

Committente:



AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.P.A.

Via Camboara 26/A - Frazione Ponte Taro - 43015 NOCETO (PR)

Impresa Esecutrice:



**AUTOSTRADA DELLA CISA A15
RACCORDO AUTOSTRADALE A15/A22
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-BRENNERO
RACCORDO AUTOSTRADALE FRA L' AUTOSTRADA DELLA CISA-FONTEVIVO (PR)
E L' AUTOSTRADA DEL BRENNERO-NOGAROLE ROCCA (VR). I LOTTO.**

C.U.P. G61B04000060008

C.I.G. 307068161E

PROGETTO ESECUTIVO

AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.p.A.

Il Direttore TIBRE:

Il Responsabile del Procedimento:

Il Presidente:

A

[Signature]

[Signature]

IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A.

Il Direttore Tecnico:

*Il Responsabile di Progetto
Dott. Ing. Luca Bondanelli*

Il Geologo:

PROGETTAZIONE DI:



A.T.I.:



Il Progettista:

GIOVANNA CASSANI
Ing. Giovanna Cassani
INGEGNERI DI MILANO

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano n. 20997

Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione:

Ing. Giovanni Maria Cepparotti

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo n. 392

Consulenza specialistica a cura di:

Progettista Responsabile Integrazione Prestazioni Specialistiche:
Impresa Pizzarotti & C. S.p.A.
Ing. Pietro Mazzoli

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 821

Titolo Elaborato:

**Asse principale
Galleria artificiale A1
Struttura**

Nota di calcolo paratia provvisoria in adiacenza al rilevato A.V.

Data Emissione Progetto:

18/03/2014

Scala:

Identif. Elaborato:

N.RO IDENTIFICATIVO	CODICE COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	AMBITO	CAT OPERA	N OPERA	PARTE OP	TIPO DOC	N PROGR. DOC.	REV.
	RAAA	1	E	R	AP	GA	01	S	RE	001	B

B	12/12/2014	ISTRUTTORIA A15				GAZZOLA	CASSANI	MAZZOLI
A	10/06/2014	RIEMMISSIONE PROGETTO ESECUTIVO				GAZZOLA	CASSANI	MAZZOLI
Rev.	Data	DESCRIZIONE REVISIONE				Redatto	Controllato	Approvato

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	3
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	4
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	5
3.1	Calcestruzzo.....	5
3.2	Acciaio ordinario di armatura.....	5
4	CARATTERISTICHE DEI TERRENI.....	6
5	SOFTWARE DI CALCOLO.....	6
5.1	PARATIE 7.0.....	6
6	CRITERI DI VERIFICA.....	7
6.1	Verifiche allo Stato Limite Ultimo.....	7
6.1.1	Resistenza a sforzo normale e flessione.....	7
6.1.2	Resistenza nei confronti delle sollecitazioni taglianti.....	8
7	GEOMETRIA DELL'OPERA.....	10
8	MODELLO DI CALCOLO.....	12
9	RISULTATI DELL'ANALISI.....	16
10	VERIFICHE STRUTTURALI.....	19
10.1	Considerazioni sullo stato deformativo.....	19
10.2	Verifica S.L.U. pali in c.a. (H = 14 m).....	19
10.3	Pali in c.a. (H = 10 m).....	21
10.4	Trave di coronamento 140x80 cm.....	21
11	CONCLUSIONI.....	22

1 INTRODUZIONE

In questo documento sono riportate le analisi svolte per il progetto della paratia necessaria al sostegno del rilevato ferroviario Alta Velocità in corrispondenza dell'imbocco lato Verona della galleria artificiale posta in corrispondenza dell'interconnessione A15-A1, nell'ambito dei lavori di realizzazione del Raccordo Autostradale "Autostrada della Cisa A15 – Autostrada del Brennero A22", 1° lotto da Fontevivo (PR) all'autostazione "Trecasali-Terre Verdiane".

Le verifiche strutturali sono state eseguite con principale riferimento al D.M. 09/01/1996, all'I.O.P.C.M. n°3274 del 2003 e all'Eurocodice 2 (EN 1992-1-1), secondo il metodo degli Stati Limite. È stato eseguito un dimensionamento dell'opera in accordo al solo Stato Limite Ultimo in quanto l'opera ha carattere provvisoria con vita utile minore di 2 anni.

La paratia è realizzata con pali di diametro 1200 mm, disposti con passo 1.40 m, non tirantate. Sono state distinte le paratie "A" e "B" rispettivamente ubicate in adiacenza alla carreggiata direzione La Spezia e Verona. La paratia "A" è costituita da 4 pali di lunghezza 10 m e 3 pali di lunghezza 16 m. La paratia "B" è costituita da 3 pali di lunghezza 10 m e 3 pali di lunghezza 16 m.

Il progetto riporta le specifiche delle analisi numeriche di supporto per la stima dei cedimenti e delle sollecitazioni sulla struttura, l'analisi dello stato deformativo e il progetto delle armature per le sezioni di calcestruzzo. L'analisi è stata condotta per il solo ambito statico, escludendo l'analisi sismica in quanto la paratia ha carattere provvisoria.

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il progetto è stato eseguito seguendo la logica degli Stati Limite nella definizione delle combinazioni di carico e nella verifica delle sezioni in calcestruzzo.

- D.M. LL. PP. 9 gennaio 1996 - "Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- D.M. LL. PP. 16 gennaio 1996 - Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. LL. PP. 16 gennaio 1996 - "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica".
- Eurocodice 7 febbraio 2005 (UNI EN 1997-1) - "Progettazione geotecnica".
- Eurocodice 2 novembre 2005 (UNI EN 1992-1-1) - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo-Parte 1-1: regole generali e regole per gli edifici".
- UNI 9502 - "Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso".
- UNI EN 206-1:2006 - "Calcestruzzo – Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità".
- UNI EN 20898-2 - "Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Dadi con carichi di prova determinati. Filettatura a passo grosso".
- UNI EN 898-1 - "Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio. Parte 1: Viti e viti prigioniere con classi di resistenza specificate - Filettature a passo grosso e a passo fine".
- UNI EN 10083-2 - "Acciai da bonifica - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura per acciai non legati".
- UNI EN 1992-1-2 - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Progettazione strutturale contro l'incendio".
- Legge 5 novembre 1971 n° 1086 – "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- 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".
- 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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- D.M. 03/12/1987 – "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".
- Circ. Min. LL. PP. 16/03/1989 – "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".
- Circ. Min. LL. PP. 24/09/1988 n° 30483 – "Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- O.P.C.M. n° 3316 del 02/10/2003 – "Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri – Ordinanza n°3274 del 20/03/2003 – recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica"".
- Decreto 21/10/2003 – "Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4 dell' Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri – Ordinanza n°3274 del 20/03/2003 – recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica"".
- Nota esplicativa Dip. Protezione Civile Uff. SSN 4 giugno 2003 – Nota esplicativa all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri – Ordinanza n°3274 del 20/03/2003 – recante "Primi elementi in

materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica”.

- O.P.C.M. n° 3519 del 28/04/2006 – “Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento delle medesime zone”.

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si riportano nel seguito le caratteristiche dei materiali per le tipologie di opere analizzate.

3.1 Calcestruzzo

Pali di calcestruzzo

Classe di Resistenza: C25/30

Classe di esposizione: XC2

Contenuto in cloruri: 0.4%

Diametro massimo degli aggregati: 32 mm

Classe di consistenza: S4

Copriferro: 60 mm

3.2 Acciaio ordinario di armatura

Barre ad aderenza migliorata

Acciaio: B450 C saldabile per $\varnothing \leq 26$ mm

$f_{yk} \geq 430$ N/mm²

$f_{tk} \geq 540$ N/mm²

Acciaio: B450 C saldabile per $\varnothing \geq 26$ mm

$f_{yk} \geq 375$ N/mm²

$f_{tk} \geq 450$ N/mm²

4 CARATTERISTICHE DEI TERRENI

Il calcolo delle spinte litostatiche per le strutture è stato eseguito considerando un angolo di attrito di 30° e un peso specifico del materiale di 20 kN/m^3 . Tale assunzione considera caratteristiche medie del terreno che costituisce il rilevato ferroviario. Il calcolo delle spinte è stato eseguito considerando un angolo di attrito terreno/paratia pari a 15° ($\varphi/2$).

