

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

VIADOTTI IN INTERFERENZA

IV03 - CAVALCAFERROVIA SU NV62C

Relazione di calcolo opere provvisionali

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

RS3T 30 D 09 CL IV0300 007 B

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|---------------------|---------------------------------|----------|------------|----------|---------------|----------|--|
| A | Emissione Esecutiva | ATI Sintagma Rocksoil - Edin | Feb-2020 | A.Ferr | Feb-2020 | A.Barreca | Feb-2020 | ITALFERR S.p.A. U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti Dott. Ing. Paolo Vittozzi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma N° A 20783 |
| B | Emissione Esecutiva | ATI Sintagma Rocksoil - Edin | Mag-2020 | A.Ferr | Mag-2020 | A.Barreca | Mag-2020 | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

INDICE

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | PREMESSA | 4 |
| 2 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO..... | 6 |
| 2.1 | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO | 6 |
| 3 | MATERIALI..... | 7 |
| 3.1 | ACCIAIO S275 | 7 |
| 4 | INQUADRAMENTO GEOTECNICO | 8 |
| 4.1 | TERRENO DI FONDAZIONE | 8 |
| 5 | CARATTERIZZAZIONE SISMICA..... | 9 |
| 6 | CRITERI DI PROGETTO | 10 |
| 7 | CRITERI DI MODELLAZIONE..... | 12 |
| 7.1 | PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA | 12 |
| 7.2 | MODELLI DI CALCOLO | 12 |
| 7.1 | PARATIA..... | 12 |
| 7.1 | PUNTONE..... | 13 |
| 8 | ANALISI DEI CARICHI..... | 15 |
| 8.1 | PESO PROPRIO | 15 |
| 8.2 | SPINTA STATICA DELLE TERRE..... | 15 |
| 8.3 | SPINTA STATICA DELL'ACQUA..... | 17 |
| 8.4 | SPINTA DA SOVRACCARICO ACCIDENTALE | 17 |
| 9 | RISULTATI..... | 19 |

Relazione di calcolo opera provvisoria

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|-------------|-------|----------|--------------|------|---------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 3 di 61 |

| | | |
|-----|------------------------------|----|
| 9.1 | VERIFICHE SLU PARETI..... | 19 |
| 9.1 | VERIFICHE SLU GEO | 21 |
| 9.2 | VERIFICHE SLU PUNTONI..... | 21 |
| 9.1 | VERIFICHE SLE | 26 |
| 9.1 | VERIFICHE SLU UPL E HYD..... | 28 |
| 10 | ALLEGATI..... | 32 |

1 PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo lungo la direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo del nuovo collegamento Palermo-Catania.

Le analisi e verifiche nel seguito esposte fanno in particolare riferimento al cavalcavia ferroviario IV03.

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 17 gennaio 2018.

La palancola provvisoria prevista al fine di eseguire gli scavi necessari alla realizzazione delle opere di fondazione del cavalcavia ferroviario, viene realizzata in metallo con sezioni di tipo AZ 46, unite da giunti di tipo Larsenn. La palancola ha lunghezza di 12.0m. Vista la vicinanza alla linea ferroviaria, si prevede l'inserimento di puntoni diagonali, costituiti da sezione tubolare in acciaio (D300 s=15mm, L=5.4), collegati da una trave di ripartizione in acciaio di tipo HEB240 (due profili accoppiati), al fine di contenere cedimenti del p.c..

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento della struttura è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza richiesti all'opera.

