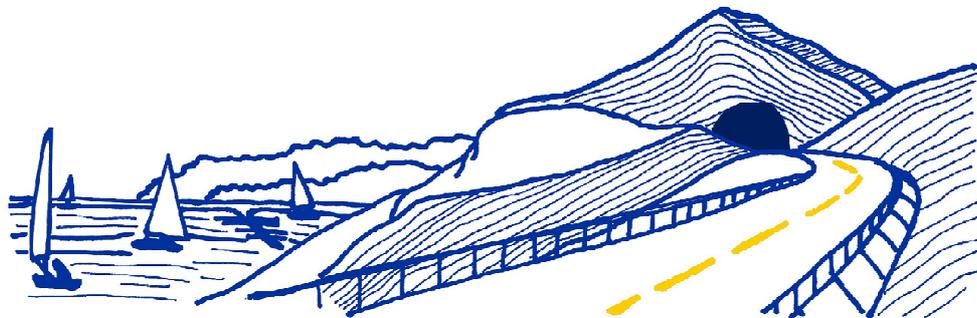


**VARIANTE ALLA S.S.1 AURELIA (AURELIA BIS)
VIABILITA' DI ACCESSO ALL' HUB PORTUALE DI LA SPEZIA
INTERCONNESSIONE TRA I CASELLI DELLA A-12 E IL PORTO DI LA SPEZIA
3° LOTTO TRA FELETTINO E IL RACCORDO AUTOSTRADALE**

PROGETTO ESECUTIVO DI STRALCIO E COMPLETAMENTO C - 3° TRATTO

PROGETTO ESECUTIVO

GE265



VISTO: IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO

RESPONSABILE
DELL'INTEGRAZIONE DELLE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

PROGETTISTA SPECIALISTA

IL COORDINATORE DELLA
SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE

Ing. Fabrizio CARDONE

Ing. Alessandro RODINO

Ing. Alessandro RODINO

Dott. Domenico TRIMBOLI

**OPERE MAGGIORI
GALLERIE ARTIFICIALI
GALLERIA ARTIFICIALE IN PARATIA DI PALI FELETTINO II
RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA**

CODICE PROGETTO

NOME FILE

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

0000_P00GA02STRRE01_B

DPGE0265 E 20

CODICE ELAB. P00GA02STRRE01

B

VARIE

B	REVISIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA ANAS	Ottobre 2021	G. Naretto	M. Barale	A. Rodino
A	EMISSIONE	Marzo 2021	G. Naretto	M. Barale	A. Rodino
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE	pag.
1. PREMESSA	1
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
3. STATO DEI LAVORI	4
4. LA SOLUZIONE TIPOLOGICA DEFINITA IN SEDE DI PROGETTO ESECUTIVO.....	8
5. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE E STRUTTURALI	11

1. Premessa

La presente Relazione viene redatta nell'ambito della redazione del Progetto Esecutivo di Completamento dello "Stralcio C" dei "Lavori di costruzione della variante alla S.S. 1 Aurelia (Aurelia bis), viabilità di accesso all'HUB portuale di La Spezia, interconnessione tra i caselli della A 12 e il porto di La Spezia – 3° Lotto tra Felettino ed il raccordo autostradale".

La presente relazione fa riferimento alla progettazione esecutiva di completamento della Galleria artificiale Felettino II.

Della galleria artificiale risultano terminati i pali di grande diametro laterali e il solettone di copertura in travi prefabbricate precomprese con soletta e trasversi gettati in opera. Anche il riporto del terreno di ritombamento risulta praticamente ultimato.

Resta solamente da scavare internamente, con successiva realizzazione del solettone di fondo in c.a., seguirà la realizzazione dei rimpelli, dei cordoli laterali, dei profili ridirettivi e del sistema di regimazione delle acque.

Lo stato di avanzamento dei lavori è stato desunto dalla documentazione di As-Built trasmessaci.

Verranno nel seguito presentati stralci delle Relazione di calcolo del Progetto Esecutivo originario. Essendo l'opera d'arte per le parti strutturali principali completata, questa viene inserita per completezza e fa riferimento alla documentazione progettuale di Progettazione Esecutiva ed a quella di As-Built trasmessaci.

2. Normativa di riferimento

Con riferimento al quadro normativo di riferimento progettuale per le strutture, si evidenzia che, il D.M. 17/01/2018 “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»”, prevede, all’ Art. 2 “Ambito di applicazione e disposizioni transitorie”, che *“per le opere pubbliche o di pubblica utilità in corso di esecuzione, per i contratti pubblici di lavori già affidati, nonché per i progetti definitivi o esecutivi già affidati prima della data di entrata in vigore delle norme tecniche per le costruzioni, si possono continuare ad applicare le previgenti norme tecniche per le costruzioni fino all’ultimazione dei lavori ed al collaudo statico degli stessi”*.

Pertanto, essendo l’attività da svolgere il progetto di completamento di opere già parzialmente realizzate il riferimento normativo di riferimento restano le Norme tecniche per le costruzioni» di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008.

Per quanto sopra la normativa di riferimento per il calcolo e la verifica delle strutture risulta essere la seguente:

- Decreto 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 617 del 2 Febbraio 2009 - “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 Gennaio 2008”.
- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Circolare Ministero dei Lavori pubblici 14 febbraio 1974, n.11951 – Applicazione delle norme sul cemento armato.
- Eurocodici UNI EN 1990:2006; UNI EN 1991; UNI EN 1992; UNI EN 1993; UNI EN 1994; UNI EN 1997; UNI EN 1998
- Calcestruzzo - specificazione, prestazione, produzione e conformità (UNI EN 2061:2006);
- UNI EN 1992-1-1:2005 - EC 2: PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE DI CALCESTRUZZO;
- D.M. LL. PP. 11 marzo 1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione” e le relative istruzioni (Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 settembre 1988, N. 30483 - Circolare Ministero Lavori Pubblici 9 gennaio 1996, N. 218/24/3).

- D.M. LL. PP. 14 febbraio 1992 “Norme tecniche per l’esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” e le relative istruzioni (Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 giugno 1993, N. 37406/STC).
- D.M. LL. PP. 9 gennaio 1996 “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche” e le relative istruzioni (Circolare Ministero Lavori Pubblici 15 ottobre 1996, N. 252).
- D.M. LL. PP. 16 gennaio 1996 “Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi»” e le relative istruzioni (Circolare Ministero Lavori Pubblici 4 luglio 1996, N. 156AA.GG./STC).
- Legge 2 Febbraio 1974 n° 64 - “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- D.M. LL. PP. 16 gennaio 1996 “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche” e le relative istruzioni (Circolare Ministero Lavori Pubblici 10 aprile 1997, N. 65/AA.GG.).
- Ordinanza n. 3274 20 marzo 2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e s.m.i.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri – Ordinanza n. 3519 del 28 Aprile 2006 - “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.

3. Stato dei lavori

La galleria artificiale in oggetto, della lunghezza complessiva pari a circa 190 m, è realizzata quasi interamente con il sistema “cut and cover”: la struttura è composta da paratie in pali in c.a. del diametro 1200 mm c.a., collegati rigidamente in testa ad un solettone realizzato con ausilio di travi in precompresso di spessore pari a 1.35/1.85 m.

Lo stato di avanzamento dei lavori risulta il seguente:

- Paratia in sx: eseguiti tutti i Pali Diametro 1200 mm e il cordolo di coronamento;
- Paratia In dx: eseguiti tutti i Pali Diametro 1200 mm e il cordolo di coronamento;
- Copertura: posate tutte le travi in CAP e gettata la soletta di completamento, eseguita quasi completamente l'impermeabilizzazione manca ultimo tratto in corrispondenza dell'imbocco nord, inoltre mancano da realizzare i due paraghiaia in corrispondenza degli imbocchi, la copertura è stata ritombata quasi interamente.

