432.9 | -150.0 |
| 210.60 | 216.3 | 653.3 | 69.8 | -209.3 | -376.6 | 417.9 | -150.0 | 417.9 | -150.0 |
| 210.60 | 216.3 | 653.3 | 64.1 | -209.3 | -367.9 | 417.9 | -141.8 | 417.9 | -141.8 |
| 210.50 | 219.1 | 657.2 | 64.1 | -210.0 | -367.9 | 403.7 | -141.8 | 403.7 | -141.8 |
| 210.50 | 219.1 | 657.2 | 58.5 | -210.0 | -359.0 | 403.7 | -133.5 | 403.7 | -133.5 |
| 210.40 | 222.0 | 660.5 | 58.5 | -209.7 | -359.0 | 390.4 | -133.5 | 390.4 | -133.5 |
| 210.40 | 222.0 | 660.5 | 53.1 | -209.7 | -349.8 | 390.4 | -125.0 | 390.4 | -125.0 |
| 210.30 | 224.8 | 663.0 | 53.1 | -208.5 | -349.8 | 377.9 | -125.0 | 377.9 | -125.0 |
| 210.30 | 224.8 | 663.0 | 47.8 | -208.5 | -340.5 | 377.9 | -116.4 | 377.9 | -116.4 |
| 210.20 | 227.6 | 664.9 | 47.8 | -206.2 | -340.5 | 366.3 | -116.4 | 366.3 | -116.4 |
| 210.20 | 227.6 | 664.9 | 42.7 | -206.2 | -331.0 | 366.3 | -107.6 | 366.3 | -107.6 |
| 210.10 | 230.4 | 666.2 | 42.7 | -203.6 | -331.0 | 355.5 | -107.6 | 355.5 | -107.6 |
| 210.10 | 230.4 | 666.2 | 37.7 | -203.6 | -321.2 | 355.5 | -98.7 | 355.5 | -98.7 |
| 210.00 | 233.3 | 666.8 | 37.7 | -221.0 | -321.2 | 345.6 | -98.7 | 345.6 | -98.7 |
| 210.00 | 233.3 | 666.8 | 32.9 | -221.0 | -311.1 | 345.6 | -89.6 | 345.6 | -89.6 |
| 209.90 | 236.1 | 666.8 | 32.9 | -252.1 | -311.1 | 336.7 | -89.6 | 336.7 | -89.6 |
| 209.90 | 236.1 | 666.8 | 29.8 | -252.1 | -300.8 | 336.7 | -80.3 | 336.7 | -80.3 |
| 209.80 | 238.9 | 666.3 | 29.8 | -282.2 | -300.8 | 328.6 | -80.3 | 328.6 | -80.3 |
| 209.80 | 238.9 | 666.3 | 30.6 | -282.2 | -290.2 | 328.6 | -70.9 | 328.6 | -70.9 |
| 209.70 | 241.7 | 665.2 | 30.6 | -311.2 | -290.2 | 321.6 | -70.9 | 321.6 | -70.9 |
| 209.70 | 241.7 | 665.2 | 31.3 | -311.2 | -279.3 | 321.6 | -61.2 | 321.6 | -61.2 |
| 209.60 | 244.6 | 663.6 | 31.3 | -339.1 | -279.3 | 315.4 | -61.2 | 315.4 | -61.2 |
| 209.60 | 244.6 | 663.6 | 31.8 | -339.1 | -268.1 | 315.4 | -51.4 | 315.4 | -51.4 |
| 209.50 | 247.4 | 661.5 | 31.8 | -365.9 | -268.1 | 310.3 | -51.4 | 310.3 | -51.4 |
| 209.50 | 247.4 | 661.5 | 32.2 | -365.9 | -256.7 | 310.3 | -41.4 | 310.3 | -41.4 |
| 209.40 | 250.2 | 658.9 | 32.2 | -391.6 | -256.7 | 306.1 | -41.4 | 306.1 | -41.4 |
| 209.40 | 250.2 | 658.9 | 37.9 | -391.6 | -245.1 | 306.1 | -31.3 | 306.1 | -31.3 |
| 209.30 | 253.1 | 655.8 | 37.9 | -416.1 | -245.1 | 303.0 | -31.3 | 303.0 | -31.3 |
| 209.30 | 253.1 | 655.8 | 53.7 | -416.1 | -233.1 | 303.0 | -21.0 | 303.0 | -21.0 |
| 209.20 | 255.9 | 652.3 | 53.7 | -439.4 | -233.1 | 300.9 | -21.0 | 300.9 | -21.0 |
| 209.20 | 255.9 | 652.3 | 69.8 | -439.4 | -220.9 | 300.9 | -10.5 | 300.9 | -10.5 |
| 209.10 | 258.7 | 648.4 | 69.8 | -461.5 | -220.9 | 299.9 | -10.5 | 299.9 | -10.5 |
| 209.10 | 258.7 | 648.4 | 86.2 | -461.5 | -208.5 | 299.9 | 0.2 | 299.9 | 0.2 |
| 209.00 | 261.5 | 644.2 | 86.2 | -482.4 | -208.5 | 299.9 | 0.2 | 299.9 | 0.2 |
| 209.00 | 261.5 | 644.2 | 102.8 | -482.4 | -195.7 | 299.9 | 11.0 | 299.9 | 11.0 |
| 208.90 | 264.4 | 639.5 | 102.8 | -502.0 | -195.7 | 301.0 | 11.0 | 301.0 | 11.0 |
| 208.90 | 264.4 | 639.5 | 119.7 | -502.0 | -182.8 | 301.0 | 22.0 | 301.0 | 22.0 |
| 208.80 | 267.2 | 634.5 | 119.7 | -520.2 | -182.8 | 303.2 | 22.0 | 303.2 | 22.0 |
| 208.80 | 267.2 | 634.5 | 136.8 | -520.2 | -169.5 | 303.2 | 33.2 | 303.2 | 33.2 |
| 208.70 | 270.0 | 629.1 | 136.8 | -537.2 | -169.5 | 306.5 | 33.2 | 306.5 | 33.2 |
| 208.70 | 270.0 | 629.1 | 154.3 | -537.2 | -156.0 | 306.5 | 44.5 | 306.5 | 44.5 |
| 208.60 | 272.8 | 623.5 | 154.3 | -552.8 | -156.0 | 311.0 | 44.5 | 311.0 | 44.5 |
| 208.60 | 272.8 | 623.5 | 172.0 | -552.8 | -142.2 | 311.0 | 56.0 | 311.0 | 56.0 |
| 208.50 | 275.7 | 617.5 | 172.0 | -567.0 | -142.2 | 316.6 | 56.0 | 316.6 | 56.0 |
| 208.50 | 275.7 | 617.5 | 189.9 | -567.0 | -128.1 | 316.6 | 67.6 | 316.6 | 67.6 |



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
 PROGETTO ESECUTIVO
 Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco**

| z [m] | N [kN] | A1+M1 | | | | | | | |
|----------|-----------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| | | M _{max} [kNm] | V _{max} [kN/m] | M _{min} [kNm/m] | V _{min} [kN/m] | M _{max} [kNm/m] | V _{max} [kN/m] | M _{min} [kNm/m] | V _{min} [kN/m] |
| 208.40 | 278.5 | 611.2 | 189.9 | -579.8 | -128.1 | 323.3 | 67.6 | 323.3 | 67.6 |
| 208.40 | 278.5 | 611.2 | 208.1 | -579.8 | -113.8 | 323.3 | 79.5 | 323.3 | 79.5 |
| 208.30 | 281.3 | 604.7 | 208.1 | -591.2 | -113.8 | 331.3 | 79.5 | 331.3 | 79.5 |
| 208.30 | 281.3 | 604.7 | 226.6 | -591.2 | -99.2 | 331.3 | 91.4 | 331.3 | 91.4 |
| 208.20 | 284.2 | 624.1 | 226.6 | -601.1 | -99.2 | 340.4 | 91.4 | 340.4 | 91.4 |
| 208.20 | 284.2 | 624.1 | 32.3 | -601.1 | -674.8 | 340.4 | -519.1 | 340.4 | -519.1 |
| 208.10 | 287.0 | 591.0 | 32.3 | -609.6 | -674.8 | 288.5 | -519.1 | 288.5 | -519.1 |
| 208.10 | 287.0 | 591.0 | 32.0 | -609.6 | -658.8 | 288.5 | -506.7 | 288.5 | -506.7 |
| 208.00 | 289.8 | 583.7 | 32.0 | -616.5 | -658.8 | 237.8 | -506.7 | 237.8 | -506.7 |
| 208.00 | 289.8 | 583.7 | 31.8 | -616.5 | -642.6 | 237.8 | -494.3 | 237.8 | -494.3 |
| 207.90 | 292.6 | 576.3 | 31.8 | -621.9 | -642.6 | 188.4 | -494.3 | 188.4 | -494.3 |
| 207.90 | 292.6 | 576.3 | 31.5 | -621.9 | -626.2 | 188.4 | -481.7 | 188.4 | -481.7 |
| 207.80 | 295.5 | 568.7 | 31.5 | -625.7 | -626.2 | 140.2 | -481.7 | 140.2 | -481.7 |
| 207.80 | 295.5 | 568.7 | 31.2 | -625.7 | -609.6 | 140.2 | -468.9 | 140.2 | -468.9 |
| 207.70 | 298.3 | 560.9 | 31.2 | -627.9 | -609.6 | 93.3 | -468.9 | 93.3 | -468.9 |
| 207.70 | 298.3 | 560.9 | 30.9 | -627.9 | -592.8 | 93.3 | -456.0 | 93.3 | -456.0 |
| 207.60 | 301.1 | 553.0 | 30.9 | -629.4 | -592.8 | 47.7 | -456.0 | 47.7 | -456.0 |
| 207.60 | 301.1 | 553.0 | 30.6 | -629.4 | -575.8 | 47.7 | -442.9 | 47.7 | -442.9 |
| 207.50 | 303.9 | 544.9 | 30.6 | -630.3 | -575.8 | 3.5 | -442.9 | 3.5 | -442.9 |
| 207.50 | 303.9 | 544.9 | 30.3 | -630.3 | -558.6 | 3.5 | -429.7 | 3.5 | -429.7 |
| 207.40 | 306.8 | 536.7 | 30.3 | -630.7 | -558.6 | -39.5 | -429.7 | -39.5 | -429.7 |
| 207.40 | 306.8 | 536.7 | 29.9 | -630.7 | -541.2 | -39.5 | -416.3 | -39.5 | -416.3 |
| 207.30 | 309.6 | 528.4 | 29.9 | -630.5 | -541.2 | -81.1 | -416.3 | -81.1 | -416.3 |
| 207.30 | 309.6 | 528.4 | 29.6 | -630.5 | -523.6 | -81.1 | -402.8 | -81.1 | -402.8 |
| 207.20 | 312.4 | 520.0 | 29.6 | -629.8 | -523.6 | -121.4 | -402.8 | -121.4 | -402.8 |
| 207.20 | 312.4 | 520.0 | 29.2 | -629.8 | -505.8 | -121.4 | -389.1 | -121.4 | -389.1 |
| 207.10 | 315.3 | 511.4 | 29.2 | -628.7 | -505.8 | -160.3 | -389.1 | -160.3 | -389.1 |
| 207.10 | 315.3 | 511.4 | 28.9 | -628.7 | -487.8 | -160.3 | -375.2 | -160.3 | -375.2 |
| 207.00 | 318.1 | 502.8 | 28.9 | -627.2 | -487.8 | -197.8 | -375.2 | -197.8 | -375.2 |
| 207.00 | 318.1 | 502.8 | 28.5 | -627.2 | -469.6 | -197.8 | -361.2 | -197.8 | -361.2 |
| 206.90 | 320.9 | 494.1 | 28.5 | -625.3 | -469.6 | -234.0 | -361.2 | -234.0 | -361.2 |
| 206.90 | 320.9 | 494.1 | 28.1 | -625.3 | -451.2 | -234.0 | -347.1 | -234.0 | -347.1 |
| 206.80 | 323.7 | 485.4 | 28.1 | -622.9 | -451.2 | -268.7 | -347.1 | -268.7 | -347.1 |
| 206.80 | 323.7 | 485.4 | 27.7 | -622.9 | -432.6 | -268.7 | -332.8 | -268.7 | -332.8 |
| 206.70 | 326.6 | 476.6 | 27.7 | -620.2 | -432.6 | -302.0 | -332.8 | -302.0 | -332.8 |
| 206.70 | 326.6 | 476.6 | 30.5 | -620.2 | -413.8 | -302.0 | -318.3 | -302.0 | -318.3 |
| 206.60 | 329.4 | 467.8 | 30.5 | -617.2 | -413.8 | -333.8 | -318.3 | -333.8 | -318.3 |
| 206.60 | 329.4 | 467.8 | 33.8 | -617.2 | -394.8 | -333.8 | -303.7 | -333.8 | -303.7 |
| 206.50 | 332.2 | 458.9 | 33.8 | -613.8 | -394.8 | -364.1 | -303.7 | -364.1 | -303.7 |
| 206.50 | 332.2 | 458.9 | 37.0 | -613.8 | -375.6 | -364.1 | -288.9 | -364.1 | -288.9 |
| 206.40 | 335.1 | 450.0 | 37.0 | -610.1 | -375.6 | -393.0 | -288.9 | -393.0 | -288.9 |
| 206.40 | 335.1 | 450.0 | 40.0 | -610.1 | -356.2 | -393.0 | -274.0 | -393.0 | -274.0 |
| 206.30 | 337.9 | 441.1 | 40.0 | -606.1 | -356.2 | -420.4 | -274.0 | -420.4 | -274.0 |
| 206.30 | 337.9 | 441.1 | 42.9 | -606.1 | -336.6 | -420.4 | -258.9 | -420.4 | -258.9 |
| 206.20 | 340.7 | 432.2 | 42.9 | -601.8 | -336.6 | -446.3 | -258.9 | -446.3 | -258.9 |
| 206.20 | 340.7 | 432.2 | 45.6 | -601.8 | -316.8 | -446.3 | -243.7 | -446.3 | -243.7 |
| 206.10 | 343.5 | 423.2 | 45.6 | -611.9 | -316.8 | -470.7 | -243.7 | -470.7 | -243.7 |
| 206.10 | 343.5 | 423.2 | 48.2 | -611.9 | -296.8 | -470.7 | -228.3 | -470.7 | -228.3 |
| 206.00 | 346.4 | 414.3 | 48.2 | -641.6 | -296.8 | -493.5 | -228.3 | -493.5 | -228.3 |
| 206.00 | 346.4 | 414.3 | 50.7 | -641.6 | -276.6 | -493.5 | -212.8 | -493.5 | -212.8 |
| 205.90 | 349.2 | 405.5 | 50.7 | -669.3 | -276.6 | -514.8 | -212.8 | -514.8 | -212.8 |
| 205.90 | 349.2 | 405.5 | 53.0 | -669.3 | -256.3 | -514.8 | -197.1 | -514.8 | -197.1 |
| 205.80 | 352.0 | 396.6 | 53.0 | -694.9 | -256.3 | -534.5 | -197.1 | -534.5 | -197.1 |
| 205.80 | 352.0 | 396.6 | 55.2 | -694.9 | -235.7 | -534.5 | -181.3 | -534.5 | -181.3 |
| 205.70 | 354.8 | 387.8 | 55.2 | -718.4 | -235.7 | -552.7 | -181.3 | -552.7 | -181.3 |
| 205.70 | 354.8 | 387.8 | 57.3 | -718.4 | -214.9 | -552.7 | -165.3 | -552.7 | -165.3 |
| 205.60 | 357.7 | 379.0 | 57.3 | -739.9 | -214.9 | -569.2 | -165.3 | -569.2 | -165.3 |
| 205.60 | 357.7 | 379.0 | 59.3 | -739.9 | -193.9 | -569.2 | -149.1 | -569.2 | -149.1 |
| 205.50 | 360.5 | 370.2 | 59.3 | -759.3 | -193.9 | -584.1 | -149.1 | -584.1 | -149.1 |
| 205.50 | 360.5 | 370.2 | 61.2 | -759.3 | -172.7 | -584.1 | -132.8 | -584.1 | -132.8 |



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
 PROGETTO ESECUTIVO
 Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco**

| z [m] | N [kN] | A1+M1 | | | | | | | |
|----------|-----------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| | | M _{max} [kNm] | V _{max} [kN/m] | M _{min} [kNm/m] | V _{min} [kN/m] | M _{max} [kNm/m] | V _{max} [kN/m] | M _{min} [kNm/m] | V _{min} [kN/m] |
| 205.40 | 363.3 | 361.5 | 61.2 | -776.6 | -172.7 | -597.4 | -132.8 | -597.4 | -132.8 |
| 205.40 | 363.3 | 361.5 | 63.0 | -776.6 | -151.3 | -597.4 | -116.4 | -597.4 | -116.4 |
| 205.30 | 366.2 | 352.9 | 63.0 | -791.7 | -151.3 | -609.0 | -116.4 | -609.0 | -116.4 |
| 205.30 | 366.2 | 352.9 | 64.6 | -791.7 | -134.4 | -609.0 | -99.8 | -609.0 | -99.8 |
| 205.20 | 369.0 | 344.3 | 64.6 | -804.7 | -134.4 | -619.0 | -99.8 | -619.0 | -99.8 |
| 205.20 | 369.0 | 344.3 | 66.2 | -804.7 | -127.1 | -619.0 | -83.0 | -619.0 | -83.0 |
| 205.10 | 371.8 | 335.8 | 66.2 | -815.5 | -127.1 | -627.3 | -83.0 | -627.3 | -83.0 |
| 205.10 | 371.8 | 335.8 | 67.7 | -815.5 | -119.9 | -627.3 | -66.1 | -627.3 | -66.1 |
| 205.00 | 374.6 | 327.3 | 67.7 | -824.1 | -119.9 | -633.9 | -66.1 | -633.9 | -66.1 |
| 205.00 | 374.6 | 327.3 | 69.1 | -824.1 | -112.9 | -633.9 | -49.0 | -633.9 | -49.0 |
| 204.90 | 377.5 | 319.0 | 69.1 | -830.4 | -112.9 | -638.8 | -49.0 | -638.8 | -49.0 |
| 204.90 | 377.5 | 319.0 | 70.3 | -830.4 | -106.1 | -638.8 | -39.6 | -638.8 | -39.6 |
| 204.80 | 380.3 | 310.7 | 70.3 | -835.6 | -106.1 | -642.8 | -39.6 | -642.8 | -39.6 |
| 204.80 | 380.3 | 310.7 | 71.5 | -835.6 | -99.4 | -642.8 | -31.7 | -642.8 | -31.7 |
| 204.70 | 383.1 | 302.5 | 71.5 | -839.7 | -99.4 | -645.9 | -31.7 | -645.9 | -31.7 |
| 204.70 | 383.1 | 302.5 | 72.7 | -839.7 | -92.9 | -645.9 | -24.1 | -645.9 | -24.1 |
| 204.60 | 385.9 | 294.4 | 72.7 | -842.8 | -92.9 | -648.3 | -24.1 | -648.3 | -24.1 |
| 204.60 | 385.9 | 294.4 | 73.7 | -842.8 | -86.5 | -648.3 | -16.9 | -648.3 | -16.9 |
| 204.50 | 388.8 | 286.4 | 73.7 | -845.0 | -86.5 | -650.0 | -16.9 | -650.0 | -16.9 |
| 204.50 | 388.8 | 286.4 | 74.7 | -845.0 | -80.3 | -650.0 | -10.1 | -650.0 | -10.1 |
| 204.40 | 391.6 | 278.4 | 74.7 | -846.4 | -80.3 | -651.0 | -10.1 | -651.0 | -10.1 |
| 204.40 | 391.6 | 278.4 | 75.5 | -846.4 | -78.3 | -651.0 | -3.5 | -651.0 | -3.5 |
| 204.30 | 394.4 | 270.6 | 75.5 | -846.8 | -78.3 | -651.4 | -3.5 | -651.4 | -3.5 |
| 204.30 | 394.4 | 270.6 | 76.3 | -846.8 | -77.2 | -651.4 | 2.8 | -651.4 | 2.8 |
| 204.20 | 397.3 | 262.9 | 76.3 | -846.4 | -77.2 | -651.1 | 2.8 | -651.1 | 2.8 |
| 204.20 | 397.3 | 262.9 | 77.1 | -846.4 | -76.2 | -651.1 | 8.8 | -651.1 | 8.8 |
| 204.10 | 400.1 | 255.3 | 77.1 | -845.3 | -76.2 | -650.2 | 8.8 | -650.2 | 8.8 |
| 204.10 | 400.1 | 255.3 | 77.7 | -845.3 | -75.1 | -650.2 | 14.6 | -650.2 | 14.6 |
| 204.00 | 402.9 | 247.8 | 77.7 | -843.4 | -75.1 | -648.8 | 14.6 | -648.8 | 14.6 |
| 204.00 | 402.9 | 247.8 | 78.3 | -843.4 | -74.0 | -648.8 | 20.1 | -648.8 | 20.1 |
| 203.90 | 405.7 | 240.3 | 78.3 | -840.8 | -74.0 | -646.8 | 20.1 | -646.8 | 20.1 |
| 203.90 | 405.7 | 240.3 | 78.8 | -840.8 | -72.9 | -646.8 | 25.5 | -646.8 | 25.5 |
| 203.80 | 408.6 | 233.1 | 78.8 | -837.5 | -72.9 | -644.2 | 25.5 | -644.2 | 25.5 |
| 203.80 | 408.6 | 233.1 | 79.3 | -837.5 | -71.8 | -644.2 | 30.6 | -644.2 | 30.6 |
| 203.70 | 411.4 | 225.9 | 79.3 | -833.5 | -71.8 | -641.2 | 30.6 | -641.2 | 30.6 |
| 203.70 | 411.4 | 225.9 | 79.7 | -833.5 | -70.6 | -641.2 | 35.5 | -641.2 | 35.5 |
| 203.60 | 414.2 | 218.8 | 79.7 | -828.9 | -70.6 | -637.6 | 35.5 | -637.6 | 35.5 |
| 203.60 | 414.2 | 218.8 | 80.0 | -828.9 | -69.4 | -637.6 | 40.2 | -637.6 | 40.2 |
| 203.50 | 417.0 | 211.9 | 80.0 | -823.7 | -69.4 | -633.6 | 40.2 | -633.6 | 40.2 |
| 203.50 | 417.0 | 211.9 | 80.3 | -823.7 | -68.2 | -633.6 | 44.7 | -633.6 | 44.7 |
| 203.40 | 419.9 | 205.1 | 80.3 | -817.9 | -68.2 | -629.1 | 44.7 | -629.1 | 44.7 |
| 203.40 | 419.9 | 205.1 | 80.5 | -817.9 | -67.0 | -629.1 | 49.0 | -629.1 | 49.0 |
| 203.30 | 422.7 | 198.4 | 80.5 | -811.5 | -67.0 | -624.2 | 49.0 | -624.2 | 49.0 |
| 203.30 | 422.7 | 198.4 | 80.6 | -811.5 | -65.8 | -624.2 | 53.1 | -624.2 | 53.1 |
| 203.20 | 425.5 | 191.8 | 80.6 | -804.6 | -65.8 | -618.9 | 53.1 | -618.9 | 53.1 |
| 203.20 | 425.5 | 191.8 | 80.7 | -804.6 | -64.6 | -618.9 | 57.1 | -618.9 | 57.1 |
| 203.10 | 428.4 | 185.3 | 80.7 | -797.1 | -64.6 | -613.2 | 57.1 | -613.2 | 57.1 |
| 203.10 | 428.4 | 185.3 | 80.8 | -797.1 | -63.4 | -613.2 | 60.9 | -613.2 | 60.9 |
| 203.00 | 431.2 | 179.0 | 80.8 | -789.2 | -63.4 | -607.1 | 60.9 | -607.1 | 60.9 |
| 203.00 | 431.2 | 179.0 | 83.8 | -789.2 | -62.1 | -607.1 | 64.5 | -607.1 | 64.5 |
| 202.90 | 434.0 | 172.8 | 83.8 | -780.9 | -62.1 | -600.7 | 64.5 | -600.7 | 64.5 |
| 202.90 | 434.0 | 172.8 | 88.3 | -780.9 | -60.9 | -600.7 | 67.9 | -600.7 | 67.9 |
| 202.80 | 436.8 | 166.7 | 88.3 | -772.0 | -60.9 | -593.9 | 67.9 | -593.9 | 67.9 |
| 202.80 | 436.8 | 166.7 | 92.5 | -772.0 | -59.6 | -593.9 | 71.2 | -593.9 | 71.2 |
| 202.70 | 439.7 | 160.7 | 92.5 | -762.8 | -59.6 | -586.8 | 71.2 | -586.8 | 71.2 |
| 202.70 | 439.7 | 160.7 | 96.6 | -762.8 | -58.4 | -586.8 | 74.3 | -586.8 | 74.3 |
| 202.60 | 442.5 | 154.9 | 96.6 | -753.1 | -58.4 | -579.3 | 74.3 | -579.3 | 74.3 |
| 202.60 | 442.5 | 154.9 | 100.4 | -753.1 | -57.1 | -579.3 | 77.2 | -579.3 | 77.2 |
| 202.50 | 445.3 | 149.2 | 100.4 | -743.1 | -57.1 | -571.6 | 77.2 | -571.6 | 77.2 |
| 202.50 | 445.3 | 149.2 | 104.0 | -743.1 | -55.8 | -571.6 | 80.0 | -571.6 | 80.0 |



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

| z [m] | N [kN] | A1+M1 | | | | | | | |
|----------|-----------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| | | M _{max} [kNm] | V _{max} [kN/m] | M _{min} [kNm/m] | V _{min} [kN/m] | M _{max} [kNm/m] | V _{max} [kN/m] | M _{min} [kNm/m] | V _{min} [kN/m] |
| 202.40 | 448.1 | 143.6 | 104.0 | -732.7 | -55.8 | -563.6 | 80.0 | -563.6 | 80.0 |
| 202.40 | 448.1 | 143.6 | 107.5 | -732.7 | -54.6 | -563.6 | 82.7 | -563.6 | 82.7 |
| 202.30 | 451.0 | 138.1 | 107.5 | -721.9 | -54.6 | -555.3 | 82.7 | -555.3 | 82.7 |
| 202.30 | 451.0 | 138.1 | 110.7 | -721.9 | -53.3 | -555.3 | 85.2 | -555.3 | 85.2 |
| 202.20 | 453.8 | 132.8 | 110.7 | -710.9 | -53.3 | -546.8 | 85.2 | -546.8 | 85.2 |
| 202.20 | 453.8 | 132.8 | 113.8 | -710.9 | -52.0 | -546.8 | 87.5 | -546.8 | 87.5 |
| 202.10 | 456.6 | 127.6 | 113.8 | -699.5 | -52.0 | -538.1 | 87.5 | -538.1 | 87.5 |
| 202.10 | 456.6 | 127.6 | 116.7 | -699.5 | -50.8 | -538.1 | 89.7 | -538.1 | 89.7 |
| 202.00 | 459.5 | 122.5 | 116.7 | -687.8 | -50.8 | -529.1 | 89.7 | -529.1 | 89.7 |
| 202.00 | 459.5 | 122.5 | 119.4 | -687.8 | -49.5 | -529.1 | 91.8 | -529.1 | 91.8 |
| 201.90 | 462.3 | 117.6 | 119.4 | -675.9 | -49.5 | -519.9 | 91.8 | -519.9 | 91.8 |
| 201.90 | 462.3 | 117.6 | 121.9 | -675.9 | -48.3 | -519.9 | 93.8 | -519.9 | 93.8 |
| 201.80 | 465.1 | 112.7 | 121.9 | -663.7 | -48.3 | -510.5 | 93.8 | -510.5 | 93.8 |
| 201.80 | 465.1 | 112.7 | 124.2 | -663.7 | -47.0 | -510.5 | 95.6 | -510.5 | 95.6 |
| 201.70 | 467.9 | 108.0 | 124.2 | -651.3 | -47.0 | -501.0 | 95.6 | -501.0 | 95.6 |
| 201.70 | 467.9 | 108.0 | 126.4 | -651.3 | -45.8 | -501.0 | 97.2 | -501.0 | 97.2 |
| 201.60 | 470.8 | 103.5 | 126.4 | -638.6 | -45.8 | -491.3 | 97.2 | -491.3 | 97.2 |
| 201.60 | 470.8 | 103.5 | 128.4 | -638.6 | -44.6 | -491.3 | 98.8 | -491.3 | 98.8 |
| 201.50 | 473.6 | 99.0 | 128.4 | -625.8 | -44.6 | -481.4 | 98.8 | -481.4 | 98.8 |
| 201.50 | 473.6 | 99.0 | 130.3 | -625.8 | -43.4 | -481.4 | 100.2 | -481.4 | 100.2 |
| 201.40 | 476.4 | 94.7 | 130.3 | -612.8 | -43.4 | -471.4 | 100.2 | -471.4 | 100.2 |
| 201.40 | 476.4 | 94.7 | 131.9 | -612.8 | -42.2 | -471.4 | 101.5 | -471.4 | 101.5 |
| 201.30 | 479.2 | 90.5 | 131.9 | -599.6 | -42.2 | -461.2 | 101.5 | -461.2 | 101.5 |
| 201.30 | 479.2 | 90.5 | 133.5 | -599.6 | -41.0 | -461.2 | 102.7 | -461.2 | 102.7 |
| 201.20 | 482.1 | 86.4 | 133.5 | -586.2 | -41.0 | -450.9 | 102.7 | -450.9 | 102.7 |
| 201.20 | 482.1 | 86.4 | 134.8 | -586.2 | -39.8 | -450.9 | 103.7 | -450.9 | 103.7 |
| 201.10 | 484.9 | 82.4 | 134.8 | -572.7 | -39.8 | -440.6 | 103.7 | -440.6 | 103.7 |
| 201.10 | 484.9 | 82.4 | 136.0 | -572.7 | -38.6 | -440.6 | 104.6 | -440.6 | 104.6 |
| 201.00 | 487.7 | 78.5 | 136.0 | -559.1 | -38.6 | -430.1 | 104.6 | -430.1 | 104.6 |
| 201.00 | 487.7 | 78.5 | 137.1 | -559.1 | -37.4 | -430.1 | 105.4 | -430.1 | 105.4 |
| 200.90 | 490.6 | 74.8 | 137.1 | -545.4 | -37.4 | -419.6 | 105.4 | -419.6 | 105.4 |
| 200.90 | 490.6 | 74.8 | 138.0 | -545.4 | -36.3 | -419.6 | 106.1 | -419.6 | 106.1 |
| 200.80 | 493.4 | 71.2 | 138.0 | -531.6 | -36.3 | -409.0 | 106.1 | -409.0 | 106.1 |
| 200.80 | 493.4 | 71.2 | 138.7 | -531.6 | -35.1 | -409.0 | 106.7 | -409.0 | 106.7 |
| 200.70 | 496.2 | 67.6 | 138.7 | -517.8 | -35.1 | -398.3 | 106.7 | -398.3 | 106.7 |
| 200.70 | 496.2 | 67.6 | 139.3 | -517.8 | -34.0 | -398.3 | 107.2 | -398.3 | 107.2 |
| 200.60 | 499.0 | 64.2 | 139.3 | -503.8 | -34.0 | -387.6 | 107.2 | -387.6 | 107.2 |
| 200.60 | 499.0 | 64.2 | 139.8 | -503.8 | -32.9 | -387.6 | 107.6 | -387.6 | 107.6 |
| 200.50 | 501.9 | 61.0 | 139.8 | -489.8 | -32.9 | -376.8 | 107.6 | -376.8 | 107.6 |
| 200.50 | 501.9 | 61.0 | 140.1 | -489.8 | -31.8 | -376.8 | 107.8 | -376.8 | 107.8 |
| 200.40 | 504.7 | 57.8 | 140.1 | -475.8 | -31.8 | -366.0 | 107.8 | -366.0 | 107.8 |
| 200.40 | 504.7 | 57.8 | 140.3 | -475.8 | -30.7 | -366.0 | 107.9 | -366.0 | 107.9 |
| 200.30 | 507.5 | 54.7 | 140.3 | -461.8 | -30.7 | -355.2 | 107.9 | -355.2 | 107.9 |
| 200.30 | 507.5 | 54.7 | 140.4 | -461.8 | -29.6 | -355.2 | 108.0 | -355.2 | 108.0 |
| 200.20 | 510.4 | 52.1 | 140.4 | -447.8 | -29.6 | -344.4 | 108.0 | -344.4 | 108.0 |
| 200.20 | 510.4 | 52.1 | 140.3 | -447.8 | -28.5 | -344.4 | 107.9 | -344.4 | 107.9 |
| 200.10 | 513.2 | 49.7 | 140.3 | -433.7 | -28.5 | -333.6 | 107.9 | -333.6 | 107.9 |
| 200.10 | 513.2 | 49.7 | 140.1 | -433.7 | -27.5 | -333.6 | 107.8 | -333.6 | 107.8 |
| 200.00 | 516.0 | 47.3 | 140.1 | -419.6 | -27.5 | -322.8 | 107.8 | -322.8 | 107.8 |
| 200.00 | 516.0 | 47.3 | 139.7 | -419.6 | -26.5 | -322.8 | 107.5 | -322.8 | 107.5 |
| 199.90 | 518.8 | 45.0 | 139.7 | -405.6 | -26.5 | -312.0 | 107.5 | -312.0 | 107.5 |
| 199.90 | 518.8 | 45.0 | 139.3 | -405.6 | -25.5 | -312.0 | 107.1 | -312.0 | 107.1 |
| 199.80 | 521.7 | 42.7 | 139.3 | -391.7 | -25.5 | -301.3 | 107.1 | -301.3 | 107.1 |
| 199.80 | 521.7 | 42.7 | 138.7 | -391.7 | -24.5 | -301.3 | 106.7 | -301.3 | 106.7 |
| 199.70 | 524.5 | 40.6 | 138.7 | -377.8 | -24.5 | -290.6 | 106.7 | -290.6 | 106.7 |
| 199.70 | 524.5 | 40.6 | 137.9 | -377.8 | -23.5 | -290.6 | 106.1 | -290.6 | 106.1 |
| 199.60 | 527.3 | 38.5 | 137.9 | -364.0 | -23.5 | -280.0 | 106.1 | -280.0 | 106.1 |
| 199.60 | 527.3 | 38.5 | 137.1 | -364.0 | -22.5 | -280.0 | 105.4 | -280.0 | 105.4 |
| 199.50 | 530.1 | 36.4 | 137.1 | -350.3 | -22.5 | -269.5 | 105.4 | -269.5 | 105.4 |
| 199.50 | 530.1 | 36.4 | 136.1 | -350.3 | -21.6 | -269.5 | 104.7 | -269.5 | 104.7 |