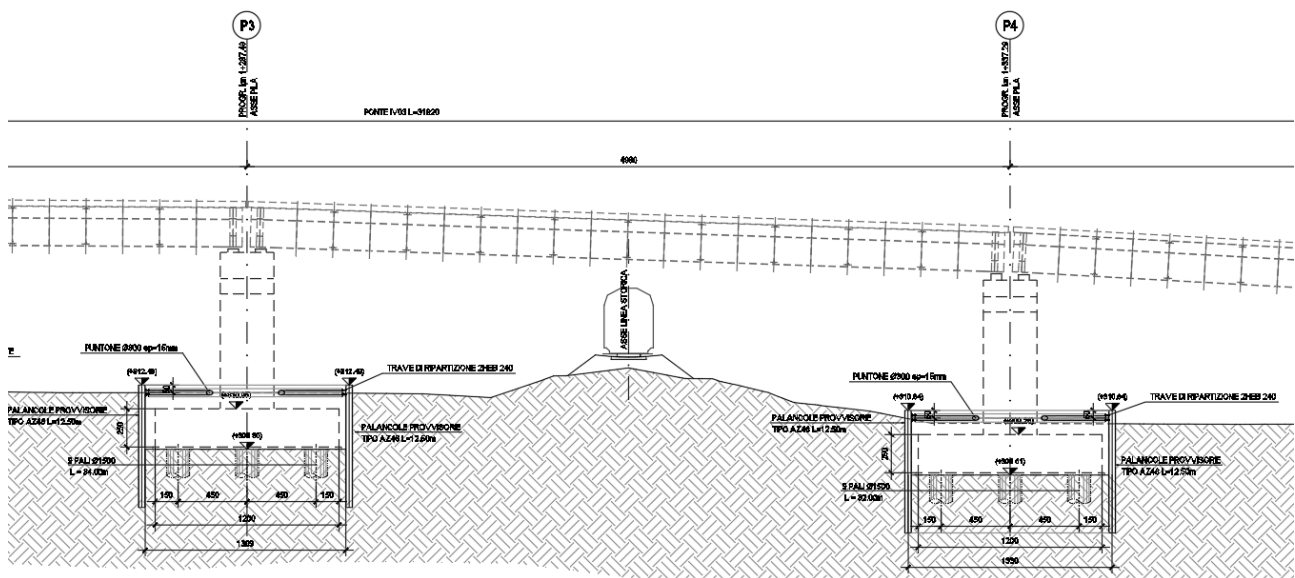


Fig. 1 – Sezione trasversale dell'opera

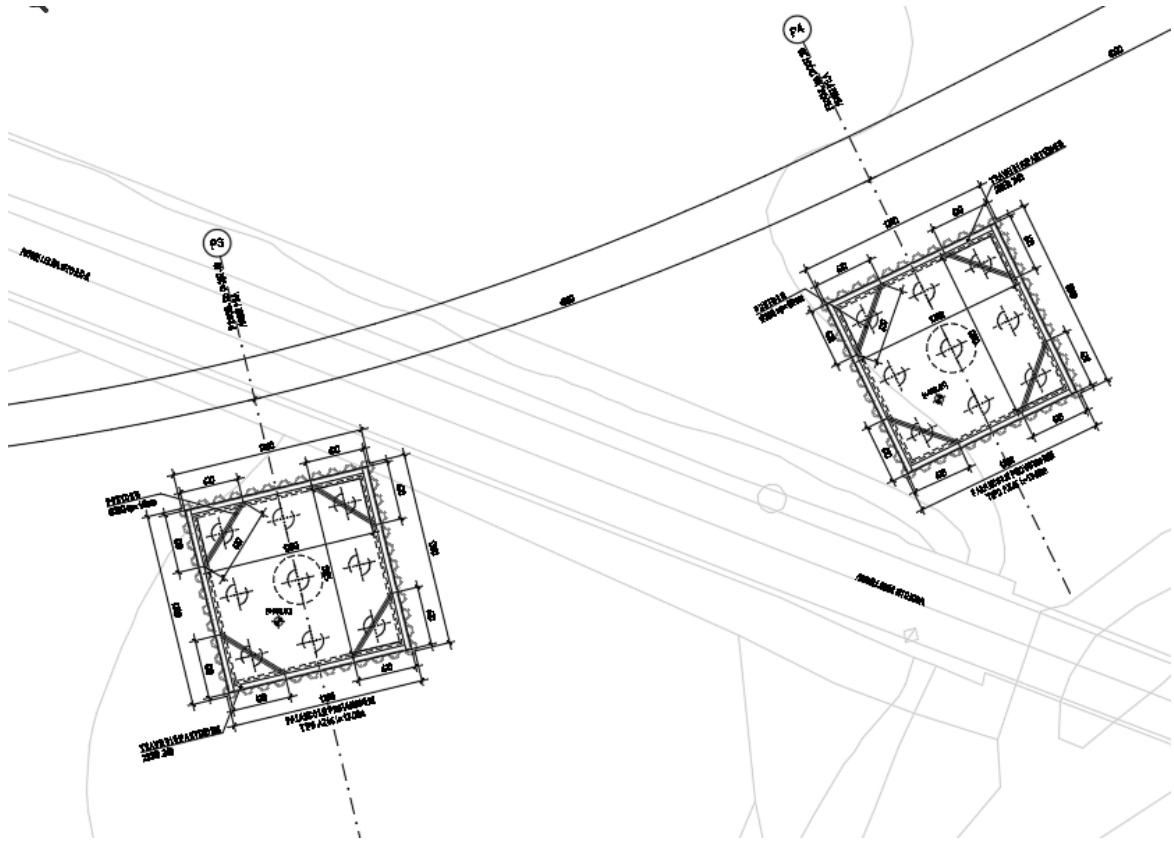


Fig. 2 –Pianta dell'opera

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS.

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- L. n. 64 del 2/2/1974“Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- L. n. 1086 del 5/11/1971“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione Europea modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019.
- Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- RFI DTC SI MA IFS 001 B - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- RFI DTC SI SP IFS 001 B – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.
- CNR-DT207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.
- UNI EN 206-1:2006 Parte 1: Calcestruzzo-Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- EUROCODICE 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- EUROCODICE 7: progettazione geotecnica
- Eurocodice 8. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

2.1 Documenti di riferimento

- Relazione geotecnica generale RS3T30D26GEGE0000001B.
- Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni IV03 RS3T30D09RHIV0300001A.
- Carpenteria IV03 RS3T30D09BBIV0300002A.
- Carpenteria fondazioni e pianta fondazioni IV03 A0RS3T30D09B9IV0300001A.

3 MATERIALI

3.1 Acciaio S275

La carpenteria metallica sarà realizzata in acciaio tipo S275 conforme alle prescrizioni del D.M. 17.1.2018 e presentare le seguenti caratteristiche:

- tensione di rottura a trazione $f_t \geq 430 \text{ MPa}$
- tensione di snervamento $f_y \geq 275 \text{ MPa}$
- allungamento (lamiere) $\varepsilon_t \geq 21\%$
- modulo elastico $E_a = 210.000 \text{ MPa}$

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Si rimanda alla relazione geotecnica per la trattazione completa dei parametri geotecnici.

4.1 Terreno di fondazione

Per il terreno esistente sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche :

| | zi [m] | zf[m] | γ [kN/m ³] | c' [kPa] | ϕ' [°] | Eop[MPa] |
|------|--------|-------|-------------------------------|----------|-------------|----------|
| a2 | 0 | 4 | 19 | 31 | 23 | 40 |
| FYN4 | 4 | 40 | 20 | 27 | 23 | 80 |

I sondaggi di riferimento sono: 3bv20-3bv21

Falda a 1.0 m da p.c.

Relazione di calcolo opera provvisoria

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 9 di 61 |

5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

In quanto l'opera è provvisoria, non si applica l'azione sismica

6 CRITERI DI PROGETTO

Per le paratie si devono considerare almeno i seguenti stati limite ultimi:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di tipo idraulico (UPL e HYD)
 - collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
 - collasso per carico limite verticale;
 - sfilamento di uno o più ancoraggi;
 - instabilità del fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate;
 - instabilità del fondo scavo per sollevamento;
 - sifonamento del fondo scavo;
 - instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
 - SLU di tipo strutturale (STR)
 - raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;
 - raggiungimento della resistenza in uno o più puntoni o di sistemi di contrasto;
 - raggiungimento della resistenza strutturale della paratia,
- accertando che la condizione (6.2.1) sia soddisfatta per ogni stato limite considerato.

La verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera deve essere effettuata secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II e 6.8.I.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate considerando le seguenti combinazioni di coefficienti:

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

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.

Fermo restando quanto specificato nel § 6.5.3.1.1 per il calcolo delle spinte, per valori dell'angolo d'attrito tra terreno e parete $\delta > \varphi'/2$ ai fini della valutazione della resistenza passiva è necessario tener conto della non planarità delle superfici di scorrimento.

Relazione di calcolo opera provvisoria

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 11 di 61 |

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

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

Tabella 1– Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni (Tab. 6.2.I NTC2018)

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

Tabella 2– Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (Tab.6.2.II NTC2018)

| COEFFICIENTE | R2 |
|--------------|-----|
| γ_R | 1,1 |

Tabella 3: Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo (Tabella 6.8.I – NTC 2018)

7 CRITERI DI MODELLAZIONE

7.1 Programmi per l'analisi automatica

Lo stato tenso-deformativo della paratia è stato investigato mediante il software di calcolo *PARATIEPLUS*.

7.2 Modelli di calcolo

Lo stato tenso-deformativo dell'opera è stato investigato mediante il software di calcolo *PARATIE PLUS*, programma non lineare agli elementi finiti per l'analisi di strutture di sostegno flessibili.

Si è considerato un comportamento piano nelle deformazioni, analizzando una striscia di parete di larghezza unitaria. La realizzazione dello scavo sostenuto da paratie è seguita in tutte le varie fasi attraverso un'analisi statica incrementale: ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una quota di scavo, da un insieme di puntoni e tiranti applicati e da una ben precisa disposizione di carichi applicati.

7.1 Paratia

Palancola è costituita profili di tipo AZ 46 L=12m.

Si incrementa l'altezza di scavo del 10% secondo quanto riportato al cap.6.5.2.2 delle NTC($4.66m \cdot 1.1 = 5.15m$).

Nella modellazione è implementata la seguente successione di step:

Step 0. Inizializzazione geostatica.