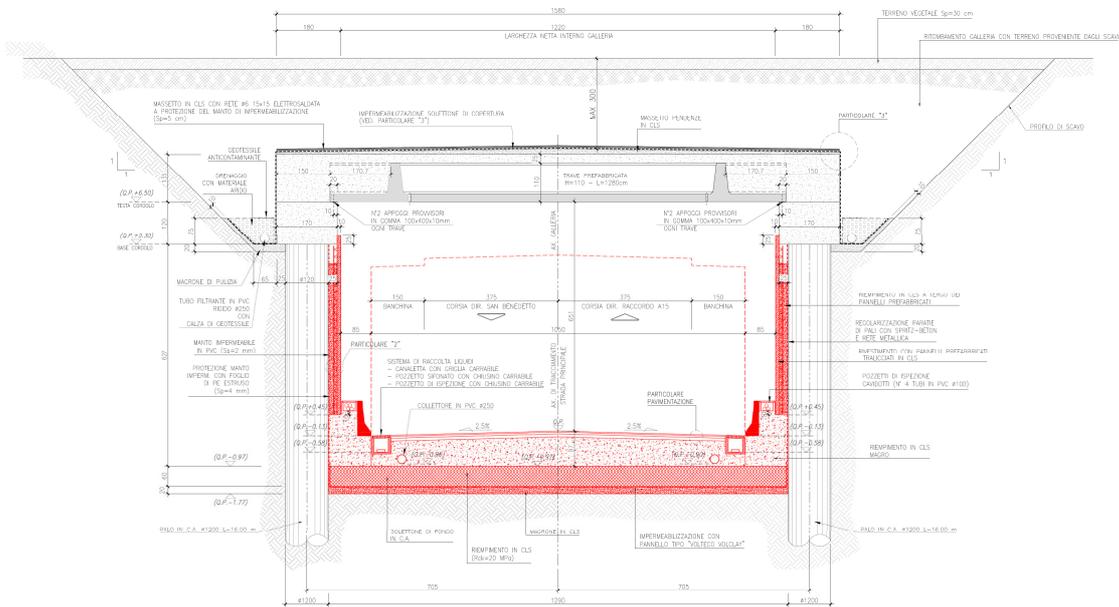


Figura 1 – Galleria artificiale Felettino II – Sezione corrente

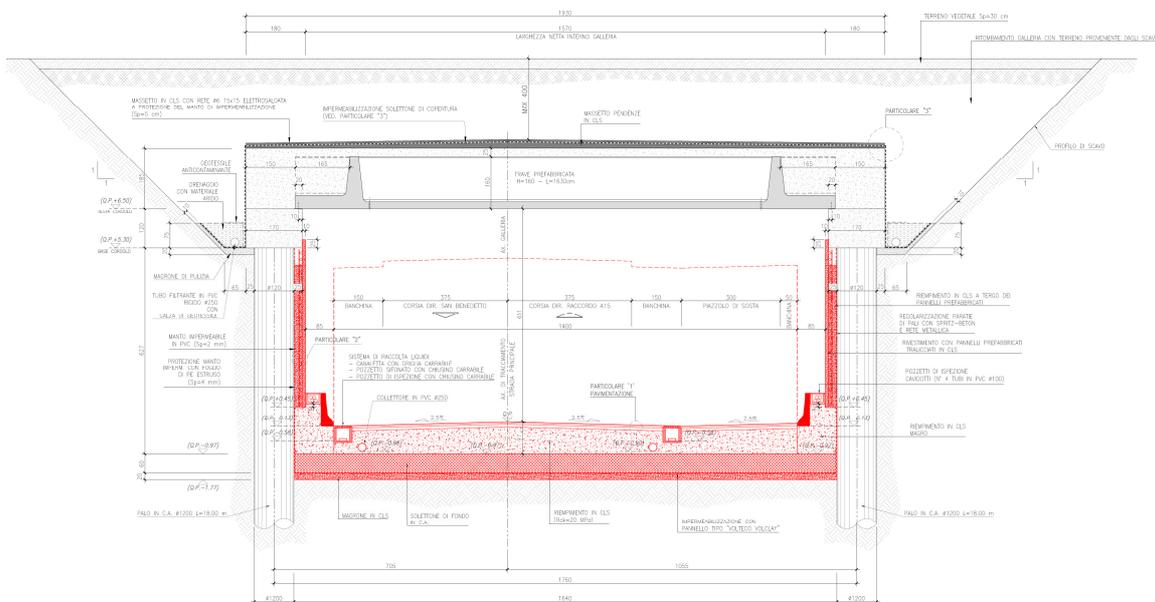


Figura 2 – Galleria artificiale Felettino II – Sezione allargata

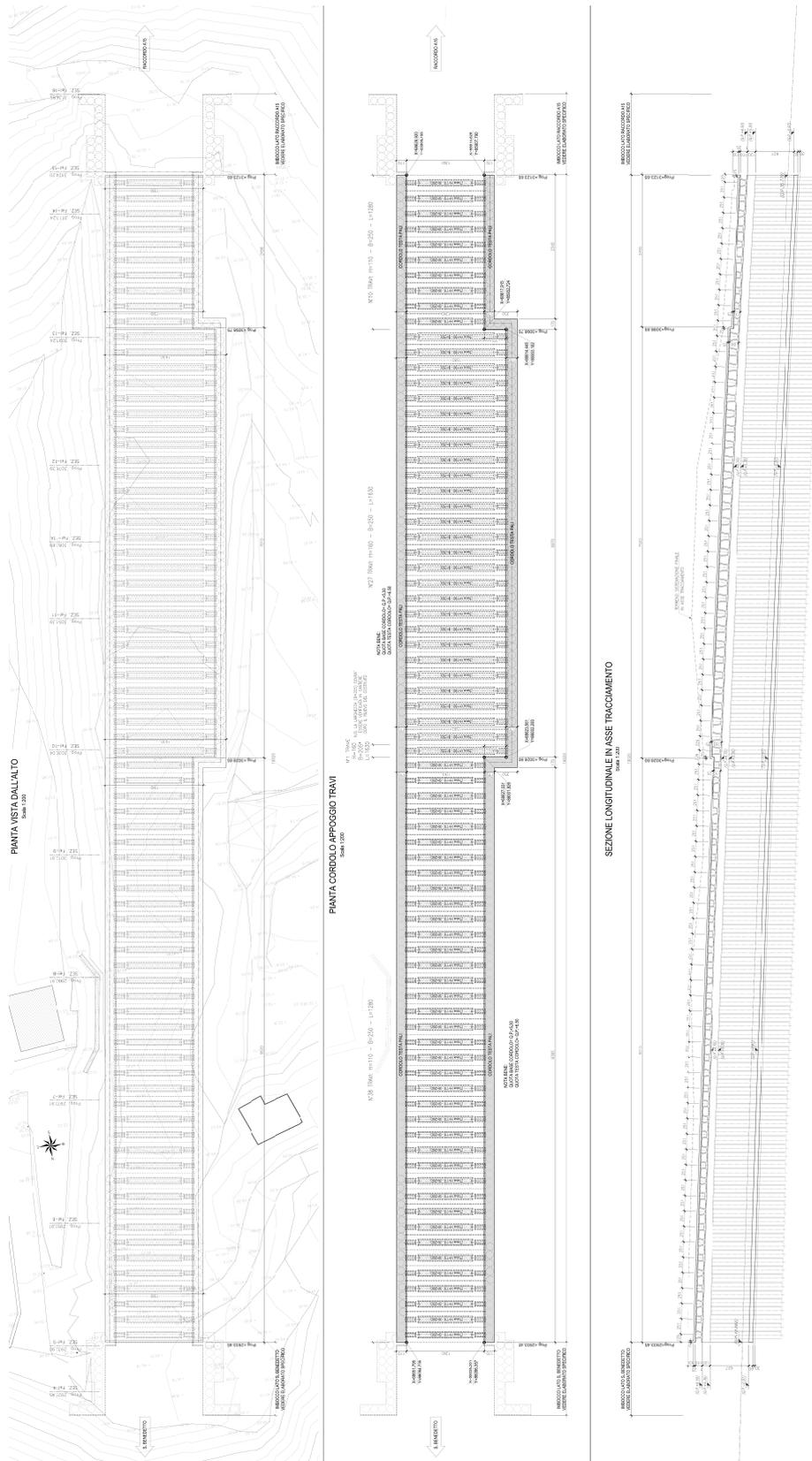


Figura 3 – Galleria artificiale Felettino II – Planimetria e profilo



Figura 4 – Galleria artificiale Felettino II – Fonte Google Earth

4. La soluzione tipologica definita in sede di progetto esecutivo

Il Progetto esecutivo originario della galleria artificiale Felettino II prevedeva, quale copertura, la realizzazione di un solettone in c.a. incastrato sui piedritti.

Il solettone era previsto alleggerito e quindi doveva essere gettato in più fasi ed era previsto che fosse gettato direttamente sul terreno previa stesura di uno strato di magrone di pulizia.

I piedritti erano costituiti da una paratia di pali accostati \varnothing 1200 mm.

I piedritti sui pali erano collegati in testa da un cordolo in c.a. sopra il quale è gettato il solettone.

Il solettone doveva prevedere dei casseri a perdere per delimitare i vani di alleggerimento e gettare la soletta superiore. Lo spessore del solettone varia da 1,50 m a 1,80 m.

L'interno della galleria prevedeva la costruzione di un solettone di fondo e il posizionamento di pannelli prefabbricati in c.a. (rimpelli) quali finitura dei piedritti.

In sede realizzativa il progetto esecutivo originario è stato aggiornato ed è stata adottata una soluzione realizzativa del solettone con ausilio di travi in CAP con la soletta di completamento gettata in opera.

Le travi sono sempre incastrate sui piedritti riproducendo la soluzione statica del progetto.

Le loro dimensioni trasversali sono costanti e pari a 2,49 m in larghezza mentre in altezza esse variano da 1,10 m per le travi di 12,80 m di lunghezza a 1,60 m per le travi di 16,30 m di lunghezza.

La soletta è collaborante e viene gettata in opera direttamente sulle travi previo posizionamento di una coppella fra le anime delle travi.

L'altezza totale della struttura di copertura è pertanto variabile da 1,35 m a 1,85 m

Le travi sono accostate per mantenere l'aspetto visivo dell'intradosso della copertura che apparirà però migliore rispetto a quella del solettone di progetto costruttivo in quanto la finitura superficiale delle travi è sicuramente di qualità superiore a quella di un solettone gettato su un letto di magrone.

Rimangono inalterate le fasi di scavo che prevedono che essa avvenga dopo la completa realizzazione della copertura, con successiva realizzazione del solettone di fondo dello spessore di 60 cm.

per quanto riguarda gli imbocchi, anche in questo caso sono stati previsti con paratie a sbalzo, sempre con ausilio di pali in c.a. \varnothing 1200 mm collegati mediante cordolo in c.a..

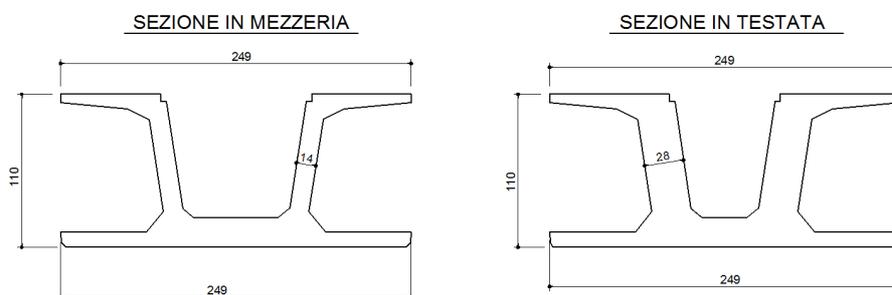


Figura 5 : sezione trasversale trave H=110

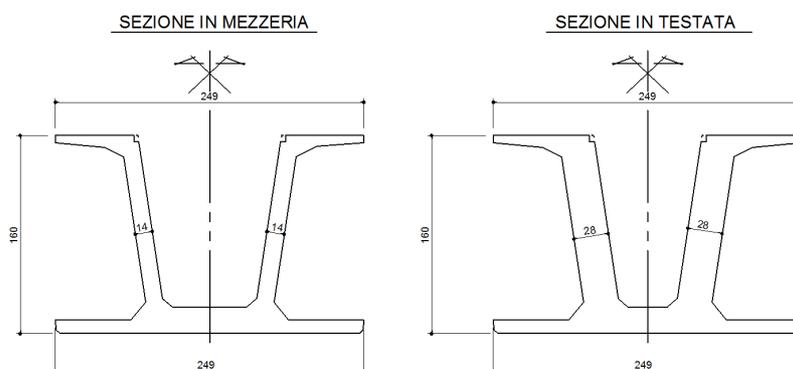


Figura 6 : sezione trave H=160

Con questa soluzione si era inteso migliorare il comportamento strutturale e la durabilità dell'opera.

La soluzione adottata era effettivamente migliorativa sia sotto l'aspetto della durabilità dell'opera, che della sicurezza delle maestranze in cantiere e della riduzione dei tempi di costruzione.

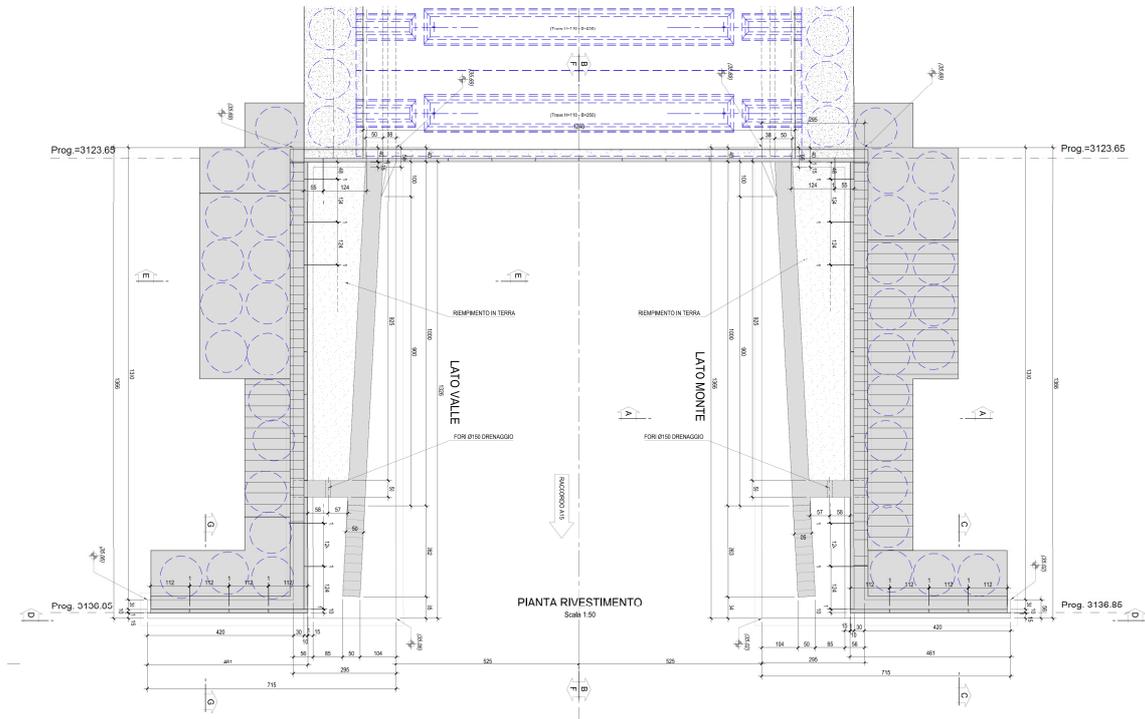


Figura 7 : Pianta imbocco

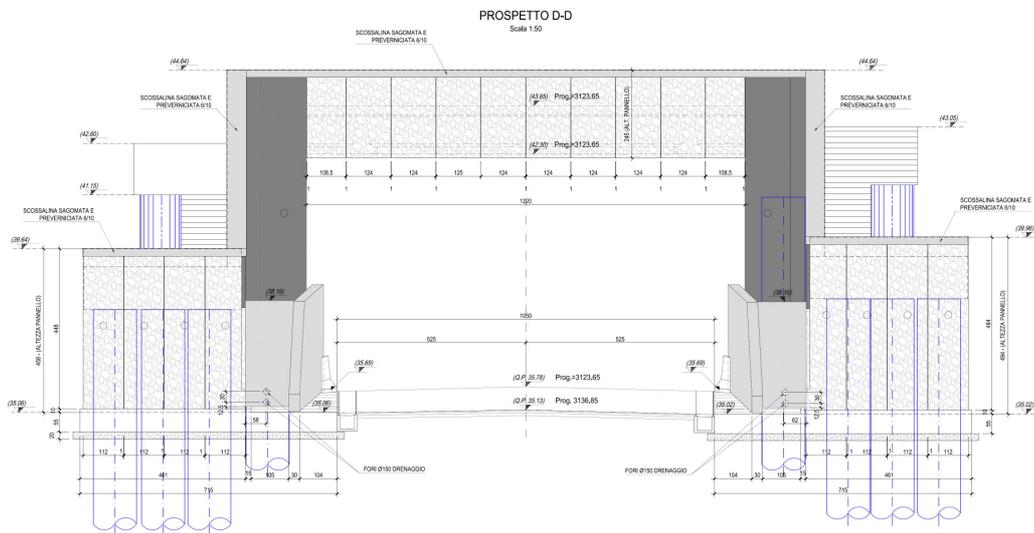


Figura 8 : Prospetto imbocco

5. Considerazioni geotecniche e strutturali

La galleria artificiale in oggetto risulta sostanzialmente ultimata nella parte strutturale. È stata oggetto di collaudo ed è stata dichiarata l' idoneità statica delle strutture realizzate. Nei capitoli precedenti è stata descritto lo stato di avanzamento dei lavori.

Dalla Relazione di calcolo, del progetto sulla base del quale l' opera è stata realizzata, emerge chiaramente che il solettone di fondo in c.a., ancora da realizzare, è stato considerato come elemento puntone e di base della pavimentazione (non sono previste sotto spinte idrauliche) e non è stato considerato nei calcoli di stabilità geotecnica e strutturale, come elemento strutturale (Relazione di calcolo Rif. P00GA02STRRE01_A, Lotti e associati, 2011). Le paratie laterali e il solettone superiore sono state verificate senza considerare nessun contributo da parte del solettone inferiore.

A titolo esemplificativo nel seguito si riportano elementi alcuni tratti dalla predetta Relazione, relativi alle analisi di interazione terreno-struttura e alle verifiche geotecniche e strutturali, dai quali emerge chiaramente che al solettone inferiore non viene data nessuna valenza strutturale significativa, come visibile dai grafici posti nel seguito.