5 SOFTWARE DI CALCOLO

Le analisi degli schemi di calcolo scelti per il progetto delle strutture, sono state svolte con il software commerciale PARATIE.

La verifica di sezioni in c.a. è stata eseguita con software di calcolo sviluppati internamente all'azienda, utilizzati in numerose occasioni, testati e completamente affidabili. I risultati delle verifiche sezionali saranno presentati, per le combinazioni più gravose, in forma ridotta per facilitarne la lettura critica, fornendo i coefficienti di sicurezza per le verifiche a pressoflessione e taglio.

5.1 PARATIE 7.0

Il programma Paratie 7.0, sviluppato da Ce.A.S. S.r.l. (Milano), affronta il problema della simulazione di uno scavo sostenuto da paratie flessibili attraverso il metodo degli elementi finiti, secondo una schematizzazione di "Trave su suolo elastico" con terreno alla Winkler. Le paratie sono rappresentate come elementi trave il cui comportamento flessionale è definito dalla rigidità flessionale EJ, mentre il terreno è simulato attraverso elementi elastoplastici monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie.

Con questo modello di calcolo la realizzazione dello scavo sostenuto da paratie, eventualmente sostenute da tiranti, puntoni o vincoli, è seguita in tutte le varie fasi. L'analisi con il modello ad elementi finiti è di tipo "Statico-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 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: di spinta e di deformabilità del terreno. I primi sono rappresentati dal coefficiente di spinta a riposo K_0 , dal coefficiente di spinta attiva K_A e dal coefficiente di spinta passiva K_P . I parametri di deformabilità del terreno compaiono nella definizione della rigidità delle molle.

Le due componenti di sforzo verticale e orizzontale vengono intese come sforzi principali. In funzione di questi è definita una funzione di plasticità, funzione che determina i confini di una regione entro la quale lo stato tensionale risulta determinato. 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 a 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 le diciture "Active" o "Passive".

6 CRITERI DI VERIFICA

6.1 Verifiche allo Stato Limite Ultimo

6.1.1 Resistenza a sforzo normale e flessione

Per la valutazione della resistenza ultima delle sezioni di elementi monodimensionali si adottano le seguenti ipotesi:

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

Si assumeranno come diagrammi tensione-deformazione i diagrammi parabola-rettangolo ed elastico perfettamente plastico rispettivamente per calcestruzzo e acciaio.

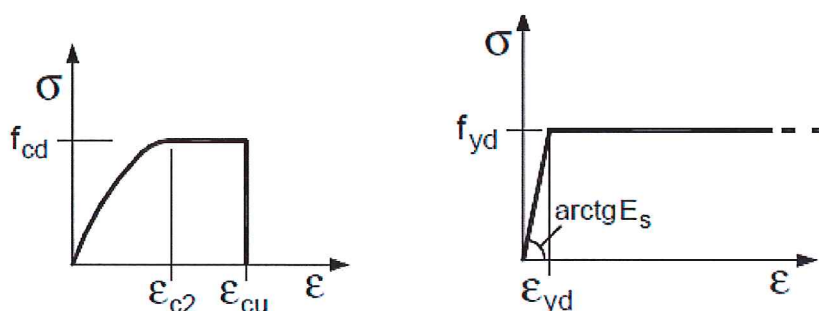


Figura 1 – Diagrammi σ - ϵ di calcolo per calcestruzzo e acciaio

Per la classe di calcestruzzo adoperata i valori di deformazione ϵ_{c2} ed ϵ_{cu} valgono rispettivamente 0.2% e 0.35%. Il valore di deformazione ultima per le barre di armatura è convenzionalmente pari a $\epsilon_{su} = 1\%$

Definite le ipotesi di base e i diagrammi tensione-deformazione dei materiali, è possibile illustrare l'analisi della sezione. Con riferimento alla sezione pressoinflessa in figura, la verifica di resistenza si conduce controllando che:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) > M_{Ed}$$

Dove:

M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed} ;

N_{Ed} è il valore di calcolo della componente assiale dell'azione;

M_{Ed} è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

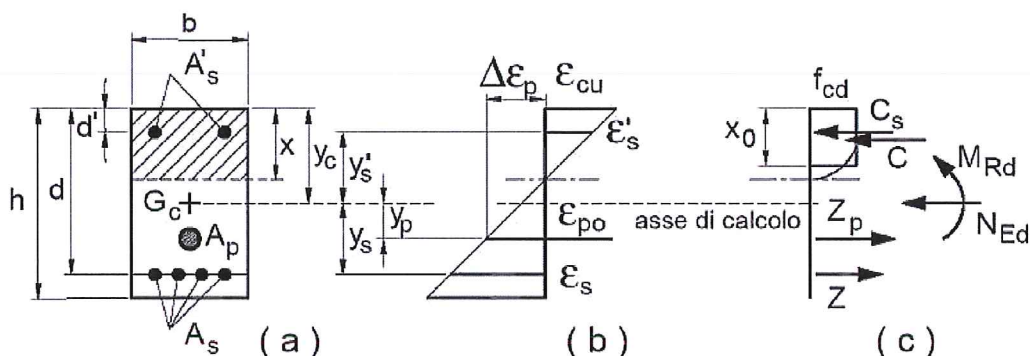


Figura 2 – Sezione pressoinflessa in c.a.

Nel documento saranno forniti, per la verifica a presso-flessione allo Stato Limite Ultimo, fattori di sicurezza con valori maggiori di 1 nel caso di verifica dall'esito positivo. Considerando una coppia di valori N_{Ed} , M_{Ed} , che costituisce un punto all'interno del dominio M-N di una sezione in c.a., il fattore di sicurezza è valutato come minimo fra tre percorsi di carico:

- F.S. valutato con azione assiale costante N_{Ed} .
- F.S. valutato con momento flettente costante M_{Ed} .
- F.S. valutato con $e=M_{Ed}/N_{Ed}$ costante.

Tale approccio è tipico anche di programmi automatici per la verifica di sezioni in c.a..

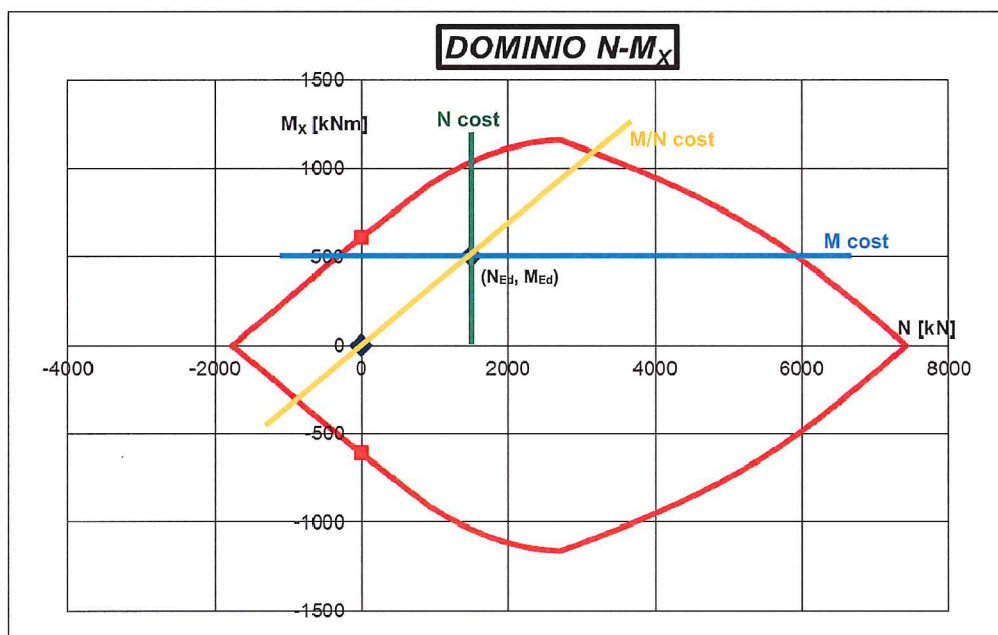


Figura 3 – Esempio calcolo fattori di sicurezza per sezione in c.a.

6.1.2 Resistenza nei confronti delle sollecitazioni taglianti

La resistenza a taglio V_{Rd} degli elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio è valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati.