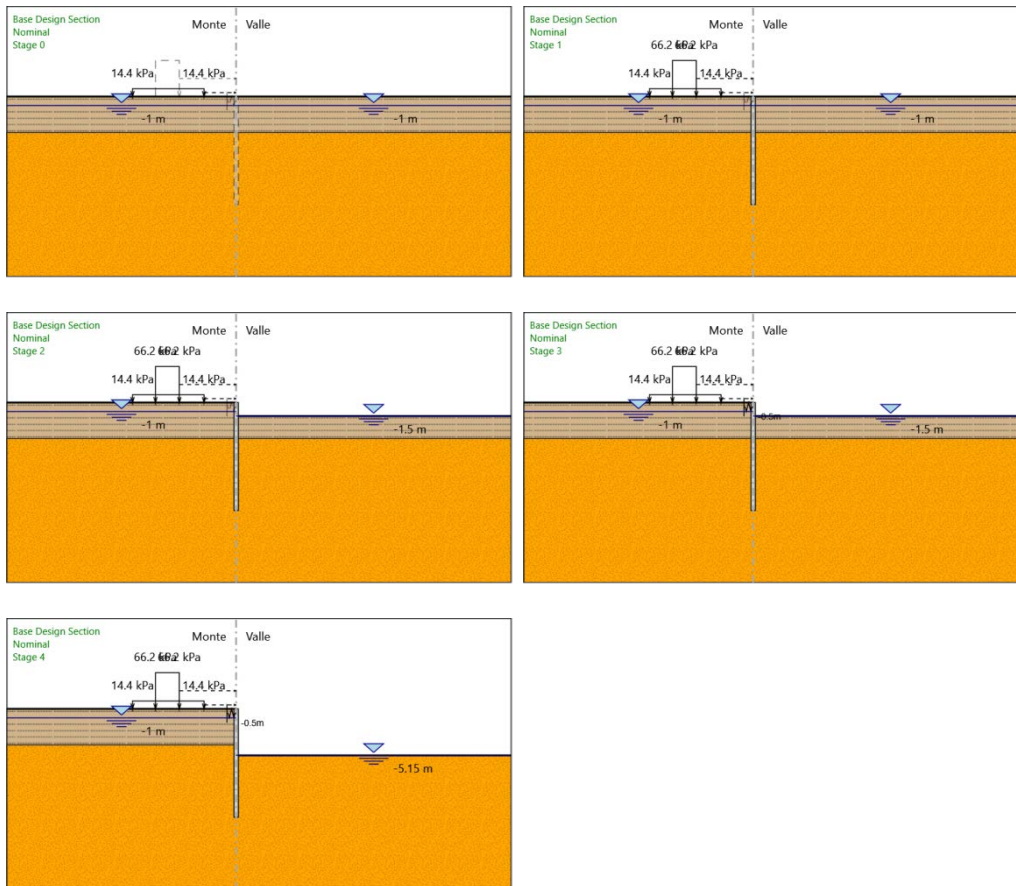
Step 1. Esecuzione palancola.

Step 2. Scavo intermedio.

Step 3. Inserimento puntone.

Step 4. Scavo.

Di seguito si riportano le immagini relative alle fasi di calcolo:



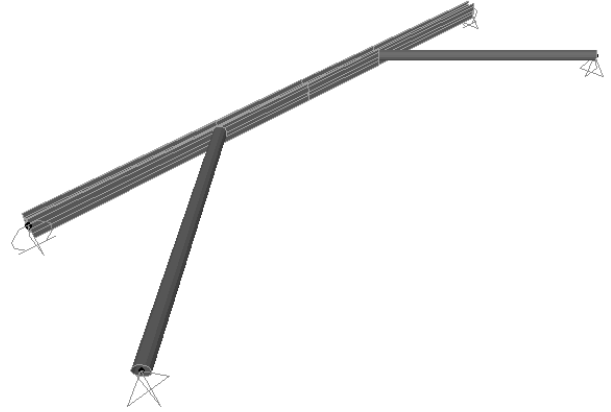
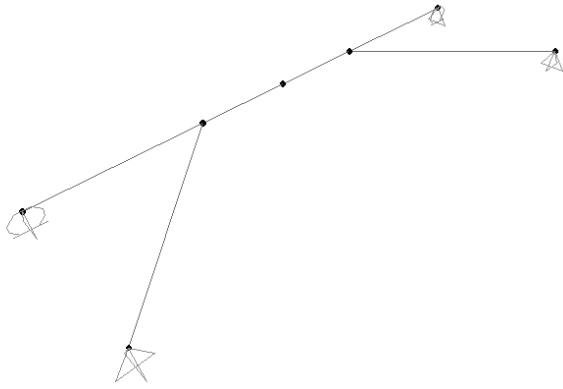
7.1 Puntone

I puntone sono sezioni circolari cave in acciaio (S275) aventi $\Phi 300$ mm inclinati di circa 45° ; la trave è un profilo accoppiato HEB240.

La rigidezza del sistema trave ripartizione/puntone è stata valutata tramite una modellazione agli elementi finiti. Alla trave di ripartizione è stato applicato un carico uniformemente distribuito di 1 kN/m e si è letto lo spostamento in corrispondenza della mezzeria $u = 7.1 \cdot 10^{-5}$ m. Tramite la formula $k = 1/u$ si valuta la rigidezza $k \approx 14084$ kN/m da applicare alle molle nel modello in Paratie Plus. La figura successiva mostra lo schema statico utilizzato:

Relazione di calcolo opera provvisoriale

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 14 di 61 |



8 ANALISI DEI CARICHI

8.1 Peso Proprio

Il peso proprio della struttura è calcolato in base alla geometria degli elementi strutturali e al peso specifico assunto per i materiali:

$$\gamma_s = 78.5 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Ballast} = 18 \text{ kN/m}^3 \cdot 0.8 \text{ m} = 14.4 \text{ kN/m}^2$$

8.2 Spinta statica delle terre

Nel modello di calcolo impiegato dal software di calcolo PARATIE, la spinta del terreno viene determinata investigando l'interazione statica tra terreno e la struttura deformabile a partire da uno stato di spinta a riposo del terreno sulla paratia.

I parametri che identificano il tipo di legge costitutiva possono essere distinti in due sottoclassi: 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 .

Il coefficiente di spinta a riposo fornisce lo stato tensionale presente in sito prima delle operazioni di scavo. Esso lega la tensione orizzontale efficace σ'_h a quella verticale σ'_v attraverso la relazione:

$$\sigma'_h = K_0 \cdot \sigma'_v$$

K_0 dipende dalla resistenza del terreno, attraverso il suo angolo di attrito efficace ϕ' e dalla sua storia geologica. Si può assumere che:

$$K_0 = K_0^{NC} \cdot (\text{OCR})^m$$

dove

$$K_0^{NC} = 1 - \text{sen } \phi'$$

è il coefficiente di spinta a riposo per un terreno normalconsolidato ($\text{OCR}=1$). OCR è il grado di sovraconsolidazione e m è un parametro empirico, di solito compreso tra 0.4 e 0.7.