Stage di calcolo

Nel modello numerico elaborato si erano analizzate tutte le fasi esecutive e di carico (stage) previste per la realizzazione dell' opera stessa, che risultano:

- Stage 0 Realizzazione delle berlinesi di pali verticali;
- Stage 1 Costruzione della soletta superiore e ritombamento;
- Stage 2 Scavo interno fino alla quota di fondo scavo;
- Stage 3 Costruzione della soletta inferiore ed applicazione del carico sismico;

Ogni fase è stata analizzata considerando tutte le combinazioni di carico agli stati limite ultimi ed agli stati limiti di esercizio.

STATI LIMITI DI PROGETTO	
SLU 1	A1+M1
SLU2	A2+M2
SLV2	M2+SISMA
SLE	Rara, frequente, permanente
SLD	M1+SISMA

Gli SLU di tipo geotecnico presi in considerazione nelle verifiche, hanno riguardato:

1. Collasso per rotazione intorno ad un punto dell'opera (atto di moto rigido);
3. Instabilità globale dell'insieme terreno-opera;

Gli SLU di tipo idraulico (UPL e HYD), nel caso in questione, non sono stati esaminati in quanto la posizione della falda non è tale da influenzare l'andamento delle pressioni esercitate dal terreno sull'opera di contenimento.

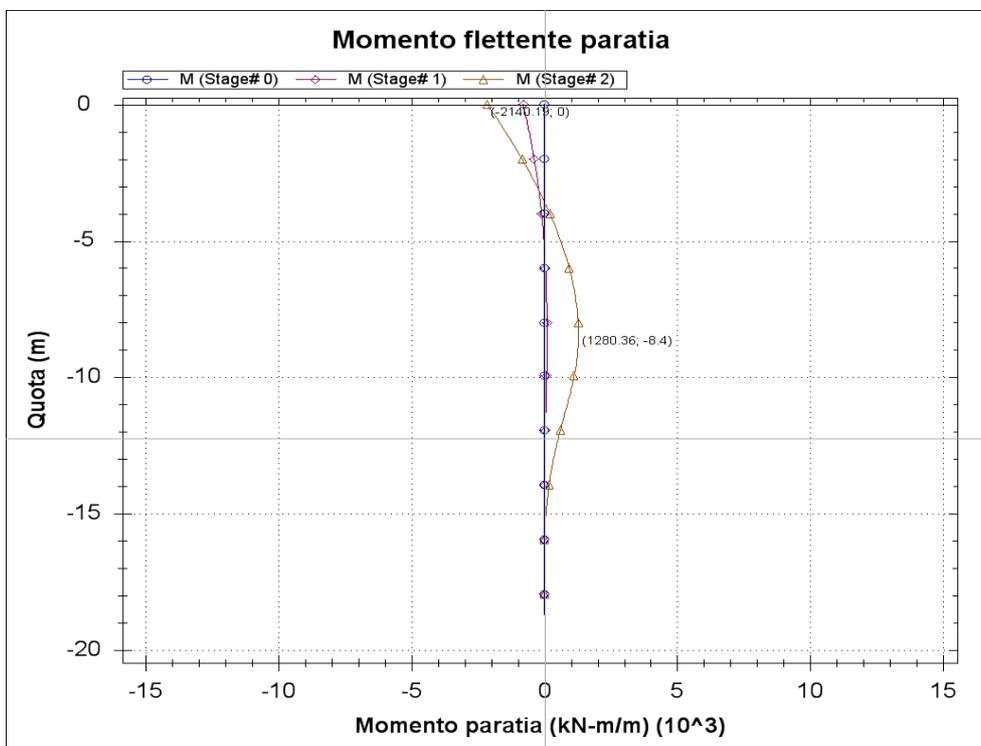
Diagrammi delle sollecitazioni

Di seguito si riportano i diagrammi delle sollecitazioni agenti sui pali e sul solettone superiore nelle diverse combinazioni per metro lineare di paratia.

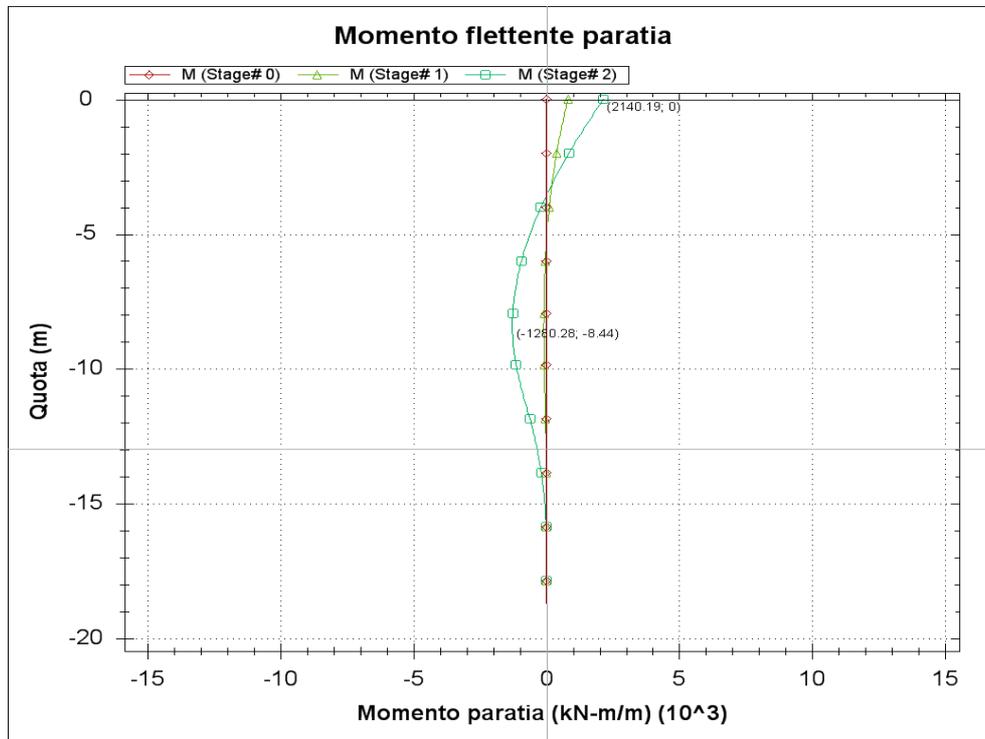
MOMENTO FLETTENTE

SLU1 (A1+M1+R1)

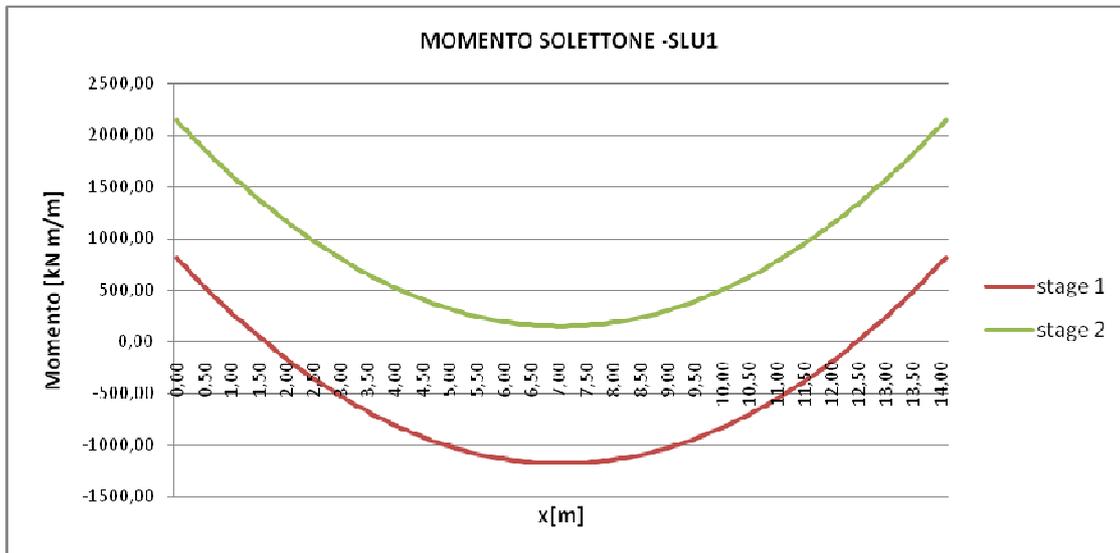
Paratia sx



Paratia dx

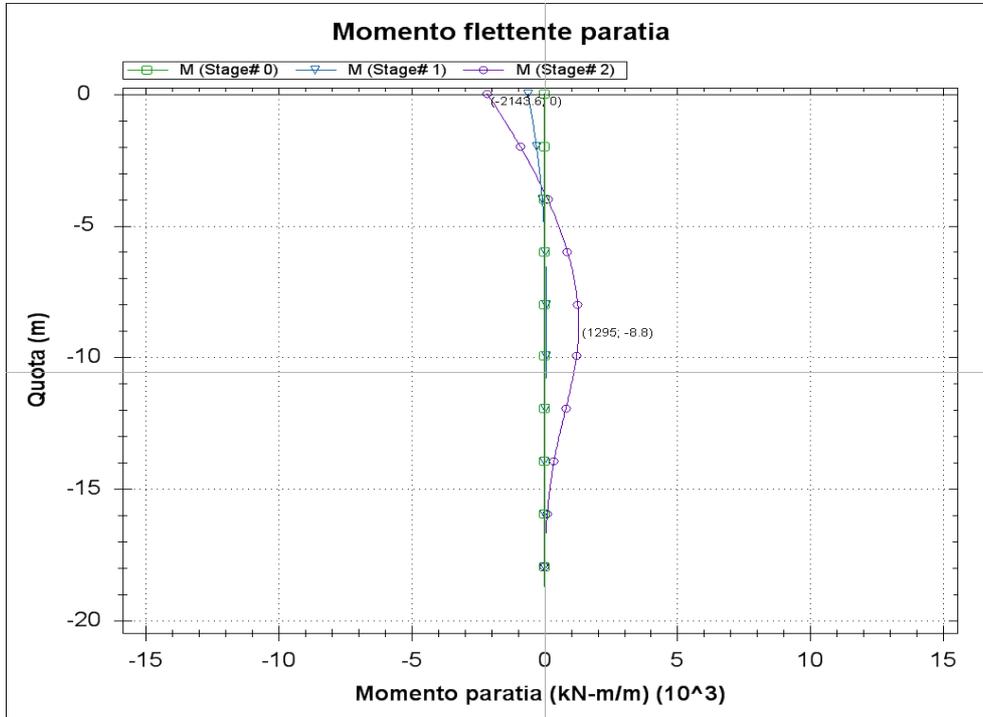


Solettone superiore

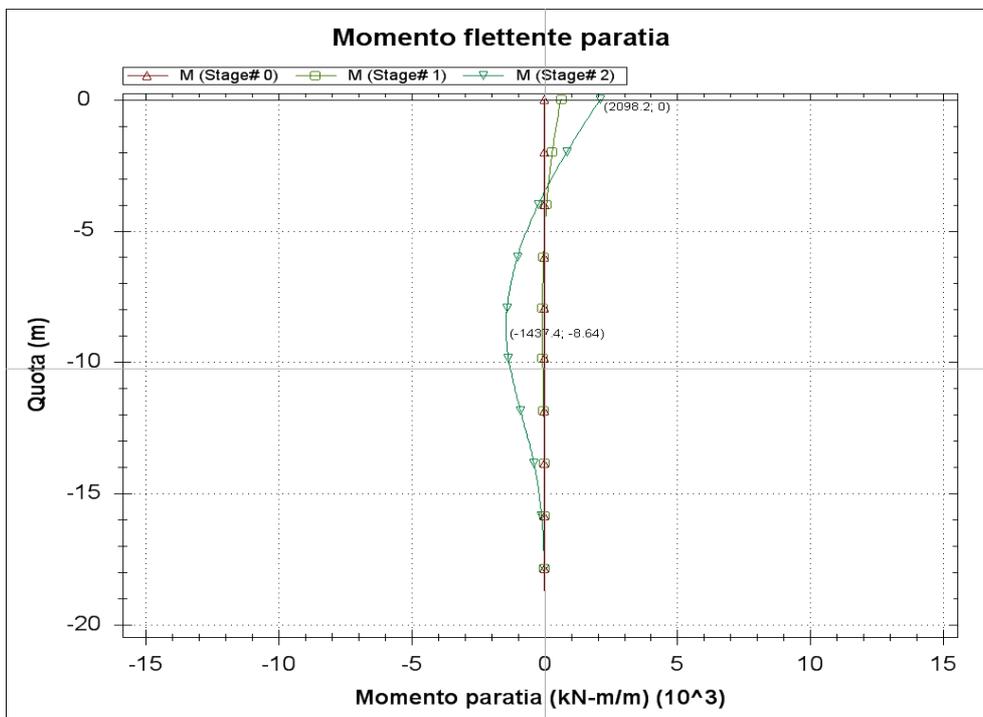


SLU 2 (A2+M2+R1)