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

| z [m] | N [kN] | A1+M1 | | | | | | | |
|----------|-----------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| | | M _{max} [kNm] | V _{max} [kN/m] | M _{min} [kNm/m] | V _{min} [kN/m] | M _{max} [kNm/m] | V _{max} [kN/m] | M _{min} [kNm/m] | V _{min} [kN/m] |
| 199.40 | 533.0 | 34.4 | 136.1 | -336.7 | -21.6 | -259.0 | 104.7 | -259.0 | 104.7 |
| 199.40 | 533.0 | 34.4 | 135.0 | -336.7 | -20.7 | -259.0 | 103.8 | -259.0 | 103.8 |
| 199.30 | 535.8 | 32.5 | 135.0 | -323.2 | -20.7 | -248.6 | 103.8 | -248.6 | 103.8 |
| 199.30 | 535.8 | 32.5 | 133.8 | -323.2 | -19.8 | -248.6 | 102.9 | -248.6 | 102.9 |
| 199.20 | 538.6 | 30.7 | 133.8 | -309.8 | -19.8 | -238.3 | 102.9 | -238.3 | 102.9 |
| 199.20 | 538.6 | 30.7 | 132.4 | -309.8 | -18.9 | -238.3 | 101.9 | -238.3 | 101.9 |
| 199.10 | 541.5 | 28.9 | 132.4 | -296.6 | -18.9 | -228.1 | 101.9 | -228.1 | 101.9 |
| 199.10 | 541.5 | 28.9 | 131.0 | -296.6 | -18.0 | -228.1 | 100.7 | -228.1 | 100.7 |
| 199.00 | 544.3 | 27.2 | 131.0 | -283.5 | -18.0 | -218.1 | 100.7 | -218.1 | 100.7 |
| 199.00 | 544.3 | 27.2 | 129.4 | -283.5 | -17.2 | -218.1 | 99.5 | -218.1 | 99.5 |
| 198.90 | 547.1 | 25.6 | 129.4 | -270.6 | -17.2 | -208.1 | 99.5 | -208.1 | 99.5 |
| 198.90 | 547.1 | 25.6 | 127.7 | -270.6 | -16.4 | -208.1 | 98.2 | -208.1 | 98.2 |
| 198.80 | 549.9 | 24.0 | 127.7 | -257.8 | -16.4 | -198.3 | 98.2 | -198.3 | 98.2 |
| 198.80 | 549.9 | 24.0 | 125.9 | -257.8 | -15.5 | -198.3 | 96.8 | -198.3 | 96.8 |
| 198.70 | 552.8 | 22.4 | 125.9 | -245.2 | -15.5 | -188.6 | 96.8 | -188.6 | 96.8 |
| 198.70 | 552.8 | 22.4 | 124.0 | -245.2 | -14.8 | -188.6 | 95.4 | -188.6 | 95.4 |
| 198.60 | 555.6 | 21.0 | 124.0 | -232.8 | -14.8 | -179.1 | 95.4 | -179.1 | 95.4 |
| 198.60 | 555.6 | 21.0 | 121.9 | -232.8 | -14.1 | -179.1 | 93.8 | -179.1 | 93.8 |
| 198.50 | 558.4 | 19.6 | 121.9 | -220.6 | -14.1 | -169.7 | 93.8 | -169.7 | 93.8 |
| 198.50 | 558.4 | 19.6 | 119.8 | -220.6 | -13.5 | -169.7 | 92.2 | -169.7 | 92.2 |
| 198.40 | 561.2 | 18.2 | 119.8 | -208.6 | -13.5 | -160.5 | 92.2 | -160.5 | 92.2 |
| 198.40 | 561.2 | 18.2 | 117.6 | -208.6 | -13.0 | -160.5 | 90.4 | -160.5 | 90.4 |
| 198.30 | 564.1 | 16.9 | 117.6 | -196.9 | -13.0 | -151.4 | 90.4 | -151.4 | 90.4 |
| 198.30 | 564.1 | 16.9 | 115.2 | -196.9 | -12.4 | -151.4 | 88.6 | -151.4 | 88.6 |
| 198.20 | 566.9 | 15.7 | 115.2 | -185.3 | -12.4 | -142.6 | 88.6 | -142.6 | 88.6 |
| 198.20 | 566.9 | 15.7 | 112.7 | -185.3 | -11.8 | -142.6 | 86.7 | -142.6 | 86.7 |
| 198.10 | 569.7 | 14.5 | 112.7 | -174.1 | -11.8 | -133.9 | 86.7 | -133.9 | 86.7 |
| 198.10 | 569.7 | 14.5 | 110.2 | -174.1 | -11.3 | -133.9 | 84.7 | -133.9 | 84.7 |
| 198.00 | 572.6 | 13.3 | 110.2 | -163.1 | -11.3 | -125.4 | 84.7 | -125.4 | 84.7 |
| 198.00 | 572.6 | 13.3 | 107.5 | -163.1 | -10.8 | -125.4 | 82.7 | -125.4 | 82.7 |
| 197.90 | 575.4 | 12.3 | 107.5 | -152.3 | -10.8 | -117.2 | 82.7 | -117.2 | 82.7 |
| 197.90 | 575.4 | 12.3 | 104.7 | -152.3 | -10.2 | -117.2 | 80.5 | -117.2 | 80.5 |
| 197.80 | 578.2 | 11.2 | 104.7 | -141.8 | -10.2 | -109.1 | 80.5 | -109.1 | 80.5 |
| 197.80 | 578.2 | 11.2 | 101.8 | -141.8 | -9.7 | -109.1 | 78.3 | -109.1 | 78.3 |
| 197.70 | 581.0 | 10.3 | 101.8 | -131.7 | -9.7 | -101.3 | 78.3 | -101.3 | 78.3 |
| 197.70 | 581.0 | 10.3 | 98.8 | -131.7 | -9.2 | -101.3 | 76.0 | -101.3 | 76.0 |
| 197.60 | 583.9 | 9.4 | 98.8 | -121.8 | -9.2 | -93.7 | 76.0 | -93.7 | 76.0 |
| 197.60 | 583.9 | 9.4 | 95.7 | -121.8 | -8.7 | -93.7 | 73.6 | -93.7 | 73.6 |
| 197.50 | 586.7 | 8.5 | 95.7 | -112.2 | -8.7 | -86.3 | 73.6 | -86.3 | 73.6 |
| 197.50 | 586.7 | 8.5 | 92.5 | -112.2 | -8.2 | -86.3 | 71.2 | -86.3 | 71.2 |
| 197.40 | 589.5 | 7.7 | 92.5 | -102.9 | -8.2 | -79.2 | 71.2 | -79.2 | 71.2 |
| 197.40 | 589.5 | 7.7 | 89.2 | -102.9 | -7.7 | -79.2 | 68.7 | -79.2 | 68.7 |
| 197.30 | 592.3 | 6.9 | 89.2 | -94.0 | -7.7 | -72.3 | 68.7 | -72.3 | 68.7 |
| 197.30 | 592.3 | 6.9 | 85.8 | -94.0 | -7.3 | -72.3 | 66.0 | -72.3 | 66.0 |
| 197.20 | 595.2 | 6.2 | 85.8 | -85.4 | -7.3 | -65.7 | 66.0 | -65.7 | 66.0 |
| 197.20 | 595.2 | 6.2 | 82.3 | -85.4 | -6.8 | -65.7 | 63.3 | -65.7 | 63.3 |
| 197.10 | 598.0 | 5.5 | 82.3 | -77.2 | -6.8 | -59.4 | 63.3 | -59.4 | 63.3 |
| 197.10 | 598.0 | 5.5 | 78.7 | -77.2 | -6.4 | -59.4 | 60.6 | -59.4 | 60.6 |
| 197.00 | 600.8 | 4.8 | 78.7 | -69.3 | -6.4 | -53.3 | 60.6 | -53.3 | 60.6 |
| 197.00 | 600.8 | 4.8 | 75.0 | -69.3 | -5.9 | -53.3 | 57.7 | -53.3 | 57.7 |
| 196.90 | 603.7 | 4.2 | 75.0 | -61.8 | -5.9 | -47.6 | 57.7 | -47.6 | 57.7 |
| 196.90 | 603.7 | 4.2 | 71.3 | -61.8 | -5.5 | -47.6 | 54.8 | -47.6 | 54.8 |
| 196.80 | 606.5 | 3.7 | 71.3 | -54.7 | -5.5 | -42.1 | 54.8 | -42.1 | 54.8 |
| 196.80 | 606.5 | 3.7 | 67.4 | -54.7 | -5.1 | -42.1 | 51.8 | -42.1 | 51.8 |
| 196.70 | 609.3 | 3.2 | 67.4 | -48.0 | -5.1 | -36.9 | 51.8 | -36.9 | 51.8 |
| 196.70 | 609.3 | 3.2 | 63.4 | -48.0 | -4.7 | -36.9 | 48.7 | -36.9 | 48.7 |
| 196.60 | 612.1 | 2.7 | 63.4 | -41.6 | -4.7 | -32.0 | 48.7 | -32.0 | 48.7 |
| 196.60 | 612.1 | 2.7 | 59.3 | -41.6 | -4.3 | -32.0 | 45.6 | -32.0 | 45.6 |
| 196.50 | 615.0 | 2.3 | 59.3 | -35.7 | -4.3 | -27.5 | 45.6 | -27.5 | 45.6 |
| 196.50 | 615.0 | 2.3 | 55.1 | -35.7 | -3.9 | -27.5 | 42.4 | -27.5 | 42.4 |



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

| A1+M1 | | | | | | | | | |
|--------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | STATICO | | | | SISMA SLV | | | |
| z | N | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} | M _{max} | V _{max} | M _{min} | V _{min} |
| [m] | [kN] | [kNm] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kNm/m] | [kN/m] |
| 196.40 | 617.8 | 1.9 | 55.1 | -30.2 | -3.9 | -23.2 | 42.4 | -23.2 | 42.4 |
| 196.40 | 617.8 | 1.9 | 50.8 | -30.2 | -3.5 | -23.2 | 39.1 | -23.2 | 39.1 |
| 196.30 | 620.6 | 1.6 | 50.8 | -25.1 | -3.5 | -19.3 | 39.1 | -19.3 | 39.1 |
| 196.30 | 620.6 | 1.6 | 46.4 | -25.1 | -3.1 | -19.3 | 35.7 | -19.3 | 35.7 |
| 196.20 | 623.4 | 1.3 | 46.4 | -20.5 | -3.1 | -15.7 | 35.7 | -15.7 | 35.7 |
| 196.20 | 623.4 | 1.3 | 41.9 | -20.5 | -2.7 | -15.7 | 32.3 | -15.7 | 32.3 |
| 196.10 | 626.3 | 1.0 | 41.9 | -16.3 | -2.7 | -12.5 | 32.3 | -12.5 | 32.3 |
| 196.10 | 626.3 | 1.0 | 37.4 | -16.3 | -2.4 | -12.5 | 28.7 | -12.5 | 28.7 |
| 196.00 | 629.1 | 0.7 | 37.4 | -12.5 | -2.4 | -9.6 | 28.7 | -9.6 | 28.7 |
| 196.00 | 629.1 | 0.7 | 32.7 | -12.5 | -2.0 | -9.6 | 25.1 | -9.6 | 25.1 |
| 195.90 | 631.9 | 0.5 | 32.7 | -9.3 | -2.0 | -7.1 | 25.1 | -7.1 | 25.1 |
| 195.90 | 631.9 | 0.5 | 27.9 | -9.3 | -1.7 | -7.1 | 21.5 | -7.1 | 21.5 |
| 195.80 | 634.8 | 0.4 | 27.9 | -6.5 | -1.7 | -5.0 | 21.5 | -5.0 | 21.5 |
| 195.80 | 634.8 | 0.4 | 23.1 | -6.5 | -1.4 | -5.0 | 17.7 | -5.0 | 17.7 |
| 195.70 | 637.6 | 0.2 | 23.1 | -4.2 | -1.4 | -3.2 | 17.7 | -3.2 | 17.7 |
| 195.70 | 637.6 | 0.2 | 18.1 | -4.2 | -1.0 | -3.2 | 13.9 | -3.2 | 13.9 |
| 195.60 | 640.4 | 0.1 | 18.1 | -2.4 | -1.0 | -1.8 | 13.9 | -1.8 | 13.9 |
| 195.60 | 640.4 | 0.1 | 13.1 | -2.4 | -0.7 | -1.8 | 10.0 | -1.8 | 10.0 |
| 195.50 | 643.2 | 0.1 | 13.1 | -1.1 | -0.7 | -0.8 | 10.0 | -0.8 | 10.0 |
| 195.50 | 643.2 | 0.1 | 7.9 | -1.1 | -0.4 | -0.8 | 6.1 | -0.8 | 6.1 |
| 195.40 | 646.1 | 0.0 | 7.9 | -0.3 | -0.4 | -0.2 | 6.1 | -0.2 | 6.1 |
| 195.40 | 646.1 | 0.0 | 2.7 | -0.3 | -0.1 | -0.2 | 2.1 | -0.2 | 2.1 |
| 195.30 | 648.9 | 0.0 | 2.7 | 0.0 | -0.1 | 0.0 | 2.1 | 0.0 | 2.1 |

In accordo ai risultati numerici della sezione di calcolo 3 i pali di altezza 20 m sono soggetti ad un momento flettente massimo, per lo Stato Limite Ultimo pari a:

$$M_{\text{STATICO}} = 465.28 \text{ kNm/m} \quad (z = 204.30 \text{ m})$$

$$N_{\text{STATICO}} = (218.2 \text{ m} - 204.3 \text{ m}) \cdot [\pi \cdot (1.2 \text{ m})^2 / 4] \cdot 25 \text{ kN/mc} = 393.1 \text{ kN}$$

$$M_{\text{SLU}} = 465.28 \text{ kNm/m} \cdot 1.4 \text{ m} \cdot 1.3 = 846.8 \text{ kNm}$$

$$N_{\text{SLU}} = 393.1 \text{ kN}$$

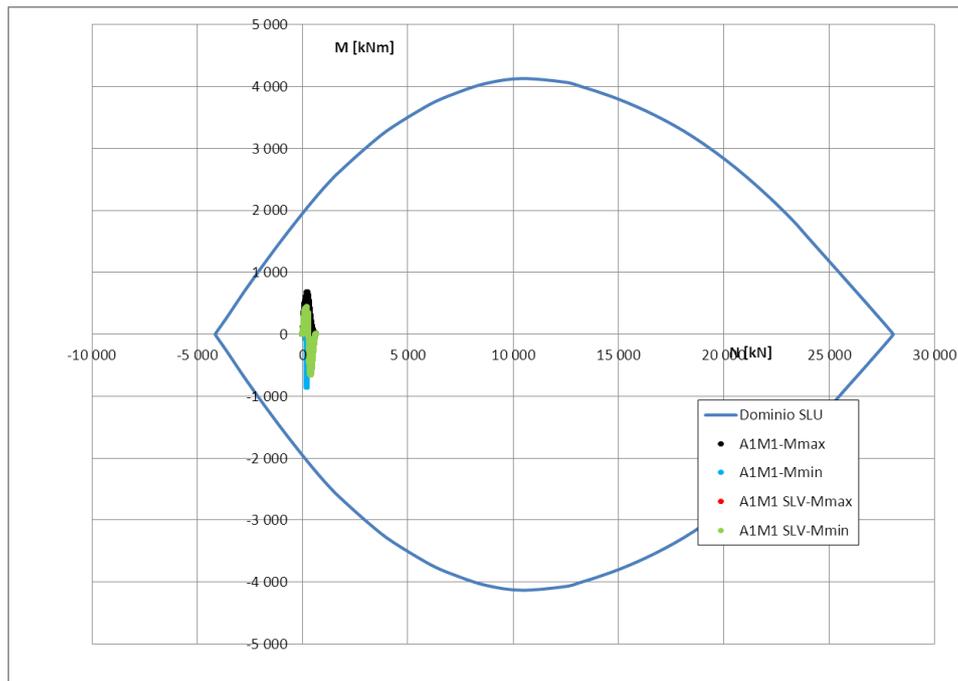


Figura 64: Dominio N-M Stato Limite Ultimo ($R_{ck} = 45 \text{ MPa}$) tratto da “Verifica C.A. S.L.U.” Prof. Gelfi

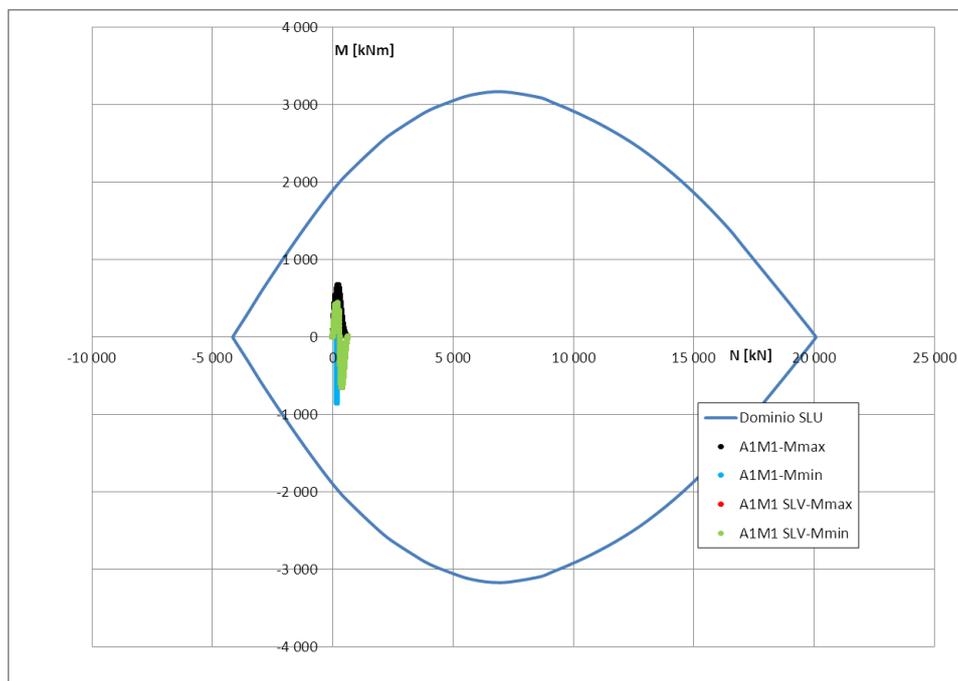


Figura 65: Dominio N-M Stato Limite Ultimo ($R_{ck} = 30 \text{ MPa}$) tratto da “Verifica C.A. S.L.U.” Prof. Gelfi

La verifica allo Stato Limite Ultimo della sezione presso-inflessa è soddisfatta.

La verifica alle tensioni in esercizio ed alla fessurazione è stata effettuata per la condizione considerata come più gravosa. Tale condizione si ha ancora alla quota di 204.30 m. Le azioni di verifica sono le seguenti:

$$N = 393.1 \text{ kN}$$

$$M = 651.4 \text{ kNm}$$

La sezione circolare con diametro 1200 mm sottoposta a tale stato di sollecitazione presenta le seguenti caratteristiche tensionali:

$$\sigma_c = -5.80 \text{ MPa} \quad \text{compressione massima nella fibra di calcestruzzo}$$

$$\sigma_s = 149.7 \text{ MPa} \quad \text{trazione massima nelle barre di armatura}$$

$$\text{fess.} = 0.152 \text{ mm} \quad \text{apertura delle fessure}$$

I limiti tensionali per la combinazione Rara ($R_{ck} = 45 \text{ MPa}$) sono pari a:

$$\sigma_{c_Rara} = 22.41 \text{ MPa} \quad \text{limite compressione nella fibra di calcestruzzo}$$

$$\sigma_{s_Rara} = 360 \text{ MPa} \quad \text{limite trazione per le barre di armatura}$$

L'apertura delle fessure limite per la combinazione Frequente, considerata comunque cautelativa, per la classe di esposizione XA3 è pari a 0.20 mm.

Le verifiche allo Stato Limite di Esercizio sono quindi soddisfatte.

I limiti tensionali per la combinazione Rara ($R_{ck} = 30 \text{ MPa}$) sono pari a:

$$\sigma_{c_Rara} = 14.94 \text{ MPa} \quad \text{limite compressione nella fibra di calcestruzzo}$$

$$\sigma_{s_Rara} = 360 \text{ MPa} \quad \text{limite trazione per le barre di armatura}$$

L'apertura delle fessure limite per la combinazione Frequente, considerata comunque cautelativa, per la classe di esposizione XC2 è pari a 0.40 mm.

Le verifiche allo Stato Limite di Esercizio sono quindi soddisfatte.

Verifica a taglio per lo Stato Limite Ultimo

Per la verifica a taglio si utilizza una procedura indicata nel Bollettino CEB nr. 137, allegato 5, studio di Paul Regan. Si analizza una sezione rettangolare equivalente con le seguenti caratteristiche:

$$b_e = 0.9 D \quad \text{base equivalente}$$

$$d_e = 0.45 D + 0.64 (d - D/2) \quad \text{altezza equivalente}$$

$$D = 120 \text{ cm}$$

$$d = D - 2 \times \text{copriferro} = 107.2 \text{ cm}$$

$$b_e = 108 \text{ cm}$$

$$d_e = 84.2 \text{ cm}$$

$$h_e = d_e / 0.83 = 101 \text{ cm}$$

$$V_{\max} = 370.75 \text{ kN/m} \cdot 1.4 \text{ m} \cdot 1.3 = 674.8 \text{ kN} \quad \text{taglio massimo sollecitante}$$

Si dispongono staffe $\varnothing 20 / 20 \text{ cm}$ che garantiscono una resistenza a taglio pari a 859 kN. La verifica a taglio allo Stato Limite Ultimo è soddisfatta.

13.1.3. Tiranti di ancoraggio

I tiranti utilizzati per contrastare le paratie sono del tipo a trefoli stabilizzati. Le verifiche condotte sui tiranti riguardano lo stato tensionale, la lunghezza libera e la lunghezza di ancoraggio dei tiranti.

Nel seguito verranno riportate le verifiche corrispondenti.

La *lunghezza libera* è definita dall'intersezione del tirante con un piano inclinato di $(45^\circ - \varphi / 2)$ sulla verticale, parallelo al piano passante per il piede della paratia e da esso distante $0.20 h$. Si ha quindi:

$$L_s = h' + d$$

dove:

$$h' = 0.20h / \cos(45^\circ - \alpha - \varphi/2)$$

con α = inclinazione tirante

φ = angolo di attrito del terreno

$$d = (h + t - h_i) \sin(45^\circ - \varphi/2) \sin(45^\circ + \alpha + \varphi/2)$$

con h = altezza fuori scavo paratia

t = infissione paratia

h_i = profondità tirante

La lunghezza libera L_s dei tiranti viene modificata in condizioni sismiche ottenendo la L_e attraverso la seguente espressione:

$$L_e = L_s \cdot (1 + 1.5 S a_g)$$

dove:

L_s = lunghezza determinata per i carichi statici

a_g = accelerazione orizzontale massima

S = fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione, qui assunto pari a 1.80.



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco Il Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

La verifica di resistenza per il bulbo di ancoraggio è stata effettuata in accordo a quanto riportato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni al paragrafo 6.6.2, per la combinazione di carico A1+M1+R3, dove R3 sono i coefficienti di sicurezza per ancoraggio permanenti o temporanei. Per le sezioni di calcolo 3 e 4 si riportano le verifiche dei tiranti nelle condizioni più cautelative di tiranti definitivi. Per le verifiche di resistenza, la tensione ammissibile di aderenza fra la malta del bulbo di ancoraggio ed il terreno è stata assunta costante per i vari strati di terreno. Si è assunto a favore di sicurezza un valore di tensione d'aderenza pari a 180 kPa.

Si riportano i risultati delle verifiche effettuate per i tiranti per le 4 sezioni di calcolo analizzate.