I coefficienti di spinta attiva e passiva sono forniti dalla teoria di Rankine per una parete liscia dalle seguenti espressioni:

$$K_a = \tan^2(45 - \phi'/2)$$

$$K_p = \tan^2(45 + \phi'/2)$$

Per tener conto dell'angolo di attrito δ tra paratia e terreno il software PARATIE impiega per K_a e K_p la formulazione rispettivamente di Coulomb e Lancellotta.

Formulazione di Coulomb per k_a

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi' - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\beta + \delta) \cdot \left[1 + \frac{\sin(\delta + \phi') \cdot \sin(\phi' - i)}{\cos(\beta + \delta) \cdot \cos(\beta - i)} \right]^2}$$

dove:

ϕ' è l'angolo di attrito del terreno

β è l'angolo d'inclinazione del diaframma rispetto alla verticale

δ è l'angolo di attrito paratia-terreno

i è l'angolo d'inclinazione del terreno a monte della paratia rispetto all'orizzontale

Il valore limite della tensione orizzontale sarà pari a

$$\sigma'_h = K_a \cdot \sigma'_v - 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_a}$$

$$\sigma'_h = K_p \cdot \sigma'_v + 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_p}$$

a seconda che il collasso avvenga in spinta attiva o passiva rispettivamente. c' è la coesione drenata del terreno.

Formulazione di Lancellotta per k_p

$$K_p = \left[\frac{\cos \delta}{1 - \sin \Phi'} (\cos \delta + \sqrt{\sin^2 \Phi' - \sin^2 \delta}) \right] e^{2\theta \tan \Phi'}$$

dove:

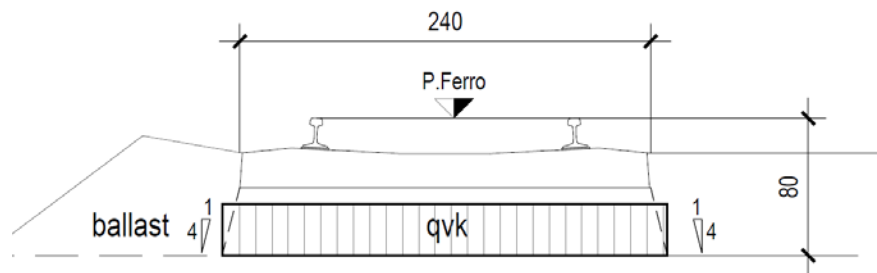
$$2\theta = \sin^{-1}\left(\frac{\sin \delta}{\sin \Phi'}\right) + \delta$$

8.3 Spinta statica dell'acqua

La spinta dell'acqua è proporzionale alla profondità a partire dalla quota di falda.

8.4 Spinta da sovraccarico accidentale

I carichi variabili associati al passaggio dei convogli, vengono schematizzati, ai fini del calcolo, con dei carichi uniformi q_{vk} applicati a -0.80m da PF, su una larghezza complessiva pari alla dimensione della traversina, incrementata dell'estensione delle fasce di diffusione dei carichi all'interno del ballast sino alla quota considerata, secondo quanto indicato nella figura seguente:



I criteri di diffusione dei carichi all'interno del ballast tengono conto in particolare di quanto specificato al § 2.5.1.4.1.4 del documento RFI DTC SI MA IFS 001 B.

Per la determinazione dell'entità dei carichi da considerare, si è inoltre fatto riferimento a quanto specificato al § 3.5.2.3.4 del documento RFI DTC SI MA IFS 001 B, dove viene precisato che, per le opere in terra e le opere di sostegno sarà da utilizzarsi il treno di carico LM71, cui corrisponde un carico a metro lineare di binario pari a $4 \cdot 250 \text{ kN} / 6.4 \text{ m} \cdot 1.1 = 172 \text{ KN/m}$.

Si riporta dunque nel seguito la determinazione del valore del carico q_{vk} per il caso specifico:

| | | | |
|-----------------------------|------|---|---|
| Ricoprimento tot.(m) | 0,80 | - | (da piano ferro a intradosso ballast) |
| Dimensione traversina (m) = | 2,40 | - | |
| PF-intrad traversina.(m) | 0,40 | - | (da base traversina a intradosso ballast) |



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)
Viadotto IV03

Relazione di calcolo opera provvisoria

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 18 di 61 |

Ballast(m) 0,40 (4/1) (vert./orizz)