Il taglio di calcolo deve risultare inferiore od al limite uguale alla somma della resistenza della armatura d'anima e del contributo degli altri elementi del traliccio ideale. Comunque la resistenza di calcolo dell'armatura d'anima deve risultare non inferiore alla metà del taglio di calcolo. L'armatura trasversale deve essere tale da verificare:

$$V_{Sdu} \leq V_{cd} + V_{wd}$$

in cui:

$$V_{cd} = 0.60 f_{ctd} \cdot b_w \cdot d \cdot \delta$$

$$V_{wd} = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot 0.90d / s \cdot [\sin(\alpha) + \cos(\alpha)]$$

Ove:

α : inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave

δ : coefficiente che tiene conto della presenza di azione assiale nell'elemento

s : passo dell'armatura trasversale resistente a taglio

A_{sw} : area dell'armatura trasversale resistente a taglio

7 GEOMETRIA DELL'OPERA

Le paratie di sostegno del rilevato A.V. sono costituite da pali di diametro 1200 mm disposti con passo 1.40 m. Sono state distinte per comodità la paratia "A" e la paratia "B" disposte rispettivamente in adiacenza alla carreggiata direzione La Spezia e direzione Verona. La paratia "A" è costituita da 4 pali di lunghezza 10 m e 3 pali di lunghezza 16 m. La paratia "B" è costituita da 3 pali di lunghezza 10 m e 3 pali di lunghezza 16 m. I pali sono coronati da una trave di testa in c.a. 140x80 cm.

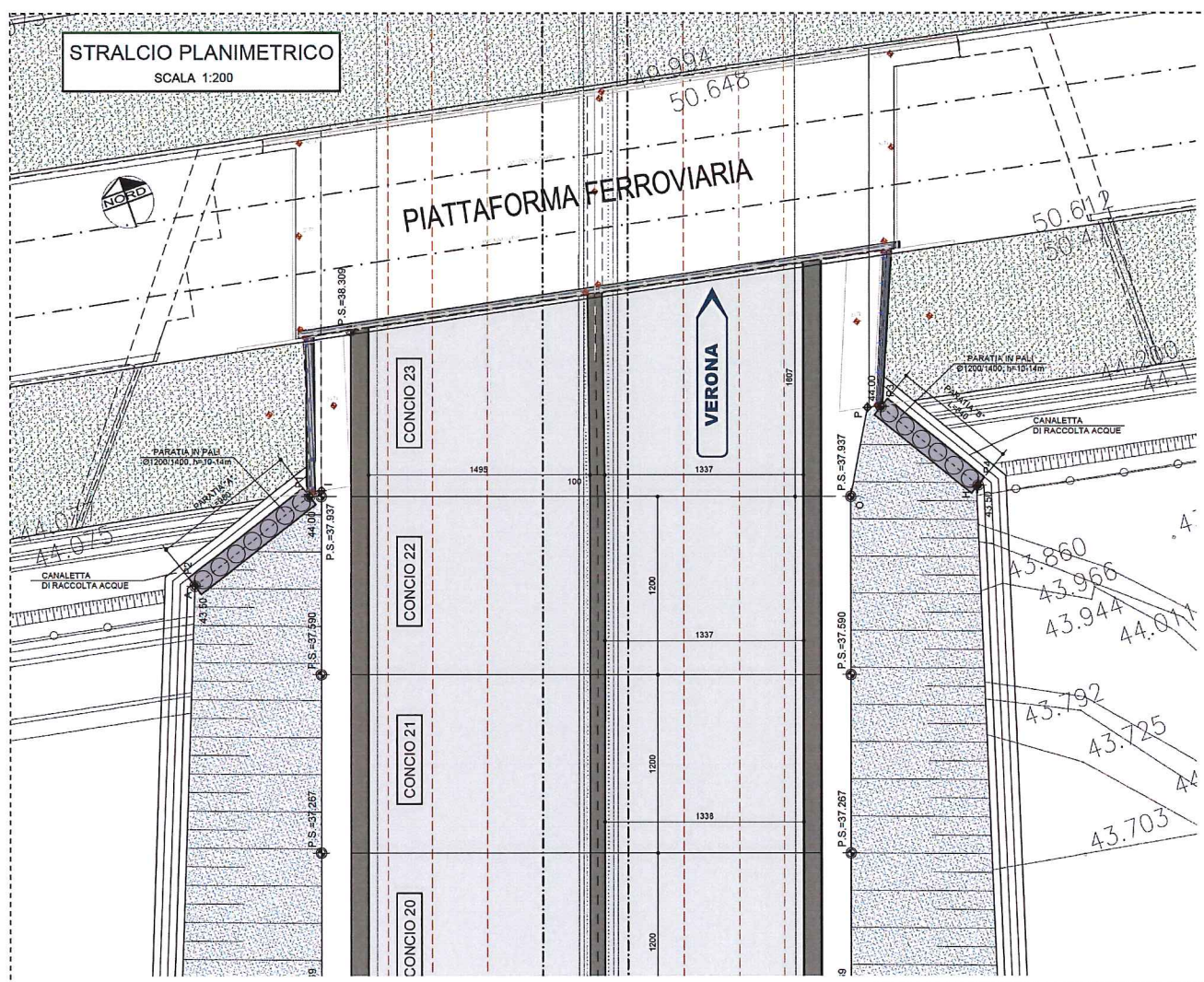


Figura 4 - Planimetria dell'intervento

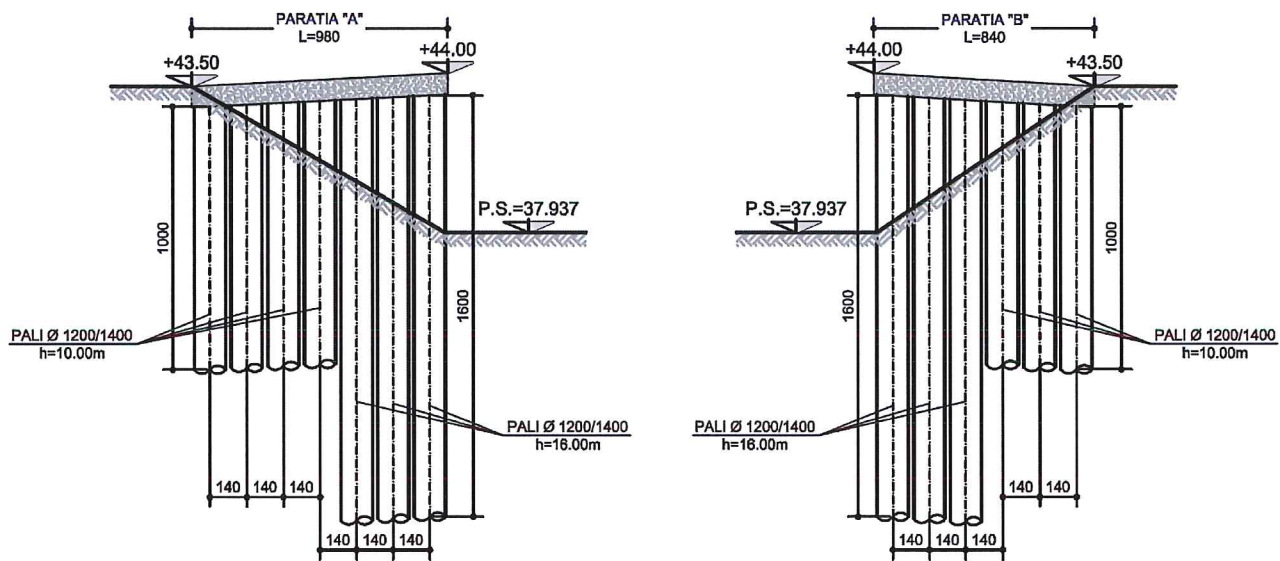


Figura 5 - Sviluppate paratie "A" e "B"

8 MODELLO DI CALCOLO

Il modello di calcolo considera un'opera di sostegno di altezza 16 m con scavo da 5.50 m. Il terreno a tergo della paratia è inizialmente piano per 2 m poi assume una pendenza 3/2 fino a una quota di circa 5 m dall'estradosso della trave di testa. La falda freatica si attesta ad una quota di 40 m s.l.m. circa. Le figure seguenti riportano gli schemi considerati nel calcolo e i carichi applicati alla struttura di sostegno. La modellazione del rilevato ferroviario è stata eseguita applicando carichi superficiali con intensità variabile considerando coefficienti di spinta del terreno pari a:

$k_a = 0.291$ coefficiente di spinta attiva (attrito terreno/muro: 15°)

$k_p = 3.939$ coefficiente di spinta passiva (attrito terreno/muro: 10°)

La sezione di calcolo considerata analizza le condizioni di esercizio più gravose per i pali di lunghezza 16 m. Con riferimento alla Paratia "A" si riporta la sezione tipologica di calcolo considerata nell'analisi.