Sezione n°1

VERIFICA TIRANTI CON ANALISI STATICA

| Ordine | Numero trefoli | Passo tiranti | Tiro max paratie | Area trefolo | f_{ptk} | γ_{Azioni} | γ_1 | γ_2 | R_d | E_d | R_d/E_d | verifica |
|--------|----------------|---------------|------------------|--------------|-----------|-------------------|------------|------------|--------|-------|-------------|----------|
| [-] | [-] | [m] | [kN/m] | [cmq] | [MPa] | [-] | [-] | [-] | [kN] | [kN] | [-] | [-] |
| 1 | 4 | 2.8 | 161.9 | 1.39 | 1860 | 1.3 | 1 | 0.8 | 827.3 | 589.3 | 1.40 | > 1 |
| 2 | 6 | 2.8 | 250.2 | 1.39 | 1860 | 1.3 | 1 | 0.8 | 1241.0 | 910.7 | 1.36 | > 1 |
| 3 | 6 | 2.8 | 248.5 | 1.39 | 1860 | 1.3 | 1 | 0.8 | 1241.0 | 904.5 | 1.37 | > 1 |
| 4 | 6 | 1.4 | 476.1 | 1.39 | 1860 | 1.3 | 1 | 0.8 | 1241.0 | 866.5 | 1.43 | > 1 |
| 5 | 6 | 1.4 | 465.1 | 1.39 | 1860 | 1.3 | 1 | 0.8 | 1241.0 | 846.5 | 1.47 | > 1 |

VERIFICA TIRANTI CON ANALISI SISMICA

| Ordine | Numero trefoli | Passo tiranti | Tiro max paratie | Area trefolo | f_{yk} | γ_{Azioni} | γ_1 | γ_2 | R_d | E_d | R_d/E_d | verifica |
|--------|----------------|---------------|------------------|--------------|----------|-------------------|------------|------------|--------|-------|-------------|----------|
| [-] | [-] | [m] | [kN/m] | [cmq] | [MPa] | [-] | [-] | [-] | [kN] | [kN] | [-] | [-] |
| 1 | 4 | 2.8 | 142.8 | 1.39 | 1670 | 1 | 1 | 0.9 | 835.7 | 399.8 | 2.09 | > 1 |
| 2 | 6 | 2.8 | 217.3 | 1.39 | 1670 | 1 | 1 | 0.9 | 1253.5 | 608.4 | 2.06 | > 1 |
| 3 | 6 | 2.8 | 207.6 | 1.39 | 1670 | 1 | 1 | 0.9 | 1253.5 | 581.3 | 2.16 | > 1 |
| 4 | 6 | 1.4 | 430.9 | 1.39 | 1670 | 1 | 1 | 0.9 | 1253.5 | 603.3 | 2.08 | > 1 |
| 5 | 6 | 1.4 | 466.0 | 1.39 | 1670 | 1 | 1 | 0.9 | 1253.5 | 652.4 | 1.92 | > 1 |

VERIFICA DELL'ANCORAGGIO CON ANALISI STATICA

| Ordine | Passo tiranti | Tiro max paratie | Lunghezza ancorag. | $\tau_{Terr. - fond.}$ | Diametro perforaz. | $\alpha_{sbulbam.}$ | $D \cdot \alpha$ | γ_{Azioni} | γ_{Resist} | R_{sd} | E_{sd} | R_{sd}/E_{sd} | verifica |
|--------|---------------|------------------|--------------------|------------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|----------|-----------------|----------|
| [-] | [m] | [kN/m] | [m] | [kPa] | [cm] | [-] | [-] | [-] | [-] | [kN] | [kN] | [-] | [-] |
| 1 | 2.8 | 161.9 | 8 | 180 | 15 | 1.4 | 21.0 | 1.3 | 1.1 | 863.7 | 589.3 | 1.47 | > 1 |
| 2 | 2.8 | 250.2 | 12 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.3 | 1.1 | 1554.6 | 910.7 | 1.71 | > 1 |
| 3 | 2.8 | 248.5 | 12 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.3 | 1.1 | 1554.6 | 904.5 | 1.72 | > 1 |
| 4 | 1.4 | 476.1 | 13 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.3 | 1.1 | 1684.1 | 866.5 | 1.94 | > 1 |
| 5 | 1.4 | 465.1 | 13 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.3 | 1.1 | 1684.1 | 846.5 | 1.99 | > 1 |

VERIFICA DELL'ANCORAGGIO CON ANALISI SISMICA

| Ordine | Passo tiranti | Tiro max paratie | Lunghezza ancorag. | $\tau_{Terr. - fond.}$ | Diametro perforaz. | $\alpha_{sbulbam.}$ | $D \cdot \alpha$ | γ_{Azioni} | γ_{Resist} | R_{sd} | E_{sd} | R_{sd}/E_{sd} | verifica |
|--------|---------------|------------------|--------------------|------------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|----------|-----------------|----------|
| [-] | [m] | [kN/m] | [m] | [kPa] | [cm] | [-] | [-] | [-] | [-] | [kN] | [kN] | [-] | [-] |
| 1 | 2.8 | 142.8 | 8 | 180 | 15 | 1.4 | 21.0 | 1.0 | 1.1 | 863.7 | 399.8 | 2.16 | > 1 |
| 2 | 2.8 | 217.3 | 12 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.0 | 1.1 | 1554.6 | 608.4 | 2.56 | > 1 |
| 3 | 2.8 | 207.6 | 12 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.0 | 1.1 | 1554.6 | 581.3 | 2.67 | > 1 |
| 4 | 1.4 | 430.9 | 13 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.0 | 1.1 | 1684.1 | 603.3 | 2.79 | > 1 |
| 5 | 1.4 | 466.0 | 13 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.0 | 1.1 | 1684.1 | 652.4 | 2.58 | > 1 |



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

Sezione n°2

VERIFICA TIRANTI CON ANALISI STATICA

| Ordine | Numero trefoli | Passo tiranti | Tiro max paratie | Area trefolo | f_{pk} | γ_{Azioni} | γ_1 | γ_2 | R_d | E_d | R_d/E_d | verifica |
|--------|----------------|---------------|------------------|--------------|----------|-------------------|------------|------------|--------|-------|-----------|----------|
| [-] | [-] | [m] | [kN/m] | [cmq] | [MPa] | [-] | [-] | [-] | [kN] | [kN] | [-] | [-] |
| 1 | 4 | 2.8 | 150.4 | 1.39 | 1860 | 1.3 | 1 | 0.8 | 827.3 | 547.5 | 1.51 | > 1 |
| 2 | 6 | 2.8 | 244.8 | 1.39 | 1860 | 1.3 | 1 | 0.8 | 1241.0 | 891.1 | 1.39 | > 1 |
| 3 | 6 | 2.8 | 256.3 | 1.39 | 1860 | 1.3 | 1 | 0.8 | 1241.0 | 932.9 | 1.33 | > 1 |
| 4 | 6 | 1.4 | 501.9 | 1.39 | 1860 | 1.3 | 1 | 0.8 | 1241.0 | 913.5 | 1.36 | > 1 |
| 5 | 6 | 1.4 | 462.7 | 1.39 | 1860 | 1.3 | 1 | 0.8 | 1241.0 | 842.1 | 1.47 | > 1 |

VERIFICA TIRANTI CON ANALISI SISMICA

| Ordine | Numero trefoli | Passo tiranti | Tiro max paratie | Area trefolo | f_{yk} | γ_{Azioni} | γ_1 | γ_2 | R_d | E_d | R_d/E_d | verifica |
|--------|----------------|---------------|------------------|--------------|----------|-------------------|------------|------------|--------|-------|-----------|----------|
| [-] | [-] | [m] | [kN/m] | [cmq] | [MPa] | [-] | [-] | [-] | [kN] | [kN] | [-] | [-] |
| 1 | 4 | 2.8 | 129.9 | 1.39 | 1670 | 1 | 1 | 0.9 | 835.7 | 363.7 | 2.30 | > 1 |
| 2 | 6 | 2.8 | 217.6 | 1.39 | 1670 | 1 | 1 | 0.9 | 1253.5 | 609.3 | 2.06 | > 1 |
| 3 | 6 | 2.8 | 231.1 | 1.39 | 1670 | 1 | 1 | 0.9 | 1253.5 | 647.1 | 1.94 | > 1 |
| 4 | 6 | 1.4 | 471.5 | 1.39 | 1670 | 1 | 1 | 0.9 | 1253.5 | 660.1 | 1.90 | > 1 |
| 5 | 6 | 1.4 | 487.0 | 1.39 | 1670 | 1 | 1 | 0.9 | 1253.5 | 681.8 | 1.84 | > 1 |

VERIFICA DELL'ANCORAGGIO CON ANALISI STATICA

| Ordine | Passo tiranti | Tiro max paratie | Lunghezza ancorag. | $\tau_{Terr. - fond.}$ | Diametro perforaz. | $\alpha_{sbulbam.}$ | $D \cdot \alpha$ | γ_{Azioni} | γ_{Resist} | R_{sd} | E_{sd} | R_{sd}/E_{sd} | verifica |
|--------|---------------|------------------|--------------------|------------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|----------|-----------------|----------|
| [-] | [m] | [kN/m] | [m] | [kPa] | [cm] | [-] | [-] | [-] | [-] | [kN] | [kN] | [-] | [-] |
| 1 | 2.8 | 150.4 | 8 | 180 | 15 | 1.4 | 21.0 | 1.3 | 1.1 | 863.7 | 547.5 | 1.58 | > 1 |
| 2 | 2.8 | 244.8 | 12 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.3 | 1.1 | 1554.6 | 891.1 | 1.74 | > 1 |
| 3 | 2.8 | 256.3 | 12 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.3 | 1.1 | 1554.6 | 932.9 | 1.67 | > 1 |
| 4 | 1.4 | 501.9 | 13 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.3 | 1.1 | 1684.1 | 913.5 | 1.84 | > 1 |
| 5 | 1.4 | 462.7 | 13 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.3 | 1.1 | 1684.1 | 842.1 | 2.00 | > 1 |

VERIFICA DELL'ANCORAGGIO CON ANALISI SISMICA

| Ordine | Passo tiranti | Tiro max paratie | Lunghezza ancorag. | $\tau_{Terr. - fond.}$ | Diametro perforaz. | $\alpha_{sbulbam.}$ | $D \cdot \alpha$ | γ_{Azioni} | γ_{Resist} | R_{sd} | E_{sd} | R_{sd}/E_{sd} | verifica |
|--------|---------------|------------------|--------------------|------------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|----------|-----------------|----------|
| [-] | [m] | [kN/m] | [m] | [kPa] | [cm] | [-] | [-] | [-] | [-] | [kN] | [kN] | [-] | [-] |
| 1 | 2.8 | 129.9 | 8 | 180 | 15 | 1.4 | 21.0 | 1.0 | 1.1 | 863.7 | 363.7 | 2.37 | > 1 |
| 2 | 2.8 | 217.6 | 12 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.0 | 1.1 | 1554.6 | 609.3 | 2.55 | > 1 |
| 3 | 2.8 | 231.1 | 12 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.0 | 1.1 | 1554.6 | 647.1 | 2.40 | > 1 |
| 4 | 1.4 | 471.5 | 13 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.0 | 1.1 | 1684.1 | 660.1 | 2.55 | > 1 |
| 5 | 1.4 | 487.0 | 13 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.0 | 1.1 | 1684.1 | 681.8 | 2.47 | > 1 |



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco**

Sezione n°3

VERIFICA TIRANTI CON ANALISI STATICA

| Ordine | Numero trefoli | Passo tiranti | Tiro max paratie | Area trefolo | f_{ptk} | γ_{Azioni} | γ_1 | γ_2 | R_d | E_d | R_d/E_d | verifica |
|--------|----------------|---------------|------------------|--------------|-----------|-------------------|------------|------------|--------|-------|-----------|----------|
| [-] | [-] | [m] | [kN/m] | [cmq] | [MPa] | [-] | [-] | [-] | [kN] | [kN] | [-] | [-] |
| 1 | 4 | 2.8 | 148.0 | 1.39 | 1860 | 1.3 | 1 | 0.8 | 827.3 | 538.7 | 1.54 | > 1 |
| 2 | 6 | 2.8 | 233.8 | 1.39 | 1860 | 1.3 | 1 | 0.8 | 1241.0 | 851.0 | 1.46 | > 1 |
| 3 | 6 | 2.8 | 242.6 | 1.39 | 1860 | 1.3 | 1 | 0.8 | 1241.0 | 883.1 | 1.41 | > 1 |
| 4 | 6 | 1.4 | 490.7 | 1.39 | 1860 | 1.3 | 1 | 0.8 | 1241.0 | 893.1 | 1.39 | > 1 |

VERIFICA TIRANTI CON ANALISI SISMICA

| Ordine | Numero trefoli | Passo tiranti | Tiro max paratie | Area trefolo | f_{yk} | γ_{Azioni} | γ_1 | γ_2 | R_d | E_d | R_d/E_d | verifica |
|--------|----------------|---------------|------------------|--------------|----------|-------------------|------------|------------|--------|-------|-----------|----------|
| [-] | [-] | [m] | [kN/m] | [cmq] | [MPa] | [-] | [-] | [-] | [kN] | [kN] | [-] | [-] |
| 1 | 4 | 2.8 | 130.0 | 1.39 | 1670 | 1 | 1 | 0.9 | 835.7 | 364.0 | 2.30 | > 1 |
| 2 | 6 | 2.8 | 213.8 | 1.39 | 1670 | 1 | 1 | 0.9 | 1253.5 | 598.6 | 2.09 | > 1 |
| 3 | 6 | 2.8 | 225.8 | 1.39 | 1670 | 1 | 1 | 0.9 | 1253.5 | 632.2 | 1.98 | > 1 |
| 4 | 6 | 1.4 | 490.7 | 1.39 | 1670 | 1 | 1 | 0.9 | 1253.5 | 687.0 | 1.82 | > 1 |

VERIFICA DELL'ANCORAGGIO CON ANALISI STATICA

| Ordine | Passo tiranti | Tiro max paratie | Lunghezza ancorag. | $\tau_{Terr. - fond.}$ | Diametro perforaz. | $\mu_{sbulbam.}$ | D^*u | γ_{Azioni} | γ_{Resist} | R_{sd} | E_{sd} | R_{sd}/E_{sd} | verifica |
|--------|---------------|------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------|--------|-------------------|-------------------|----------|----------|-----------------|----------|
| [-] | [m] | [kN/m] | [m] | [kPa] | [cm] | [-] | [-] | [-] | [-] | [kN] | [kN] | [-] | [-] |
| 1 | 2.8 | 148.0 | 8 | 180 | 15 | 1.4 | 21.0 | 1.3 | 1.2 | 791.7 | 538.7 | 1.47 | > 1 |
| 2 | 2.8 | 233.8 | 10 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.3 | 1.2 | 1187.5 | 851.0 | 1.40 | > 1 |
| 3 | 2.8 | 242.6 | 10 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.3 | 1.2 | 1187.5 | 883.1 | 1.34 | > 1 |
| 4 | 1.4 | 490.7 | 10 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.3 | 1.2 | 1187.5 | 893.1 | 1.33 | > 1 |

VERIFICA DELL'ANCORAGGIO CON ANALISI SISMICA

| Ordine | Passo tiranti | Tiro max paratie | Lunghezza ancorag. | $\tau_{Terr. - fond.}$ | Diametro perforaz. | $\mu_{sbulbam.}$ | D^*u | γ_{Azioni} | γ_{Resist} | R_{sd} | E_{sd} | R_{sd}/E_{sd} | verifica |
|--------|---------------|------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------|--------|-------------------|-------------------|----------|----------|-----------------|----------|
| [-] | [m] | [kN/m] | [m] | [kPa] | [cm] | [-] | [-] | [-] | [-] | [kN] | [kN] | [-] | [-] |
| 1 | 2.8 | 130.0 | 8 | 180 | 15 | 1.4 | 21.0 | 1.0 | 1.2 | 791.7 | 364.0 | 2.17 | > 1 |
| 2 | 2.8 | 213.8 | 10 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.0 | 1.2 | 1187.5 | 598.6 | 1.98 | > 1 |
| 3 | 2.8 | 225.8 | 10 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.0 | 1.2 | 1187.5 | 632.2 | 1.88 | > 1 |
| 4 | 1.4 | 490.7 | 10 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.0 | 1.2 | 1187.5 | 687.0 | 1.73 | > 1 |



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco**

Sezione n°4

VERIFICA TIRANTI CON ANALISI STATICA

| Ordine | Numero trefoli | Passo tiranti | Tiro max paratie | Area trefolo | f_{ptk} | γ_{Azioni} | γ_1 | γ_2 | R_d | E_d | R_d/E_d | verifica |
|--------|----------------|---------------|------------------|--------------|-----------|-------------------|------------|------------|--------|-------|-----------|----------|
| [-] | [-] | [m] | [kN/m] | [cmq] | [MPa] | [-] | [-] | [-] | [kN] | [kN] | [-] | [-] |
| 1 | 4 | 2.8 | 154.2 | 1.39 | 1860 | 1.3 | 1 | 0.8 | 827.3 | 561.3 | 1.47 | > 1 |
| 2 | 6 | 2.8 | 234.3 | 1.39 | 1860 | 1.3 | 1 | 0.8 | 1241.0 | 852.9 | 1.46 | > 1 |
| 3 | 6 | 2.8 | 227.2 | 1.39 | 1860 | 1.3 | 1 | 0.8 | 1241.0 | 827.0 | 1.50 | > 1 |
| 4 | 6 | 1.4 | 434.9 | 1.39 | 1860 | 1.3 | 1 | 0.8 | 1241.0 | 791.5 | 1.57 | > 1 |

VERIFICA TIRANTI CON ANALISI SISMICA

| Ordine | Numero trefoli | Passo tiranti | Tiro max paratie | Area trefolo | f_{yk} | γ_{Azioni} | γ_1 | γ_2 | R_d | E_d | R_d/E_d | verifica |
|--------|----------------|---------------|------------------|--------------|----------|-------------------|------------|------------|--------|-------|-----------|----------|
| [-] | [-] | [m] | [kN/m] | [cmq] | [MPa] | [-] | [-] | [-] | [kN] | [kN] | [-] | [-] |
| 1 | 4 | 2.8 | 137.2 | 1.39 | 1670 | 1 | 1 | 0.9 | 835.7 | 384.2 | 2.18 | > 1 |
| 2 | 6 | 2.8 | 209.3 | 1.39 | 1670 | 1 | 1 | 0.9 | 1253.5 | 586.0 | 2.14 | > 1 |
| 3 | 6 | 2.8 | 203.7 | 1.39 | 1670 | 1 | 1 | 0.9 | 1253.5 | 570.4 | 2.20 | > 1 |
| 4 | 6 | 1.4 | 434.9 | 1.39 | 1670 | 1 | 1 | 0.9 | 1253.5 | 608.9 | 2.06 | > 1 |

VERIFICA DELL'ANCORAGGIO CON ANALISI STATICA

| Ordine | Passo tiranti | Tiro max paratie | Lunghezza ancorag. | $\tau_{Terr. - fond.}$ | Diametro perforaz. | $u_{sbulbam.}$ | D^*u | γ_{Azioni} | γ_{Resist} | R_{sd} | E_{sd} | R_{sd}/E_{sd} | verifica |
|--------|---------------|------------------|--------------------|------------------------|--------------------|----------------|--------|-------------------|-------------------|----------|----------|-----------------|----------|
| [-] | [m] | [kN/m] | [m] | [kPa] | [cm] | [-] | [-] | [-] | [-] | [kN] | [kN] | [-] | [-] |
| 1 | 2.8 | 154.2 | 6 | 180 | 15 | 1.4 | 21.0 | 1.3 | 1.2 | 593.8 | 561.3 | 1.06 | > 1 |
| 2 | 2.8 | 234.3 | 8 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.3 | 1.2 | 950.0 | 852.9 | 1.11 | > 1 |
| 3 | 2.8 | 227.2 | 8 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.3 | 1.2 | 950.0 | 827.0 | 1.15 | > 1 |
| 4 | 1.4 | 434.9 | 8 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.3 | 1.2 | 950.0 | 791.5 | 1.20 | > 1 |

VERIFICA DELL'ANCORAGGIO CON ANALISI SISMICA

| Ordine | Passo tiranti | Tiro max paratie | Lunghezza ancorag. | $\tau_{Terr. - fond.}$ | Diametro perforaz. | $u_{sbulbam.}$ | D^*u | γ_{Azioni} | γ_{Resist} | R_{sd} | E_{sd} | R_{sd}/E_{sd} | verifica |
|--------|---------------|------------------|--------------------|------------------------|--------------------|----------------|--------|-------------------|-------------------|----------|----------|-----------------|----------|
| [-] | [m] | [kN/m] | [m] | [kPa] | [cm] | [-] | [-] | [-] | [-] | [kN] | [kN] | [-] | [-] |
| 1 | 2.8 | 137.2 | 6 | 180 | 15 | 1.4 | 21.0 | 1.0 | 1.2 | 593.8 | 384.2 | 1.55 | > 1 |
| 2 | 2.8 | 209.3 | 8 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.0 | 1.2 | 950.0 | 586.0 | 1.62 | > 1 |
| 3 | 2.8 | 203.7 | 8 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.0 | 1.2 | 950.0 | 570.4 | 1.67 | > 1 |
| 4 | 1.4 | 434.9 | 8 | 180 | 18 | 1.4 | 25.2 | 1.0 | 1.2 | 950.0 | 608.9 | 1.56 | > 1 |

13.1.4. Travi di ripartizione

Le verifiche delle travi di ripartizione sono state effettuate utilizzando il metodo degli Stati Limite, considerando la trave soggetta all'azione massima dei tiranti in esercizio. Il momento flettente e l'azione di taglio cui sono soggette le travi di ripartizione sono stati calcolati nel modo seguente:

$$M = \frac{ql^2}{10} \quad V = \frac{ql}{2}$$

dove:

l è pari all'interasse fra i tiranti

q rappresenta la reazione distribuita della paratia lungo la trave di ripartizione supposta uniforme e quindi pari al tiro del tirante diviso per l'interasse.

Si analizza per i due diversi interassi presenti nel progetto la condizione di carico massimo. Il tiro massimo risulta essere il valore più elevato tra quelli ottenuti in condizioni statiche e sismiche, fra tutti i tiranti che hanno lo stesso interasse.

La condizione di esercizio più gravosa è stata ottenuta per la Sezione n°2, per la quale si riportano le sollecitazioni sulle travi di ripartizione per ogni ordine di tiranti.

Sezione n°2

| A1+M1 | Dati da Paratie | | Azioni sollecitanti | | | | |
|--------------|------------------------|--------------|----------------------------|----------|------------|----------|----------|
| | $T_{paratie}$ | passo | M_{Sk} | V_{Sk} | γ_A | M_{Sd} | V_{Sd} |
| CASO | [kN/m] | [m] | [kNm] | [kN] | [-] | [kNm] | [kN] |
| STATICO | 150 | 2.8 | 117.9 | 210.6 | 1.3 | 153.3 | 273.7 |
| SISMICO | 130 | | 101.8 | 181.9 | 1.0 | 101.8 | 181.9 |

Tiranti 1° ordine

| A1+M1 | Dati da Paratie | | Azioni sollecitanti | | | | |
|--------------|------------------------|--------------|----------------------------|----------|------------|----------|----------|
| | $T_{paratie}$ | passo | M_{Sk} | V_{Sk} | γ_A | M_{Sd} | V_{Sd} |
| CASO | [kN/m] | [m] | [kNm] | [kN] | [-] | [kNm] | [kN] |
| STATICO | 245 | 2.8 | 191.9 | 342.7 | 1.3 | 249.5 | 445.5 |
| SISMICO | 218 | | 170.6 | 304.6 | 1.0 | 170.6 | 304.6 |

Tiranti 2° ordine

| A1+M1 | Dati da Paratie | | Azioni sollecitanti | | | | |
|--------------|------------------------|--------------|----------------------------|----------|------------|----------|----------|
| | $T_{paratie}$ | passo | M_{Sk} | V_{Sk} | γ_A | M_{Sd} | V_{Sd} |
| CASO | [kN/m] | [m] | [kNm] | [kN] | [-] | [kNm] | [kN] |
| STATICO | 256 | 2.8 | 200.9 | 358.8 | 1.3 | 261.2 | 466.5 |
| SISMICO | 231 | | 181.2 | 323.5 | 1.0 | 181.2 | 323.5 |

Tiranti 3° ordine

| A1+M1 | Dati da Paratie | | Azioni sollecitanti | | | | |
|--------------|------------------------|--------------|----------------------------|----------|------------|----------|----------|
| | $T_{paratie}$ | passo | M_{Sk} | V_{Sk} | γ_A | M_{Sd} | V_{Sd} |
| CASO | [kN/m] | [m] | [kNm] | [kN] | [-] | [kNm] | [kN] |
| STATICO | 502 | 1.4 | 98.4 | 351.3 | 1.3 | 127.9 | 456.7 |
| SISMICO | 472 | | 92.4 | 330.1 | 1.0 | 92.4 | 330.1 |

Tiranti 4° ordine

| A1+M1 | Dati da Paratie | | Azioni sollecitanti | | | | |
|--------------|------------------------|--------------|----------------------------|----------|------------|----------|----------|
| | $T_{paratie}$ | passo | M_{Sk} | V_{Sk} | γ_A | M_{Sd} | V_{Sd} |
| CASO | [kN/m] | [m] | [kNm] | [kN] | [-] | [kNm] | [kN] |
| STATICO | 463 | 1.4 | 90.7 | 323.9 | 1.3 | 117.9 | 421.1 |
| SISMICO | 487 | | 95.5 | 340.9 | 1.0 | 95.5 | 340.9 |

Tiranti 5° ordine

La verifica della trave di ripartizione è stata effettuata considerando una sezione di calcestruzzo con base 70 cm ed altezza 60 cm, in calcestruzzo di Classe C25/30. L'armatura è costituita da 5+5 barre longitudinali $\phi 26$ e da 1+1 staffe $\phi 14 / 20$ cm.

Le travi di ripartizione per paratie definitive sono realizzate con calcestruzzo di Classe C35/45.

| | | | | |
|---|--------|----------------|-----------------|---|
| Calcestruzzo | | | | |
| Classe | = | C25/30 | | |
| R_{ck} | \geq | 30 | MPa | Valore caratteristico resistenza cubica |
| f_{ck} | = | 24.9 | MPa | Valore caratteristico resistenza cilindrica |
| f_{cm} | = | 32.9 | MPa | Valore medio resistenza cilindrica |
| f_{ctm} | = | 2.56 | MPa | Valore medio resistenza a trazione semplice |
| f_{ctm} | = | 3.07 | MPa | Valore medio resistenza a trazione per flessione |
| ν | = | 0.2 | | Coefficiente di Poisson |
| E_{cm} | = | 31447 | MPa | Modulo elastico |
| γ_c | = | 1.5 | | Coefficiente parziale di sicurezza |
| α_{cc} | = | 0.85 | | Coefficiente risuttivo per resistenze di lunga durata |
| f_{cd} | = | 14.11 | MPa | Resistenza di calcolo a compressione |
| f_{ctd} | = | 1.19 | MPa | Resistenza di calcolo a trazione |
| ϵ_{cu} | = | 0.0035 | | Deformazione a rottura per il calcestruzzo |
| ϵ_{c0} | = | 0.002 | | Def. limite del tratto a parabola del legame costitutivo del calcestruzzo |
| Valori per studio alle tensioni ammissibili: | | | | |
| n | = | 15 | | Coefficiente di omogeneizzazione |
| Acciaio per c.a. | | | | |
| Tipo | = | B 450 C | | |
| $f_{yk\ nom}$ | = | 450 | MPa | Valore nominale della tensione caratteristica di snervamento |
| $f_{tk\ nom}$ | = | 540 | MPa | Valore nominale della tensione caratteristica di rottura |
| γ_s | = | 1.15 | | Coefficiente parziale di sicurezza |
| E_s | = | 210000 | MPa | Modulo elastico |
| f_{yd} | = | 391.3 | MPa | Resistenza di calcolo |
| ϵ_{su} | = | 0.01 | | Deformazione a rottura per l'acciaio |
| Tensioni ammissibili | | | | |
| $\sigma_{c\ amm}$ | = | 9.75 | MPa | tensione ammissibile del cls a compressione |
| τ_{c0} | = | 0.60 | MPa | tensione ammissibile del cls a taglio senza l'ausilio di armatura |
| τ_{c1} | = | 1.83 | MPa | tensione ammissibile del cls a taglio con l'ausilio di armatura |
| $\sigma_{s\ amm}$ | = | 255 | MPa | tensione ammissibile dall'acciaio |
| τ_b | = | 1.80 | MPa | tensione tangenziale di aderenza delle barre |
| Caratteristiche geometriche | | | | |
| Sezione di cls | | | | |
| B | = | 70 | cm | base |
| H | = | 60 | cm | altezza |
| A_{cls} | = | 4200 | cm ² | area di cls |
| Sistema di armatura per sollecitazioni M_X-V_Y | | | | |
| Armatura longitudinale inferiore (per sollecitazione $M_{X\ positiva}$) | | | | |
| $d1$ | = | 26 | mm | diametro ferri prima fila |
| $c1$ | = | 5.00 | cm | copriferro ferri prima fila |
| $i1$ | = | 14.00 | cm | interasse ferri prima fila |
| $As1$ | = | 26.55 | cm ² | area acciaio ferri prima fila |
| As | = | 26.55 | cm ² | area acciaio in zona tesa |
| Armatura longitudinale superiore (per sollecitazione $M_{X\ positiva}$) | | | | |
| $d1$ | = | 26 | mm | diametro ferri prima fila |
| $c1$ | = | 5.00 | cm | copriferro ferri prima fila |



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco**

| | | | | |
|--|---|---------|-----------------|---|
| i1 | = | 14.00 | cm | interasse ferri prima fila |
| As'1 | = | 26.55 | cmq | area acciaio ferri prima fila |
| As' | = | 26.55 | cmq | area di acciaio in zona compressa |
| Armatura trasversale, staffe e/o ferri piegati (per sollecitazione V _Y) | | | | |
| θ | = | 45 | ° | Inclinazione della biella di cls (standard: 45°) |
| Asw 1° ordine: | | | | |
| α | = | 90 | ° | staffe: 90°; ferri piegati: angolo minore di 90° |
| n° bracci | = | 4 | | |
| φ1 | = | 14 | mm | Diametro staffe primo ordine |
| s | = | 200 | mm | Passo delle staffe |
| Sezione ideale interamente reagente omogeneizzata a cls | | | | |
| A _i | = | 4996 | cmq | area |
| S* _{i sup} | = | 149892 | cmc | momento statico superiore |
| y _{gi sup} | = | 30.00 | cm | posizione del baricentro rispetto alla fibra superiore |
| J _i | = | 1707326 | cm ⁴ | momento d'inerzia |
| W _{i sup} | = | 56911 | cmc | momento resistente superiore |
| W _{i inf} | = | 56911 | cmc | momento resistente inferiore |
| Caratteristiche di esposizione e parametri per verifiche S.L.E. | | | | |
| Classe | = | XC2 | | classe di esposizione del sito |
| Condizioni ambientali: Ordinarie | | | | |
| Armature poco sensibili alla corrosione. | | | | |
| La verifica alla fessurazione è effettuata considerando i risultati delle combinazioni Frequente e Quasi permanente. | | | | |
| La verifica alle tensioni è effettuata considerando i risultati delle combinazioni Rara e Quasi Permanente. | | | | |
| w _d - Frequente | ≤ | 0.4 | mm | apertura limite delle fessure per le combinazioni Frequente |
| w _d - Q.P. | ≤ | 0.3 | mm | apertura limite delle fessure per le combinazioni Quasi Permanente |
| σ _c Rara | ≤ | 14.9 | MPa | tensione limite nel calcestruzzo per le combinazioni Rara |
| σ _c Q.P. | ≤ | 11.2 | MPa | tensione limite nel calcestruzzo per le combinazioni Quasi Permanente |
| σ _s | ≤ | 360.0 | MPa | tensione limite per l'acciaio di armatura |
| beta | = | 1.7 | - | |
| beta 1 | = | 1.0 | - | |
| beta 2 | = | 0.5 | - | 1,0 carichi di breve durata - 0,5 carichi di lunga durata o ciclici |
| k 2 | = | 0.4 | - | 0,4 barre ad aderenza migliorata |

Verifica a taglio della sezione maggiormente sollecitata (V_Y):

Nella verifica a taglio NON si considera l'effetto positivo della compressione sulla sezione.

Nella verifica a taglio NON si considera l'effetto positivo dovuto ai meccanismi secondari di resistenza a taglio.

Nella sezione sono previste armature trasversali resistenti a sollecitazioni di taglio.