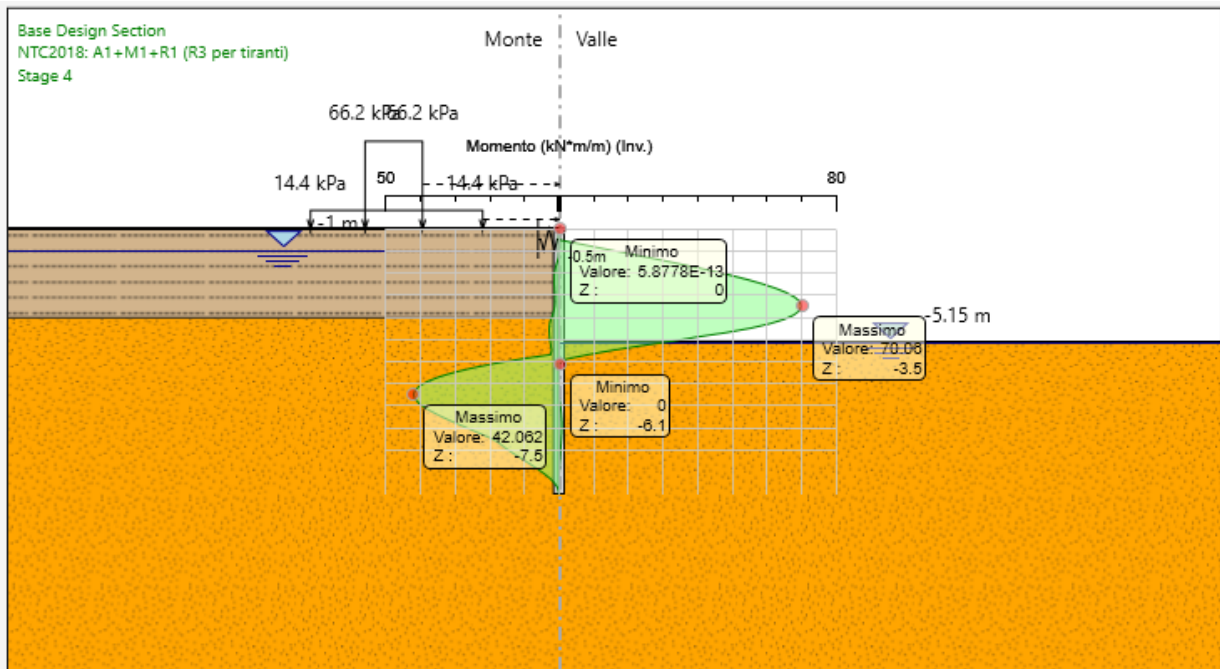
L trasversale = 2,60

$qvk = 172kN/m / 2.6 m = 66.2 kN/mq$

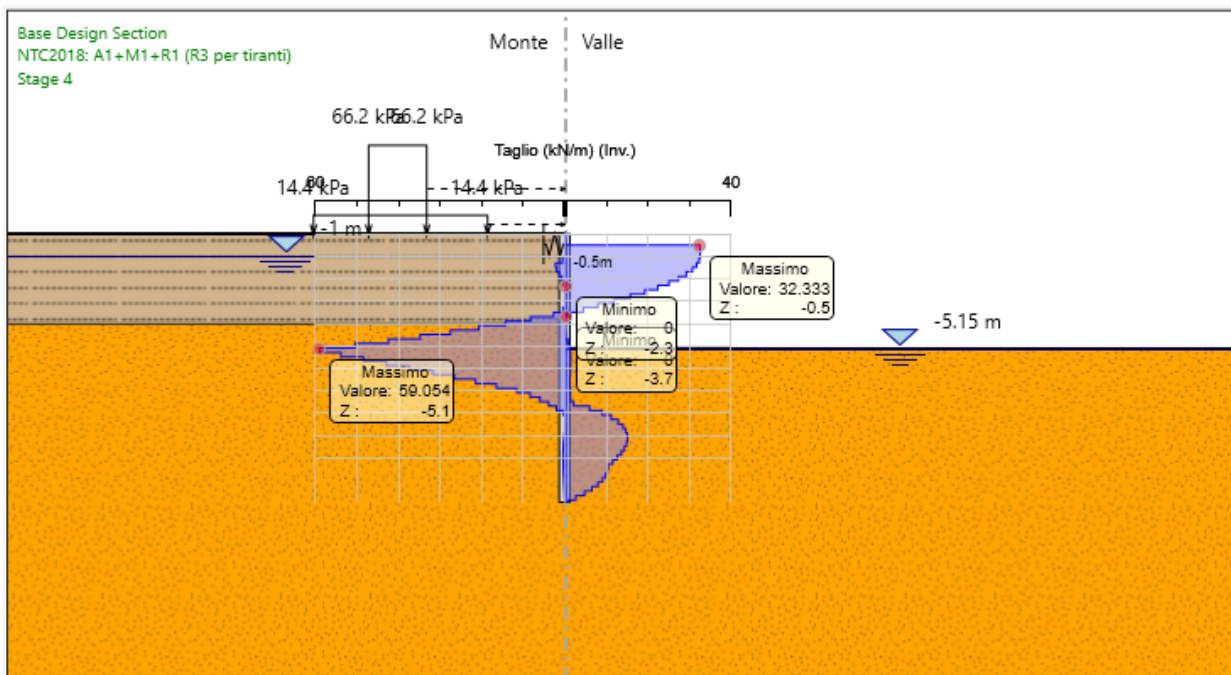
9 RISULTATI

9.1 Verifiche SLU pareti

Dall'involuppo del momento flettente si osserva che il massimo valore risulta pari a 70 kNm/m.

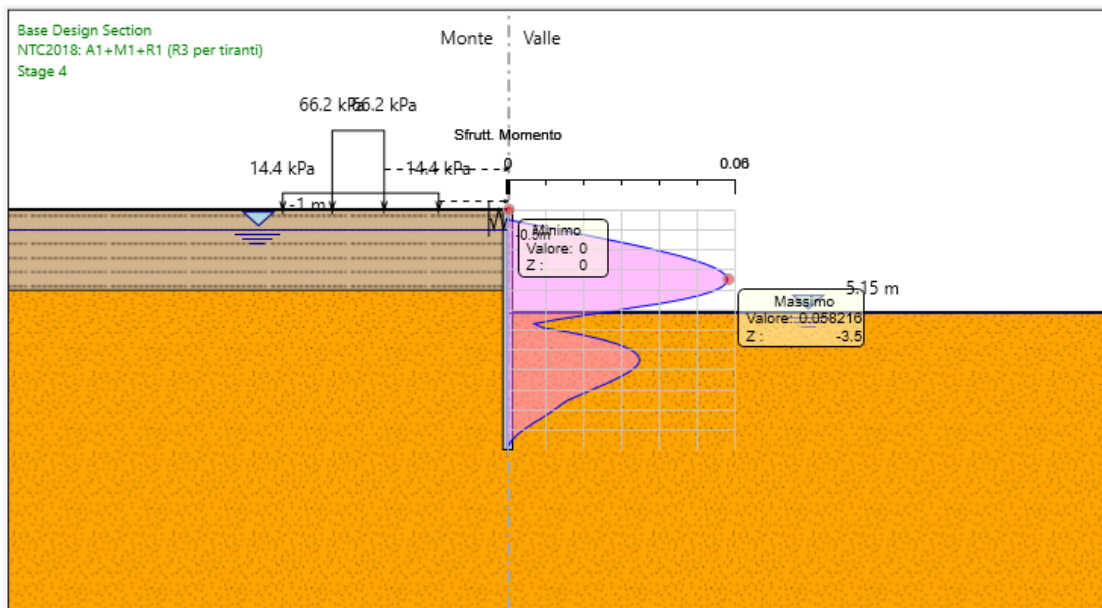


Dall'involuppo del taglio si osserva che il massimo valore risulta pari a 59 kN/m.

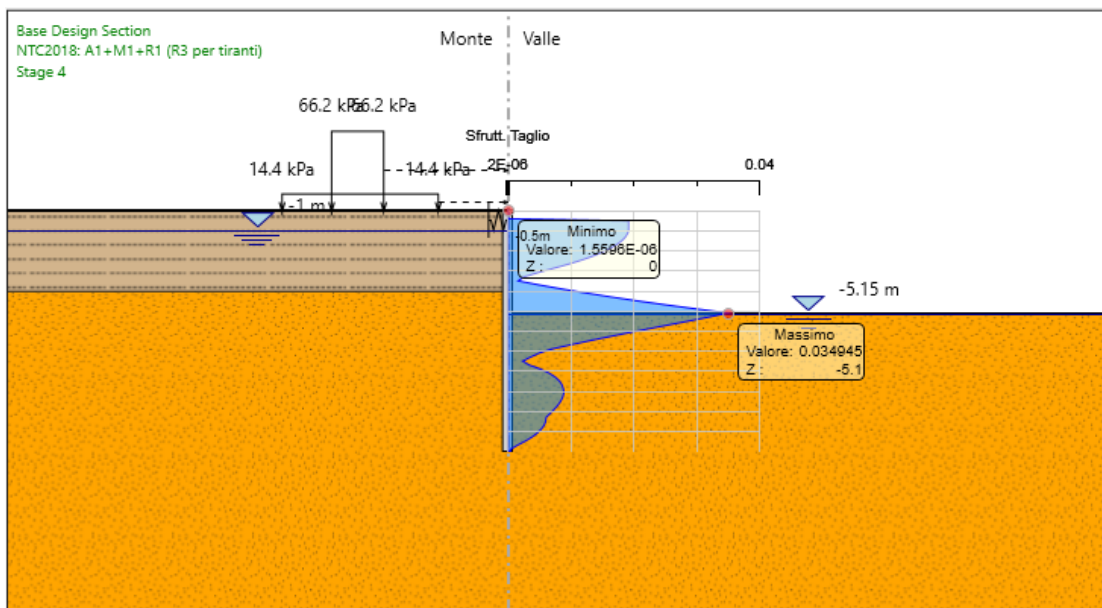


Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali delle palancole metalliche a flessione e a taglio condotte mediante l'ausilio di Paratie plus. In particolare si riportano i diagrammi dei tassi di sfruttamento sulle palancole, ottenuti come rapporto tra sollecitazione presente e resistenza disponibile in ogni sezione delle palancole.