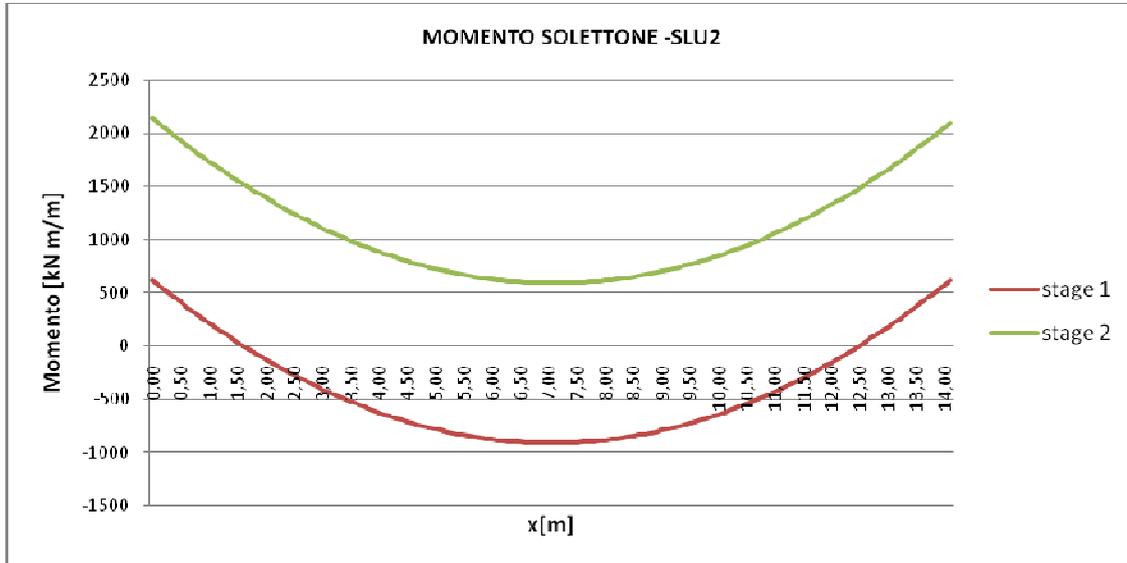
Paratia sx



Paratia dx

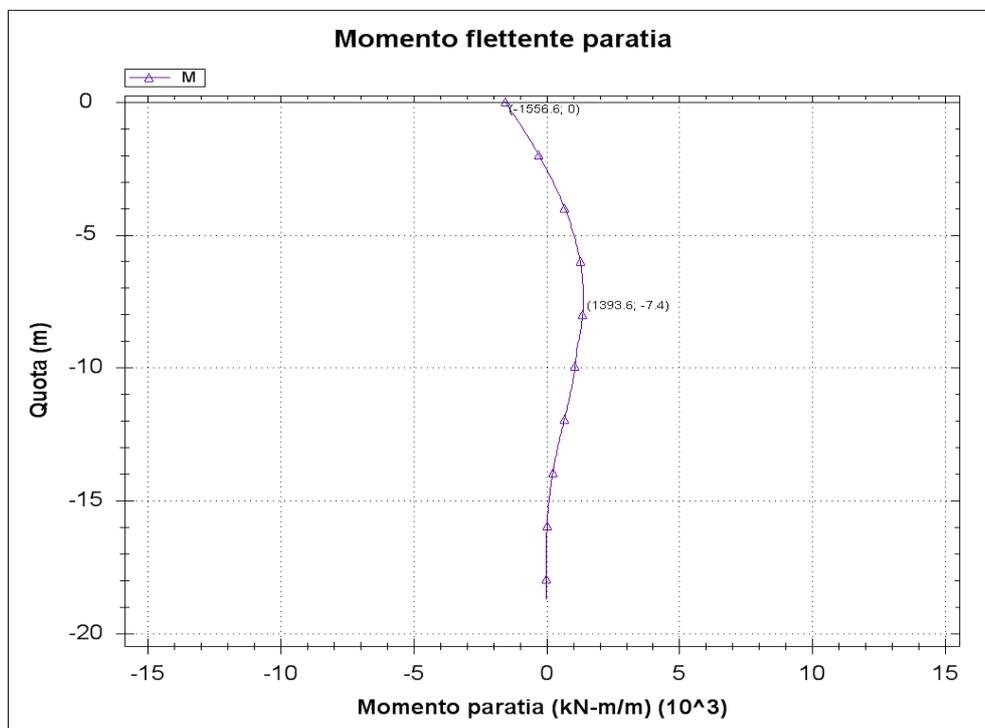


Solettone superiore

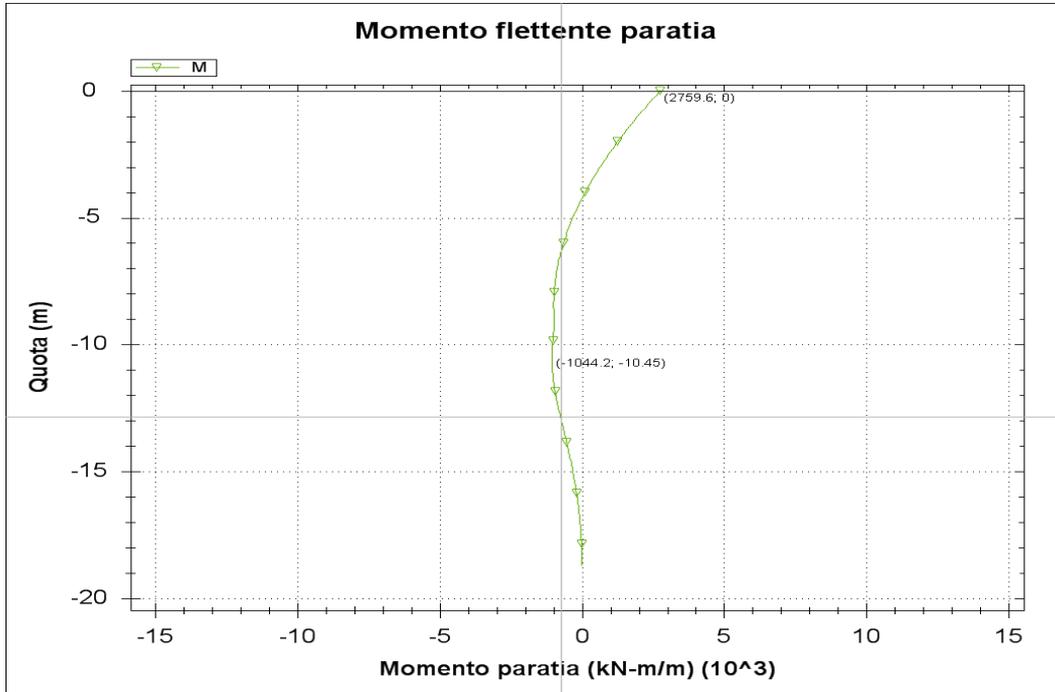


SLV2 (A2=I+M2+R1)