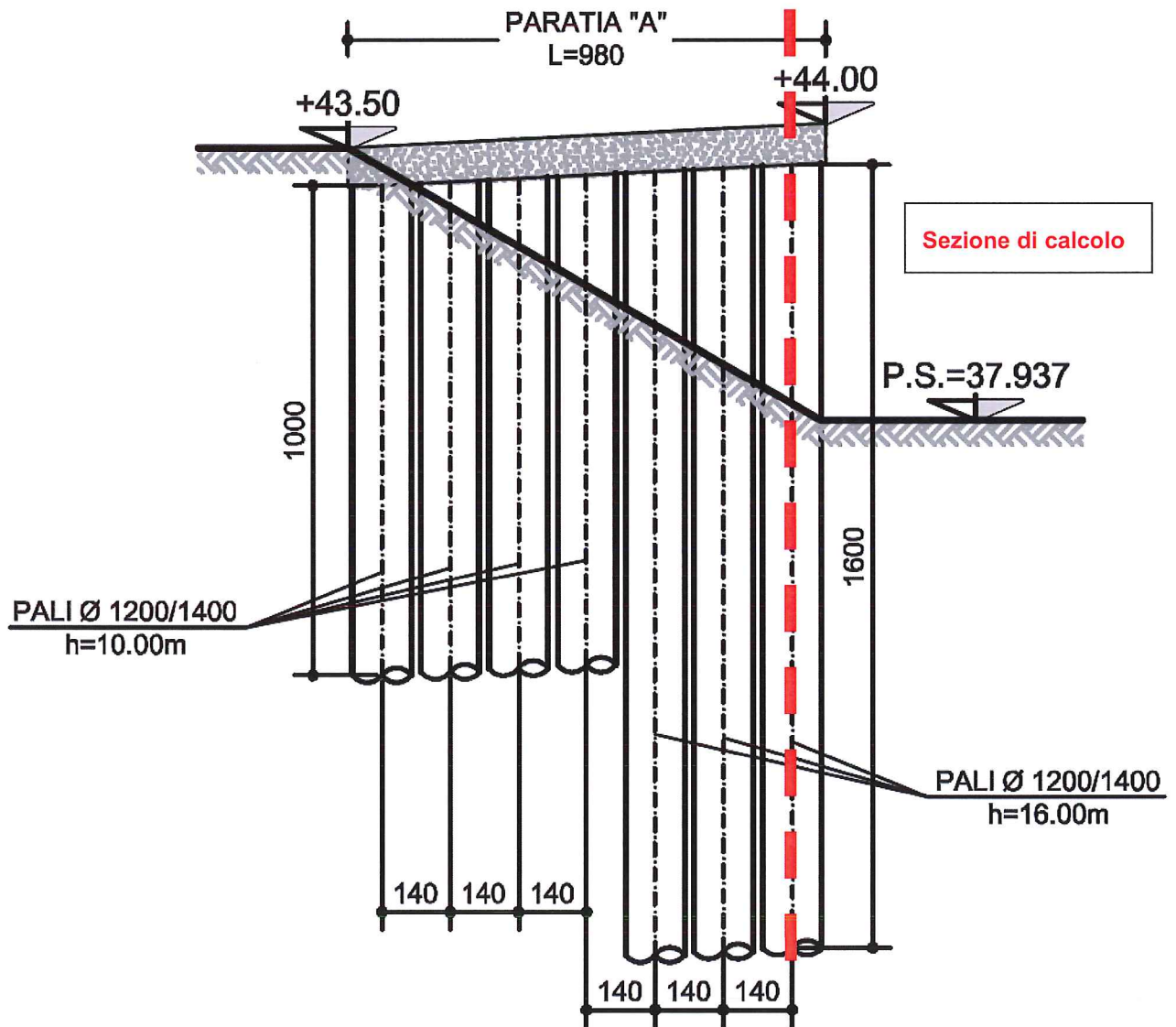


Figura 6 - Sezione tipologica di calcolo

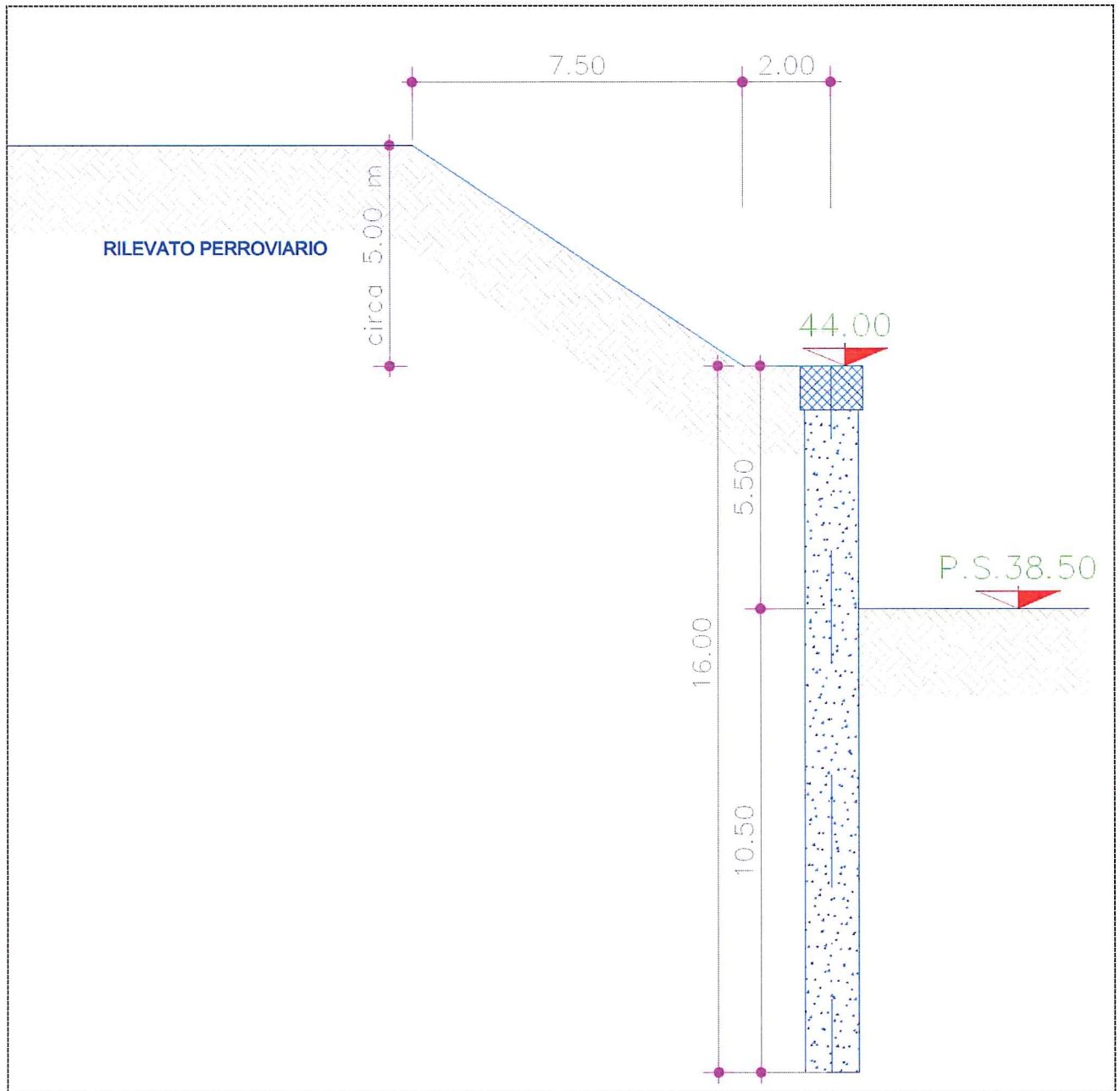


Figura 7 – Schema grafico del calcolo

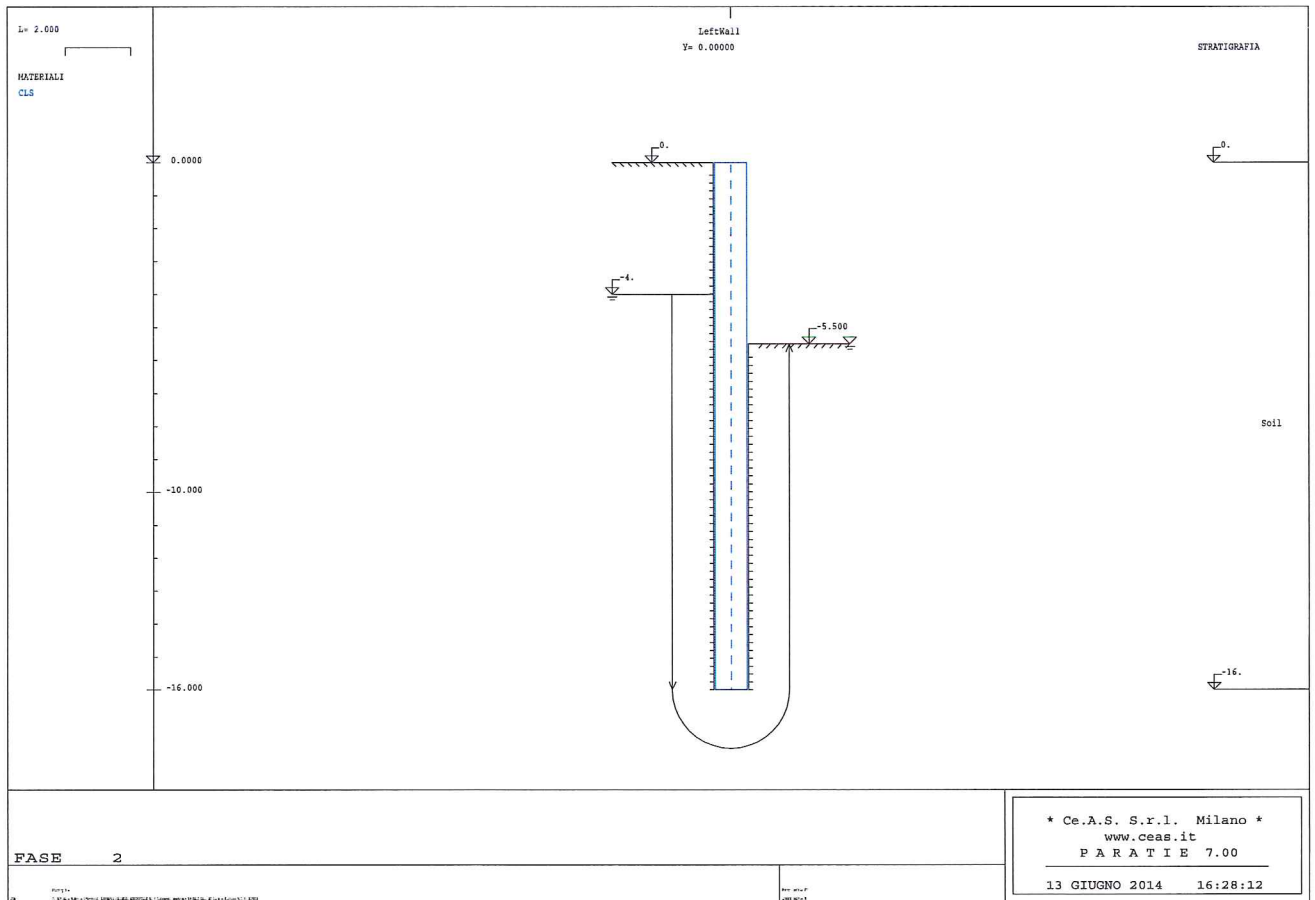


Figura 8 – Schema di calcolo da Paratie 7.0

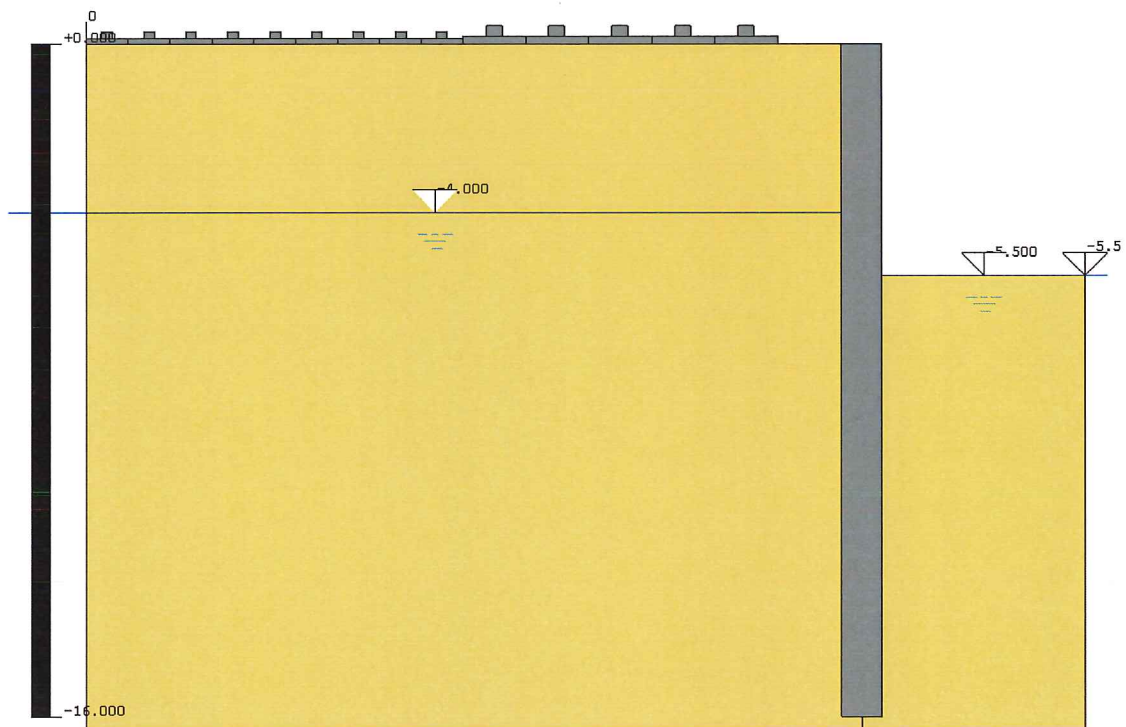


Figura 9 – Schema di calcolo da Paratie 7.0 (rappresentazione carico del rilevato)

I carichi che rappresentano il rilevato ferroviario sono stati modellati in Paratie tramite fondazioni superficiali con

distribuzione del carico superficiale nel terreno con angolo di 45°. La prima impronta di carico è posizionata a 2 m dalla paratia. Le impronte di carico hanno intensità pari rispettivamente a:

$$\begin{aligned}