Tasso di sfruttamento a momento nelle palancole metalliche $T.S.F.max = 0.058 < 1$



Tasso di sfruttamento a taglio nelle palancole metalliche $T.S.F.max = 0.035 < 1$

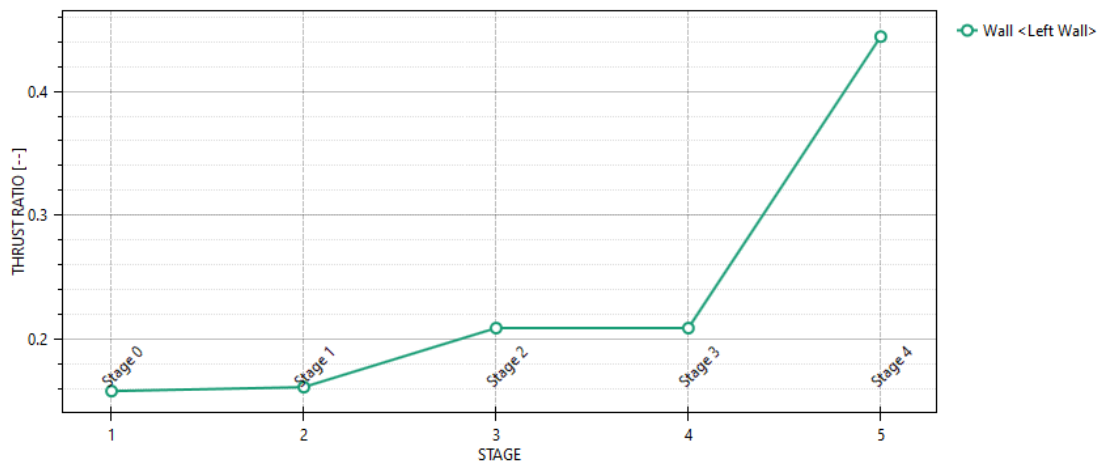


9.1 Verifiche SLU geo

Il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è circa il 44%.

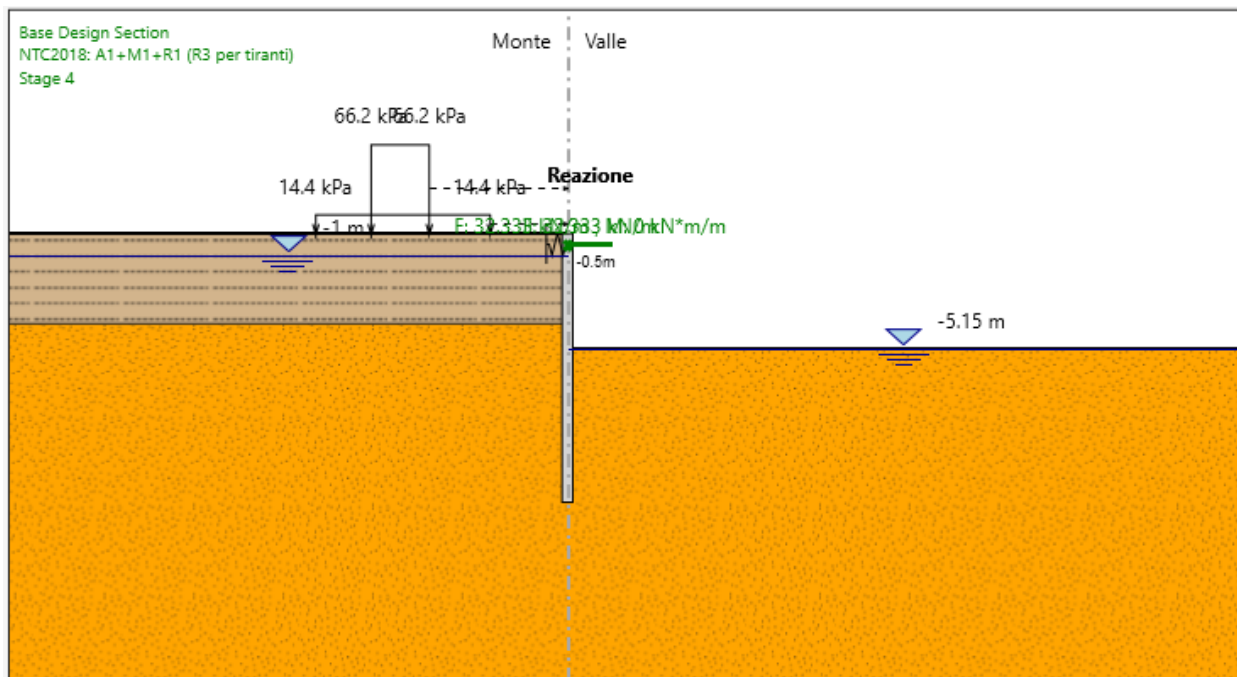
Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

D.A. <NTC2018: A2+M2+R1>



9.2 Verifiche SLU puntoni

Tramite il programma di calcolo Paratie Plus è stata valutata la reazione massima nella molla che risulta essere pari a 33 kN/m



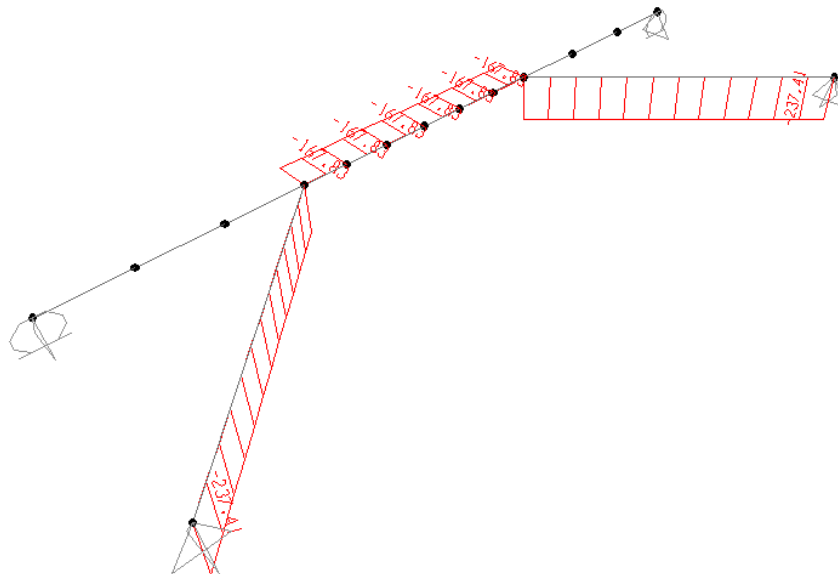
Tale reazione è stata utilizzata come moltiplicatore del carico unitario nel modello agli elementi finiti.