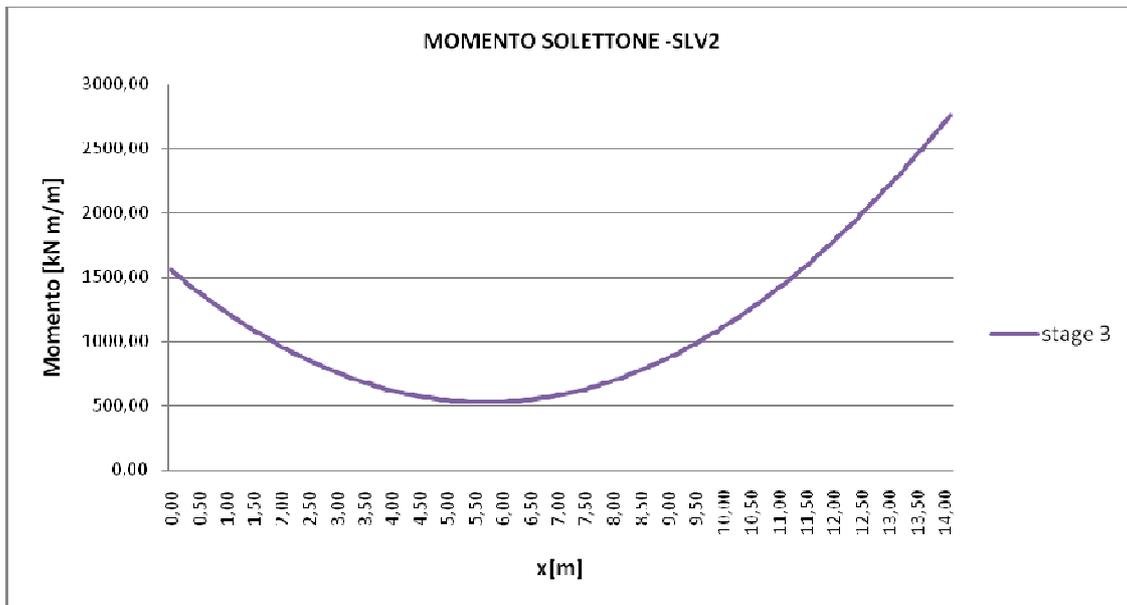
Paratia sx



Paratia dx

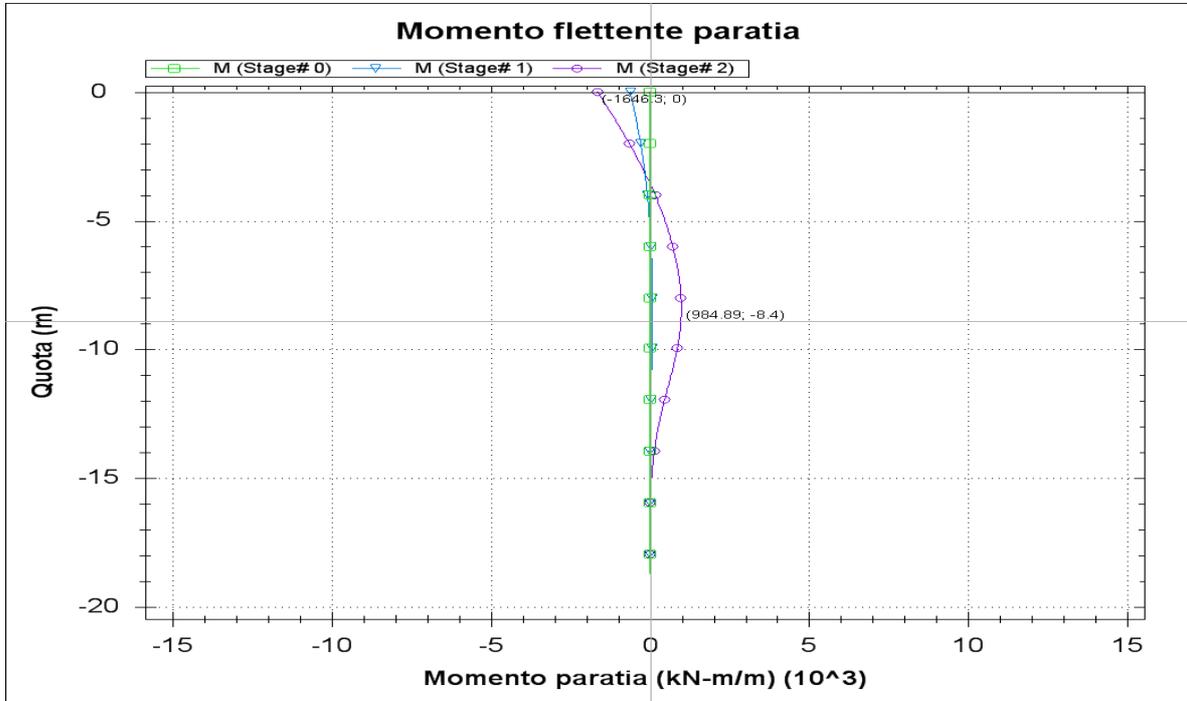


Solettone superiore

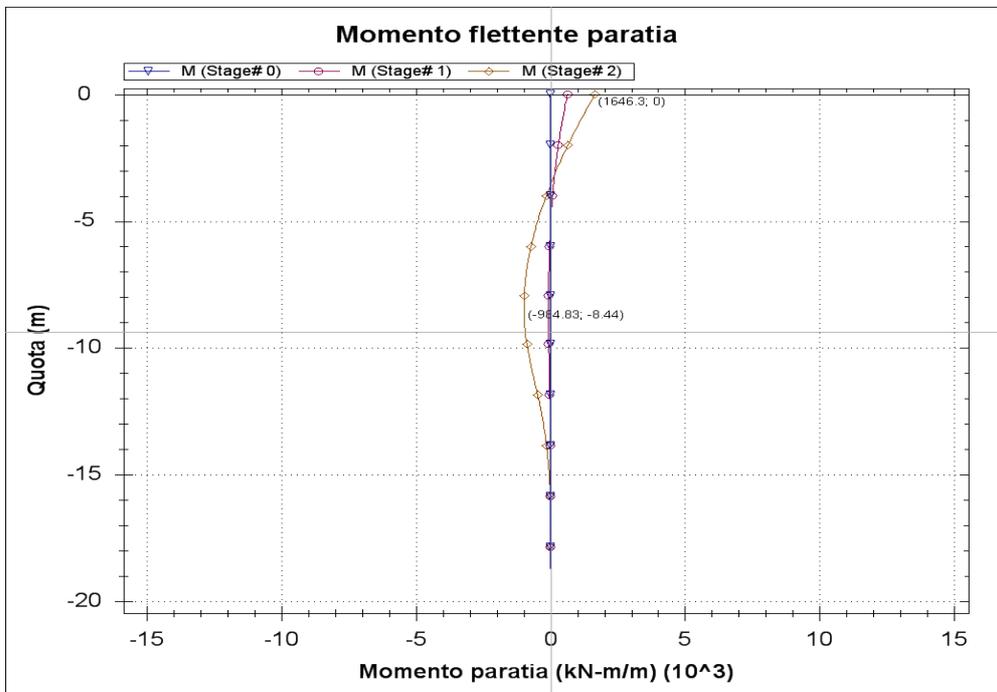


SLE1

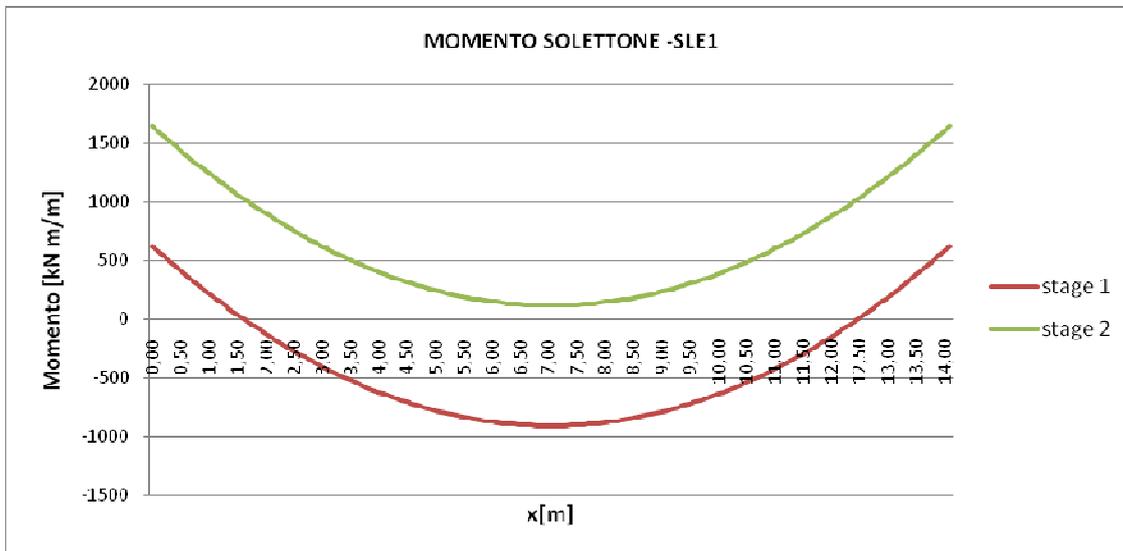
Paratia sx



Paratia dx

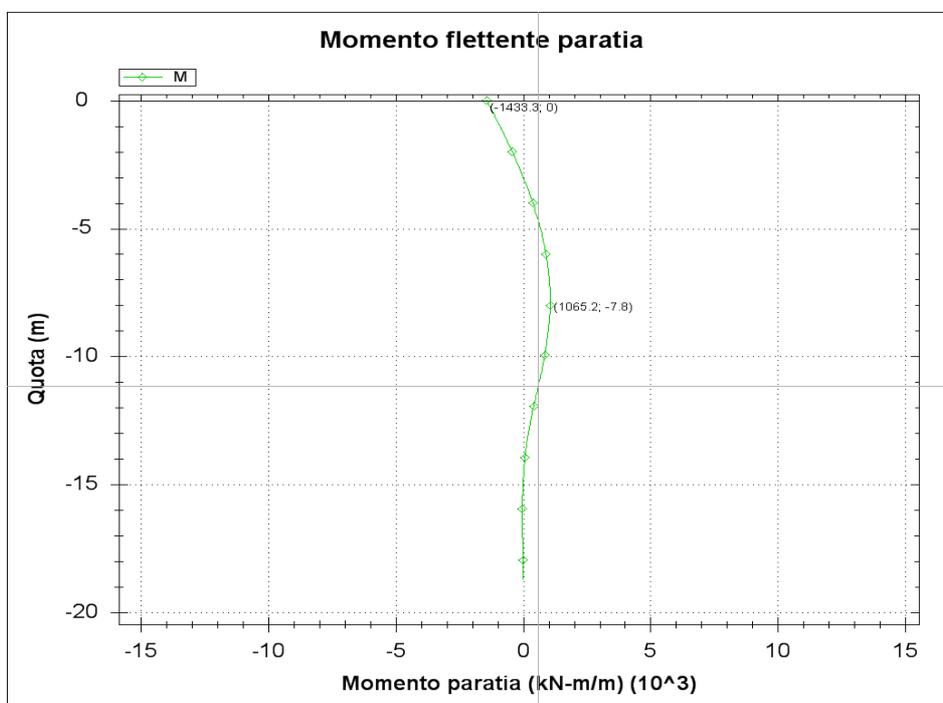


Solettone superiore

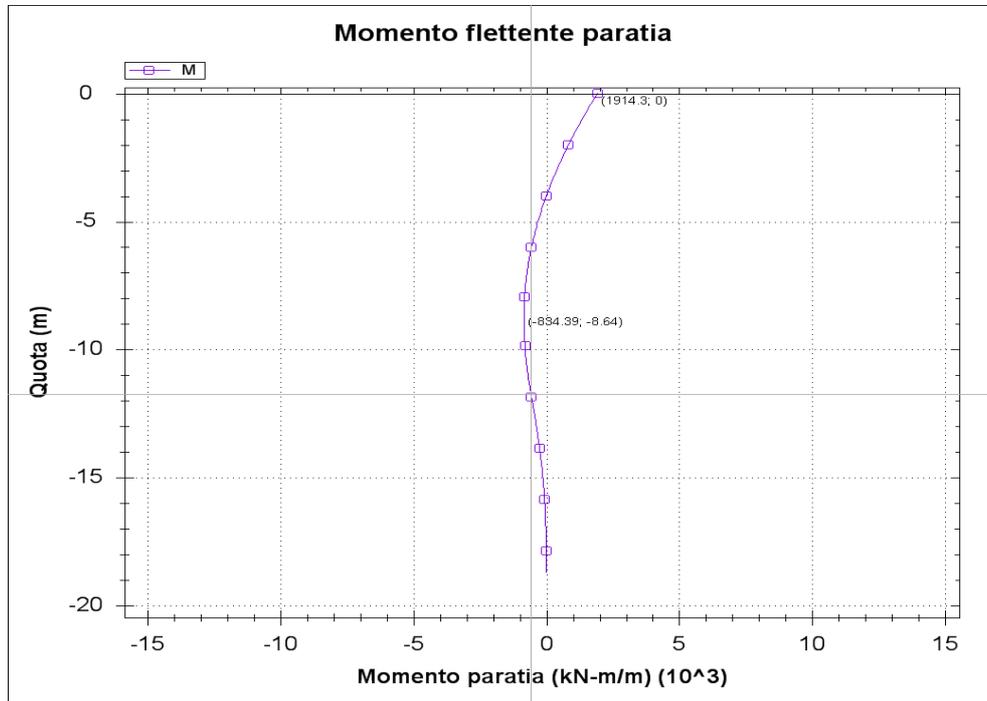


SLD

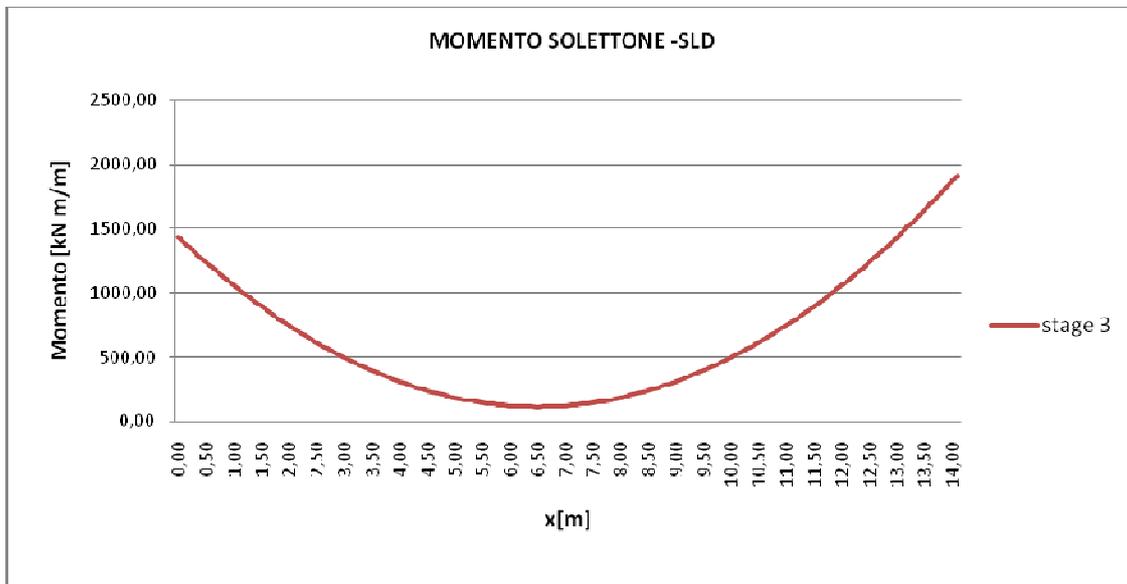
Paratia sx



Paratia dx



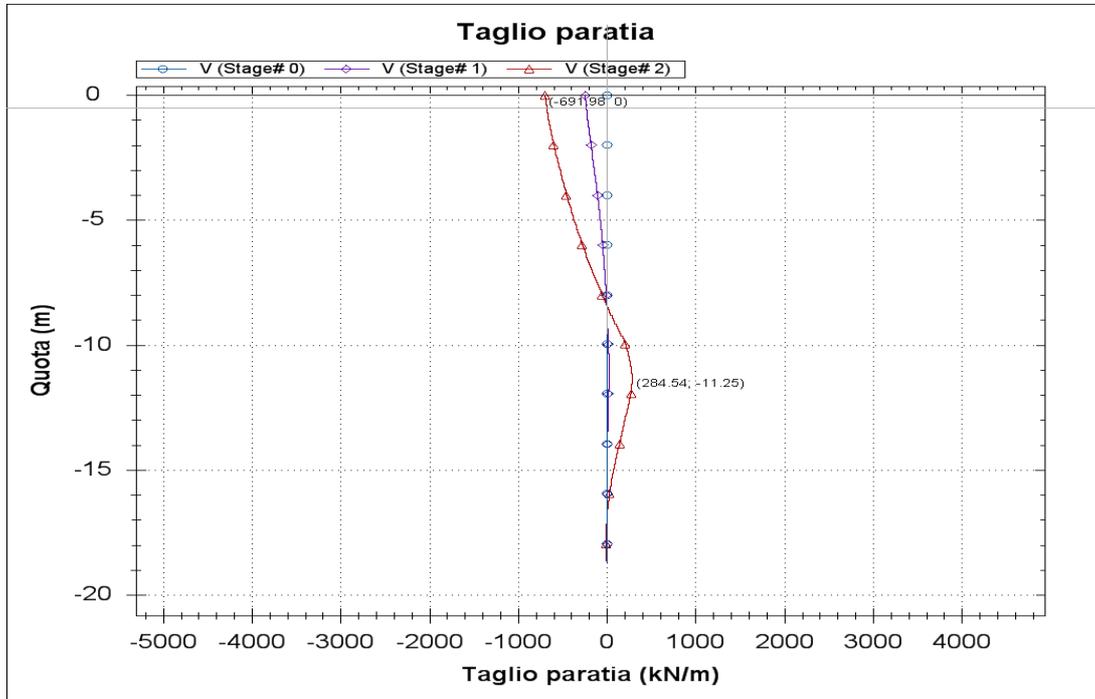
Solettone superiore



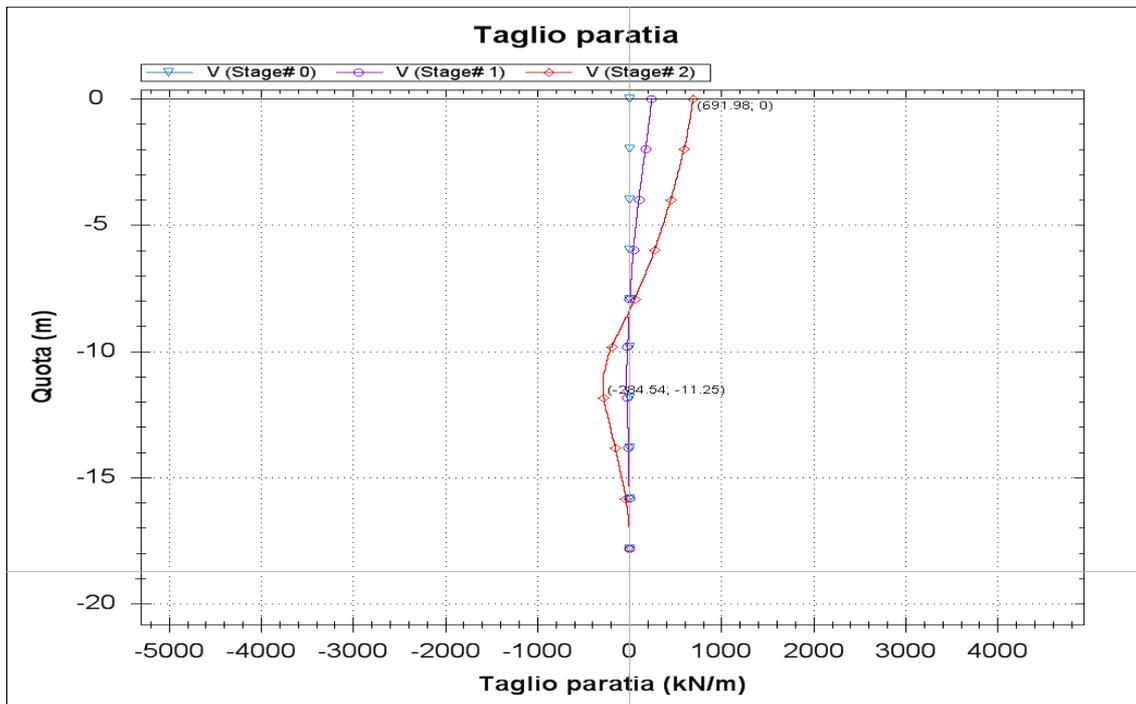
TAGLIO

SLU1 (A1+M1+R1)