V_{Sd Y} = 467 kN Massima azione di taglio agente sulla sezione

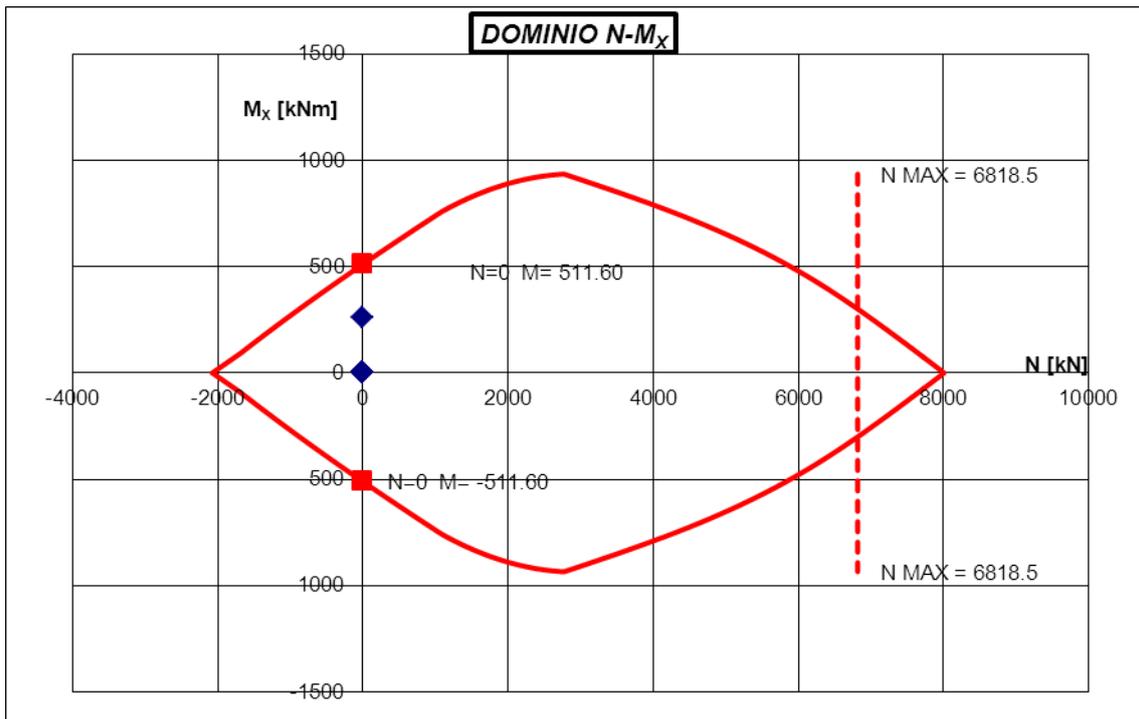
V_{Rd Y} = 540 kN Risorsa resistente a taglio della sezione

SF = 1.16 [-] Coefficiente di sicurezza per sollecitazione V_Y

La verifica a taglio per sollecitazione V_Y è soddisfatta.

Combinazioni di carico e verifica a pressoflessione retta

| | | | | | N+MX |
|----|---------|--------|----------|---------|-------------|
| n° | COMB | N [kN] | MX [kNm] | VY [kN] | SF |
| 1 | COMBO 1 | | 261.2 | 466.5 | 1.96 |



| | | | Verifica tensioni in esercizio | | | | | | Verifica fessurazione | | | | |
|-------|------|----------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------|----------------------|------------|-------|
| | [kN] | [kNm] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [-] | [kNm] | | [mm] | [mm] |
| COMBO | N | M _x | σ _c max | σ _c min | σ _s max | σ _s min | σ _s ' max | σ _s ' min | k 3 | M form fess | M _f > M ? | wk' limite | wk' |
| QP | 0.0 | 200.9 | 4.94 | - | 158.3 | 158.3 | -46.8 | -46.8 | 0.125 | 145.69 | NO | 0.300 | 0.169 |

Le verifiche alle tensioni in esercizio ed alla fessurazione sono soddisfatte considerando i limiti, più restrittivi, della combinazione Quasi Permanente.

Le verifiche sono soddisfatte anche per le travi di ripartizione con carattere definitivo.

13.1.5. Travi di testa nella zona del fronte di attacco

Le verifiche strutturali delle travi di testa in corrispondenza dei fronti di attacco delle due canne della galleria naturale, sono state effettuate in accordo agli Stati Limite, considerando come carichi i seguenti contributi:

- peso proprio della trave di testata;
- peso dei pali sostenuti dalla trave nelle zone in corrispondenza del fronte.

Per la trave in questione si considera una sezione rettangolare 100x150 cm come da tavole di progetto. Per la verifica si considera una porzione di trave di testata, avente una luce di 15.5 m ed un'altezza media dei pali appesi che devono essere sostenuti dalla trave stessa di 3.0 m (tale condizione di carico è riferita alla fase in cui vengono tagliati i pali che insistono sul fronte della galleria per lo scavo della stessa). Le azioni sulla trave sono pari a:

$$q_{\text{trave}} = 1 \text{ m} \cdot 1.5 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/mc} = 37.5 \text{ kN/m}$$

$$q_{\text{pali}} = [\pi \cdot (1.2 \text{ m})^2 / 4] \cdot 3 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/mc} / 1.4 \text{ m} = 61 \text{ kN/m}$$

Le sollecitazioni allo Stato Limite Ultimo sono pari a:

$$M_{\text{SLU}} = (61 + 37.5) \text{ kN/m} \cdot 1.3 \cdot (15.5 \text{ m})^2 / 10 = 3077 \text{ kNm}$$

$$V_{\text{SLU}} = (61 + 37.5) \text{ kN/m} \cdot 1.3 \cdot (15.5 \text{ m}) / 2 = 993 \text{ kN}$$

Le sollecitazioni allo Stato Limite di Esercizio sono pari a:

$$M_{\text{SLE}} = (61 + 37.5) \text{ kN/m} \cdot 1.0 \cdot (15.5 \text{ m})^2 / 10 = 2367 \text{ kNm}$$

$$V_{\text{SLE}} = (61 + 37.5) \text{ kN/m} \cdot 1.0 \cdot (15.5 \text{ m}) / 2 = 764 \text{ kN}$$

La trave ha un'armatura costituita da 14+12 barre $\varnothing 26$ disposte all'intradosso e 10+10 barre $\varnothing 26$ disposte all'estradosso della trave. La staffatura è formata da 1+1 $\varnothing 20 / 25 \text{ cm}$.

Calcestruzzo

| | | | | |
|--|--------|--------|-----|---|
| Classe | = | C28/35 | | |
| R_{ck} | \geq | 35 | MPa | Valore caratteristico resistenza cubica |
| f_{ck} | = | 29.05 | MPa | Valore caratteristico resistenza cilindrica |
| f_{cm} | = | 37.05 | MPa | Valore medio resistenza cilindrica |
| f_{ctm} | = | 2.83 | MPa | Valore medio resistenza a trazione semplice |
| f_{ctfm} | = | 3.40 | MPa | Valore medio resistenza a trazione per flessione |
| ν | = | 0.2 | | Coefficiente di Poisson |
| E_{cm} | = | 32588 | MPa | Modulo elastico |
| γ_c | = | 1.5 | | Coefficiente parziale di sicurezza |
| α_{cc} | = | 0.85 | | Coefficiente risuttivo per resistenze di lunga durata |
| f_{cd} | = | 16.46 | MPa | Resistenza di calcolo a compressione |
| f_{ctd} | = | 1.32 | MPa | Resistenza di calcolo a trazione |
| ϵ_{cu} | = | 0.0035 | | Deformazione a rottura per il calcestruzzo |
| ϵ_{c0} | = | 0.002 | | Def. limite del tratto a parabola del legame costitutivo del calcestruzzo |
| Valori per studio alle tensioni ammissibili: | | | | |
| n | = | 15 | | Coefficiente di omogeneizzazione |

Acciaio per c.a.

| | | | | |
|-----------------|---|----------------|-----|--|
| Tipo | = | B 450 C | | |
| $f_{yk\ nom}$ | = | 450 | MPa | Valore nominale della tensione caratteristica di snervamento |
| $f_{tk\ nom}$ | = | 540 | MPa | Valore nominale della tensione caratteristica di rottura |
| γ_s | = | 1.15 | | Coefficiente parziale di sicurezza |
| E_s | = | 210000 | MPa | Modulo elastico |
| f_{yd} | = | 391.3 | MPa | Resistenza di calcolo |
| ϵ_{su} | = | 0.01 | | Deformazione a rottura per l'acciaio |

Tensioni ammissibili

| | | | | |
|-------------------|---|-------|-----|---|
| $\sigma_{c\ amm}$ | = | 11.00 | MPa | tensione ammissibile del cls a compressione |
| τ_{c0} | = | 0.67 | MPa | tensione ammissibile del cls a taglio senza l'ausilio di armatura |
| τ_{c1} | = | 1.97 | MPa | tensione ammissibile del cls a taglio con l'ausilio di armatura |
| $\sigma_{s\ amm}$ | = | 255 | MPa | tensione ammissibile dall'acciaio |
| τ_b | = | 2.00 | MPa | tensione tangenziale di aderenza delle barre |

Caratteristiche geometriche

| | | | | |
|----------------|---|-------|-----|-------------|
| Sezione di cls | | | | |
| B | = | 150 | cm | base |
| H | = | 100 | cm | altezza |
| A cls | = | 15000 | cmq | area di cls |

Sistema di armatura per sollecitazioni M_X-V_Y

| | | | | |
|--|---|--------|-----|---------------------------------|
| Armatura longitudinale inferiore (per sollecitazione $M_{X\ positiva}$) | | | | |
| d1 | = | 26 | mm | diametro ferri prima fila |
| c1 | = | 6.00 | cm | copriferro ferri prima fila |
| i1 | = | 10.71 | cm | interasse ferri prima fila |
| As1 | = | 74.33 | cmq | area acciaio ferri prima fila |
| d2 | = | 26 | mm | diametro ferri seconda fila |
| c2 | = | 10.00 | cm | copriferro ferri seconda fila |
| i2 | = | 12.50 | cm | interasse ferri seconda fila |
| As2 | = | 63.71 | cmq | area acciaio ferri seconda fila |
| As | = | 138.04 | cmq | area acciaio in zona tesa |
| Armatura longitudinale superiore (per sollecitazione $M_{X\ positiva}$) | | | | |
| d1 | = | 26 | mm | diametro ferri prima fila |
| c1 | = | 6.00 | cm | copriferro ferri prima fila |
| i1 | = | 15.00 | cm | interasse ferri prima fila |
| As'1 | = | 53.09 | cmq | area acciaio ferri prima fila |
| d2 | = | 26 | mm | diametro ferri seconda fila |
| c2 | = | 10.00 | cm | copriferro ferri seconda fila |
| i2 | = | 15.00 | cm | interasse ferri seconda fila |



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco**

| | | | | |
|--|---|----------|-----------------|---|
| As'2 | = | 53.09 | cmq | area acciaio ferri seconda fila |
| As' | = | 106.19 | cmq | area di acciaio in zona compressa |
| Armatura trasversale, staffe e/o ferri piegati (per sollecitazione V _Y) | | | | |
| θ | = | 45 | ° | Inclinazione della biella di cls (standard: 45°) |
| Asw 1° ordine: | | | | |
| α | = | 90 | ° | staffe: 90°; ferri piegati: angolo minore di 90° |
| n° bracci | = | 4 | | |
| φ1 | = | 20 | mm | Diametro staffe primo ordine |
| s | = | 250 | mm | Passo delle staffe |
| Sezione ideale interamente reagente omogeneizzata a cls | | | | |
| A _i | = | 18663 | cmq | area |
| S* _{i sup} | = | 952937 | cmc | momento statico superiore |
| y _{gi sup} | = | 51.06 | cm | posizione del baricentro rispetto alla fibra superiore |
| J _i | = | 18588053 | cm ⁴ | momento d'inerzia |
| W _{i sup} | = | 364050 | cmc | momento resistente superiore |
| W _{i inf} | = | 379806 | cmc | momento resistente inferiore |
| Caratteristiche di esposizione e parametri per verifiche S.L.E. | | | | |
| Classe | = | XC2 | | classe di esposizione del sito |
| Condizioni ambientali: Ordinarie | | | | |
| Armature poco sensibili alla corrosione. | | | | |
| La verifica alla fessurazione è effettuata considerando i risultati delle combinazioni Frequente e Quasi permanente. | | | | |
| La verifica alle tensioni è effettuata considerando i risultati delle combinazioni Rara e Quasi Permanente. | | | | |
| w _d - Frequente | ≤ | 0.4 | mm | apertura limite delle fessure per le combinazioni Frequente |
| w _d - Q.P. | ≤ | 0.3 | mm | apertura limite delle fessure per le combinazioni Quasi Permanente |
| σ _c Rara | ≤ | 17.4 | MPa | tensione limite nel calcestruzzo per le combinazioni Rara |
| σ _c Q.P. | ≤ | 13.1 | MPa | tensione limite nel calcestruzzo per le combinazioni Quasi Permanente |
| σ _s | ≤ | 360.0 | MPa | tensione limite per l'acciaio di armatura |
| beta | = | 1.7 | - | |
| beta 1 | = | 1.0 | - | |
| beta 2 | = | 0.5 | - | 1,0 carichi di breve durata - 0,5 carichi di lunga durata o ciclici |
| k 2 | = | 0.4 | - | 0,4 barre ad aderenza migliorata |

Verifica a taglio della sezione maggiormente sollecitata (V_Y):

Nella verifica a taglio NON si considera l'effetto positivo della compressione sulla sezione.

Nella verifica a taglio NON si considera l'effetto positivo dovuto ai meccanismi secondari di resistenza a taglio.

Nella sezione sono previste armature trasversali resistenti a sollecitazioni di taglio.

V_{SdY} = 993 kN Massima azione di taglio agente sulla sezione

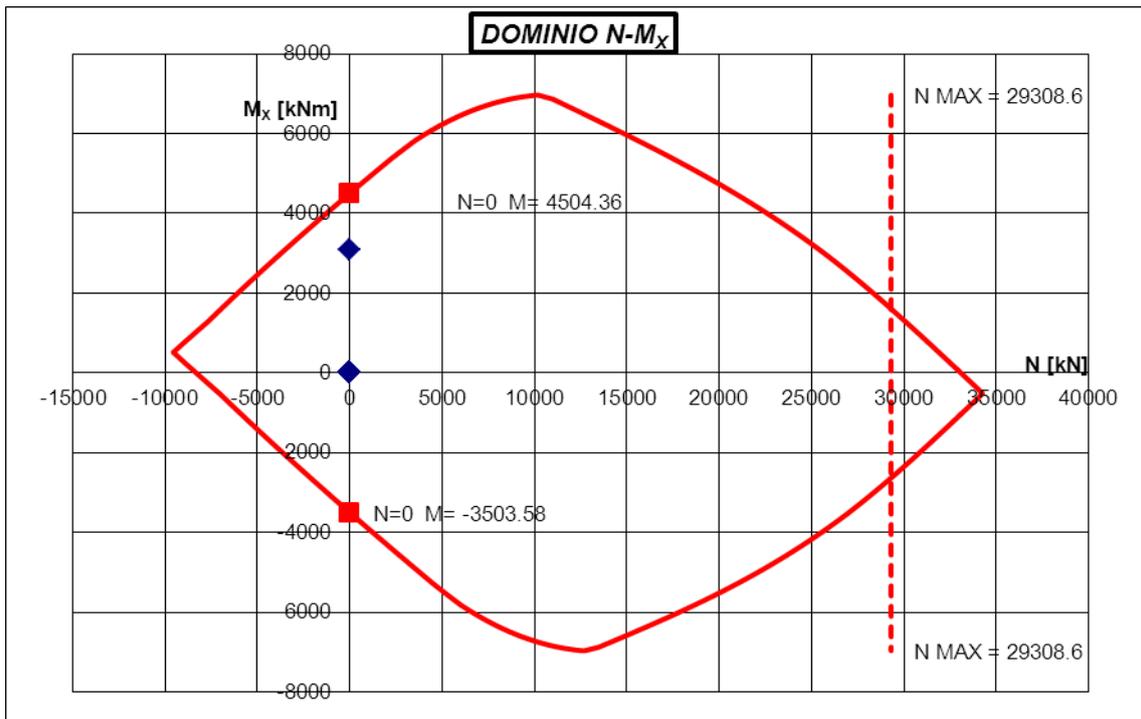
V_{RdY} = 1469 kN Risorsa resistente a taglio della sezione

SF = 1.48 [-] Coefficiente di sicurezza per sollecitazione V_Y

La verifica a taglio per sollecitazione VY è soddisfatta.

Combinazioni di carico e verifica a pressoflessione retta

| | | | | | N+MX |
|----|---------|--------|----------|---------|-------------|
| n° | COMB | N [kN] | MX [kNm] | VY [kN] | SF |
| 1 | COMBO 1 | | 3077.0 | 993.0 | 1.46 |



| | | | Verifica tensioni in esercizio | | | | | | Verifica fessurazione | | | | |
|-------|------|----------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------|----------------------|------------|-------|
| | [kN] | [kNm] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [-] | [kNm] | | [mm] | [mm] |
| COMBO | N | M _x | σ _c max | σ _c min | σ _s max | σ _s min | σ _s ' max | σ _s ' min | k 3 | M form fess | M _f > M ? | wk' limite | wk' |
| QP | 0.0 | 2367.0 | 8.12 | - | 219.8 | 205.1 | -80.1 | -94.8 | 0.125 | 1074.85 | NO | 0.300 | 0.281 |

Le verifiche alle tensioni in esercizio ed alla fessurazione sono soddisfatte considerando i limiti, più restrittivi, della combinazione Quasi Permanente.

13.1.6. Travi di testa nelle zone laterali

Le verifiche strutturali della trave di testata, in corrispondenza della paratia fuori dalle zone dove sono i fronti di attacco delle due canne della galleria naturale, sono state effettuate in accordo agli Stati Limite, considerando la trave soggetta all'azione del primo ordine di tiranti.

La massima sollecitazione del primo ordine di tiranti è stata ottenuta per la Sezione n°1. Essa è pari a 161.9 kN/m per la combinazione statica. Il passo del primo ordine di tiranti è pari a 2.8 m.

La trave è quindi soggetta ad un momento flettente e ad un'azione di taglio, per lo Stato Limite Ultimo e di Esercizio pari a:

$$M_{SLU} = 1.3 \cdot 161.9 \text{ kN/m} \cdot (2.8 \text{ m})^2 / 10 = 165.0 \text{ kNm}$$

$$V_{SLU} = 1.3 \cdot 161.9 \text{ kN/m} \cdot (2.8 \text{ m}) / 2 = 294.7 \text{ kN}$$

$$M_{SLE} = 161.9 \text{ kN/m} \cdot (2.8 \text{ m})^2 / 10 = 127.0 \text{ kNm}$$

$$V_{SLE} = 161.9 \text{ kN/m} \cdot (2.8 \text{ m}) / 2 = 226.7 \text{ kN}$$

L'armatura longitudinale è costituita da 5+5 barre $\phi 26$ mentre l'armatura a taglio è formata da staffe 1+1 $\phi 14 / 25$ cm.

Calcestruzzo

| | | | | |
|--|--------|--------|-----|---|
| Classe | = | C28/35 | | |
| R_{ck} | \geq | 35 | MPa | Valore caratteristico resistenza cubica |
| f_{ck} | = | 29.05 | MPa | Valore caratteristico resistenza cilindrica |
| f_{cm} | = | 37.05 | MPa | Valore medio resistenza cilindrica |
| f_{ctm} | = | 2.83 | MPa | Valore medio resistenza a trazione semplice |
| f_{ctm} | = | 3.40 | MPa | Valore medio resistenza a trazione per flessione |
| ν | = | 0.2 | | Coefficiente di Poisson |
| E_{cm} | = | 32588 | MPa | Modulo elastico |
| γ_c | = | 1.5 | | Coefficiente parziale di sicurezza |
| α_{cc} | = | 0.85 | | Coefficiente risuttivo per resistenze di lunga durata |
| f_{cd} | = | 16.46 | MPa | Resistenza di calcolo a compressione |
| f_{ctd} | = | 1.32 | MPa | Resistenza di calcolo a trazione |
| ϵ_{cu} | = | 0.0035 | | Deformazione a rottura per il calcestruzzo |
| ϵ_{c0} | = | 0.002 | | Def. limite del tratto a parabola del legame costitutivo del calcestruzzo |
| Valori per studio alle tensioni ammissibili: | | | | |
| n | = | 15 | | Coefficiente di omogeneizzazione |

Acciaio per c.a.

| | | | | |
|----------------------|---|----------------|-----|--|
| Tipo | = | B 450 C | | |
| $f_{yk \text{ nom}}$ | = | 450 | MPa | Valore nominale della tensione caratteristica di snervamento |
| $f_{tk \text{ nom}}$ | = | 540 | MPa | Valore nominale della tensione caratteristica di rottura |
| γ_s | = | 1.15 | | Coefficiente parziale di sicurezza |



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

| | | | | |
|--|---|----------|-----------------|---|
| E_s | = | 210000 | MPa | Modulo elastico |
| f_{vd} | = | 391.3 | MPa | Resistenza di calcolo |
| ϵ_{su} | = | 0.01 | | Deformazione a rottura per l'acciaio |
| Tensioni ammissibili | | | | |
| $\sigma_{c\text{ amm}}$ | = | 11.00 | MPa | tensione ammissibile del cls a compressione |
| τ_{c0} | = | 0.67 | MPa | tensione ammissibile del cls a taglio senza l'ausilio di armatura |
| τ_{c1} | = | 1.97 | MPa | tensione ammissibile del cls a taglio con l'ausilio di armatura |
| $\sigma_{s\text{ amm}}$ | = | 255 | MPa | tensione ammissibile dall'acciaio |
| τ_b | = | 2.00 | MPa | tensione tangenziale di aderenza delle barre |
| Caratteristiche geometriche | | | | |
| Sezione di cls | | | | |
| B | = | 150 | cm | base |
| H | = | 100 | cm | altezza |
| A cls | = | 15000 | cmq | area di cls |
| Sistema di armatura per sollecitazioni M_X-V_Y | | | | |
| Armatura longitudinale inferiore (per sollecitazione $M_{X\text{ positiva}}$) | | | | |
| d1 | = | 26 | mm | diametro ferri prima fila |
| c1 | = | 6.00 | cm | copri ferro ferri prima fila |
| i1 | = | 30.00 | cm | interasse ferri prima fila |
| As1 | = | 26.55 | cmq | area acciaio ferri prima fila |
| As | = | 26.55 | cmq | area acciaio in zona tesa |
| Armatura longitudinale superiore (per sollecitazione $M_{X\text{ positiva}}$) | | | | |
| d1 | = | 26 | mm | diametro ferri prima fila |
| c1 | = | 6.00 | cm | copri ferro ferri prima fila |
| i1 | = | 30.00 | cm | interasse ferri prima fila |
| As'1 | = | 26.55 | cmq | area acciaio ferri prima fila |
| As' | = | 26.55 | cmq | area di acciaio in zona compressa |
| Armatura trasversale, staffe e/o ferri piegati (per sollecitazione V_Y) | | | | |
| θ | = | 45 | ° | Inclinazione della biella di cls (standard: 45°) |
| Asw 1° ordine: | | | | |
| α | = | 90 | ° | staffe: 90°; ferri piegati: angolo minore di 90° |
| n° bracci | = | 4 | | |
| $\phi 1$ | = | 14 | mm | Diametro staffe primo ordine |
| s | = | 250 | mm | Passo delle staffe |
| Sezione ideale interamente reagente omogeneizzata a cls | | | | |
| A_i | = | 15796 | cmq | area |
| $S_{i\text{ sup}}^*$ | = | 789820 | cmc | momento statico superiore |
| $y_{gi\text{ sup}}$ | = | 50.00 | cm | posizione del baricentro rispetto alla fibra superiore |
| J_i | = | 13952057 | cm ⁴ | momento d'inerzia |
| $W_{i\text{ sup}}$ | = | 279041 | cmc | momento resistente superiore |
| $W_{i\text{ inf}}$ | = | 279041 | cmc | momento resistente inferiore |
| Caratteristiche di esposizione e parametri per verifiche S.L.E. | | | | |
| Classe | = | XC2 | | classe di esposizione del sito |
| Condizioni ambientali: Ordinarie | | | | |
| Armature poco sensibili alla corrosione. | | | | |
| La verifica alla fessurazione è effettuata considerando i risultati delle combinazioni Frequente e Quasi permanente. | | | | |
| La verifica alle tensioni è effettuata considerando i risultati delle combinazioni Rara e Quasi Permanente. | | | | |
| w_d - Frequente | ≤ | 0.4 | mm | apertura limite delle fessure per le combinazioni Frequente |
| w_d - Q.P. | ≤ | 0.3 | mm | apertura limite delle fessure per le combinazioni Quasi Permanente |
| σ_c Rara | ≤ | 17.4 | MPa | tensione limite nel calcestruzzo per le combinazioni Rara |
| σ_c Q.P. | ≤ | 13.1 | MPa | tensione limite nel calcestruzzo per le combinazioni Quasi Permanente |
| σ_s | ≤ | 360.0 | MPa | tensione limite per l'acciaio di armatura |
| beta | = | 1.7 | - | |
| beta 1 | = | 1.0 | - | |
| beta 2 | = | 0.5 | - | 1,0 carichi di breve durata - 0,5 carichi di lunga durata o ciclici |
| k 2 | = | 0.4 | - | 0,4 barre ad aderenza migliorata |

Verifica a taglio della sezione maggiormente sollecitata (V_Y):

Nella verifica a taglio NON si considera l'effetto positivo della compressione sulla sezione.

Nella verifica a taglio NON si considera l'effetto positivo dovuto ai meccanismi secondari di resistenza a taglio.

Nella sezione sono previste armature trasversali resistenti a sollecitazioni di taglio.

$V_{sdY} = 295$ kN Massima azione di taglio agente sulla sezione

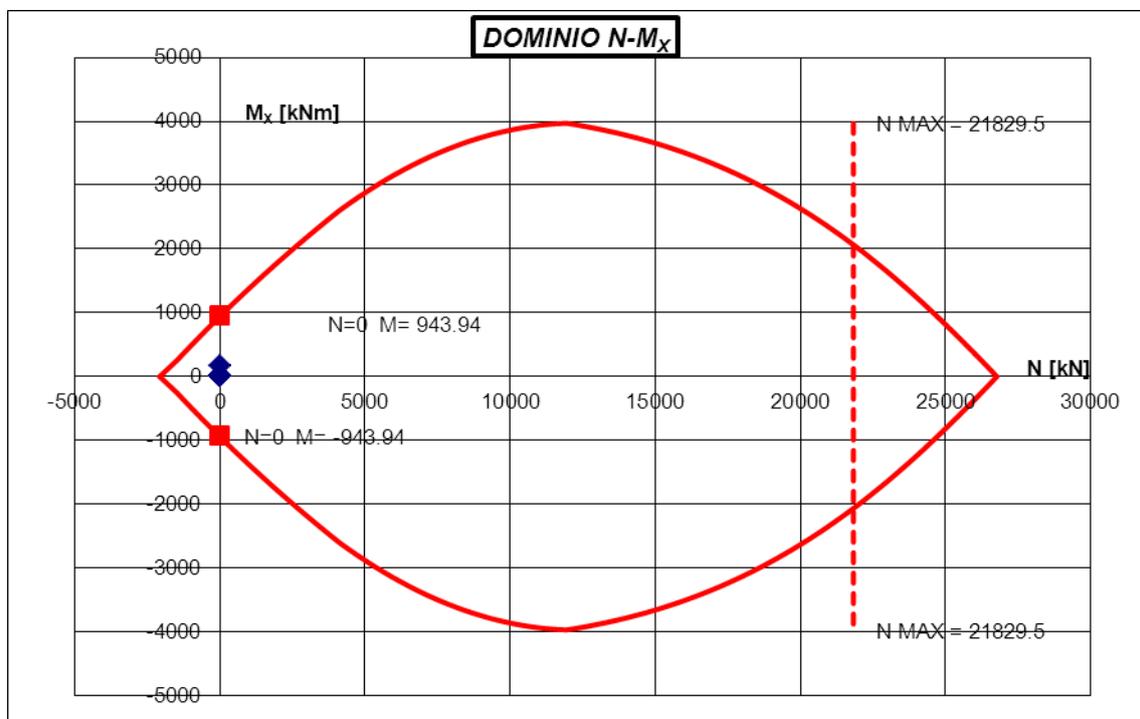
$V_{rdY} = 720$ kN Risorsa resistente a taglio della sezione

SF = 2.44 [-] Coefficiente di sicurezza per sollecitazione V_Y

La verifica a taglio per sollecitazione V_Y è soddisfatta.

Combinazioni di carico e verifica a pressoflessione retta

| | | | | | N+MX |
|----|---------|--------|----------|---------|-------------|
| n° | COMB | N [kN] | MX [kNm] | VY [kN] | SF |
| 1 | COMBO 1 | | 165.0 | 294.7 | 5.72 |



| | Verifica tensioni in esercizio | | | | | | | | Verifica fessurazione | | | | |
|-------|--------------------------------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-------------|----------|------------|------|
| | [kN] | [kNm] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [-] | [kNm] | | [mm] | [mm] |
| COMBO | N | M_X | σ_c max | σ_c min | σ_s max | σ_s min | σ_s' max | σ_s' min | k 3 | M form fess | Mf > M ? | wk' limite | wk' |
| QP | 0.0 | 127.0 | 0.91 | - | 55.4 | 55.4 | -8.2 | -8.2 | 0.125 | 789.69 | SI | 0.300 | OK |

Le verifiche alle tensioni in esercizio ed alla fessurazione sono soddisfatte considerando i limiti, più restrittivi, della combinazione Quasi Permanente.

13.2. PARATIE IN JET-GROUTING – TIPOLOGIA 1

In accordo alle analisi effettuate si effettua la verifica allo Stato Limite Ultimo per la maglia di profili tubolari $\varnothing 114.3 \times 8.56$ mm in acciaio S355.

Dalle analisi numeriche effettuate la sezione media, considerata di spessore 150 cm, dell'iniezione di jet grouting è soggetta ad un diagramma di sforzo lineare con compressione da un lato pari a 100 kN/mq circa e compressione dall'altro lato pari a 160 kN/mq. Tale stato tensionale, su una sezione 100 x 150 cm, è equivalente ad un'azione assiale di 195 kN e ad un momento flettente di 11.3 kNm.

Le tensioni tangenziali, pari mediamente a 30 kN/mq, sono equivalenti ad un'azione di taglio di 45 kN.