 q_1 &= 1.0 \text{ m} \cdot 1.5 \text{ m} / 2 \cdot 20 \text{ kN/mc} \cdot 1 \text{ m} &= 15 \text{ kN/mq} \\
 q_2 &= (1.0 \text{ m} + 2.0 \text{ m}) \cdot 1.50 \text{ m} / 2 \cdot 20 \text{ kN/mc} \cdot 1 \text{ m} &= 45 \text{ kN/mq} \\
 q_3 &= (2.0 \text{ m} + 3.0 \text{ m}) \cdot 1.50 \text{ m} / 2 \cdot 20 \text{ kN/mc} \cdot 1 \text{ m} &= 75 \text{ kN/mq} \\
 q_4 &= (3.0 \text{ m} + 4.0 \text{ m}) \cdot 1.50 \text{ m} / 2 \cdot 20 \text{ kN/mc} \cdot 1 \text{ m} &= 105 \text{ kN/mq} \\
 q_5 &= (4.0 \text{ m} + 5.0 \text{ m}) \cdot 1.50 \text{ m} / 2 \cdot 20 \text{ kN/mc} \cdot 1 \text{ m} &= 135 \text{ kN/mq} \\
 q_6 &= 5.0 \text{ m} \cdot 1.0 \text{ m} \cdot 20 \text{ kN/mc} \cdot 1 \text{ m} &= 100 \text{ kN/mq}
 \end{aligned}$$