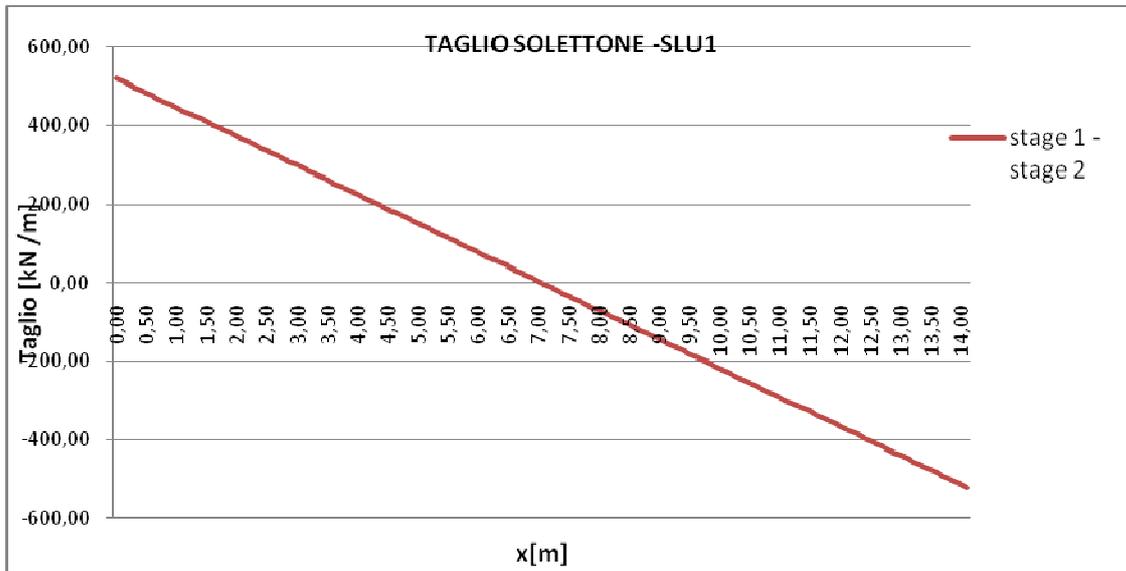
Paratia sx



Paratia dx

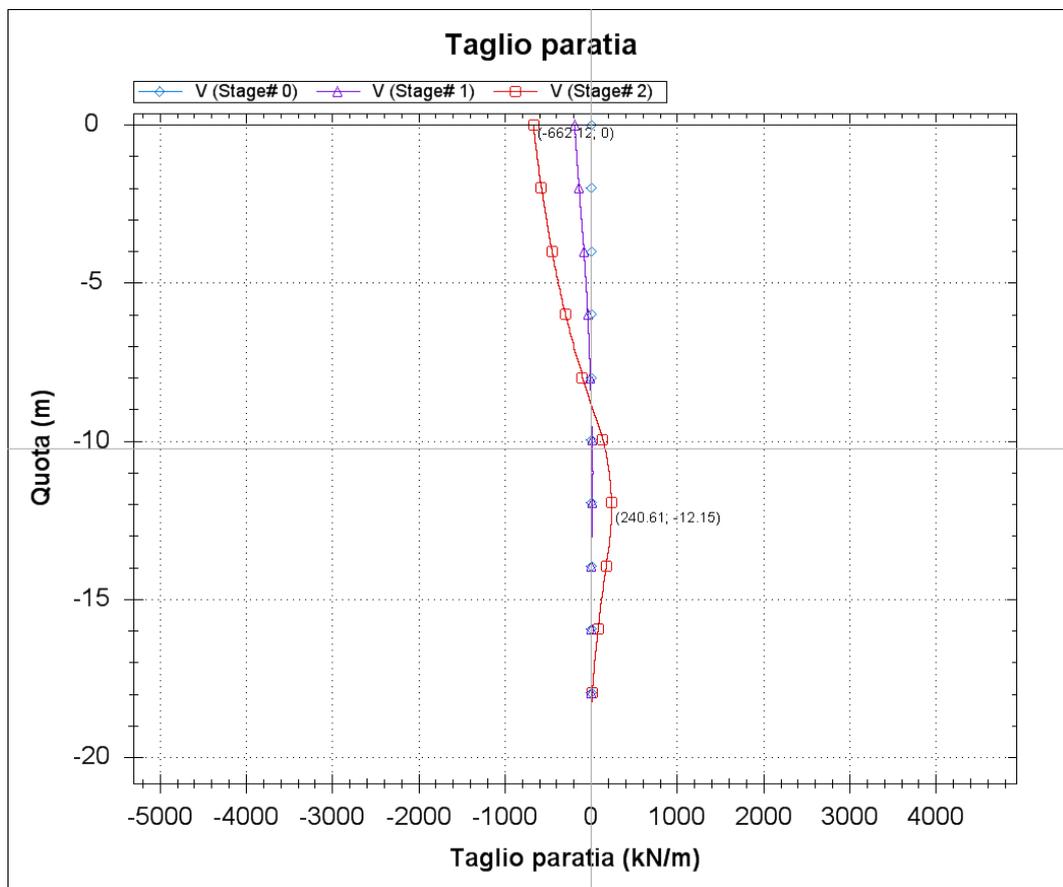


Solettone superiore

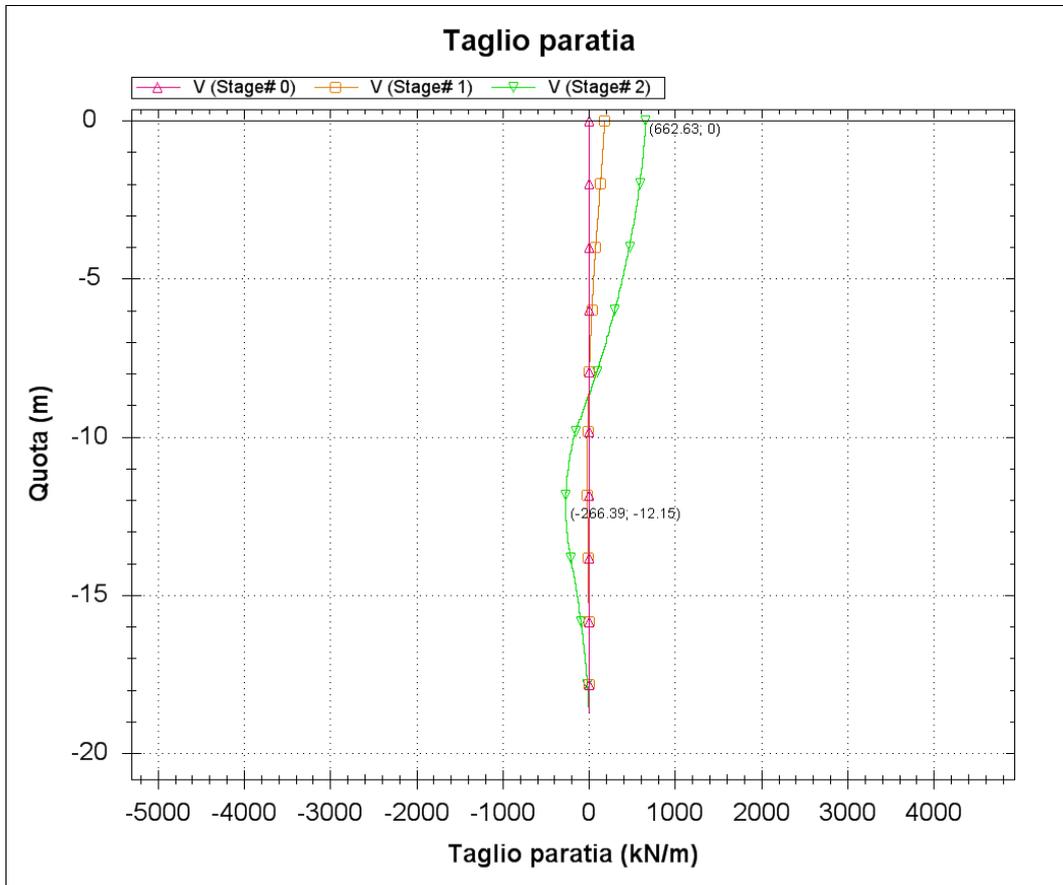


SLU2 (A2+M2+R1)