Dalle analisi numeriche il momento flettente e l'azione di taglio sono quindi pari a:

$$N = 195 \text{ kN/m}$$

$$M = 11.3 \text{ kNm/m}$$

$$V = 45 \text{ kN/m}$$

I profili tubolari sono disposti con una maglia 40 x 40 cm. Per un metro di struttura si considerano quindi 5 profili.

$$W_{\text{Plastico}_1 \text{ tubolare}} = 95.9 \text{ cm}^3$$

$$W_{\text{Plastico}_5 \text{ tubolari}} = 479.5 \text{ cm}^3$$

$$A_1 \text{ tubolare} = 28.4 \text{ cm}^2$$

$$A_5 \text{ tubolari} = 142.0 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{Taglio}_1 \text{ tubolare}} = 18.1 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{Taglio}_5 \text{ tubolari}} = 90.5 \text{ cm}^2$$

Le azioni sollecitanti allo Stato Limite Ultimo sono pari a:

$$N_{\text{SLU}} = 195 \text{ kN/m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1.3 = 253.5 \text{ kN}$$

$$M_{\text{SLU}} = 11.3 \text{ kNm/m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1.3 = 14.69 \text{ kNm}$$

$$V_{\text{SLU}} = 45 \text{ kN/m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1.3 = 58.5 \text{ kN}$$

$$\sigma = 253.5 \cdot 1000 / (142 \cdot 100 \text{ mm}^2) + 14.69 \cdot 10^6 \text{ Nmm} / (479.5 \cdot 1000 \text{ mm}^3) = 48.5 \text{ MPa}$$

$$\tau = 58.5 \cdot 10^3 \text{ N} / (90.5 \cdot 100 \text{ mm}^2) = 6.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{id} = (48.5^2 + 3 \cdot 6.5^2)^{0.5} = 49.8 \text{ MPa}$$

La tensione ideale è minore della resistenza di progetto dell'acciaio pari a 355 MPa / 1.05 = 338 MPa.

La verifica è ampiamente soddisfatta.

Il getto di stabilizzazione in jet-grouting, sempre in accordo alle analisi numeriche, è soggetto ad una compressione pari a circa 180 kN/mq (0.18 MPa). Tale valore è compatibile con la resistenza fornita dal materiale iniettato pari a circa 5 MPa.

13.3. PARATIE IN JET-GROUTING – TIPOLOGIA 2

In accordo alle analisi effettuate si effettua la verifica allo Stato Limite Ultimo per la maglia di profili tubolari $\phi 114.3 \times 8.56$ mm in acciaio S355.

Dalle analisi numeriche effettuate la sezione media, considerata di spessore 200 cm, dell'iniezione di jet grouting è soggetta ad un diagramma di sforzo lineare con trazione da un lato pari a 150 kN/mq circa e compressione dall'altro lato pari a 350 kN/mq. Tale stato tensionale, su una sezione 100 x 200 cm, è equivalente ad un'azione assiale di compressione 200 kN e ad un momento flettente di 166.7 kNm.

Le tensioni tangenziali, pari mediamente a 50 kN/mq, sono equivalenti ad un'azione di taglio di 100 kN.

Dalle analisi numeriche il momento flettente e l'azione di taglio sono quindi pari a:

$$N = 200 \text{ kN/m}$$

$$M = 166.7 \text{ kNm/m}$$

$$V = 100 \text{ kN/m}$$

I profili tubolari sono disposti con una maglia 40 x 40 cm. Per un metro di struttura si considera quindi il contributo resistente, ideale, di 7.5 profili.

$$W_{\text{Plastico}_1 \text{ tubolare}} = 95.9 \text{ cm}^3$$

$$W_{\text{Plastico}_{7.5 \text{ tubolari}}} = 719.25 \text{ cm}^3$$

$$A_{1 \text{ tubolare}} = 28.4 \text{ cm}^2$$

$$A_{7.5 \text{ tubolari}} = 213.0 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{Taglio}_1 \text{ tubolare}} = 18.1 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{Taglio}_{7.5 \text{ tubolari}}} = 135.75 \text{ cm}^2$$

Le azioni sollecitanti allo Stato Limite Ultimo sono pari a:

$$N_{\text{SLU}} = 200 \text{ kN/m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1.3 = 260 \text{ kN}$$

$$M_{\text{SLU}} = 166.7 \text{ kNm/m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1.3 = 216.71 \text{ kNm}$$

$$V_{\text{SLU}} = 100 \text{ kN/m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1.3 = 130 \text{ kN}$$

$$\sigma = 260 \cdot 1000 / (213 \cdot 100 \text{ mm}^2) + 216.71 \cdot 10^6 \text{ Nmm} / (719.25 \cdot 1000 \text{ mm}^3) = 313.5 \text{ MPa}$$

$$\tau = 100 \cdot 10^3 \text{ N} / (135.75 \cdot 100 \text{ mm}^2) = 7.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{id} = (313.5^2 + 3 \cdot 7.4^2)^{0.5} = 313.8 \text{ MPa}$$

La tensione ideale è minore della resistenza di progetto dell'acciaio pari a 355 MPa / 1.05 = 338 MPa.

La verifica è soddisfatta.

Il getto di stabilizzazione in jet-grouting, sempre in accordo alle analisi numeriche, è soggetto ad una compressione pari a circa 150 kN/mq (0.15 MPa). Tale valore è compatibile con la resistenza fornita dal materiale iniettato pari a circa 5 MPa.

14. ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE PER LA PARATIA E PER IL VERSANTE

Nell'ambito della valutazione della stabilità globale del versante interessato dalla realizzazione dell'imbocco, sono state considerate due condizioni critiche:

- 1) Analisi di stabilità globale della paratia nei confronti di meccanismi di scivolamento con superficie di scorrimento curvilinea;
- 2) Analisi dell'interferenza fra la realizzazione dell'imbocco e le costruzioni presenti a monte del versante.

La prima analisi è specifica per lo studio della stabilità globale della paratia di sostegno. Essa è stata eseguita con il software commerciale SLOPE.

La seconda analisi serve per analizzare il comportamento deformativo del versante a monte della galleria e, come detto, in particolare per valutare l'entità degli spostamenti cui sono sottoposte le costruzioni esistenti. Per tali valutazioni si è fatto ricorso al programma di calcolo PLAXIS.

14.1. ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DELLA PARATIA - SLOPE

È stata condotta una analisi di stabilità per l'imbocco della galleria di valle.

Tale sezione risulta essere la più gravosa in termini di stratigrafia e pendenza del terreno a tergo dell'opera di sostegno. La falda è posta ad una profondità di 8.0 m dal piano campagna a monte della paratia, al fine di considerare la possibile risalita dell'acqua a seguito di eventi meteorici intensi, mentre nella zona di valle è stata posizionata alla quota del fondo scavo.

14.1.1. Metodologia di analisi

L'esame delle condizioni di stabilità è stato condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. Le analisi di stabilità sono state eseguite utilizzando il programma di calcolo SLOPE / W, in accordo alla combinazione A2+M2+R2. I

parametri A2 sono amplificativi delle azioni, mentre i parametri M2 modificano i parametri di resistenza del terreno. Il coefficiente R2 è pari a 1.1; il fattore di sicurezza minimo deve essere quindi pari a 1.1. Le caratteristiche geomeccaniche dei terreni, modificati con i coefficienti di normativa M2, sono riportate nella Tabella 2, specificatamente per i terreni "4", "5" e "6".

Il programma si basa sull'applicazione di diversi metodi dell'equilibrio limite in condizioni bidimensionali quali il metodo di Bishop semplificato (1955), quello di Janbu semplificato (1973) e quello di Spencer (1967). I fattori di sicurezza presi in considerazione nel seguito sono stati ottenuti tramite il metodo di Bishop semplificato.

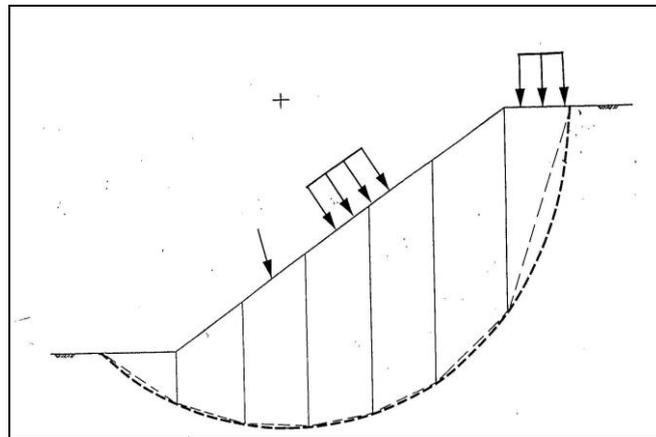


Figura 66: Blocco di terreno instabile suddivisione in conci.

Il metodo valuta le condizioni di stabilità di un pendio naturale o di una scarpata artificiale ricercando per tentativi la superficie di scivolamento "critica" (ossia quella a cui compete il coefficiente di sicurezza F_S minimo) e verificando se tale valore risulta maggiore o minore di 1.

Il valore di $F_S=1$ corrisponde ad una situazione di incipiente scivolamento del pendio lungo la superficie di scorrimento considerata. Il metodo si basa sulla considerazione dell'equilibrio di un blocco (o "cuneo") rigido di terreno rappresentato nella seguente figura. Il cuneo è soggetto sia all'azione del peso proprio sia a quella di eventuali forze esterne di varia natura (sovraccarichi verticali, azioni dei tiranti, forze di inerzia sismiche, ecc.); inoltre è possibile

considerare la presenza della falda all'interno del pendio, trascurando il fenomeno di filtrazione.

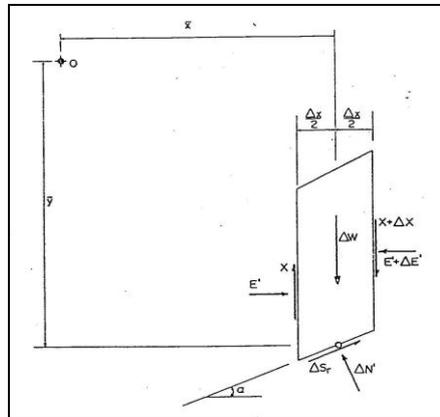


Figura 67: Forze agenti sui conci.

A questo scopo il blocco viene dapprima suddiviso in conci e l'equilibrio globale è analizzato come somma dell'equilibrio di ciascuno di essi facendo delle assunzioni semplificatrici sulle forze reciproche tra i conci. Il metodo consente di valutare un valore del coefficiente di sicurezza medio della superficie di scivolamento ($F_s=1$) definito come:

$$F_s = \frac{(\tau_{ult})_m}{\tau_m}$$

essendo:

$(\tau_{ult})_m$ = resistenza al taglio media del terreno lungo la superficie di scivolamento;

τ_m = tensione tangenziale media mobilitata lungo la superficie di scivolamento.

Il programma ricerca automaticamente la superficie di scorrimento "critica" con un procedimento iterativo basato sul tracciamento automatico delle superfici circolari e sul successivo calcolo del coefficiente di sicurezza di ciascuna di esse. A questo proposito viene dapprima individuato un settore di passaggio (o un punto) comune a tutte le superfici di scivolamento (ad esempio: un tratto su uno dei contorni del pendio) ed una griglia di punti che vengono utilizzati come

centro delle varie possibili superfici di scivolamento. Per ciascuna di esse è eseguito il calcolo del coefficiente di sicurezza ed il valore più piccolo tra quelli ottenuti è assegnato all'intero pendio.

Eventualmente la procedura può essere ripetuta imponendo altri vincoli alle superfici di scivolamento in modo da migliorare l'affidabilità della ricerca.

14.1.2. Azione sismica

Nelle analisi è stata valutata l'influenza di un ipotetico sisma sulla stabilità globale del versante.

La struttura di sostegno degli scavi nella zona di imbocco è provvisoria alla fase di costruzione della galleria artificiale: per tale motivo la paratia può essere considerata un'opera di tipo provvisorio. L'azione sismica di riferimento è stata scalata per considerare un tempo di costruzione pari a 4 anni e si pone pari al 5% la probabilità che si verifichi un sisma durante la realizzazione dell'opera (EC8 parte 2-Annesso A), da cui il periodo di ritorno dell'evento sismico risulta essere pari a:

$$T_r = \frac{4}{0.05} = 80 \text{ anni}$$

Considerando inoltre i seguenti parametri relativi alla categoria di suolo e condizioni topografiche:

$$\begin{aligned} S_s &= 1.5 \\ S_T &= 1.2 \\ S &= S_s \cdot S_T = 1.8 \\ r &= 1 \end{aligned}$$

Sulla base dei dati riportati al Capitolo 5 l'accelerazione di progetto risulta pari a:

$$a_{\max} = a_g \cdot \left(\frac{T_r}{475} \right)^{0.45} = 0.0345g$$

Si ricavano infine i coefficienti sismici orizzontale e verticale

$$K_h = \frac{S \cdot a_{\max}}{r} = 0.062$$

$$K_v = 0.5 \cdot K_h = 0.031$$

14.1.3. Risultati

La verifica di stabilità è stata eseguita utilizzando come sezione di calcolo quella di massima altezza in asse alla galleria della canna di valle. Le analisi sono state effettuate cautelativamente in assenza dell'azione stabilizzante esercitata dai tiranti. Le analisi sono da intendersi a breve termine data la provvisorietà della situazione considerata (nel lungo termine si procede infatti al ritombamento degli sbancamenti effettuati).

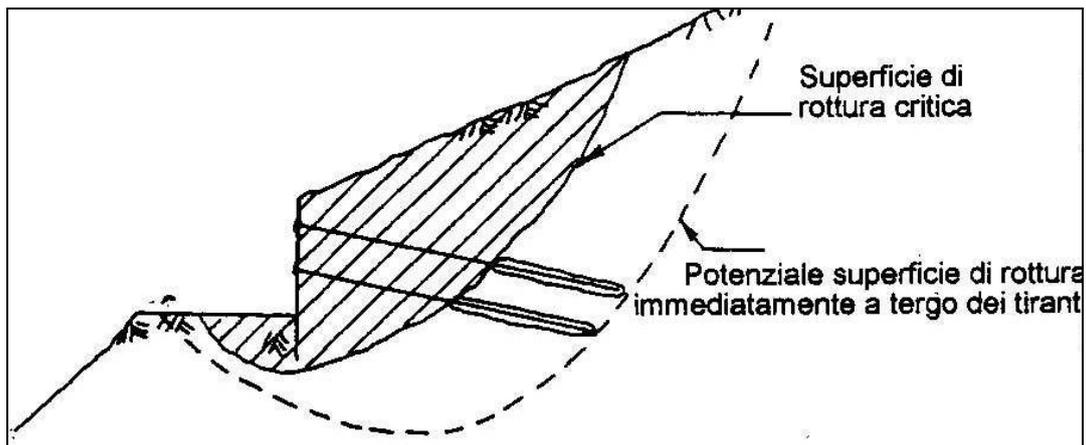
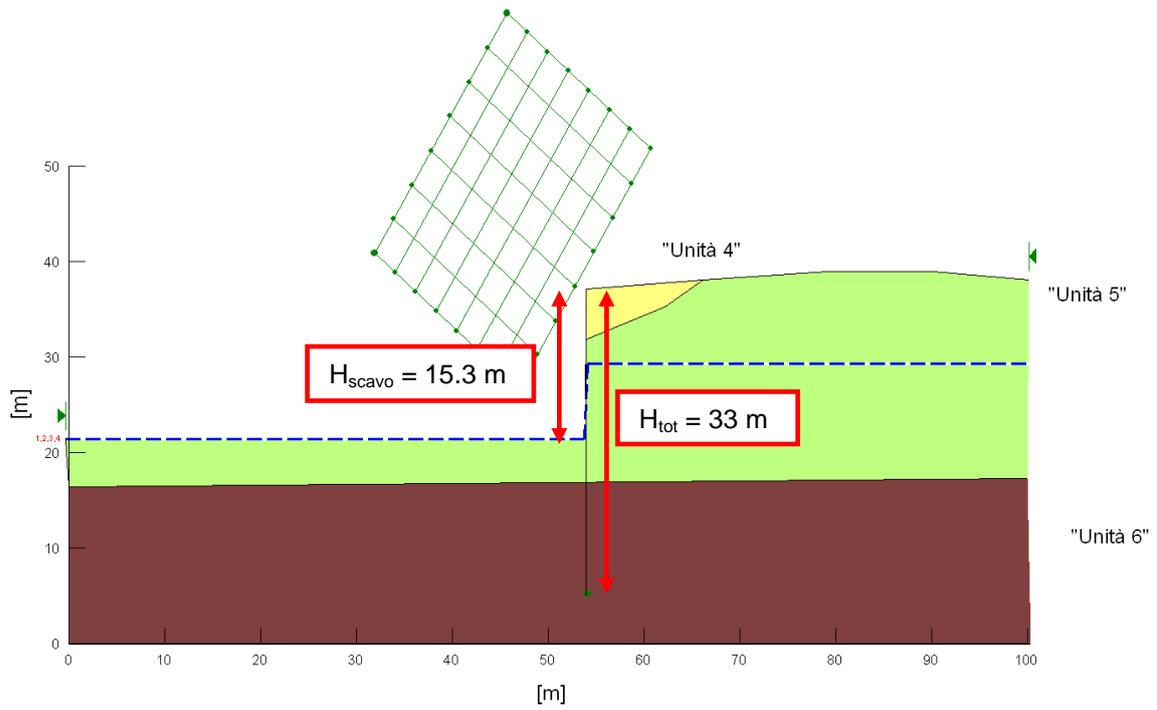


Figura 68: *Analisi di stabilità per determinare la lunghezza libera e la lunghezza della fondazione del tirante*

Le verifiche sono state effettuate su superfici di potenziale scivolamento passanti per il punto di infissione della paratia.

Con riferimento alla Figura 68, si è valutato che tutte le superfici che mediamente escludono i bulbi di ancoraggio dei tiranti (dalla superficie critica verso l'interno del versante) e che passano per il piede della paratia verificano le prescrizioni di Normativa. Come anticipato la falda è stata posta a 8.0 m di profondità a monte della paratia e a piano campagna nella zona di valle. Sotto si riportano la geometria del problema e i risultati ottenuti.



Analisi in condizioni STATICHE

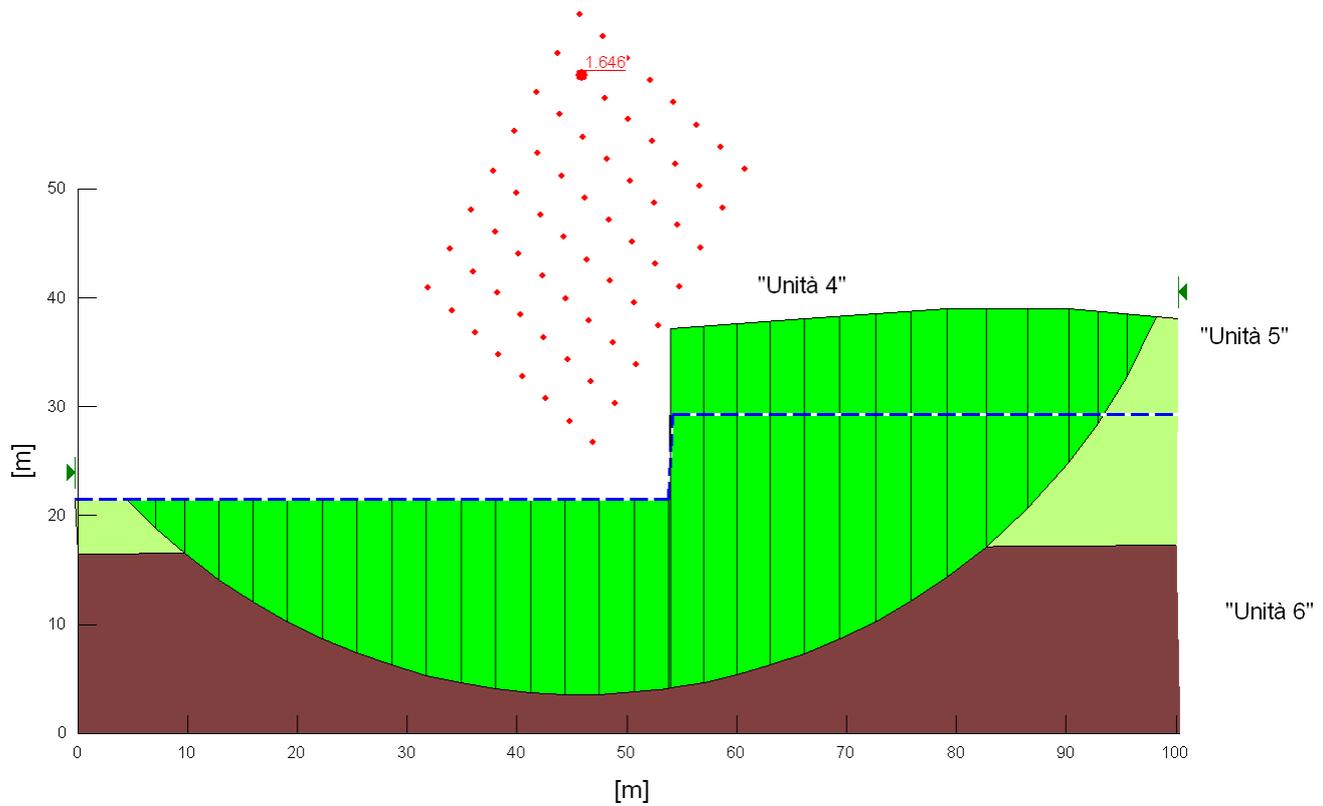


Figura 69: output grafico dell'analisi di stabilità globale, per il caso statico, eseguita con Slope

Verifica in condizioni statiche – $F_s = 1.646 > 1.1$

Analisi in condizioni SISMICHE

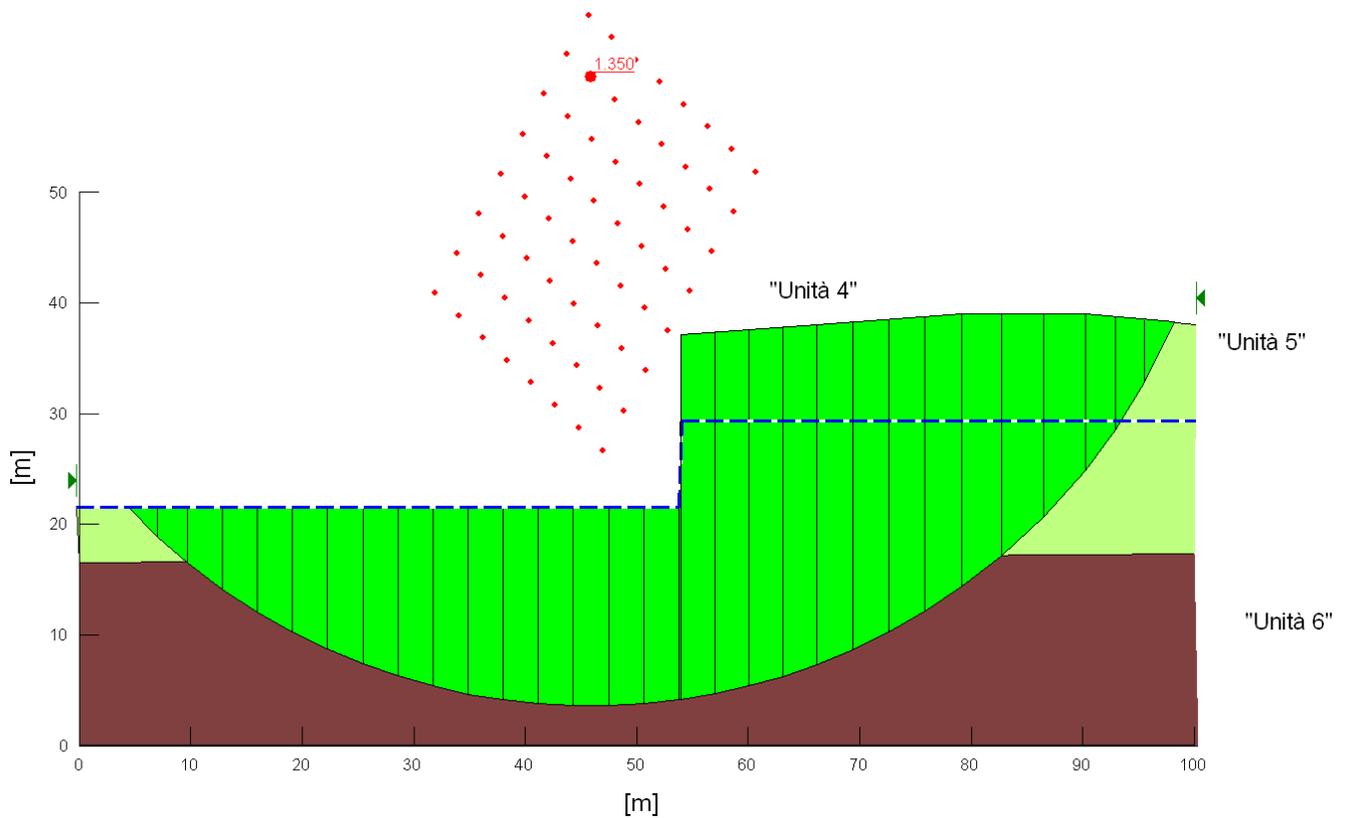


Figura 70: output grafico dell'analisi di stabilità globale, per il caso sismico, eseguita con Slope

Verifica in condizioni sismiche – $F_s = 1.350 > 1.1$

I risultati vengono sintetizzati nella tabella sotto.

| Verifica di stabilità – Metodo di Bishop | |
|--|-------------------|
| Fs statico | Fs sismico |
| 1.646 | 1.350 |

Risultati verifiche di stabilità globale della paratia.

14.2. ANALISI DI INTERFERENZA FRA LE OPERE DI IMBOCCO E LA STRUTTURE ESISTENTI - PLAXIS

Nel presente capitolo si riportano gli esiti delle analisi condotte per valutare la stabilità del versante e le problematiche che possono insorgere durante la realizzazione dell'imbocco sulle costruzioni presenti in sito.

Lo studio sarà riferito alle sezioni H-H, I-I ed L-L mostrate nello stralcio planimetrico riportato nei paragrafi seguenti. Per tali valutazioni si è adoperato il software Plaxis.

Tutte le analisi sono state condotte nella combinazione A2+M2 previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/01/2008

14.2.1. Descrizione del codice di calcolo

Il codice di calcolo impiegato per le analisi numeriche proposte è PLAXIS versione 11.0. Il programma, ad elementi finiti, consente di affrontare problemi di meccanica del continuo conducendo a stati tensionali e deformativi all'interno di un dominio bidimensionale. Il comportamento dei materiali strutturali e di quelli geotecnici può essere descritto ricorrendo a modelli costitutivi di tipo elastico o plastico in condizioni di elasticità perfetta o con decadimento. Il codice di calcolo permette infine di simulare varie configurazioni in termini di scavo, presenza di carichi, caratteristiche dei materiali strutturali e geotecnici, fasi di lavorazione. In termini di risultati PLAXIS fornisce sforzi, sforzi efficaci, deformazioni, spostamenti, azioni nei rivestimenti, stati di plasticizzazione, etc. I terreni sono stati modellati tramite l'utilizzo di due differenti tipologie di legame costitutivo.

Il substrato marnoso-argilloso, identificato come Unità 7 può essere interessato da "piani di scorrimento traslativo" (superfici localizzate lungo giunti di strato al contatto tra un livello di marna ed uno di sabbia o tra strati di marna) con angoli di attrito residuo dell'ordine dei 10 - 15°.

Si è così utilizzato per modellare questo strato il modello costitutivo "Jointed Rock" il quale è un modello elasto-plastico anisotropo in cui può manifestarsi

soltanto plasticizzazione per taglio lungo massimo tre direzioni (piani) e che può essere quindi adottato per simulare il comportamento di rocce stratificate o fratturate.

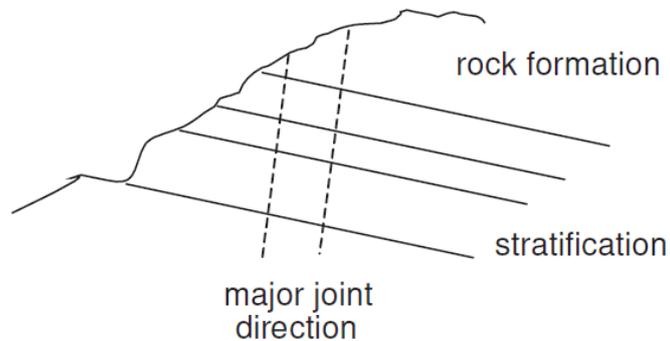
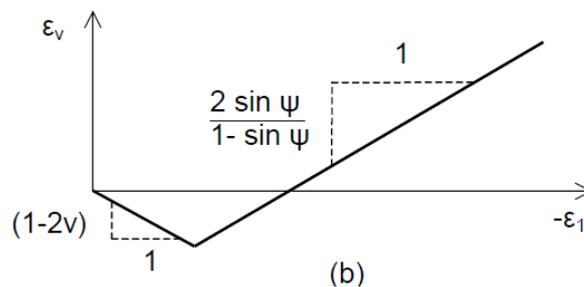
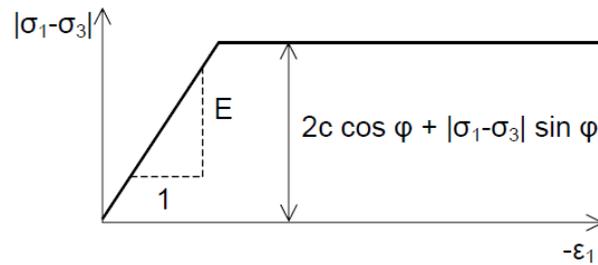


Figura 71: Modello “Jointed Rock”

Gli strati superiori sono stati invece modellati tramite il modello costitutivo “hardening soil” elastoplastico incrudente che riproduce in condizioni di primo carico triassiale un legame tensioni deformazioni di tipo iperbolico. L’incrudimento è funzione sia delle deformazioni distorsionali plastiche sia delle deformazioni volumetriche plastiche. Il modello è quindi in grado di simulare, tra l’altro, la riduzione irreversibile di volume di un terreno sottoposto a compressione lungo percorsi di carico proporzionali (e.g. carico isotropo, edometrico) a partire da una condizione di normal-consolidazione. Questo modello può essere utilizzato per simulare il comportamento sia di sabbie e di ghiaie sia di terreni più compressibili come argille e limi.



I parametri necessari alla modellazione del terreno sono i seguenti:

- modulo di Young E (in fase di carico e di scarico/ricarico)
- coefficiente di Poisson ν
- coesione c'
- angolo di attrito φ'
- angolo di dilatanza ψ
- peso di volume del materiale saturo e non saturo $\gamma_{\text{sat}}, \gamma_{\text{unsat}}$

Il calcestruzzo utilizzato per la paratia è stato modellato come un materiale elastico lineare. Questo modello rappresenta la legge di Hooke dell'elasticità isotropa lineare e richiede due parametri di rigidezza elastici, che sono il modulo di Young E , ed il coefficiente di Poisson ν .