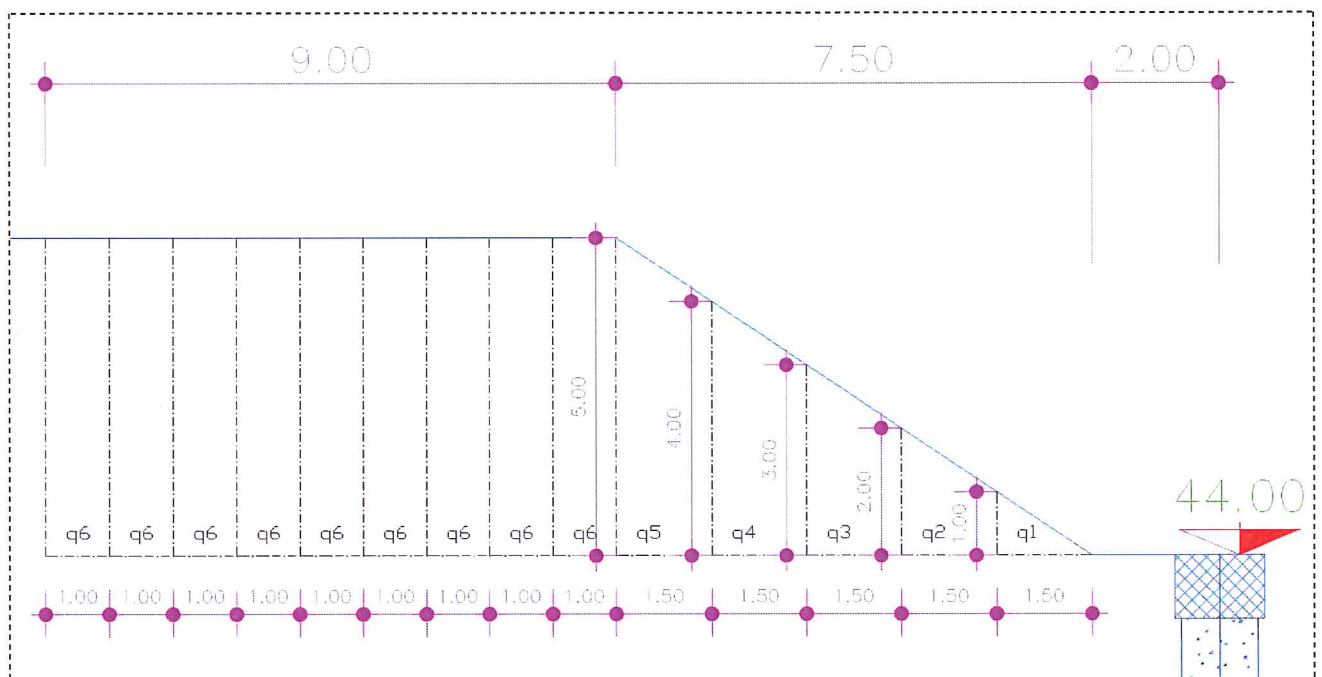


Figura 10 – Schema valutazione carichi rilevato ferroviario

9 RISULTATI DELL'ANALISI

Si riportano i risultati dell'analisi numerica in termini di deformata dell'opera di sostegno e diagrammi delle azioni interne.