Relazione di calcolo opera provvisoriale

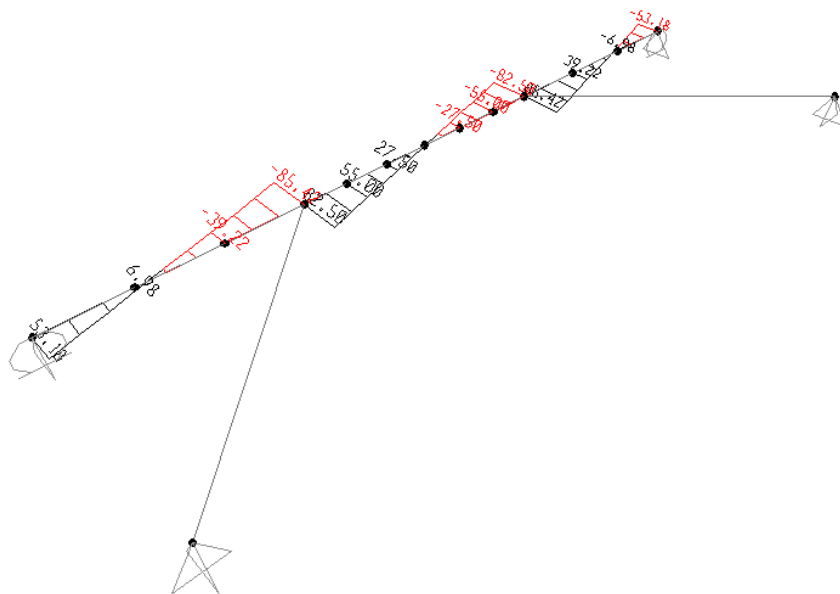
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 22 di 61 |

Le sollecitazioni risultanti valgono:

- Sforzo normale kN



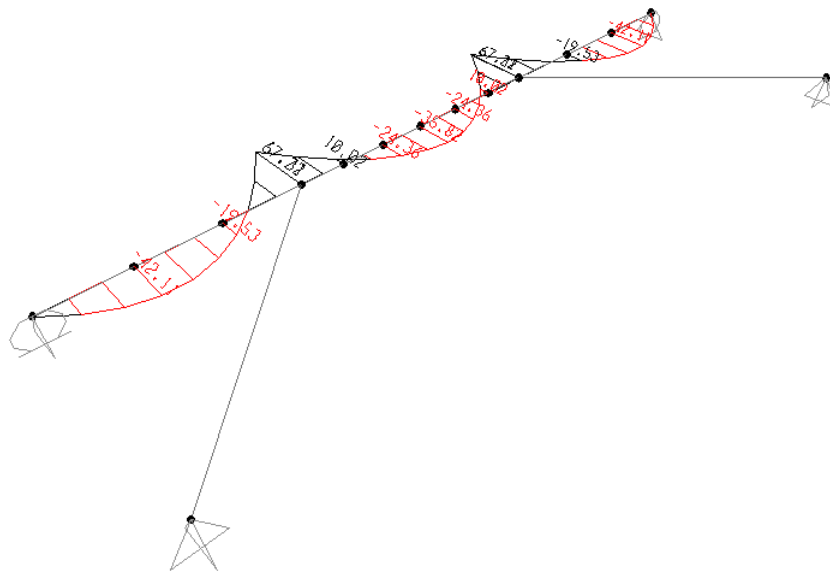
- Taglio kN



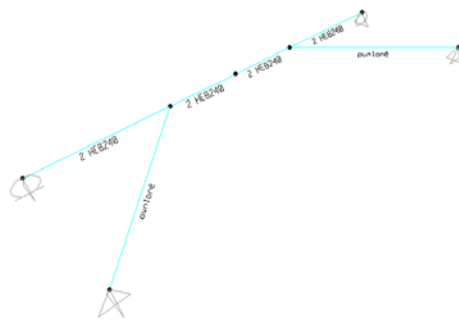
Relazione di calcolo opera provvisoriale

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 23 di 61 |

- Momento kNm



Le verifiche delle sezioni vengono svolte direttamente dal software di calcolo; il coefficiente massimo di sfruttamento è pari ad 0.18:



Relazione di calcolo opera provvisoria

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 24 di 61 |

Tabulati:

| | | | | | | | | | |
|--|-------------|----------------|---|----------------|----------------|--------------|---------|--|--|
| Frame | : 6 | Design Sect: | 2 HEB240 | | | | | | |
| X Mid | : 5.450 | Design Type: | Beam | | | | | | |
| Y Mid | : 0.000 | Frame Type : | Ductility Class High Moment Resisting Frame | | | | | | |
| Z Mid | : 0.000 | Sect Class : | Class 3 | | | | | | |
| Length | : 2.500 | Major Axis : | 0.000 degrees counterclockwise from local 3 | | | | | | |
| Loc | : 0.000 | RLLF | : 1.000 | | | | | | |
| Area | : 0.020 | SMajor | : 0.002 | rMajor | : 0.103 | AUMajor | : 0.005 | | |
| IMajor | : 2.179E-04 | SMinor | : 0.002 | rMinor | : 0.135 | AUMinor | : 0.013 | | |
| IMinor | : 3.727E-04 | ZMajor | : 0.002 | E | : 210000000.00 | | | | |
| Ixy | : 0.000 | ZMinor | : 0.002 | Fy | : 275000.000 | | | | |
| STRESS CHECK FORCES & MOMENTS | | | | | | | | | |
| Location | | P | M33 | M22 | U2 | U3 | T | | |
| 0.000 | | -167.826 | 67.307 | 0.000 | 82.500 | 0.000 | 0.000 | | |
| PMM DEMAND/CAPACITY RATIO | | | | | | | | | |
| Governing Equation | Total Ratio | P Ratio | MMajor Ratio | MMinor Ratio | Ratio Limit | Status Check | | | |
| (6.61) | 0.181 | = 0.031 | + 0.150 | + 0.000 | 0.950 | OK | | | |
| AXIAL FORCE DESIGN | | | | | | | | | |
| | Ned Force | Nc,Rd Capacity | Nt,Rd Capacity | Nb33,Rd Major | Nb22,Rd Minor | | | | |
| Axial | -167.826 | 5353.333 | 4496.800 | 5353.333 | 5353.333 | | | | |
| MOMENT DESIGN | | | | | | | | | |
| | Med Moment | Mc,Rd Capacity | Mu,Rd Capacity | Mb,Rd Capacity | | | | | |
| Major Moment | 67.307 | 475.482 | 475.482 | 475.482 | | | | | |
| Minor Moment | 0.000 | 406.723 | 406.723 | | | | | | |
| | K Factor | L Factor | k Factor | kzy Factor | kyz Factor | C1 Factor | | | |
| Major Moment | 1.000 | 2.000 | 1.010 | 0.998 | | 1.000 | | | |
| Minor Moment | 1.000 | 5.360 | 1.019 | | 1.019 | | | | |
| SHEAR DESIGN | | | | | | | | | |
| | Ued Force | Uc,Rd Capacity | Stress Ratio | Status Check | Ted Torsion | | | | |
| Major Shear | 82.500 | 726.055 | 0.114 | OK | 0.000 | | | | |
| Minor Shear | 0.000 | 2029.409 | 0.000 | OK | 0.000 | | | | |
| CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS | | | | | | | | | |
| | UMajor Left | UMajor Right | | | | | | | |
| Major (U2) | 82.500 | 0.000 | | | | | | | |