14.2.2. Modello geometrico

Si riporta nel seguito lo stralcio planimetrico dell'area in esame in cui sono indicate le sezioni di studio.

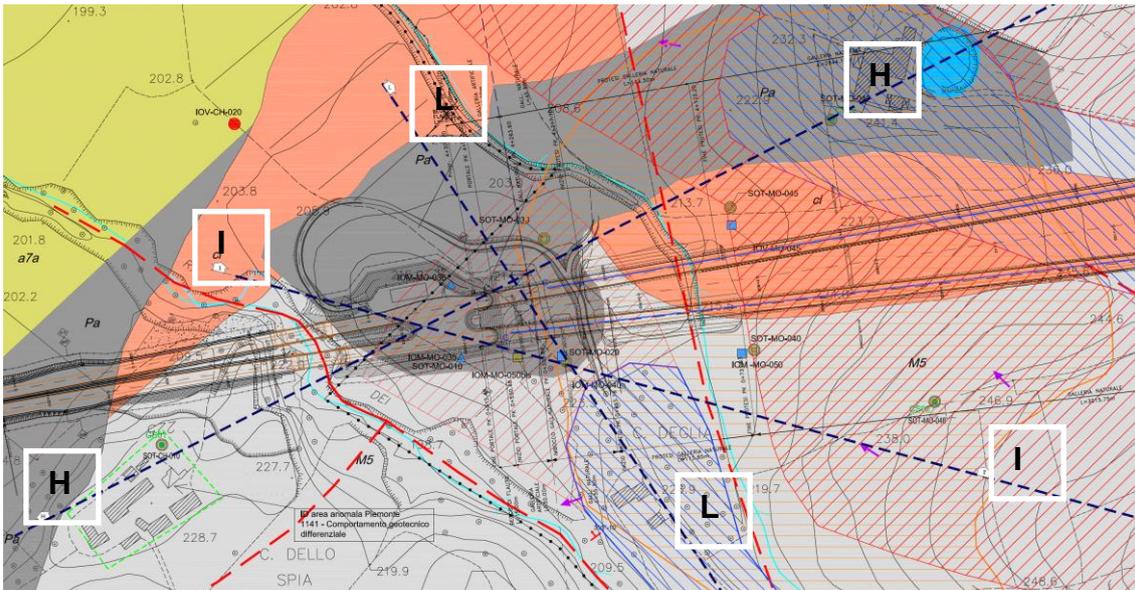
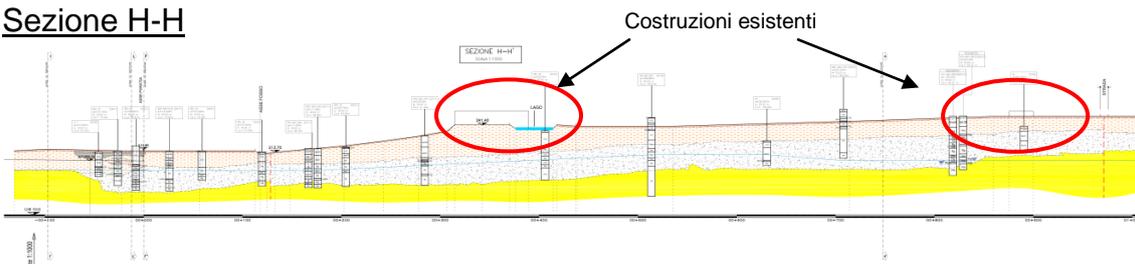
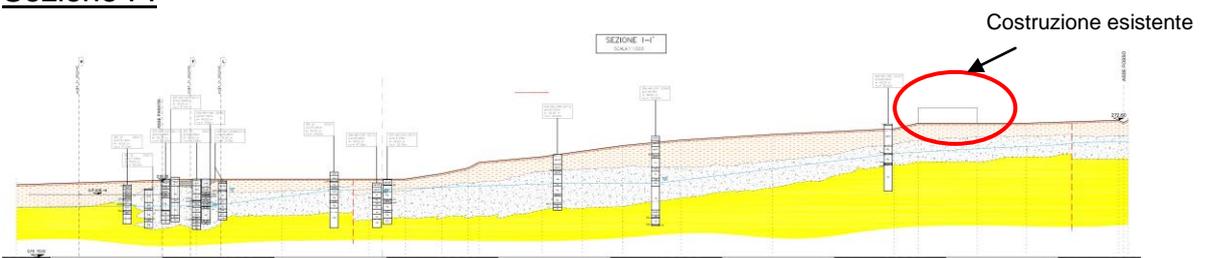


Figura 72: Stralcio planimetrico – Sezioni di calcolo

Sezione H-H



Sezione I-I



Sezione L-L

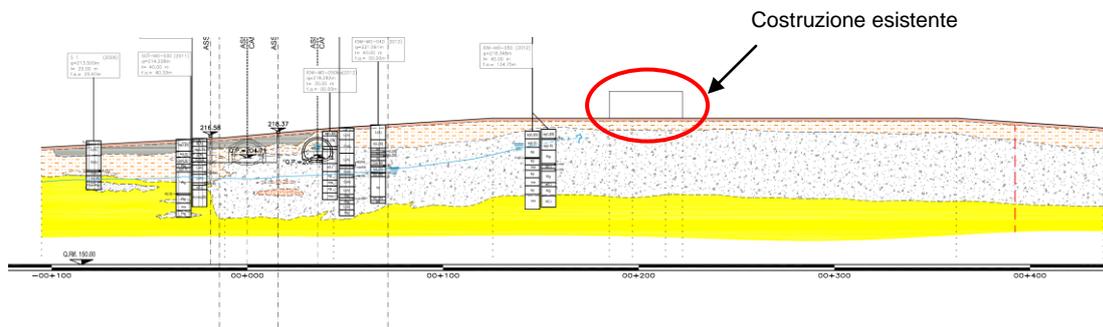


Figura 73: Sezioni geologiche

I modelli di calcolo hanno lunghezza compresa tra i 600 m (Sezione L-L) e i 1200 m (Sezioni H-H e I-I) circa, al fine di cogliere il comportamento del versante nelle zone in cui sono presenti i fabbricati. Il dislivello tra il punto più depresso e quello più alto è di 35.0 m per la sezione H-H, 58.0 m per la I-I e 8.0 m per la L-L. I fabbricati più vicini sono quelli che si incontrano lungo le sezioni H-H e L-L posti rispettivamente a 300 m e 200 m circa dall'imbocco; a oltre 600 m di distanza è presente la costruzione evidenziata in sezione I-I.

Le sezioni in esame sono state riportate in Plaxis apportando alcune modifiche dettate da esigenze prettamente computazionali: per la definizione degli strati, il profilo dei terreni è stato semplificato definendo zone ad uguale pendenza.

Il modello è stato notevolmente approfondito al fine di simulare al meglio lo stato di sforzo geostatico (preesistente), favorendo il raggiungimento dell'equilibrio delle forze orizzontali ed evitando rotazioni fittizie dei tensori di sforzo, indotte dal dislivello tra il lato di monte e quello di valle.

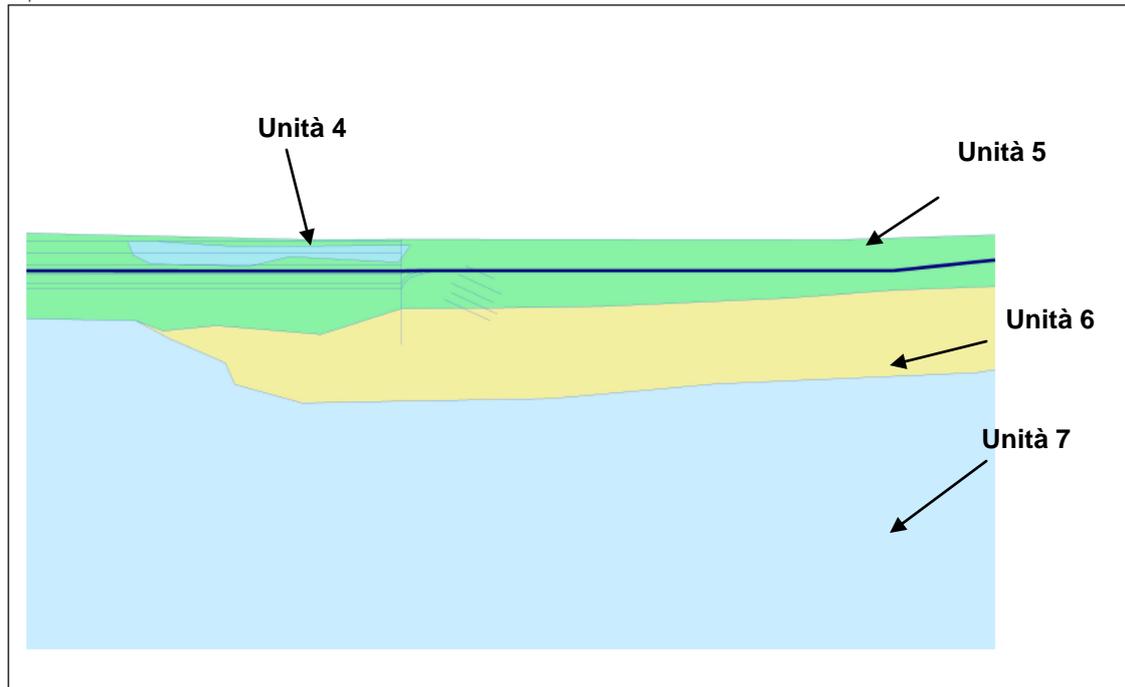
I terreni inseriti nei modelli sono quelli presenti nelle sezioni geologiche le quali mostrano quattro strati rispettivamente chiamati unità 4, 5, 6 e 7: il primo più superficiale e gli altri via via più profondi.

Per le caratteristiche dei singoli strati si rimanda al paragrafo successivo. In basso si riportano le stratigrafie in asse paratia per le diverse sezioni di calcolo.



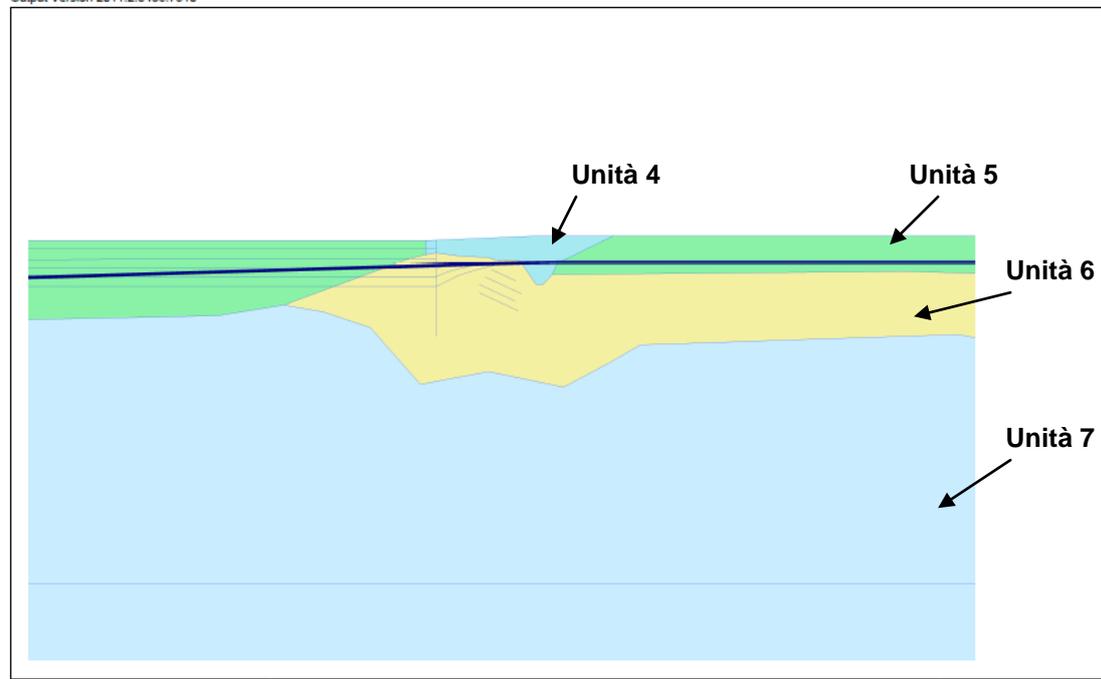
Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

Output Version 2011.2.8486.7510



| | | | | | |
|---------------|-----------------------|--------------------------|--------------|------|------------|
| PLAXIS | Project description | Stratigrafia sezione H-H | | Date | 22/11/2012 |
| | Project filename | Step | User name | | |
| | Stabilità sezione H_H | 1 | Rocksoil Spa | | |

Output Version 2011.2.8486.7510



| | | | | | |
|---------------|-----------------------|--------------------------|--------------|------|------------|
| PLAXIS | Project description | Stratigrafia sezione I-I | | Date | 22/11/2012 |
| | Project filename | Step | User name | | |
| | Stabilità sezione I-I | 1 | Rocksoil Spa | | |

Output Version 2011.2.8486.7510

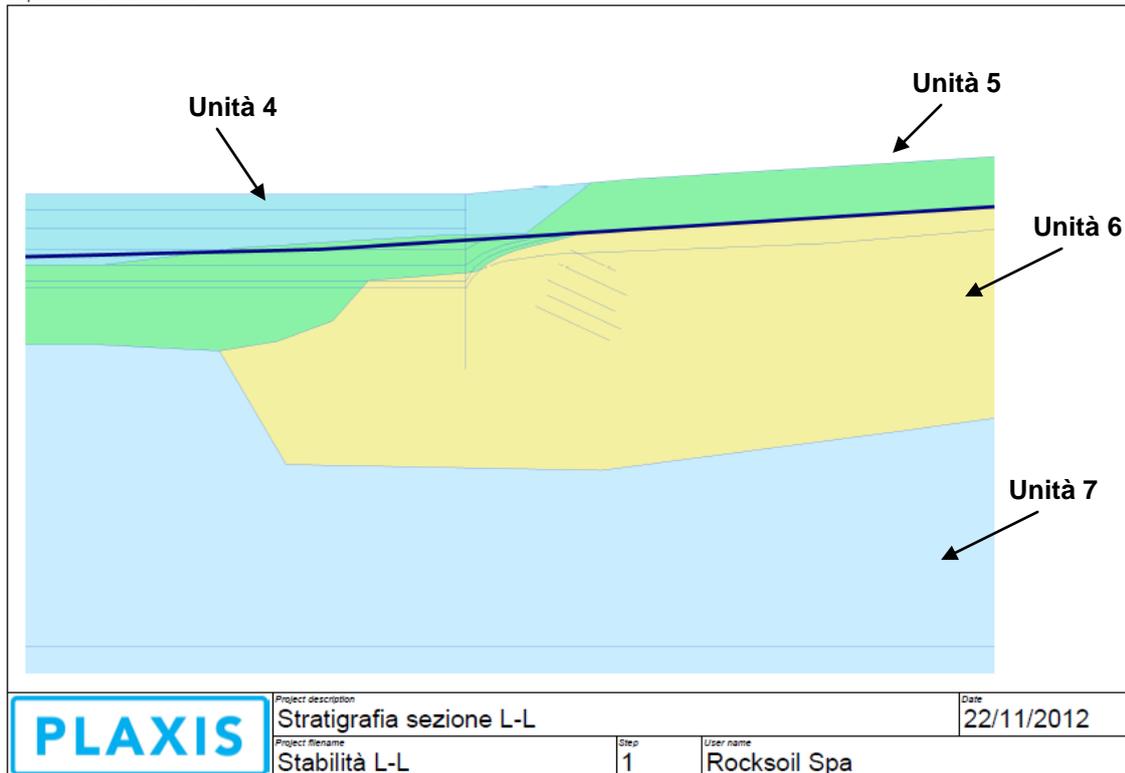


Figura 74: Stratigrafie in asse paratia

Aspetto molto importante nella modellazione in Plaxis è la fase di definizione della mesh. L'ottimizzazione della mesh va ricercata tenendo conto di due fattori: il primo è l'accuratezza e la precisione delle analisi, il secondo riguarda il livello computazionale, in termini di oneri di calcolo e di tempo di risoluzione. È necessario quindi adottare un numero di elementi opportuno, discretizzando maggiormente nelle zone di interesse e mantenendo elementi di dimensioni maggiori nelle zone che influenzano solo marginalmente il risultato delle analisi. La mesh adottata nel presente studio è stata maggiormente discretizzata in corrispondenza della paratia, in modo tale da avere la maggior accuratezza possibile riguardo al comportamento deformativo delle zone di imbocco, mentre sono stati adottati elementi di dimensioni maggiori nelle zone non significative per l'analisi. Al fine di cogliere eventuali movimenti franosi e avere una stima attendibile degli spostamenti nelle aree interessate dalla presenza di fabbricati, è stata infittita la mesh negli strati superficiali.

Per quanto concerne le condizioni di vincolo al contorno, sono stati bloccati sul bordo inferiore gli spostamenti in direzione x e y mentre sui bordi laterali è stata impedita la traslazione orizzontale.

14.2.3. Parametri geotecnici

Dall'esame della documentazione a disposizione, il pendio in esame risulta essere caratterizzato dalla seguente successione stratigrafica:

- accumuli di frana costituiti da limi sabbiosi fini localmente argillosi inglobanti ghiaie e ciottoli ("Unità 4");
- argille marnose e siltose grigio azzurre con intercalazioni, verso l'alto di banchi di sabbie ("Unità 5");
- alternanze ben stratificate di limi argillosi in argille marnose e limi sabbiosi con gessi ("Unità 6");
- limo argillosi e argille marnoso-siltose grigio-azzurre con sottili livelli di limo e sabbie fini ("Unità 7").

In merito al livello di falda si osserva che, sulla base delle campagne d'indagine esso si colloca ben al di sotto del piano di scavo (-19-20 m da p.c.), ma a vantaggio di sicurezza è stato posto a circa 8.0 m di profondità dal piano campagna.

Nella seguente tabella vengono riportati i parametri geotecnici adottati per combinazione A2+M2 prevista dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/01/2008.

| | | Unità 4 | Unità 5 | Unità 6 | Unità 7 |
|--|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Peso di volume | [kN/m ³] | 20 | 19.5 | 20 | 21 |
| Coesione | [KPa] | 0 | 4 | 32 | 64 |
| Angolo di attrito | [°] | 24.8 | 22.2 | 19.6 | 20.5 |
| Modulo di rigidezza in condizioni vergini | [MPa] | 10 | 15 | 25 | 120 |
| Modulo di rigidezza in condizioni di scarico – ricarico | [MPa] | 15 | 22.5 | 27.5 | 180 |

Tabella 3: Parametri geotecnici del terreno (coefficienti M2)

14.2.4. Fasi di calcolo

Nella seguente tabella si elencano le fasi di calcolo che sono state modellate con il software Plaxis.

| Fasi di calcolo | Modellazione |
|-----------------|---|
| Fase 1 | Geostatico |
| Fase 2 | Installazione paratia |
| Fase 3 | I° scavo |
| Fase 4 | Installazione I° ordine di tiranti |
| Fase 5 | II° scavo |
| Fase 6 | Installazione II° ordine di tiranti |
| Fase 7 | III° scavo |
| Fase 8 | Installazione III° ordine di tiranti |
| Fase 9 | IV° scavo |
| Fase 10 | Installazione IV° ordine di tiranti |
| Fase 11 | V° scavo |
| Fase 12 | Installazione V° ordine di tiranti |
| Fase 13 | Fondo scavo |
| Fase 14 | Analisi di stabilità con parametri iniziali |

Tabella 4: Riepilogo fasi di calcolo – Interferenza scavo - versante

È stato possibile pertanto modellare tutte le fasi di costruzione dell'imbocco in termini di ribassi e posa in opera degli ordini di tiranti (fasi da 1 a 13). Per tali fasi le analisi forniscono valori di spostamento ammissibili e quindi condizioni di stabilità della paratia e del versante accettabili.

L'analisi di stabilità del pendio viene condotta utilizzando il metodo del Phi-c reduction, opzione disponibile in Plaxis per calcolare i fattori di sicurezza. Nell'approccio Phi-c reduction i parametri di resistenza $\tan\phi$ e c del terreno

vengono ridotti fin quando si raggiungono le condizioni limite del pendio; la resistenza di oggetti strutturali come piastre ed ancoraggi non è influenzata dalla procedura Phi-c reduction.

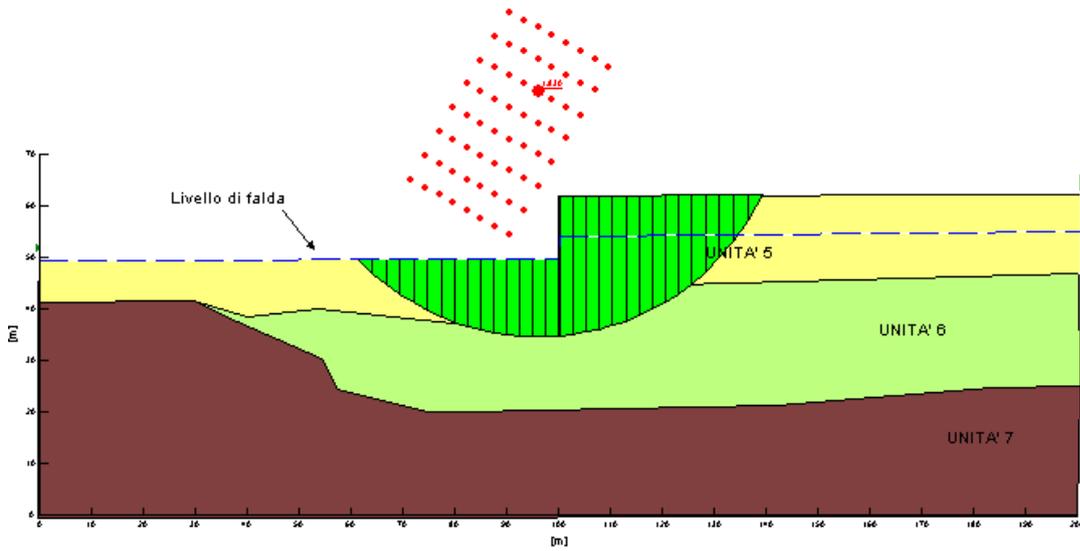
14.2.5. Risultati analisi di stabilità

Al fine di effettuare un confronto con quanto ottenuto dal programma PLAXIS al termine della fase 14 (analisi di stabilità con i parametri iniziali dei terreni), sono state eseguite delle analisi anche con il programma SLOPE.

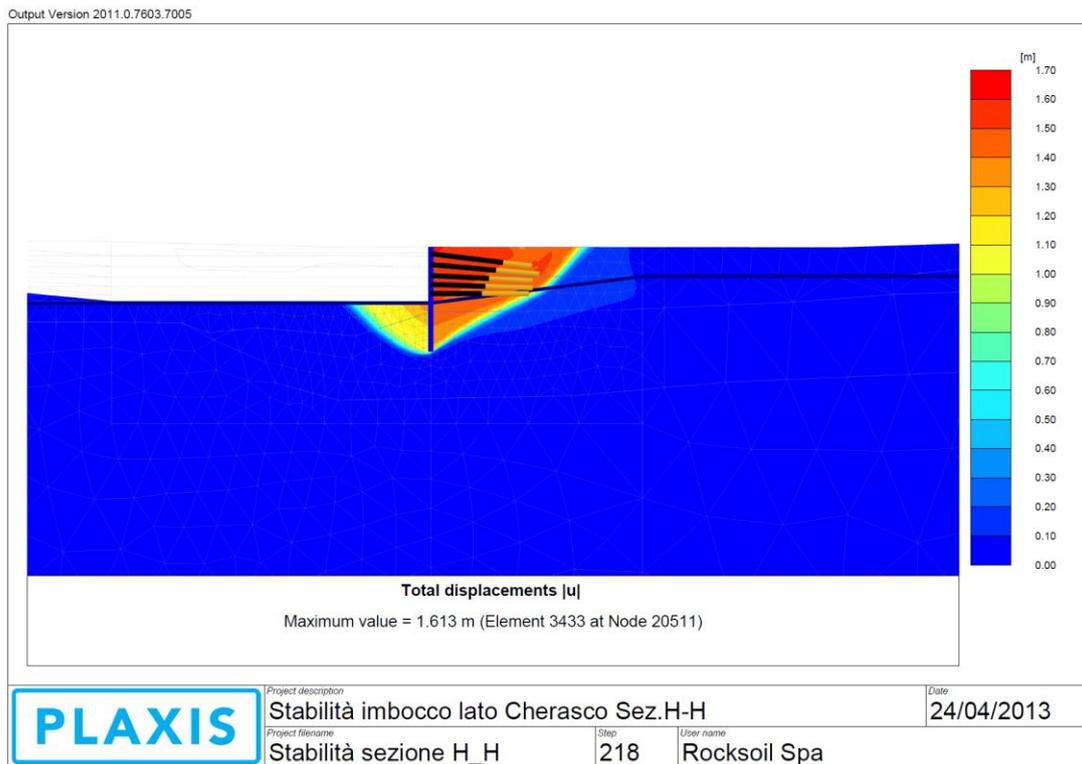
Su tale programma di calcolo le analisi sono state eseguite cautelativamente in assenza dell'azione stabilizzante esercitata dai tiranti e sono da intendersi a breve termine data la provvisorietà della situazione considerata (nel lungo termine si procede infatti al ritombamento degli sbancamenti effettuati). Inoltre le superfici critiche considerate sono solo quelle passanti per il piede della paratia.

Di seguito si riportano gli output ottenuti, in termini di superfici critiche, da Slope e da Plaxis, e una tabella contenente i coefficienti di sicurezza che i due programmi forniscono nei confronti della stabilità globale. Si precisa che i coefficienti di sicurezza forniti dal programma Slope sono quelli calcolati con il metodo di Bishop.

Sezione H-H



Slope

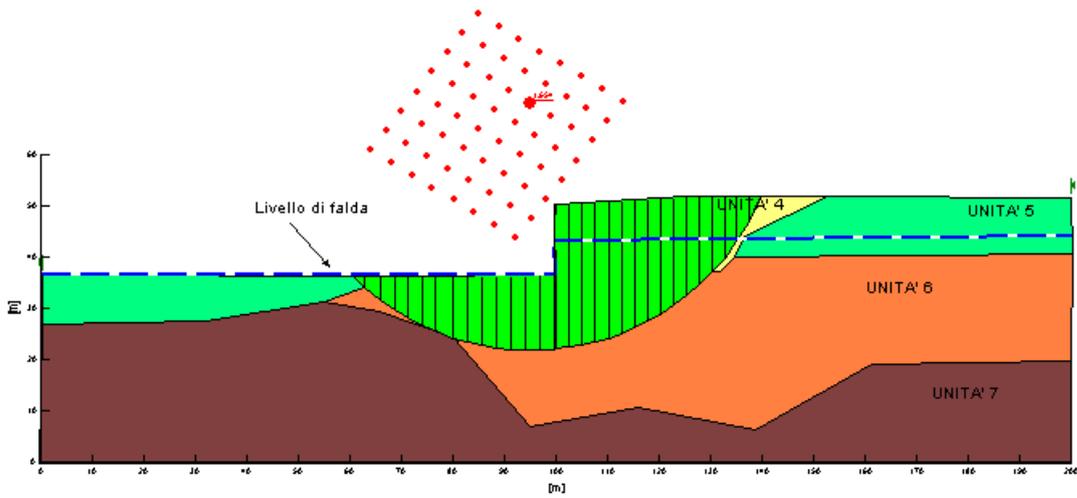


Plaxis

Figura 75: Stabilità globale

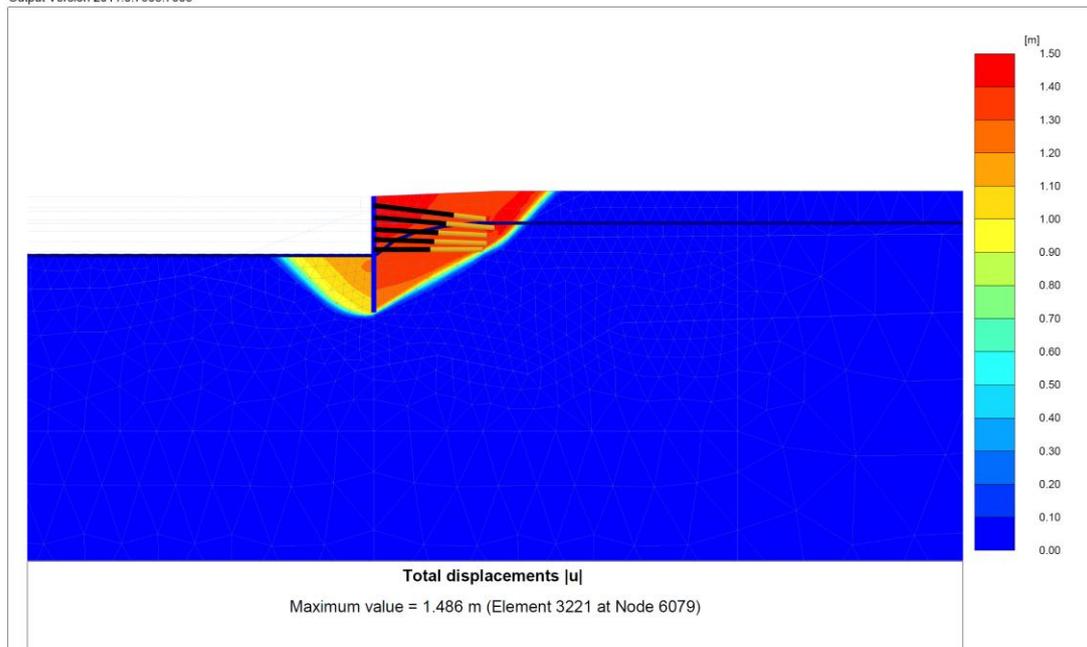


Sezione I-I



Slope

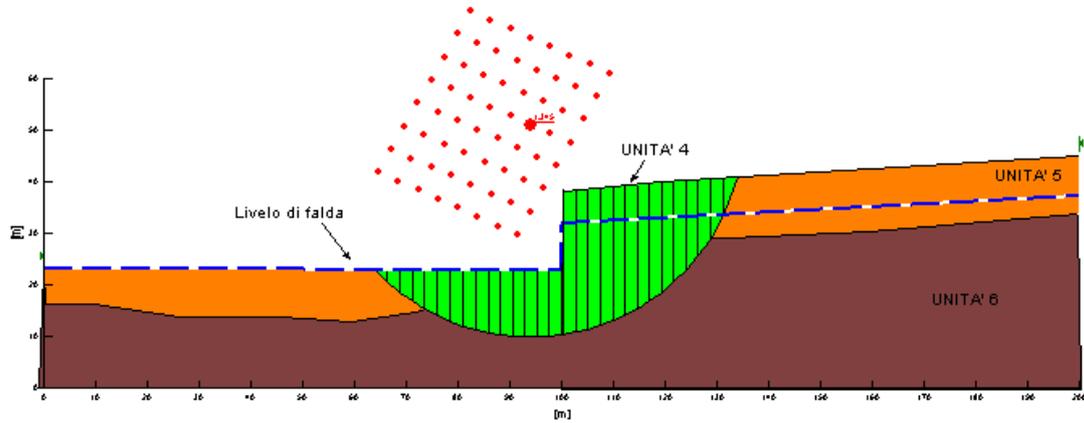
Output Version 2011.0.7603.7005



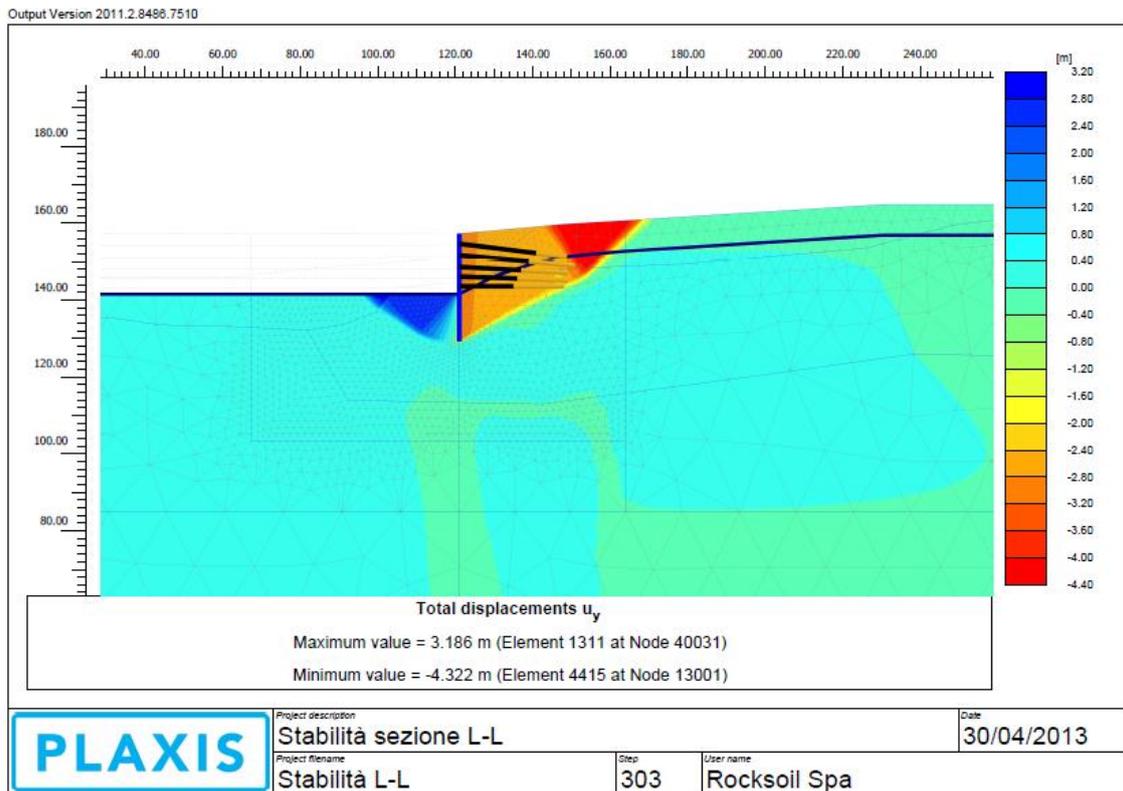
| | | | | | |
|---------------|---------------------|-----------------------|------|------|------------|
| PLAXIS | Project description | Stabilità sezione I-I | | Date | 29/04/2013 |
| | Project filename | Stabilità sezione I-I | Step | 198 | User name |