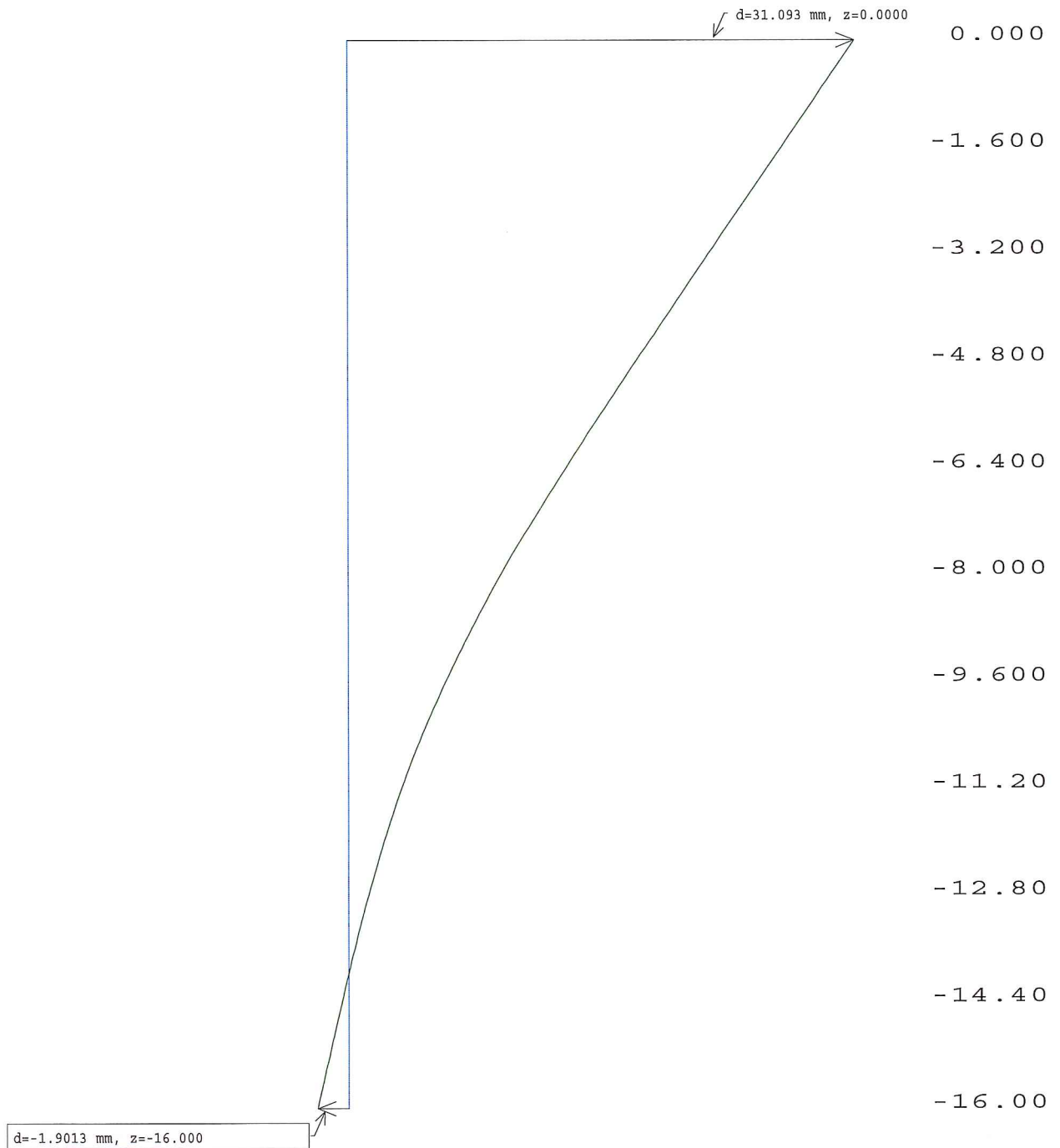


Figura 11 – Deformata della paratia

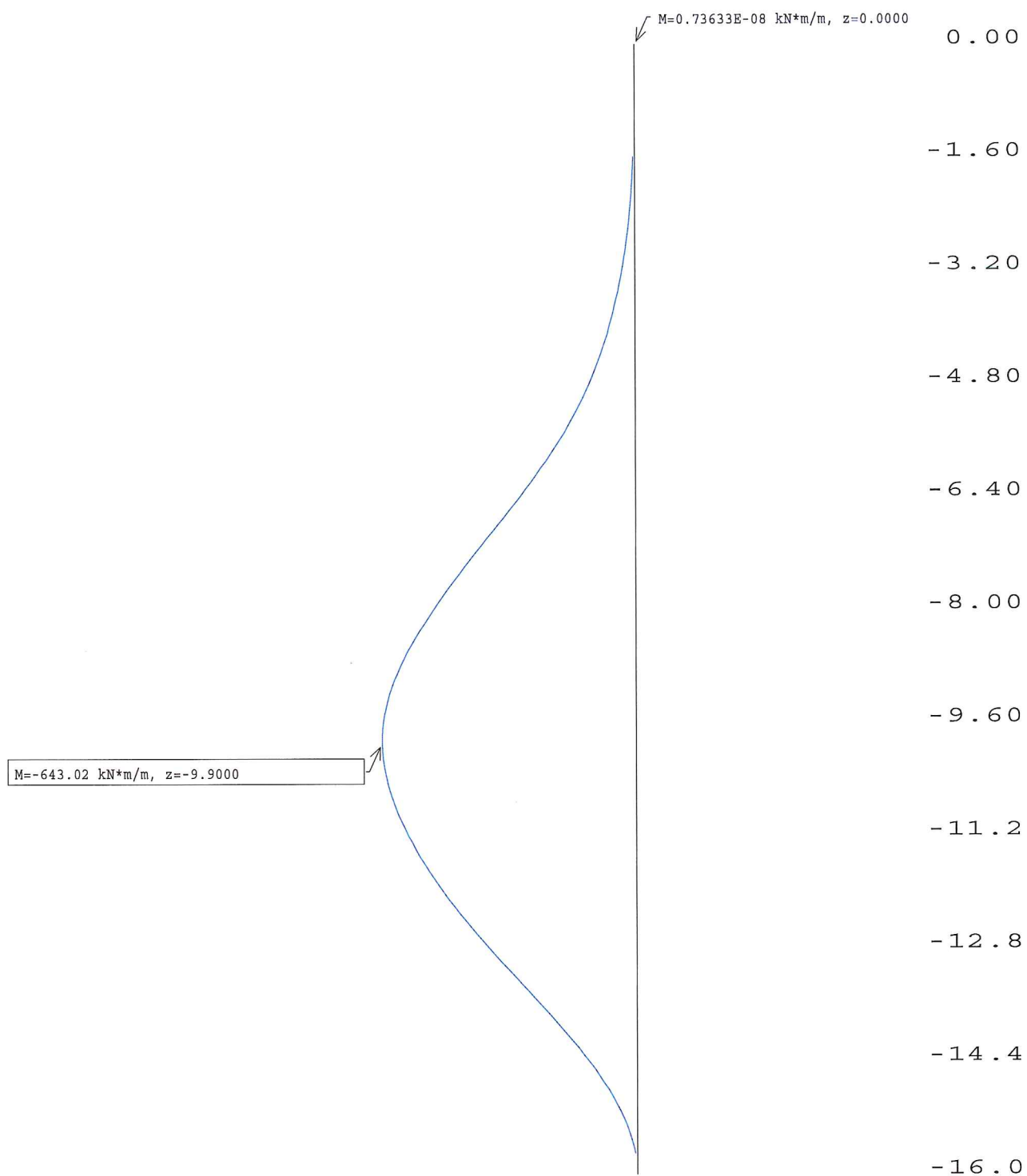


Figura 12 - Momento flettente [kNm/m]

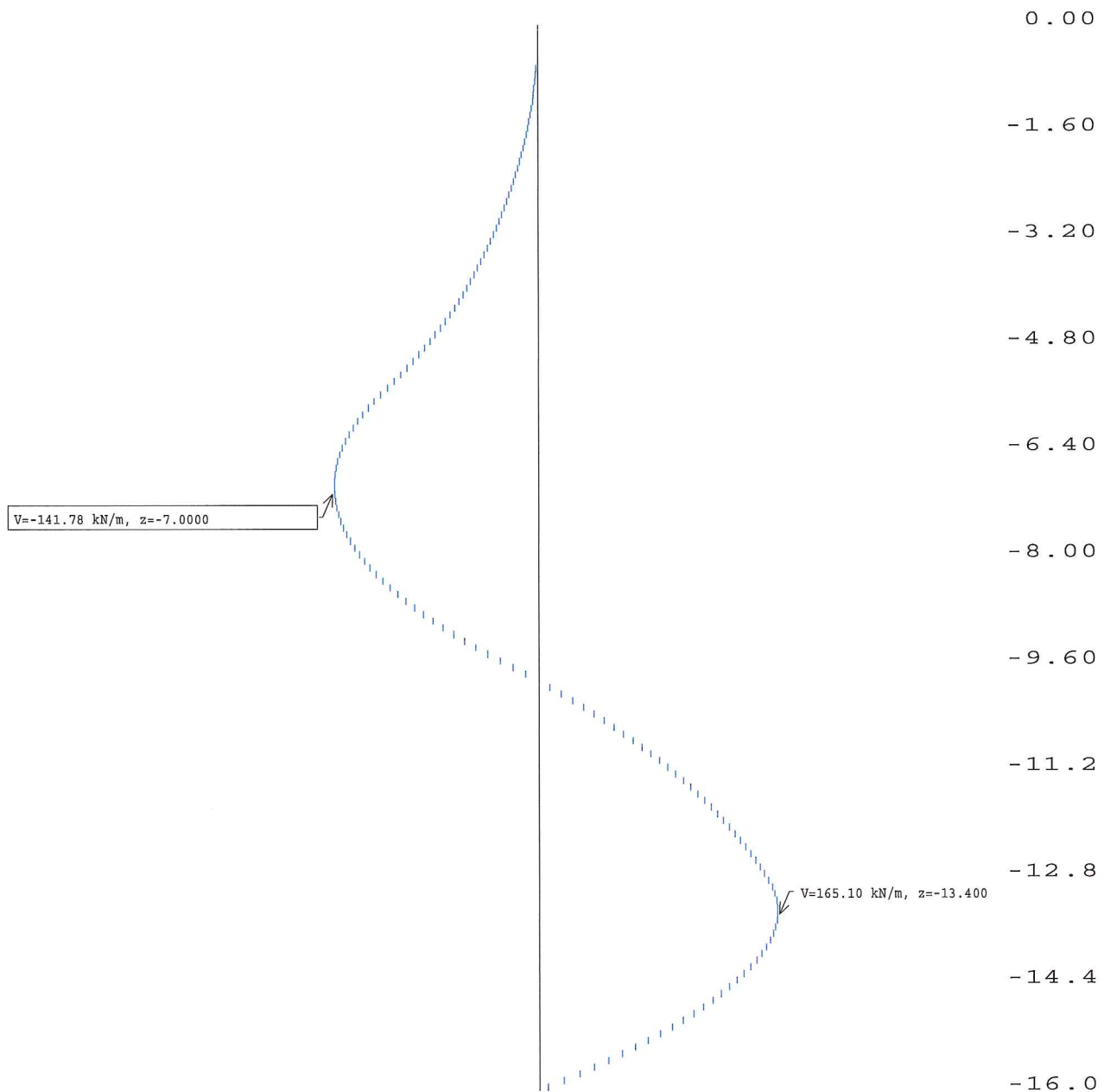


Figura 13 – Azione di taglio [kN/m]

Stanti le ipotesi di calcolo, con particolare riferimento alle condizioni di carico ed alla parametrizzazione geotecnica adottate ai fini della modellazione numerica, si ritengono pertanto accettabili risultati forniti dall'analisi implementata. Nella condizione specifica di calcolo l'opera esibisce spostamenti in testa di poco superiori ai 3 cm, confermando pertanto l'adeguatezza del manufatto rispetto al requisito progettuale, di presidio del rilevato ferroviario durante l'apertura degli scavi per la realizzazione del concio 23 della Galleria Artificiale.

10 VERIFICHE STRUTTURALI

10.1 Considerazioni sullo stato deformativo

In accordo alle analisi svolte, l'opera di sostegno in pali di c.a. presenta un comportamento stabile in condizioni di esercizio standard (non sismiche) e subisce uno spostamento orizzontale massimo pari a circa 30 mm. Il dato è considerato accettabile in quanto l'analisi è riferita alla sezione di scavo più critica, avendo operato un'analisi cautelativa, ed in quanto lo spostamento orizzontale è limitato (30 mm).

Uno spostamento orizzontale di tale entità non determina cedimenti del rilevato ferroviario che possano interrompere o impedire il passaggio dei treni Alta Velocità.