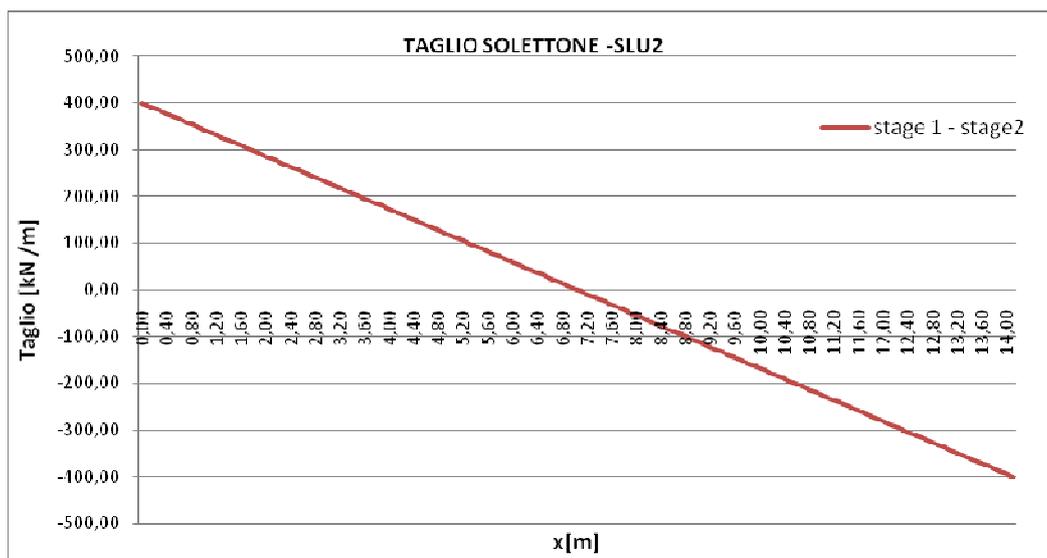
Paratia sx



Paratia dx

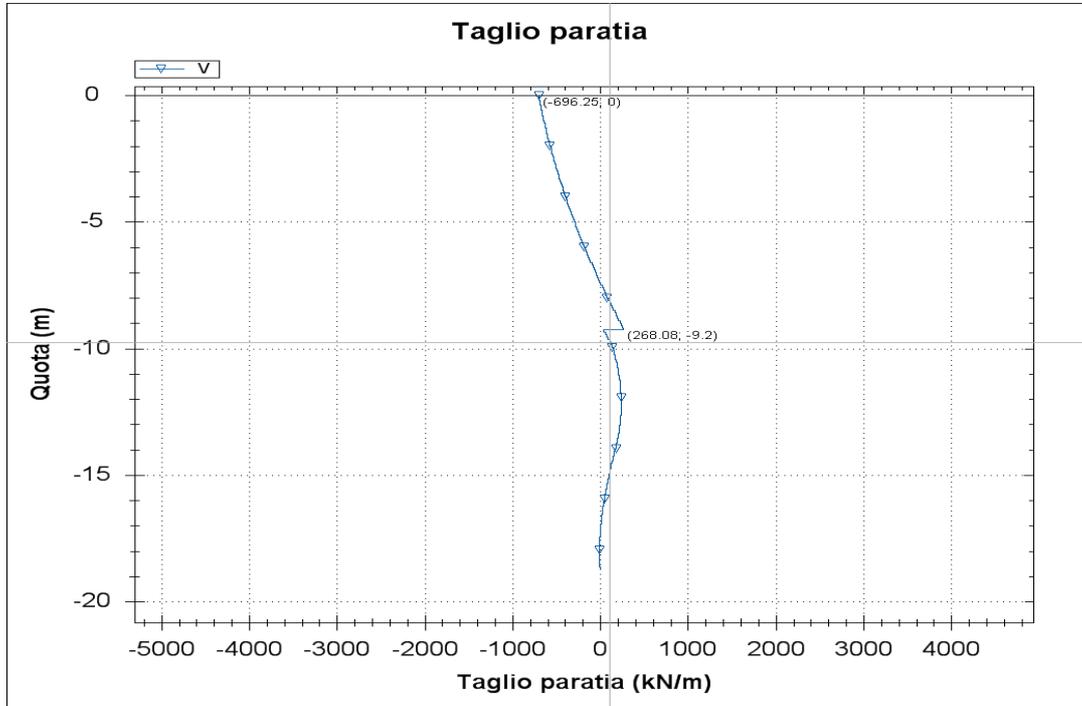


Solettone superiore

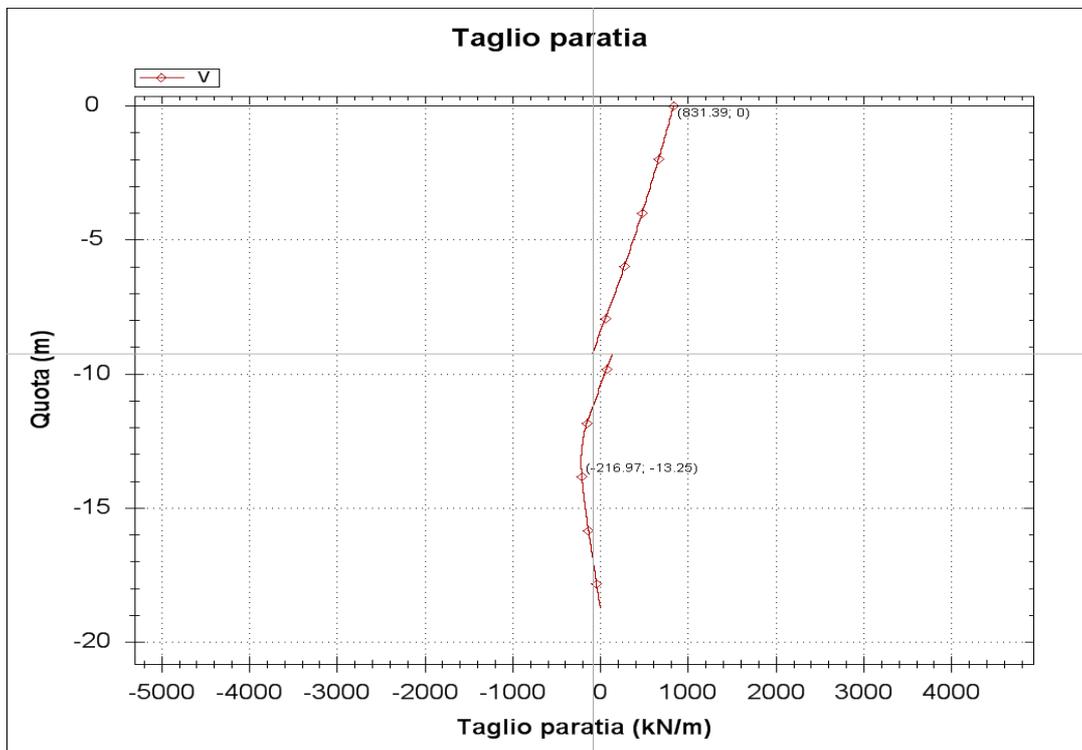


SLV2 (A2=I+M2+R1)