Plaxis

Sezione L-L



Slope



Plaxis

La tabella sotto contiene i fattori di sicurezza forniti dai due programmi.

| | F_{Slope} | F_{Plaxis} |
|-------------|-------------|--------------|
| Sezione H-H | 1.83 | 1.45 |
| Sezione I-I | 1.65 | 1.44 |
| Sezione L-L | 1.34 | 1.25 |

14.2.6. Interazione scavo – versante

Le analisi Plaxis hanno consentito di valutare l'entità degli spostamenti sul versante ed in particolare in prossimità delle aree interessate dagli edifici esistenti a seguito delle operazioni di scavo.

Sezione H-H

Al di sotto della zona costruita esistente, il modello di calcolo riporta spostamenti verticali costanti pari a 1.5 mm circa. Tali valori sono ritenuti ammissibili e compatibili con la modellazione eseguita. Non si evidenziano cedimenti differenziali che determinano problematiche per le strutture esistenti.

La superficie di scivolamento critica per la stabilità globale dell'opera di sostegno interessa un'area di 50 m dalla zona dell'imbocco. Gli edifici di interesse, situati ad una distanza di circa 300 m dalla zona dell'imbocco, non sono interessati da tale situazione critica.

Sezione I-I

Al di sotto della zona costruita esistente, l'analisi evidenzia spostamenti verticali nell'ordine di 1 mm. La distanza dell'edificio esistente dalle opere di scavo è pari a circa 700 m e il meccanismo di scivolamento rilevato con l'analisi di stabilità individua un'area critica di circa 40 m: per tali motivi si ritiene che le operazioni di scavo non abbiano ripercussioni e non compromettano l'integrità degli edifici esistenti analizzati.

Sezione L-L

Al di sotto della zona costruita esistente, l'analisi evidenzia spostamenti verticali nell'ordine di 1 mm. La distanza dell'edificio esistente dalle opere di scavo è pari a circa 200 m e il meccanismo di scivolamento rilevato con l'analisi di stabilità individua un'area critica di circa 48 m: per tali motivi si ritiene che le operazioni di scavo non abbiano ripercussioni e non compromettano l'integrità degli edifici esistenti analizzati.

Nel seguito sono riportati i risultati relativi allo studio dell'interferenza tra lo scavo ed il versante in termini di abbassamenti nella fase in cui viene raggiunto il fondo scavo. Sono evidenziate inoltre le aree dove sorgono i fabbricati in modo da poter notare anche graficamente la piccola entità degli spostamenti e soprattutto la loro uniformità lungo lo sviluppo degli edifici.

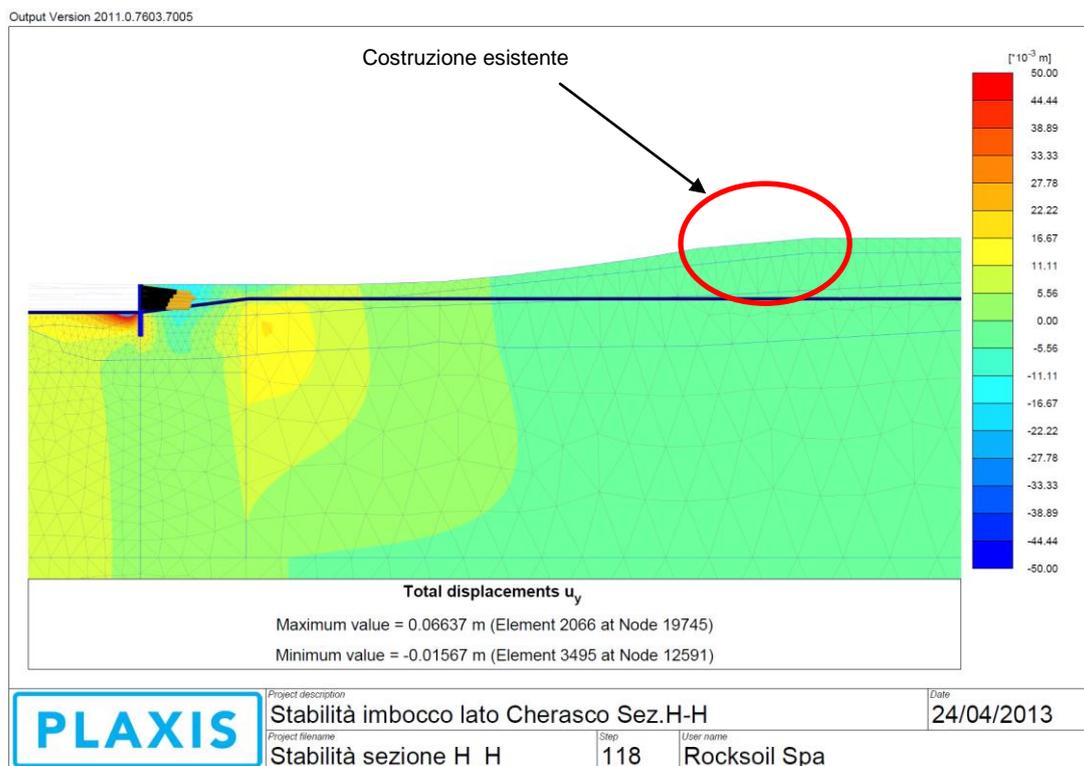


Figura 76: Fondo scavo – Abbassamenti (Sezione H-H)

Output Version 2011.0.7603.7005

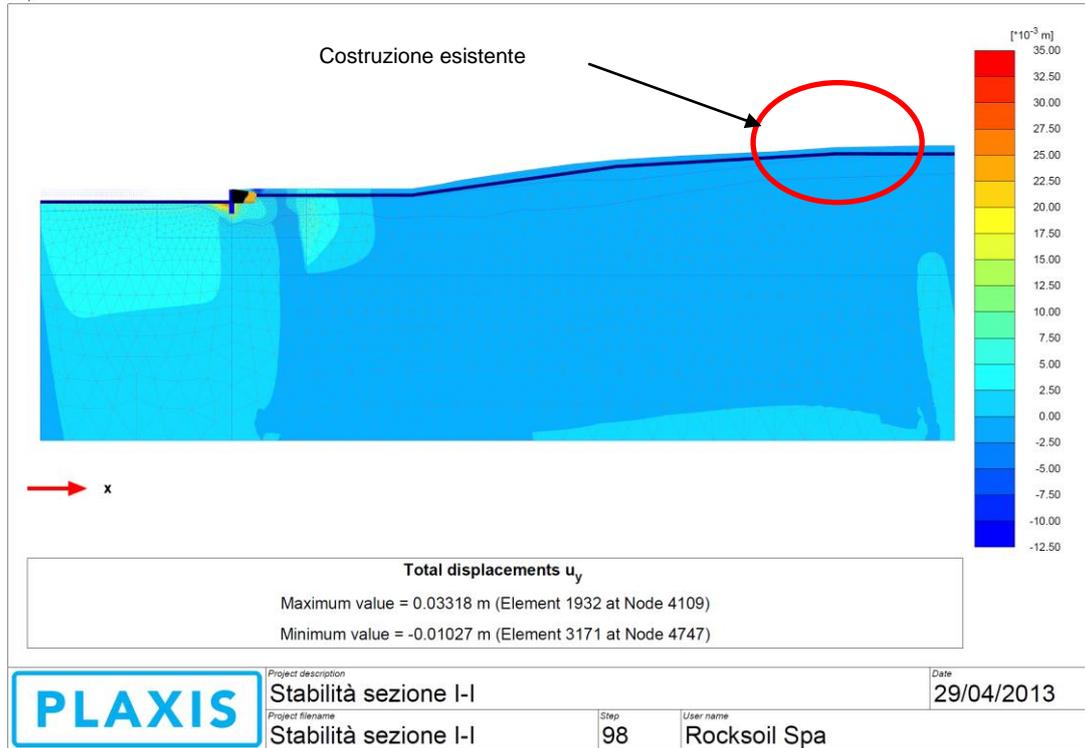


Figura 77: Fondo scavo – Abbassamenti (Sezione I-I)

Output Version 2011.2.8486.7510

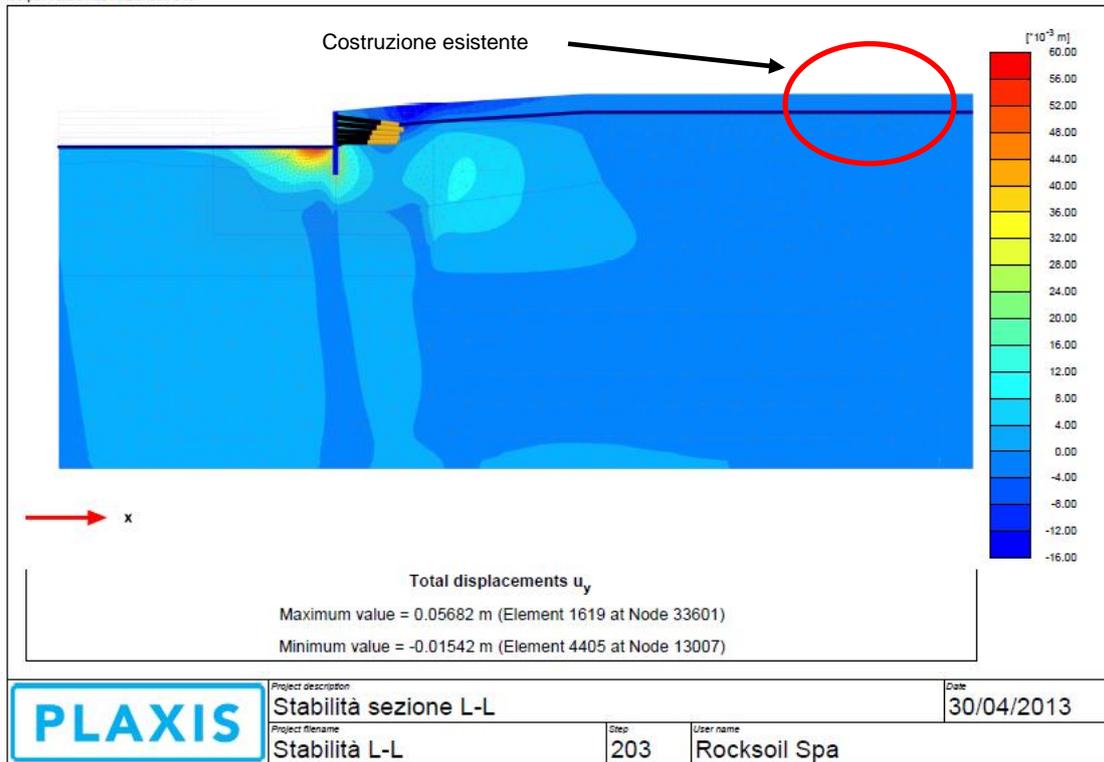


Figura 78: Fondo scavo – Abbassamenti (Sezione L-L)

15. MONITORAGGIO DELLE OPERE DI IMBOCCO

Il presente progetto è corredato di un piano di monitoraggio illustrato in apposita tavola grafica finalizzato al controllo dei fenomeni deformativi indotti dagli scavi propedeutici alla realizzazione degli imbocchi.

La strumentazione predisposta è relativa al controllo dei seguenti parametri:

- deformazioni delle paratie;
- tassi di lavoro dei tiranti di ancoraggio;
- deformazioni profonde del versante;
- livello piezometrico della falda;
- deformazioni superficiali del terreno.

A tal fine è stata prevista la messa in opera di:

- inclinometri
- estensimetro multibase a 4 basi
- targets topografici per la rilevazione degli spostamenti della paratia;
- celle di carico toroidali per la rilevazione del tasso di lavoro delle teste dei tiranti;
- piezometri;

L'installazione degli inclinometri e del piezometro e la lettura dei rispettivi dati dovrebbe precedere di almeno sei mesi l'attivazione dei lavori (monitoraggio ante-operam); quelle relative agli altri strumenti procederanno contestualmente alla progressione dei lavori degli imbocchi.

Le frequenze di lettura raccomandate sono settimanali per le fasi di costruzione dell'imbocco, mensili o bimestrali (in funzione della stabilizzazione delle misure) a scavi delle gallerie attivati.

La sospensione delle letture potrà avvenire a ritombamenti avvenuti.



16. APPENDICE A: “SEZIONE 1” – FASE 1

16.1. ANALISI A1M1 - SLV

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\d. progetto esecutivo 2015\05. lavoro\15-02-11 - imbocco lato
cherasco paratie_sgz\1 - paratia n°1_sgz\2_al+m1_slv\fase 1_sez_1_almlslv_sgz_hist00.d> Date=
11/Feb/15 12:11:52
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Cherasco
wall RightWall 0 187.2 219.2
*
soil DHRight RightWall 187.2 219.2 2 0
soil UHRight RightWall 187.2 219.2 1 180
*
material CLS 3.1447E+007
material Acciaio 2.1E+008
*
beam Beam RightWall 187.2 219.2 CLS 0.955541 00 00
*
wire Tirante1 RightWall 216.7 Acciaio 9.92857E-006 142.9 173
wire Tirante2 RightWall 213.7 Acciaio 1.65476E-005 214.3 175
wire Tirante3 RightWall 210.7 Acciaio 1.86161E-005 214.3 177
wire Tirante4 RightWall 208.2 Acciaio 3.97143E-005 428.6 178
wire Tirante5 RightWall 205.7 Acciaio 4.2551E-005 428.6 180
*
* Soil Profile
*
ldata 4 219.2
weight 20 10 10
atrest 0.5 0.5 1
resistance 0 30 0.374 3
young 10000 15000
endlayer
ldata 6 205
weight 20 10 10
atrest 0.593263 0.5 1
resistance 40 24 0.482 2.371
young 25000 27500
endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
setwall RightWall
geom 219.2 219.2
water 211.2 0
surcharge 20 219.2 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 216.20 m
setwall RightWall
geom 219.2 216.2
endstep
*
step 3 : Tirante n°1
setwall RightWall
add Tirante1
endstep
*
step 4 : Scavo fino a 213.20 m
setwall RightWall
geom 219.2 213.2
endstep
*
step 5 : Tirante n°2
setwall RightWall
add Tirante2
endstep
*
step 6 : Scavo fino a 210.20 m
setwall RightWall
geom 219.2 210.2
water 211.2 1
```



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

```
endstep
*
step 7 : Tirante n°3
  setwall RightWall
  add Tirante3
endstep
*
step 8 : Scavo fino a 207.70 m
  setwall RightWall
  geom 219.2 207.7
  water 211.2 3.5
endstep
*
step 9 : Tirante n°4
  setwall RightWall
  add Tirante4
endstep
*
step 10 : Scavo fino a 205.20 m
  setwall RightWall
  geom 219.2 205.2
  water 211.2 6
endstep
*
step 11 : Tirante n°5
  setwall RightWall
  add Tirante5
endstep
*
step 12 : Scavo fino a 203.85 m
  setwall RightWall
  geom 219.2 203.85
  water 211.2 7.35
endstep
*
step 13 : Sisma
  change 4 U-KA=0.392
  change 4 U-KP=2.956
  change 4 D-KA=0.392
  change 4 D-KP=2.956
  change 6 U-KA=0.505
  change 6 U-KP=2.332
  change 6 D-KA=0.505
  change 6 D-KP=2.332
  setwall RightWall
endstep
*
*
```



16.2. ANALISI A1M1 - SLD

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\d. progetto esecutivo 2015\05. lavoro\15-02-11 - imbocco lato
cherasco paratie_sgz\1 - paratia n°1_sgz\3_al+m1_sld\fase 1_sez_1_almisld_sgz_hist00.d> Date=
11/Feb/15 12:12:45
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Cherasco
wall RightWall 0 187.2 219.2
*
soil DHRight RightWall 187.2 219.2 2 0
soil UHRight RightWall 187.2 219.2 1 180
*
material CLS 3.1447E+007
material Acciaio 2.1E+008
*
beam Beam RightWall 187.2 219.2 CLS 0.955541 00 00
*
wire Tirante1 RightWall 216.7 Acciaio 9.92857E-006 142.9 173
wire Tirante2 RightWall 213.7 Acciaio 1.65476E-005 214.3 175
wire Tirante3 RightWall 210.7 Acciaio 1.86161E-005 214.3 177
wire Tirante4 RightWall 208.2 Acciaio 3.97143E-005 428.6 178
wire Tirante5 RightWall 205.7 Acciaio 4.2551E-005 428.6 180
*
* Soil Profile
*
ldata 4 219.2
weight 20 10 10
atrest 0.5 0.5 1
resistance 0 30 0.374 3
young 10000 15000
endlayer
ldata 6 205
weight 20 10 10
atrest 0.593263 0.5 1
resistance 40 24 0.482 2.371
young 25000 27500
endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
setwall RightWall
geom 219.2 219.2
water 211.2 0
surcharge 20 219.2 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 216.20 m
setwall RightWall
geom 219.2 216.2
endstep
*
step 3 : Tirante n°1
setwall RightWall
add Tirante1
endstep
*
step 4 : Scavo fino a 213.20 m
setwall RightWall
geom 219.2 213.2
endstep
*
step 5 : Tirante n°2
setwall RightWall
add Tirante2
endstep
*
step 6 : Scavo fino a 210.20 m
setwall RightWall
geom 219.2 210.2
water 211.2 1
endstep
*
step 7 : Tirante n°3
setwall RightWall
add Tirante3
endstep
```



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

```
*
step 8 : Scavo fino a 207.70 m
  setwall RightWall
    geom 219.2 207.7
    water 211.2 3.5
endstep
*
step 9 : Tirante n°4
  setwall RightWall
    add Tirante4
endstep
*
step 10 : Scavo fino a 205.20 m
  setwall RightWall
    geom 219.2 205.2
    water 211.2 6
endstep
*
step 11 : Tirante n°5
  setwall RightWall
    add Tirante5
endstep
*
step 12 : Scavo fino a 203.85 m
  setwall RightWall
    geom 219.2 203.85
    water 211.2 7.35
endstep
*
step 13 : Sisma
  change 4 U-KA=0.384
  change 4 U-KP=2.974
  change 4 D-KA=0.384
  change 4 D-KP=2.974
  change 6 U-KA=0.495
  change 6 U-KP=2.348
  change 6 D-KA=0.495
  change 6 D-KP=2.348
  setwall RightWall
endstep
*
*
```



16.3. ANALISI A2M2 - SLV

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\d. progetto esecutivo 2015\05. lavoro\15-02-11 - imbocco lato
cherasco paratie_sgz\1 - paratia n°1_sgz\4_a2+m2_slv\fase 1_sez_1_a2m2slv_sgz_hist00.d> Date=
11/Feb/15 12:14:13
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Cherasco
wall RightWall 0 187.2 219.2
*
soil DHRight RightWall 187.2 219.2 2 0
soil UHRight RightWall 187.2 219.2 1 180
*
material CLS 3.1447E+007
material Acciaio 2.1E+008
*
beam Beam RightWall 187.2 219.2 CLS 0.955541 00 00
*
wire Tirante1 RightWall 216.7 Acciaio 9.92857E-006 142.9 173
wire Tirante2 RightWall 213.7 Acciaio 1.65476E-005 214.3 175
wire Tirante3 RightWall 210.7 Acciaio 1.86161E-005 214.3 177
wire Tirante4 RightWall 208.2 Acciaio 3.97143E-005 428.6 178
wire Tirante5 RightWall 205.7 Acciaio 4.2551E-005 428.6 180
*
* Soil Profile
*
ldata 4 219.2
weight 20 10 10
atrest 0.580548 0.5 1
resistance 0 24.8 0.466 2.445
young 10000 15000
endlayer
ldata 6 205
weight 20 10 10
atrest 0.664548 0.5 1
resistance 32 19.6 0.579 2.01
young 25000 27500
endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
setwall RightWall
geom 219.2 219.2
water 211.2 0
surcharge 20 219.2 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 216.20 m
setwall RightWall
geom 219.2 216.2
endstep
*
step 3 : Tirante n°1
setwall RightWall
add Tirante1
endstep
*
step 4 : Scavo fino a 213.20 m
setwall RightWall
geom 219.2 213.2
endstep
*
step 5 : Tirante n°2
setwall RightWall
add Tirante2
endstep
*
step 6 : Scavo fino a 210.20 m
setwall RightWall
geom 219.2 210.2
water 211.2 1
endstep
*
step 7 : Tirante n°3
setwall RightWall
add Tirante3
endstep
```



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

```
*
step 8 : Scavo fino a 207.70 m
  setwall RightWall
  geom 219.2 207.7
  water 211.2 3.5
endstep
*
step 9 : Tirante n°4
  setwall RightWall
  add Tirante4
endstep
*
step 10 : Scavo fino a 205.20 m
  setwall RightWall
  geom 219.2 205.2
  water 211.2 6
endstep
*
step 11 : Tirante n°5
  setwall RightWall
  add Tirante5
endstep
*
step 12 : Scavo fino a 203.85 m
  setwall RightWall
  geom 219.2 203.85
  water 211.2 7.35
endstep
*
step 13 : Sisma
  change 4 U-KA=0.488
  change 4 U-KP=2.405
  change 4 D-KA=0.488
  change 4 D-KP=2.405
  change 6 U-KA=0.607
  change 6 U-KP=1.973
  change 6 D-KA=0.607
  change 6 D-KP=1.973
  setwall RightWall
endstep
*
*
```



17. APPENDICE B: “SEZIONE 1” – FASE 2

17.1. ANALISI A1M1 - SLV

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\d. progetto esecutivo 2015\05. lavoro\15-02-11 - imbocco lato
cherasco paratie_sgz\1 - paratia n°1_sgz\2_al+m1_slv\fase 2_sez_1_almlslv_sgz_hist00.d> Date=
11/Feb/15 12:12:23
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Cherasco
  wall RightWall 0 187.2 205.1
*
soil DHRight RightWall 187.2 205.1 2 0
soil UHRight RightWall 187.2 205.1 1 180
*
material CLS 3.1447E+007
*
beam Beam RightWall 187.2 205.1 CLS 0.955541 00 00
*
* Soil Profile
*
  ldata      4 205.1
    weight   20 10 10
    atrest   0.5 0.5 1
    resistance 0 30 0.374 3
    young    10000 15000
  endlayer
  ldata      6 205
    weight   20 10 10
    atrest   0.593263 0.5 1
    resistance 40 24 0.482 2.371
    young    25000 27500
  endlayer
*
step 1 : Fase iniziale
  setwall RightWall
    water 205.1 0
    surcharge 20 205.1 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 197.7 m
  setwall RightWall
    geom 205.1 197.7
    water 205.1 7.4
endstep
*
step 3 : Sisma
  change 4 U-KA=0.392
  change 4 U-KP=2.956
  change 4 D-KA=0.392
  change 4 D-KP=2.956
  change 6 U-KA=0.505
  change 6 U-KP=2.332
  change 6 D-KA=0.505
  change 6 D-KP=2.332
  setwall RightWall
endstep
*
*
```



17.2. ANALISI A1M1 - SLD

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\d. progetto esecutivo 2015\05. lavoro\15-02-11 - imbocco lato
cherasco paratie_sgz\1 - paratia n°1_sgz\3_al+m1_sld\fase 2_sez_1_almlsld_sgz_hist00.d> Date=
11/Feb/15 12:13:16
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Cherasco
  wall RightWall 0 187.2 205.1
*
soil DHRight RightWall 187.2 205.1 2 0
soil UHRight RightWall 187.2 205.1 1 180
*
material CLS 3.1447E+007
*
beam Beam RightWall 187.2 205.1 CLS 0.955541 00 00
*
* Soil Profile
*
  ldata      4 205.1
    weight   20 10 10
    atrest   0.5 0.5 1
    resistance 0 30 0.374 3
    young    10000 15000
  endlayer
  ldata      6 205
    weight   20 10 10
    atrest   0.593263 0.5 1
    resistance 40 24 0.482 2.371
    young    25000 27500
  endlayer
*
step 1 : Fase iniziale
  setwall RightWall
    water 205.1 0
    surcharge 20 205.1 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 197.7 m
  setwall RightWall
    geom 205.1 197.7
    water 205.1 7.4
endstep
*
step 3 : Sisma
  change 4 U-KA=0.384
  change 4 U-KP=2.974
  change 4 D-KA=0.384
  change 4 D-KP=2.974
  change 6 U-KA=0.495
  change 6 U-KP=2.348
  change 6 D-KA=0.495
  change 6 D-KP=2.348
  setwall RightWall
endstep
*
*
```



17.3. ANALISI A2M2 - SLV

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\d. progetto esecutivo 2015\05. lavoro\15-02-11 - imbocco lato
cherasco paratie_sgz\1 - paratia n°1_sgz\4_a2+m2_slv\fase 2_sez_1_a2m2slv_sgz_hist00.d> Date=
11/Feb/15 12:15:29
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Cherasco
wall RightWall 0 187.2 205.1
*
soil DHRight RightWall 187.2 205.1 2 0
soil UHRight RightWall 187.2 205.1 1 180
*
material CLS 3.1447E+007
*
beam Beam RightWall 187.2 205.1 CLS 0.955541 00 00
*
* Soil Profile
*
ldata      4 205.1
  weight   20 10 10
  atrest   0.580548 0.5 1
  resistance 0 24.8 0.466 2.445
  young    10000 15000
endlayer
ldata      6 205
  weight   20 10 10
  atrest   0.664548 0.5 1
  resistance 32 19.6 0.579 2.01
  young    25000 27500
endlayer
*
step 1 : Fase iniziale
setwall RightWall
water 205.1 0
surcharge 20 205.1 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 197.7 m
setwall RightWall
geom 205.1 197.7
water 205.1 7.4
endstep
*
step 3 : Sisma
change 4 U-KA=0.488
change 4 U-KP=2.405
change 4 D-KA=0.488
change 4 D-KP=2.405
change 6 U-KA=0.607
change 6 U-KP=1.973
change 6 D-KA=0.607
change 6 D-KP=1.973
setwall RightWall
endstep
*
*
```