10.2 Verifica S.L.U. pali in c.a. (H = 14 m)

I pali di lunghezza 14 m sono armati con 24 barre $\phi 26$ e con staffe $\phi 12 / 20$ cm. Le verifiche allo Stato Limite Ultimo sono state svolte considerando le azioni flettenti e di taglio valutate moltiplicando per 1.4 m e per il coefficiente di combinazione allo Stato Limite Ultimo della normativa (1.30), i risultati del programma di calcolo Paratie.

$$M_{SLU} = 643.02 \text{ kNm/m} \cdot 1.40 \text{ m} \cdot 1.30 = 1170.3 \text{ kNm}$$

$$V_{SLU} = 165.10 \text{ kN/m} \cdot 1.40 \text{ m} \cdot 1.30 = 300.5 \text{ kN}$$

Titolo : _____

Sezione circolare cava

Raggio esterno [cm]

Raggio interno [cm]

N° barre uguali

Diametro barre [cm]

Copriferro (baric.) [cm]

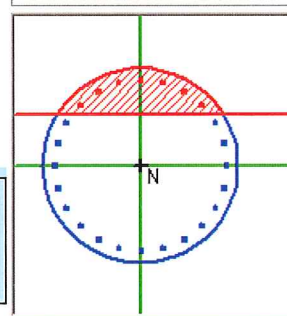
N° barre **Zoom**

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.



Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN

M_{xEd} kNm

M_{yEd}

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] x_N y_N

Materiali

B450C **C25/30**

ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰

f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰

E_s N/mm² f_{cd} N/mm²

E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} [?]

ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$ N/mm²

$\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} N/mm²

τ_{c1} N/mm²

Tipo rottura

Lato acciaio - Acciaio snervato

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ϵ_c ‰

ϵ_s ‰

d cm

x x/d δ

Metodo di calcolo

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

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: N° rett.

Calcola MRd **Dominio M-N**

L_0 cm **Col. modello**

Precompresso

Figura 14 – Input programma di verifica
c.a.

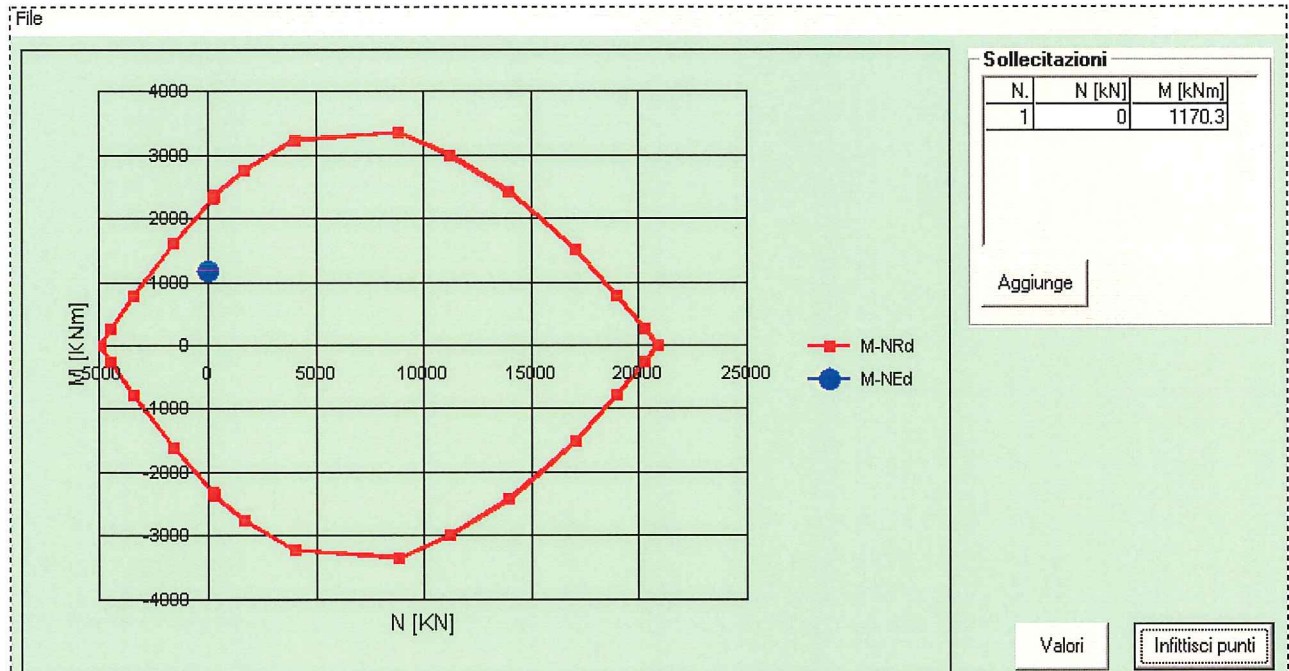


Figura 15 – Dominio resistente allo Stato Limite Ultimo

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:

- $b_e = 0.9 D$ base equivalente
- $d_e = 0.45 D + 0.64 (d - D/2)$ altezza equivalente
- $D = 120 \text{ cm}$
- $d = D - 2 \times \text{copriferro} = 108 \text{ cm}$
- $b_e = 108 \text{ cm}$
- $d_e = 84.72 \text{ cm}$
- $h_e = 84.72 \text{ cm} / 0.83 = 102.1 \text{ cm}$
- $V_{\max} = 215.1 \text{ kN}$

Le staffe $\phi 12 / 20 \text{ cm}$ forniscono una resistenza a taglio pari a 338 kN, maggiore dell'azione di progetto 300.5 kN.

Le verifiche allo Stato Limite Ultimo sono quindi soddisfatte.

10.3 Pali in c.a. (H = 10 m)

I pali di lunghezza 10 m sono armati con 24 barre $\phi 20$ e con staffe $\phi 12 / 20$ cm. Le verifiche allo Stato Limite Ultimo si considerano soddisfatte in quanto il regime tenso-deformativo è più contenuto rispetto al calcolo proposto.

10.4 Trave di coronamento 140x80 cm

La trave di testa di collegamento fra i pali di diametro 120 cm ha dimensioni 80x140 cm. Essa è armata con 4+4 barre $\phi 20$ e con staffe costituite da 1+1 $\phi 12$.

11 CONCLUSIONI

In questo documento sono riportate le analisi svolte per il progetto della paratia necessaria al sostegno del rilevato ferroviario Alta Velocità in corrispondenza dell'imbocco lato Verona della galleria artificiale posta in corrispondenza dell'interconnessione A15-A1, nell'ambito dei lavori di realizzazione del Raccordo Autostradale "Autostrada della Cisa A15 – Autostrada del Brennero A22", 1° lotto da Fontevivo (PR) all'autostazione "Trecasali-Terre Verdiane".

La paratia è realizzata con pali di diametro 1200 mm, disposti con passo 1.40 m, non tirantate. Sono state distinte le paratie "A" e "B" rispettivamente ubicate in adiacenza alla carreggiata direzione La Spezia e Verona. La paratia "A" è costituita da 4 pali di lunghezza 10 m e 3 pali di lunghezza 16 m. La paratia "B" è costituita da 3 pali di lunghezza 10 m e 3 pali di lunghezza 16 m.

Le verifiche strutturali sono state eseguite con principale riferimento al D.M. 09/01/1996, all'O.P.C.M. n°3274 del 2003 e all'Eurocodice 2 (EN 1992-1-1), secondo il metodo degli Stati Limite. È stato eseguito un dimensionamento dell'opera in accordo al solo Stato Limite Ultimo in quanto l'opera ha carattere provvisoria con vita utile minore di 2 anni.

Sono state condotte analisi numeriche di supporto per la stima dei cedimenti e delle sollecitazioni sulla struttura, l'analisi dello stato deformativo e il progetto delle armature per le sezioni di calcestruzzo. L'analisi è stata condotta per il solo ambito statico, escludendo l'analisi sismica in quanto la paratia ha carattere provvisoria.

In condizioni di esercizio l'opera esibisce spostamenti in testa di poco superiori ai 3 cm, confermando pertanto l'adeguatezza del manufatto rispetto al requisito progettuale, di presidio del rilevato ferroviario durante l'apertura degli scavi per la realizzazione del concio 23 della Galleria Artificiale. Tutte le verifiche strutturali nei confronti dello Stato Limite Ultimo risultano altresì soddisfatte.