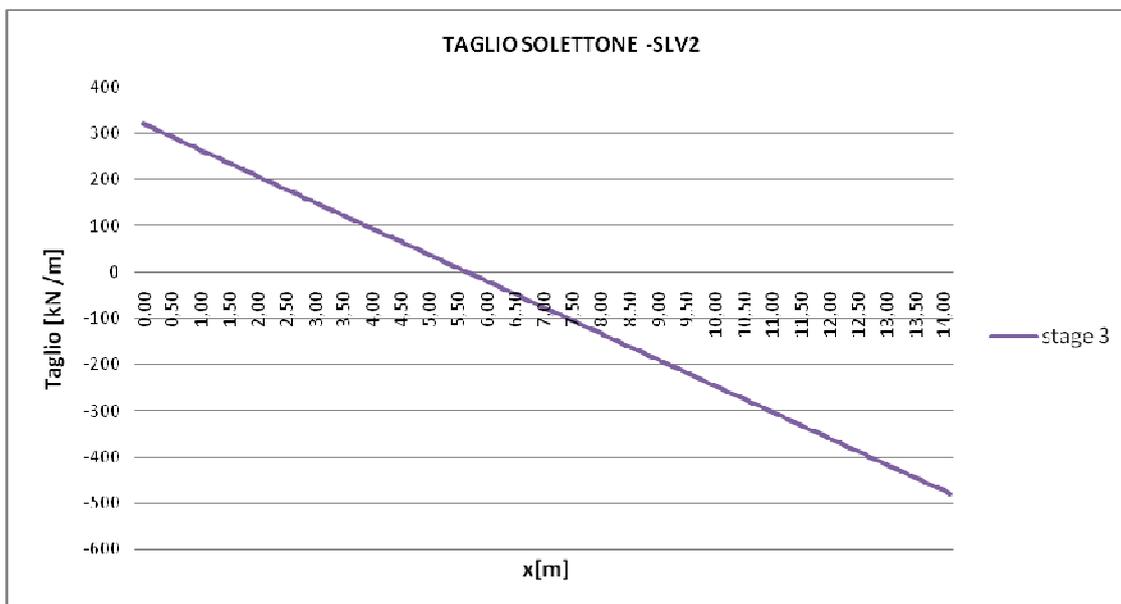
Paratia sx



Paratia dx

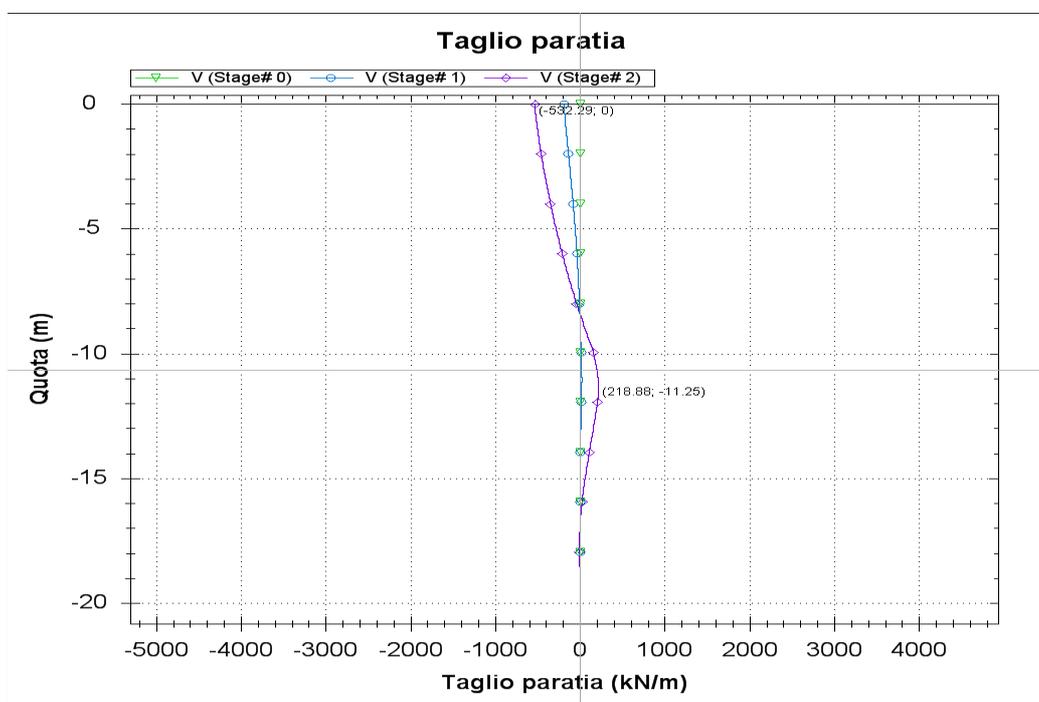


Solettone superiore

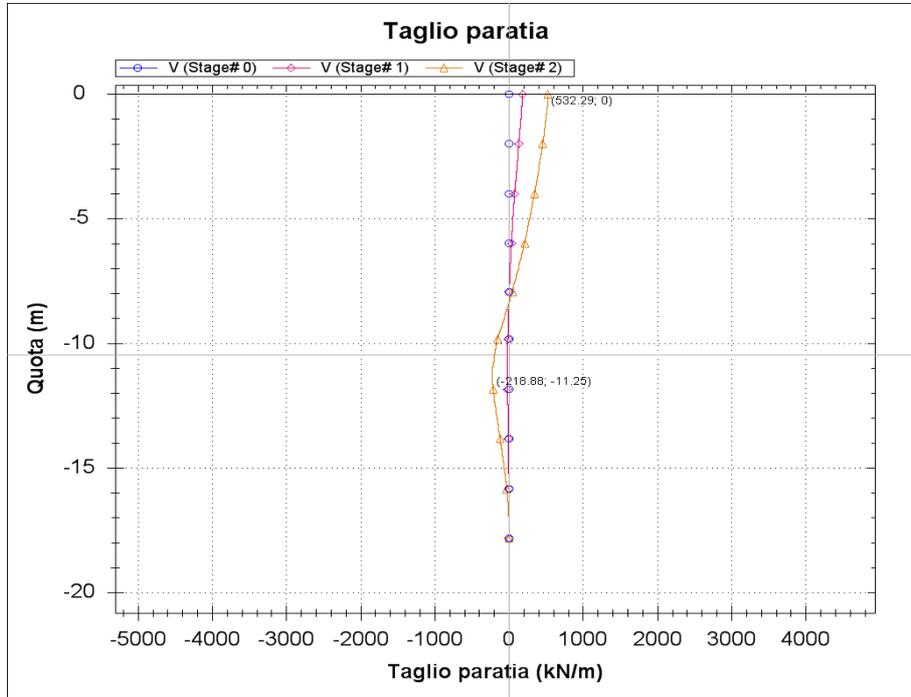


SLE 1

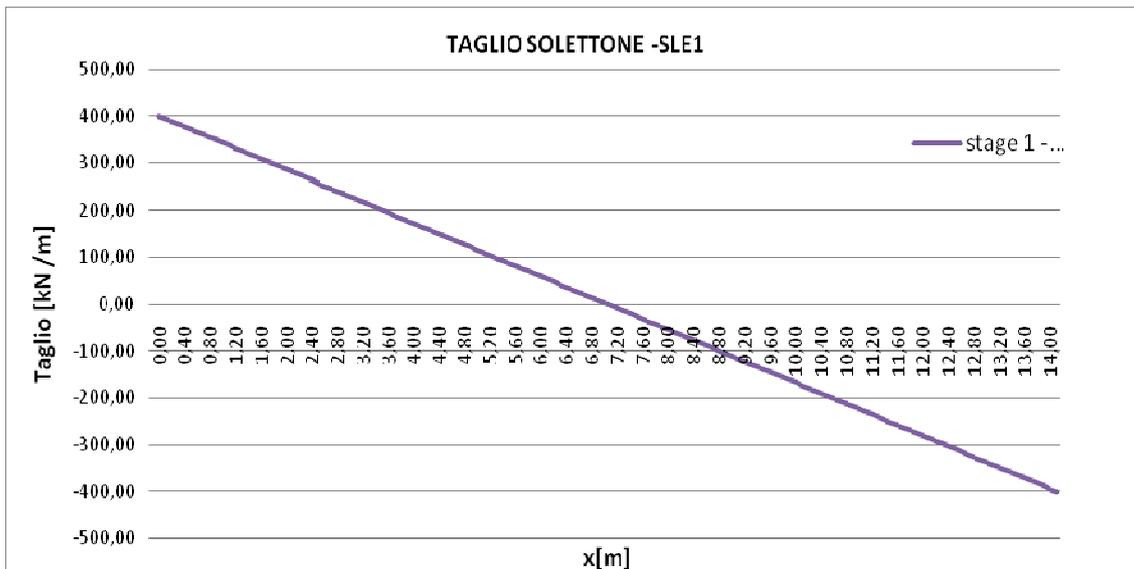
Paratia sx



Paratia dx

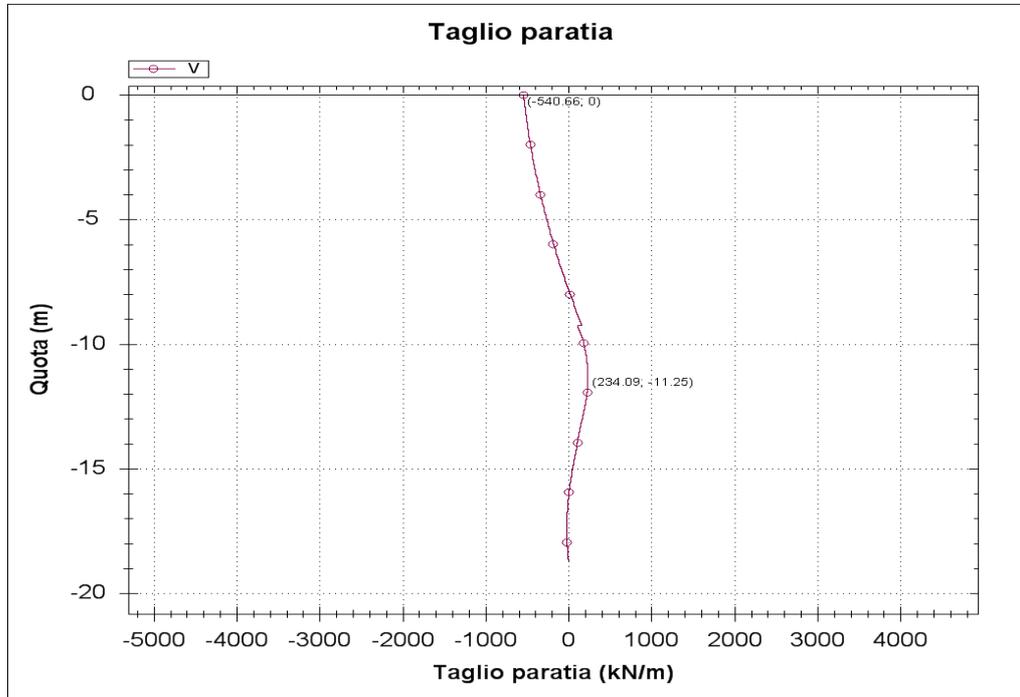


Solettone superiore

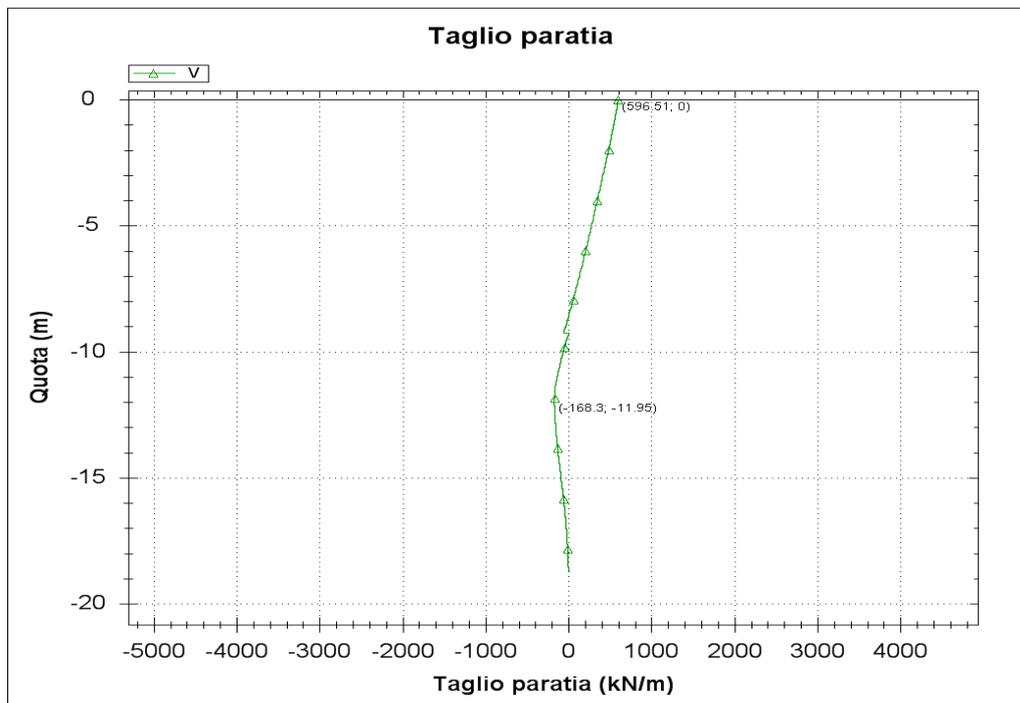


SLD

Paratia sx



Paratia dx



Solettone superiore

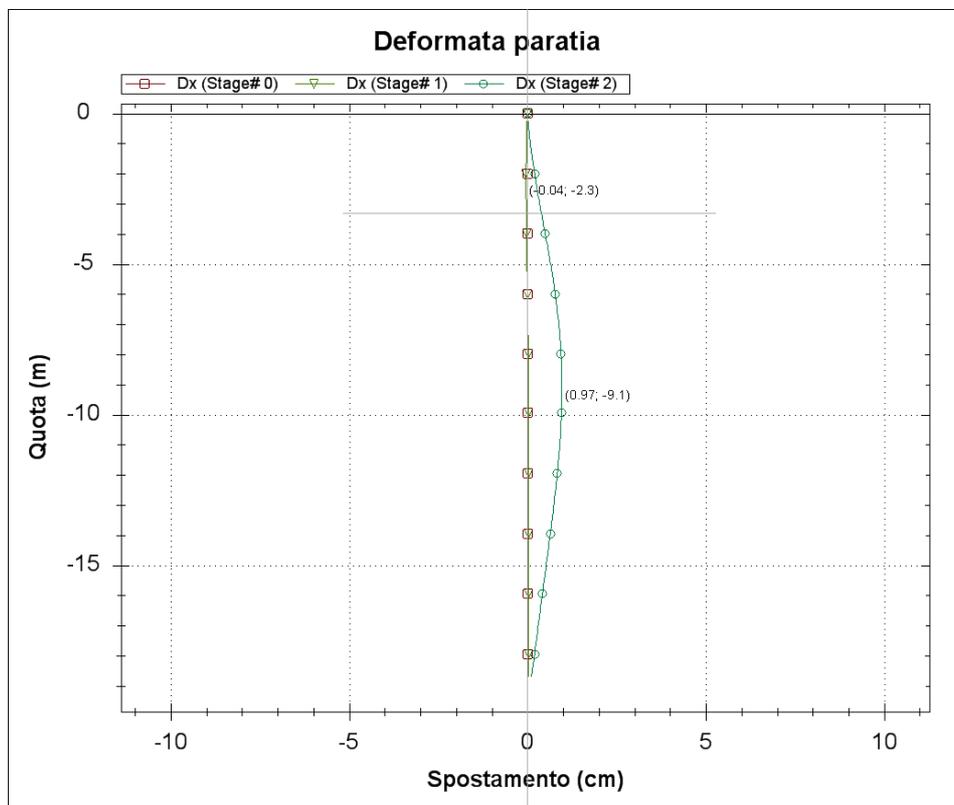


ANALISI DEGLI SPOSTAMENTI

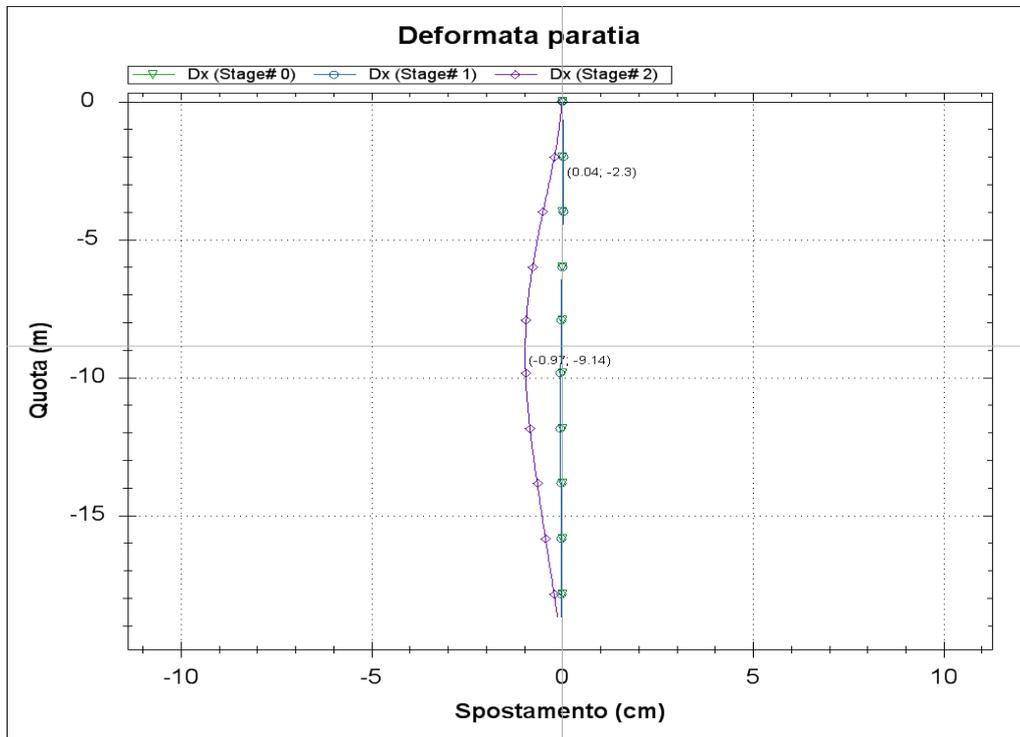
Il codice di calcolo ha permesso di valutare il regime deformativo della struttura in corrispondenza di ogni fase di calcolo: di seguito sono stati riassunti in forma tabellare e di diaframmi i massimi valori di spostamenti risultati dall'analisi numerica, in condizioni di esercizio sia nel caso statico (SLE), che nel caso sismico SLD.

SLE

Paratia sx

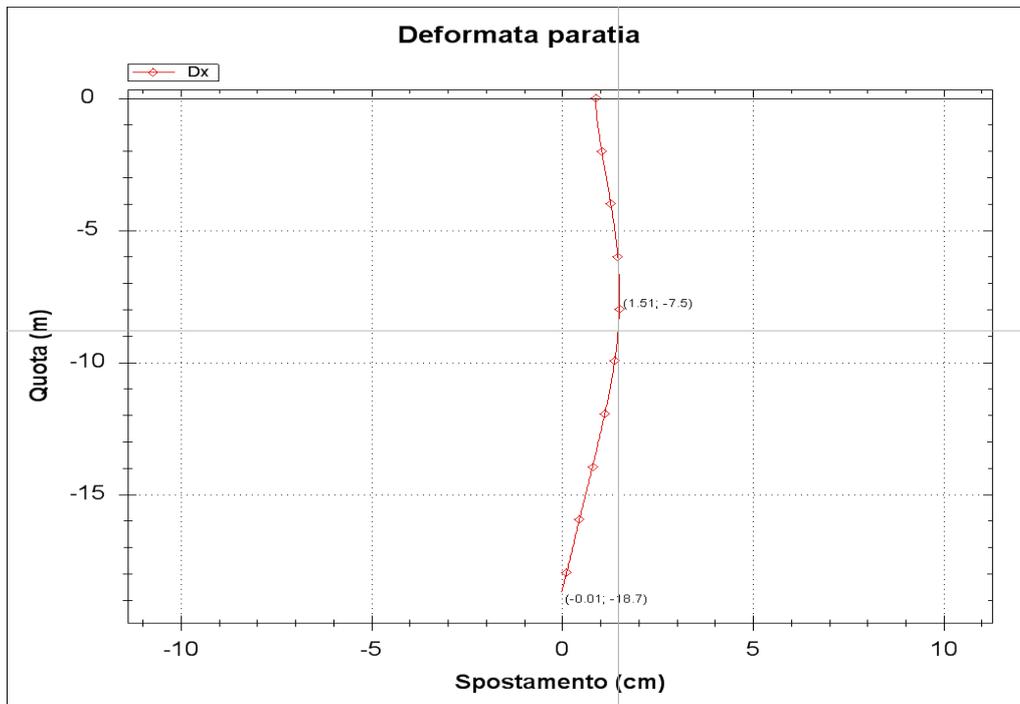


Paratia Dx

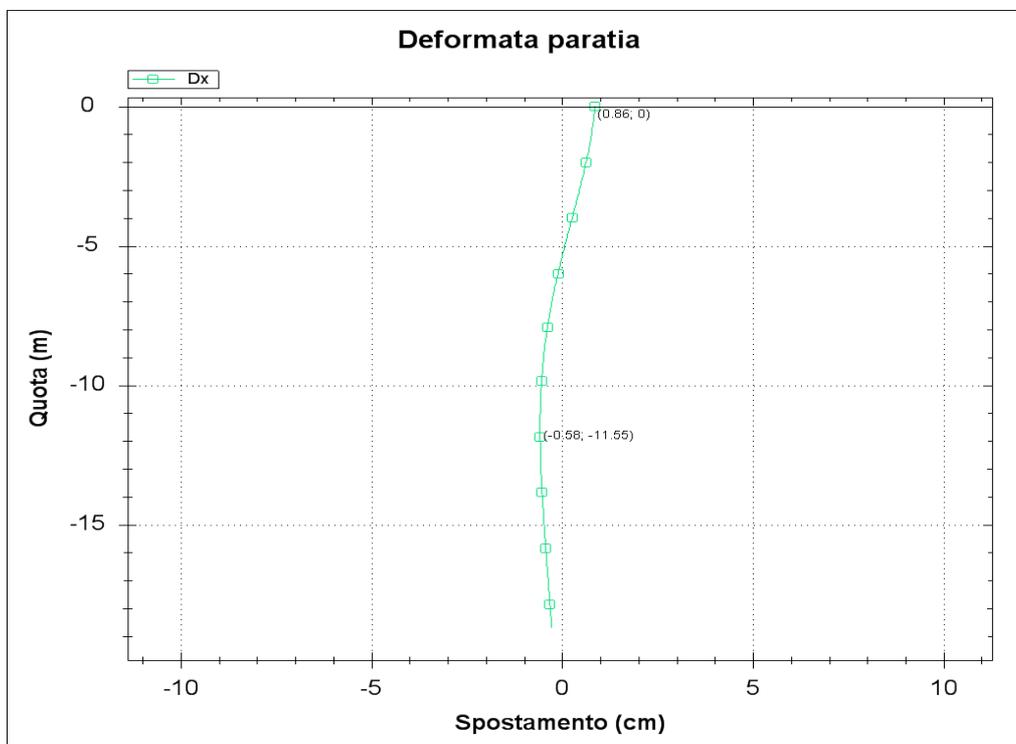


SLD

Paratia sx



Paratia Dx



	Spostamento Max [cm]	Spostamento max normalizzato
SLE	0.97	9.85x10-4
SLD	1.51	1.21x10-3

Il valore massimo di spostamento pari a circa 1.51 cm è ritenuto ammissibile per l'opera in progetto e per la tipologia di terreno presente in sito.

Per quanto concerne le fodere interne collegate rigidamente alla struttura, essendo lo spostamento di interpiano $1.51\text{cm} \leq 0.005H = 4.92\text{cm}$ ne segue che, in fase sismica tali strutture non comprometteranno la funzionalità ed operatività dell'opera a cui esse sono collegate.