18. APPENDICE C: “SEZIONE 2” – FASE 1

18.1. ANALISI A1M1 - SLV

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\d. progetto esecutivo 2015\05. lavoro\15-02-11 - imbocco lato
cherasco paratie_sgz\2 - paratia n°2_sgz\2_al+m1_slv\fase1_sez_2_alm1slv_sgz_hist00.d> Date=
11/Feb/15 15:49:02
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Cherasco
wall RightWall 0 184.6 217.6
*
soil DHRight RightWall 184.6 217.6 2 0
soil UHRight RightWall 184.6 217.6 1 180
*
material CLS 3.1447E+007
material Acciaio 2.1E+008
*
beam Beam RightWall 184.6 217.6 CLS 0.955541 00 00
*
wire Tirante1 RightWall 215.1 Acciaio 9.92857E-006 142.9 173
wire Tirante2 RightWall 212.1 Acciaio 1.65476E-005 214.3 175
wire Tirante3 RightWall 209.1 Acciaio 1.86161E-005 214.3 177
wire Tirante4 RightWall 206.6 Acciaio 3.97143E-005 428.6 178
wire Tirante5 RightWall 204.1 Acciaio 4.2551E-005 428.6 180
*
* Soil Profile
*
ldata 4 217.6
weight 20 10 10
atrest 0.5 0.5 1
resistance 0 30 0.309 3
young 10000 15000
endlayer
ldata 5 212.2
weight 19.5 9.5 10
atrest 0.54601 0.5 1
resistance 5 27 0.352 2.663
young 15000 22500
endlayer
ldata 6 197.4
weight 20 10 10
atrest 0.593263 0.5 1
resistance 40 24 0.401 2.371
young 25000 27500
endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
setwall RightWall
geom 217.6 217.6
water 209.6 0
surcharge 20 217.6 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 214.60 m
setwall RightWall
geom 217.6 214.6
endstep
*
step 3 : Tirante n°1
setwall RightWall
add Tirante1
endstep
*
step 4 : Scavo fino a 211.60 m
setwall RightWall
geom 217.6 211.6
endstep
*
step 5 : Tirante n°2
setwall RightWall
add Tirante2
endstep
```



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

```
*
step 6 : Scavo fino a 208.60 m
  setwall RightWall
  geom 217.6 208.6
  water 209.6 1
endstep
*
step 7 : Tirante n°3
  setwall RightWall
  add Tirante3
endstep
*
step 8 : Scavo fino a 206.1 m
  setwall RightWall
  geom 217.6 206.1
  water 209.6 3.5
endstep
*
step 9 : Tirante n°4
  setwall RightWall
  add Tirante4
endstep
*
step 10 : Scavo fino a 203.60 m
  setwall RightWall
  geom 217.6 203.6
  water 209.6 6
endstep
*
step 11 : Tirante n°5
  setwall RightWall
  add Tirante5
endstep
*
step 12 : Scavo fino a 202.3 m
  setwall RightWall
  geom 217.6 202.3
  water 209.6 7.3
endstep
*
step 13 : Sisma
  change 4 U-KA=0.368
  change 4 U-KP=2.956
  change 4 D-KA=0.368
  change 4 D-KP=2.956
  change 5 U-KA=0.415
  change 5 U-KP=2.621
  change 5 D-KA=0.415
  change 5 D-KP=2.621
  change 6 U-KA=0.467
  change 6 U-KP=2.332
  change 6 D-KA=0.467
  change 6 D-KP=2.332
  setwall RightWall
endstep
*
*
```



18.2. ANALISI A1M1 - SLD

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\d. progetto esecutivo 2015\05. lavoro\15-02-11 - imbocco lato
cherasco paratie_sgz\2 - paratia n°2_sgz\3_al+m1_sld\fase1_sez_2_almsld_sgz_hist00.d> Date=
11/Feb/15 15:50:24
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Cherasco
wall RightWall 0 184.6 217.6
*
soil DHRight RightWall 184.6 217.6 2 0
soil UHRight RightWall 184.6 217.6 1 180
*
material CLS 3.1447E+007
material Acciaio 2.1E+008
*
beam Beam RightWall 184.6 217.6 CLS 0.955541 00 00
*
wire Tirantel RightWall 215.1 Acciaio 9.92857E-006 142.9 173
wire Tirante2 RightWall 212.1 Acciaio 1.65476E-005 214.3 175
wire Tirante3 RightWall 209.1 Acciaio 1.86161E-005 214.3 177
wire Tirante4 RightWall 206.6 Acciaio 3.97143E-005 428.6 178
wire Tirante5 RightWall 204.1 Acciaio 4.2551E-005 428.6 180
*
* Soil Profile
*
ldata 4 217.6
weight 20 10 10
atrest 0.5 0.5 1
resistance 0 30 0.309 3
young 10000 15000
endlayer
ldata 5 212.2
weight 19.5 9.5 10
atrest 0.54601 0.5 1
resistance 5 27 0.352 2.663
young 15000 22500
endlayer
ldata 6 197.4
weight 20 10 10
atrest 0.593263 0.5 1
resistance 40 24 0.401 2.371
young 25000 27500
endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
setwall RightWall
geom 217.6 217.6
water 209.6 0
surcharge 20 217.6 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 214.60 m
setwall RightWall
geom 217.6 214.6
endstep
*
step 3 : Tirante n°1
setwall RightWall
add Tirantel
endstep
*
step 4 : Scavo fino a 211.60 m
setwall RightWall
geom 217.6 211.6
endstep
*
step 5 : Tirante n°2
setwall RightWall
add Tirante2
endstep
*
step 6 : Scavo fino a 208.60 m
setwall RightWall
geom 217.6 208.6
water 209.6 1
endstep
```



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

```
*
step 7 : Tirante n°3
  setwall RightWall
  add Tirante3
endstep
*
step 8 : Scavo fino a 206.1 m
  setwall RightWall
  geom 217.6 206.1
  water 209.6 3.5
endstep
*
step 9 : Tirante n°4
  setwall RightWall
  add Tirante4
endstep
*
step 10 : Scavo fino a 203.60 m
  setwall RightWall
  geom 217.6 203.6
  water 209.6 6
endstep
*
step 11 : Tirante n°5
  setwall RightWall
  add Tirante5
endstep
*
step 12 : Scavo fino a 202.3 m
  setwall RightWall
  geom 217.6 202.3
  water 209.6 7.3
endstep
*
step 13 : Sisma
  change 4 U-KA=0.361
  change 4 U-KP=2.974
  change 4 D-KA=0.361
  change 4 D-KP=2.974
  change 5 U-KA=0.408
  change 5 U-KP=2.639
  change 5 D-KA=0.408
  change 5 D-KP=2.639
  change 6 U-KA=0.459
  change 6 U-KP=2.348
  change 6 D-KA=0.459
  change 6 D-KP=2.348
  setwall RightWall
endstep
*
*
```



18.3. ANALISI A2M2 - SLV

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\d. progetto esecutivo 2015\05. lavoro\15-02-11 - imbocco lato
cherasco paratie_sgz\2 - paratia n°2_sgz\4_a2+m2_slv\fase1_sez_2_a2m2slv_sgz_hist00.d> Date=
11/Feb/15 15:51:41
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Cherasco
wall RightWall 0 184.6 217.6
*
soil DHRight RightWall 184.6 217.6 2 0
soil UHRight RightWall 184.6 217.6 1 180
*
material CLS 3.1447E+007
material Acciaio 2.1E+008
*
beam Beam RightWall 184.6 217.6 CLS 0.955541 00 00
*
wire Tirantel RightWall 215.1 Acciaio 9.92857E-006 142.9 173
wire Tirante2 RightWall 212.1 Acciaio 1.65476E-005 214.3 175
wire Tirante3 RightWall 209.1 Acciaio 1.86161E-005 214.3 177
wire Tirante4 RightWall 206.6 Acciaio 3.97143E-005 428.6 178
wire Tirante5 RightWall 204.1 Acciaio 4.2551E-005 428.6 180
*
* Soil Profile
*
ldata 4 217.6
weight 20 10 10
atrest 0.5 0.5 1
resistance 0 30 0.309 3
young 10000 15000
endlayer
ldata 5 212.2
weight 19.5 9.5 10
atrest 0.54601 0.5 1
resistance 5 27 0.352 2.663
young 15000 22500
endlayer
ldata 6 197.4
weight 20 10 10
atrest 0.593263 0.5 1
resistance 40 24 0.401 2.371
young 25000 27500
endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
setwall RightWall
geom 217.6 217.6
water 209.6 0
surcharge 20 217.6 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 214.60 m
setwall RightWall
geom 217.6 214.6
endstep
*
step 3 : Tirante n°1
setwall RightWall
add Tirantel
endstep
*
step 4 : Scavo fino a 211.60 m
setwall RightWall
geom 217.6 211.6
endstep
*
step 5 : Tirante n°2
setwall RightWall
add Tirante2
endstep
*
step 6 : Scavo fino a 208.60 m
setwall RightWall
geom 217.6 208.6
water 209.6 1
endstep
```



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

```
*
step 7 : Tirante n°3
  setwall RightWall
  add Tirante3
endstep
*
step 8 : Scavo fino a 206.1 m
  setwall RightWall
  geom 217.6 206.1
  water 209.6 3.5
endstep
*
step 9 : Tirante n°4
  setwall RightWall
  add Tirante4
endstep
*
step 10 : Scavo fino a 203.60 m
  setwall RightWall
  geom 217.6 203.6
  water 209.6 6
endstep
*
step 11 : Tirante n°5
  setwall RightWall
  add Tirante5
endstep
*
step 12 : Scavo fino a 202.3 m
  setwall RightWall
  geom 217.6 202.3
  water 209.6 7.3
endstep
*
step 13 : Sisma
  change 4 U-KA=0.453
  change 4 U-KP=2.405
  change 4 D-KA=0.453
  change 4 D-KP=2.405
  change 5 U-KA=0.501
  change 5 U-KP=2.177
  change 5 D-KA=0.501
  change 5 D-KP=2.177
  change 6 U-KA=0.554
  change 6 U-KP=1.973
  change 6 D-KA=0.554
  change 6 D-KP=1.973
  setwall RightWall
endstep
*
*
```



19. APPENDICE D: “SEZIONE 2” – FASE 2

19.1. ANALISI A1M1 - SLV

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\d. progetto esecutivo 2015\05. lavoro\15-02-11 - imbocco lato
cherasco paratie_sgz\2 - paratia n°2_sgz\2_al+m1_slv\fase2_sez_2_alm1slv_sgz_hist00.d> Date=
11/Feb/15 15:50:04
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Cherasco
wall RightWall 0 184.6 203.55
*
soil DHRight RightWall 184.6 203.55 2 0
soil UHRight RightWall 184.6 203.55 1 180
*
material CLS 3.1447E+007
*
beam Beam RightWall 184.6 203.55 CLS 0.955541 00 00
*
* Soil Profile
*
ldata      5 203.55
  weight   19.5 9.5 10
  atrest   0.54601 0.5 1
  resistance 5 27 0.352 2.663
  young    15000 22500
endlayer
ldata      6 197.4
  weight   20 10 10
  atrest   0.593263 0.5 1
  resistance 40 24 0.401 2.371
  young    25000 27500
endlayer
*
step 1 : Fase iniziale
  setwall RightWall
    geom 217.6 217.6
    water 203.55 0
    surcharge 20 203.5 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 196.05 m
  setwall RightWall
    geom 203.55 196.05
    water 203.55 7.5
endstep
*
step 3 : Sisma
  change 5 U-KA=0.415
  change 5 U-KP=2.621
  change 5 D-KA=0.415
  change 5 D-KP=2.621
  change 6 U-KA=0.467
  change 6 U-KP=2.332
  change 6 D-KA=0.467
  change 6 D-KP=2.332
  setwall RightWall
endstep
*
*
```



19.2. ANALISI A1M1 - SLD

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\d. progetto esecutivo 2015\05. lavoro\15-02-11 - imbocco lato
cherasco paratie_sgz\2 - paratia n°2_sgz\3_al+m1_sld\fase2_sez_2_almlsld_sgz_hist00.d> Date=
11/Feb/15 15:50:57
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Cherasco
wall RightWall 0 184.6 203.55
*
soil DHRight RightWall 184.6 203.55 2 0
soil UHRight RightWall 184.6 203.55 1 180
*
material CLS 3.1447E+007
*
beam Beam RightWall 184.6 203.55 CLS 0.955541 00 00
*
* Soil Profile
*
ldata      5 203.55
  weight   19.5 9.5 10
  atrest   0.54601 0.5 1
  resistance 5 27 0.352 2.663
  young    15000 22500
endlayer
ldata      6 197.4
  weight   20 10 10
  atrest   0.593263 0.5 1
  resistance 40 24 0.401 2.371
  young    25000 27500
endlayer
*
step 1 : Fase iniziale
setwall RightWall
  geom 217.6 217.6
  water 203.55 0
  surcharge 20 203.5 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 196.05 m
setwall RightWall
  geom 203.55 196.05
  water 203.55 7.5
endstep
*
step 3 : Sisma
change 5 U-KA=0.408
change 5 U-KP=2.639
change 5 D-KA=0.408
change 5 D-KP=2.639
change 6 U-KA=0.459
change 6 U-KP=2.348
change 6 D-KA=0.459
change 6 D-KP=2.348
setwall RightWall
endstep
*
*
```



19.3. ANALISI A2M2 - SLV

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\d. progetto esecutivo 2015\05. lavoro\15-02-11 - imbocco lato
cherasco paratie_sgz\2 - paratia n°2_sgz\4_a2+m2_slv\fase2_sez_2_a2m2slv_sgz_hist00.d> Date=
11/Feb/15 15:52:23
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Cherasco
wall RightWall 0 184.6 203.55
*
soil DHRight RightWall 184.6 203.55 2 0
soil UHRight RightWall 184.6 203.55 1 180
*
material CLS 3.1447E+007
*
beam Beam RightWall 184.6 203.55 CLS 0.955541 00 00
*
* Soil Profile
*
ldata      5 203.55
  weight   19.5 9.5 10
  atrest   0.54601 0.5 1
  resistance 5 27 0.352 2.663
  young    15000 22500
endlayer
ldata      6 197.4
  weight   20 10 10
  atrest   0.593263 0.5 1
  resistance 40 24 0.401 2.371
  young    25000 27500
endlayer
*
step 1 : Fase iniziale
  setwall RightWall
    geom 217.6 217.6
    water 203.55 0
    surcharge 20 203.5 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 196.05 m
  setwall RightWall
    geom 203.55 196.05
    water 203.55 7.5
endstep
*
step 3 : Sisma
  change 5 U-KA=0.501
  change 5 U-KP=2.177
  change 5 D-KA=0.501
  change 5 D-KP=2.177
  change 6 U-KA=0.554
  change 6 U-KP=1.973
  change 6 D-KA=0.554
  change 6 D-KP=1.973
  setwall RightWall
endstep
*
*
```



20. APPENDICE E: “SEZIONE 3”

20.1. ANALISI A1M1 - SLV

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\b. progetto esecutivo\5. lavoro\imbocco cherasco\tbm_pe - paratie
cherasco_sgz\3 - paratia n°3_sgz\2_al+m1_slv\sez_3_almlslv_sgz_hist00.d> Date= 16/Apr/13 14:20:02
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Cherasco
  wall RightWall 0 195.3 218.25
*
soil DHRight RightWall 195.3 218.25 2 0
soil UHRight RightWall 195.3 218.25 1 180
*
material CLS 3.1447E+007
material Acciaio 2.1E+008
*
beam Beam RightWall 195.3 218.25 CLS 0.955541 00 00
*
wire Tirantel RightWall 215.25 Acciaio 1.41837E-005 142.9 155
wire Tirante2 RightWall 213.7 Acciaio 2.48214E-005 214.3 155
wire Tirante3 RightWall 210.7 Acciaio 2.70779E-005 214.3 155
wire Tirante4 RightWall 208.2 Acciaio 5.95714E-005 428.6 155
*
* Soil Profile
*
  ldata      4 218.25
    weight   20 10 10
    atrest   0.5 0.5 1
    resistance 0 30 0.374 3
    young    10000 15000
  endlayer
  ldata      6 211.25
    weight   20 10 10
    atrest   0.593263 0.5 1
    resistance 40 24 0.482 2.371
    young    25000 27500
  endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
  setwall RightWall
    geom 218.25 218.25
    water 210.25 0
    surcharge 20 218.25 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 214.75 m
  setwall RightWall
    geom 218.25 214.75
endstep
*
step 3 : Tirante n°1
  setwall RightWall
    add Tirantel
endstep
*
step 4 : Scavo fino a 213.20 m
  setwall RightWall
    geom 218.25 213.2
endstep
*
step 5 : Tirante n°2
  setwall RightWall
    add Tirante2
endstep
*
step 6 : Scavo fino a 210.20 m
  setwall RightWall
    geom 218.25 210.2
    water 210.25 0.05
endstep
*
```



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

```
step 7 : Tirante n°3
  setwall RightWall
  add Tirante3
endstep
*
step 8 : Scavo fino a 207.70 m
  setwall RightWall
  geom 218.25 207.7
  water 210.25 2.55
endstep
*
step 9 : Tirante n°4
  setwall RightWall
  add Tirante4
endstep
*
step 10 : Scavo fino a 204.90 m
  setwall RightWall
  geom 218.25 204.9
  water 210.25 5.35
endstep
*
step 11 : Sisma
  change 4 U-KA=0.392
  change 4 U-KP=2.956
  change 4 D-KA=0.392
  change 4 D-KP=2.956
  change 6 U-KA=0.505
  change 6 U-KP=2.332
  change 6 D-KA=0.505
  change 6 D-KP=2.332
  setwall RightWall
endstep
*
*
```



20.2. ANALISI A1M1 - SLD

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\b. progetto esecutivo\5. lavoro\imbocco cherasco\tbm_pe - paratie
cherasco_sgz\3 - paratia n°3_sgz\3_al+m1_sld\sez_3_almlsld_sgz_hist00.d> Date= 16/Apr/13 14:21:27
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Cherasco
  wall RightWall 0 195.3 218.25
*
soil DHRight RightWall 195.3 218.25 2 0
soil UHRight RightWall 195.3 218.25 1 180
*
material CLS 3.1447E+007
material Acciaio 2.1E+008
*
beam Beam RightWall 195.3 218.25 CLS 0.955541 00 00
*
wire Tirante1 RightWall 215.25 Acciaio 1.41837E-005 142.9 155
wire Tirante2 RightWall 213.7 Acciaio 2.48214E-005 214.3 155
wire Tirante3 RightWall 210.7 Acciaio 2.70779E-005 214.3 155
wire Tirante4 RightWall 208.2 Acciaio 5.95714E-005 428.6 155
*
* Soil Profile
*
  ldata      4 218.25
    weight   20 10 10
    atrest   0.5 0.5 1
    resistance 0 30 0.374 3
    young    10000 15000
  endlayer
  ldata      6 211.25
    weight   20 10 10
    atrest   0.593263 0.5 1
    resistance 40 24 0.482 2.371
    young    25000 27500
  endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
  setwall RightWall
    geom 218.25 218.25
    water 210.25 0
    surcharge 20 218.25 0 0
  endstep
*
step 2 : Scavo fino a 214.75 m
  setwall RightWall
    geom 218.25 214.75
  endstep
*
step 3 : Tirante n°1
  setwall RightWall
    add Tirante1
  endstep
*
step 4 : Scavo fino a 213.20 m
  setwall RightWall
    geom 218.25 213.2
  endstep
*
step 5 : Tirante n°2
  setwall RightWall
    add Tirante2
  endstep
*
step 6 : Scavo fino a 210.20 m
  setwall RightWall
    geom 218.25 210.2
    water 210.25 0.05
  endstep
*
step 7 : Tirante n°3
  setwall RightWall
    add Tirante3
  endstep
*
step 8 : Scavo fino a 207.70 m
```



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

```
setwall RightWall
  geom 218.25 207.7
  water 210.25 2.55
endstep
*
step 9 : Tirante n°4
  setwall RightWall
  add Tirante4
endstep
*
step 10 : Scavo fino a 204.90 m
  setwall RightWall
  geom 218.25 204.9
  water 210.25 5.35
endstep
*
step 11 : Sisma
  change 4 U-KA=0.384
  change 4 U-KP=2.974
  change 4 D-KA=0.384
  change 4 D-KP=2.974
  change 6 U-KA=0.495
  change 6 U-KP=2.348
  change 6 D-KA=0.495
  change 6 D-KP=2.348
  setwall RightWall
endstep
*
*
```



20.3. ANALISI A2M2 - SLV

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\b. progetto esecutivo\5. lavoro\imbocco cherasco\tbm_pe - paratie
cherasco_sgz\3 - paratia n°3_sgz\4_a2+m2_slv\sez_3_a2m2slv_sgz_hist00.d> Date= 16/Apr/13 14:23:00
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Cherasco
  wall RightWall 0 195.3 218.25
*
soil DHRight RightWall 195.3 218.25 2 0
soil UHRight RightWall 195.3 218.25 1 180
*
material CLS 3.1447E+007
material Acciaio 2.1E+008
*
beam Beam RightWall 195.3 218.25 CLS 0.955541 00 00
*
wire Tirante1 RightWall 215.25 Acciaio 1.41837E-005 142.9 155
wire Tirante2 RightWall 213.7 Acciaio 2.48214E-005 214.3 155
wire Tirante3 RightWall 210.7 Acciaio 2.70779E-005 214.3 155
wire Tirante4 RightWall 208.2 Acciaio 5.95714E-005 428.6 155
*
* Soil Profile
*
  ldata      4 218.25
    weight   20 10 10
    atrest   0.580548 0.5 1
    resistance 0 24.8 0.466 2.445
    young    10000 15000
  endlayer
  ldata      6 211.25
    weight   20 10 10
    atrest   0.664548 0.5 1
    resistance 32 19.6 0.579 2.01
    young    25000 27500
  endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
  setwall RightWall
    geom 218.25 218.25
    water 210.25 0
    surcharge 20 218.25 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 214.75 m
  setwall RightWall
    geom 218.25 214.75
endstep
*
step 3 : Tirante n°1
  setwall RightWall
    add Tirante1
endstep
*
step 4 : Scavo fino a 213.20 m
  setwall RightWall
    geom 218.25 213.2
endstep
*
step 5 : Tirante n°2
  setwall RightWall
    add Tirante2
endstep
*
step 6 : Scavo fino a 210.20 m
  setwall RightWall
    geom 218.25 210.2
    water 210.25 0.05
endstep
*
step 7 : Tirante n°3
  setwall RightWall
    add Tirante3
endstep
*
step 8 : Scavo fino a 207.70 m
```



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

```
setwall RightWall
  geom 218.25 207.7
  water 210.25 2.55
endstep
*
step 9 : Tirante n°4
  setwall RightWall
  add Tirante4
endstep
*
step 10 : Scavo fino a 204.90 m
  setwall RightWall
  geom 218.25 204.9
  water 210.25 5.35
endstep
*
step 11 : Sisma
  change 4 U-KA=0.488
  change 4 U-KP=2.405
  change 4 D-KA=0.488
  change 4 D-KP=2.405
  change 6 U-KA=0.607
  change 6 U-KP=1.973
  change 6 D-KA=0.607
  change 6 D-KP=1.973
  setwall RightWall
endstep
*
*
```



21. APPENDICE F: “SEZIONE 4”

21.1. ANALISI A1M1 - SLV

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\b. progetto esecutivo\5. lavoro\imbocco cherasco\tbm_pe - paratie
cherasco_sgz\4 - paratia n°4_sgz\2_al+m1_slv\sez_4_almlslv_sgz_hist00.d> Date= 16/Apr/13 14:56:27
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Cherasco
  wall RightWall 0 194 217
*
soil DHRight RightWall 194 217 2 0
soil UHRight RightWall 194 217 1 180
*
material CLS 3.1447E+007
material Acciaio 2.1E+008
*
beam Beam RightWall 194 217 CLS 0.955541 00 00
*
wire Tirante1 RightWall 214.6 Acciaio 1.52747E-005 142.9 155
wire Tirante2 RightWall 212.1 Acciaio 2.48214E-005 214.3 155
wire Tirante3 RightWall 209.1 Acciaio 2.97857E-005 214.3 155
wire Tirante4 RightWall 206.6 Acciaio 6.61905E-005 428.6 155
*
* Soil Profile
*
  ldata      4 217
    weight   20 10 10
    atrest   0.5 0.5 1
    resistance 0 30 0.374 3
    young    10000 15000
  endlayer
  ldata      7 205
    weight   21 11 10
    atrest   0.577382 0.5 1
    resistance 80 25 0.462 2.464
    young    120000 180000
  endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
  setwall RightWall
    geom 217 217
    water 210 0
    surcharge 20 217 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 214.1 m
  setwall RightWall
    geom 217 214.1
endstep
*
step 3 : Tirante n°1
  setwall RightWall
    add Tirante1
endstep
*
step 4 : Scavo fino a 211.6 m
  setwall RightWall
    geom 217 211.6
endstep
*
step 5 : Tirante n°2
  setwall RightWall
    add Tirante2
endstep
*
step 6 : Scavo fino a 208.6 m
  setwall RightWall
    geom 217 208.6
    water 210 1.4
endstep
*
```



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

```
step 7 : Tirante n°3
  setwall RightWall
  add Tirante3
endstep
*
step 8 : Scavo fino a 206.1 m
  setwall RightWall
  geom 217 206.1
  water 210 3.9
endstep
*
step 9 : Tirante n°4
  setwall RightWall
  add Tirante4
endstep
*
step 10 : Fondo scavo
  setwall RightWall
  geom 217 205
  water 210 5
endstep
*
step 11 : Sisma
  change 4 U-KA=0.392
  change 4 U-KP=2.956
  change 4 D-KA=0.392
  change 4 D-KP=2.956
  change 7 U-KA=0.484
  change 7 U-KP=2.424
  change 7 D-KA=0.484
  change 7 D-KP=2.424
  setwall RightWall
endstep
*
*
```



21.2. ANALISI A1M1 - SLD

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\b. progetto esecutivo\5. lavoro\imbocco cherasco\tbm_pe - paratie
cherasco_sgz\4 - paratia n°4_sgz\3_al+m1_sld\sez_4_almlsld_sgz_hist00.d> Date= 16/Apr/13 14:58:40
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Cherasco
  wall RightWall 0 194 217
*
soil DHRight RightWall 194 217 2 0
soil UHRight RightWall 194 217 1 180
*
material CLS 3.1447E+007
material Acciaio 2.1E+008
*
beam Beam RightWall 194 217 CLS 0.955541 00 00
*
wire Tirante1 RightWall 214.6 Acciaio 1.52747E-005 142.9 155
wire Tirante2 RightWall 212.1 Acciaio 2.48214E-005 214.3 155
wire Tirante3 RightWall 209.1 Acciaio 2.97857E-005 214.3 155
wire Tirante4 RightWall 206.6 Acciaio 6.61905E-005 428.6 155
*
* Soil Profile
*
  ldata          4 217
    weight       20 10 10
    atrest       0.5 0.5 1
    resistance    0 30 0.374 3
    young        10000 15000
  endlayer
  ldata          7 205
    weight       21 11 10
    atrest       0.577382 0.5 1
    resistance    80 25 0.462 2.464
    young        120000 180000
  endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
  setwall RightWall
    geom 217 217
    water 210 0
    surcharge 20 217 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 214.1 m
  setwall RightWall
    geom 217 214.1
endstep
*
step 3 : Tirante n°1
  setwall RightWall
    add Tirante1
endstep
*
step 4 : Scavo fino a 211.6 m
  setwall RightWall
    geom 217 211.6
endstep
*
step 5 : Tirante n°2
  setwall RightWall
    add Tirante2
endstep
*
step 6 : Scavo fino a 208.6 m
  setwall RightWall
    geom 217 208.6
    water 210 1.4
endstep
*
step 7 : Tirante n°3
  setwall RightWall
    add Tirante3
endstep
*
step 8 : Scavo fino a 206.1 m
```



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

```
setwall RightWall
  geom 217 206.1
  water 210 3.9
endstep
*
step 9 : Tirante n°4
  setwall RightWall
  add Tirante4
endstep
*
step 10 : Fondo scavo
  setwall RightWall
  geom 217 205
  water 210 5
endstep
*
step 11 : Sisma
  change 4 U-KA=0.384
  change 4 U-KP=2.974
  change 4 D-KA=0.384
  change 4 D-KP=2.974
  change 7 U-KA=0.475
  change 7 U-KP=2.441
  change 7 D-KA=0.475
  change 7 D-KP=2.441
  setwall RightWall
endstep
*
*
```



21.3. ANALISI A2M2 - SLV

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\b. progetto esecutivo\5. lavoro\imbocco cherasco\tbm_pe - paratie
cherasco_sgz\4 - paratia n°4_sgz\4_a2+m2_slv\sez_4_a2m2slv_sgz_hist00.d> Date= 16/Apr/13 15:01:13
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Cherasco
  wall RightWall 0 194 217
*
soil DHRight RightWall 194 217 2 0
soil UHRight RightWall 194 217 1 180
*
material CLS 3.1447E+007
material Acciaio 2.1E+008
*
beam Beam RightWall 194 217 CLS 0.955541 00 00
*
wire Tirante1 RightWall 214.6 Acciaio 1.52747E-005 142.9 155
wire Tirante2 RightWall 212.1 Acciaio 2.48214E-005 214.3 155
wire Tirante3 RightWall 209.1 Acciaio 2.97857E-005 214.3 155
wire Tirante4 RightWall 206.6 Acciaio 6.61905E-005 428.6 155
*
* Soil Profile
*
  ldata          4 217
    weight       20 10 10
    atrest       0.580548 0.5 1
    resistance    0 24.8 0.466 2.445
    young        10000 15000
  endlayer
  ldata          7 205
    weight       21 11 10
    atrest       0.649793 0.5 1
    resistance    64 20.5 0.557 2.078
    young        120000 180000
  endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
  setwall RightWall
    geom 217 217
    water 210 0
    surcharge 20 217 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 214.1 m
  setwall RightWall
    geom 217 214.1
endstep
*
step 3 : Tirante n°1
  setwall RightWall
    add Tirante1
endstep
*
step 4 : Scavo fino a 211.6 m
  setwall RightWall
    geom 217 211.6
endstep
*
step 5 : Tirante n°2
  setwall RightWall
    add Tirante2
endstep
*
step 6 : Scavo fino a 208.6 m
  setwall RightWall
    geom 217 208.6
    water 210 1.4
endstep
*
step 7 : Tirante n°3
  setwall RightWall
    add Tirante3
endstep
*
step 8 : Scavo fino a 206.1 m
```



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
PROGETTO ESECUTIVO
Galleria Verduno – Relazione di calcolo paratia di pali – Lato Cherasco

```
setwall RightWall
  geom 217 206.1
  water 210 3.9
endstep
*
step 9 : Tirante n°4
  setwall RightWall
  add Tirante4
endstep
*
step 10 : Fondo scavo
  setwall RightWall
  geom 217 205
  water 210 5
endstep
*
step 11 : Sisma
  change 4 U-KA=0.488
  change 4 U-KP=2.405
  change 4 D-KA=0.488
  change 4 D-KP=2.405
  change 7 U-KA=0.584
  change 7 U-KP=2.041
  change 7 D-KA=0.584
  change 7 D-KP=2.041
  setwall RightWall
endstep
*
*
```