Relazione di calcolo opera provvisoriale

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 25 di 61 |

Frame : 5 Design Sect: puntone
X Mid : 2.100 Design Type: Beam
Y Mid : -2.100 Frame Type : Ductility Class High Moment Resisting Frame
Z Mid : 0.000 Sect Class : Class 1
Length : 5.940 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc : 5.940 RLLF : 1.000

Area : 0.013 SMajor : 9.116E-04 rMajor : 0.101 AUMajor: 0.007
IMajor : 1.367E-04 SMinor : 9.116E-04 rMinor : 0.101 AUMinor: 0.007
IMinor : 1.367E-04 ZMajor : 0.001 E : 210000000.00
Ixy : 0.000 ZMinor : 0.001 Fy : 275000.000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| Location | P | M33 | M22 | U2 | U3 | T |
|----------|----------|-------|--------|-------|-------|-------|
| 5.940 | -237.411 | 0.000 | -0.413 | 0.000 | 0.070 | 0.000 |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

| Governing Equation | Total Ratio | P Ratio | MMajor Ratio | MMinor Ratio | Ratio Limit | Status Check |
|--------------------|-------------|---------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| (6.2) | 0.069 | = 0.067 | + 0.000 | + 0.001 | 0.950 | OK |

AXIAL FORCE DESIGN

| | Ned Force | Nc,Rd Capacity | Nt,Rd Capacity | Nb33,Rd Major | Nb22,Rd Minor |
|-------|-----------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| Axial | -237.411 | 3517.462 | 2954.668 | 3517.462 | 3517.462 |

MOMENT DESIGN

| | Med Moment | Mc,Rd Capacity | Mv,Rd Capacity | Mb,Rd Capacity |
|--------------|------------|----------------|----------------|----------------|
| Major Moment | 0.000 | 319.393 | 319.393 | 319.393 |
| Minor Moment | -0.413 | 319.393 | 319.393 | |

| | K Factor | L Factor | k Factor | kzy Factor | kyz Factor | C1 Factor |
|--------------|----------|----------|----------|------------|------------|-----------|
| Major Moment | 1.000 | 1.000 | 1.032 | 0.994 | | 1.000 |
| Minor Moment | 1.000 | 1.000 | 0.632 | | 0.379 | |

SHEAR DESIGN

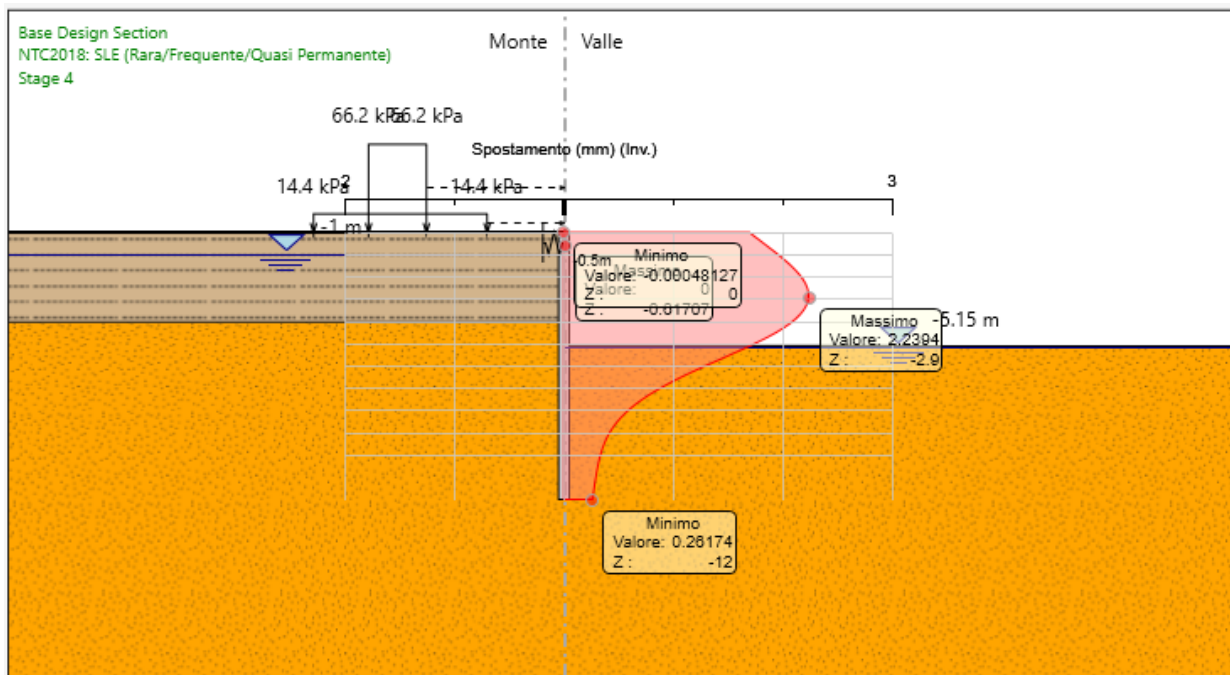
| | Ued Force | Uc,Rd Capacity | Stress Ratio | Status Check | Ted Torsion |
|-------------|-----------|----------------|--------------|--------------|-------------|
| Major Shear | 0.000 | 1017.277 | 0.000 | OK | 0.000 |
| Minor Shear | 0.070 | 1017.277 | 6.838E-05 | OK | 0.000 |

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

| | UMajor Left | UMajor Right |
|------------|-------------|--------------|
| Major (U2) | 0.000 | 0.000 |

9.1 Verifiche SLE

Dall'involuppo degli spostamenti in combinazione SLE si osserva che lo spostamento massimo orizzontale della paratia vale 2.24 mm:

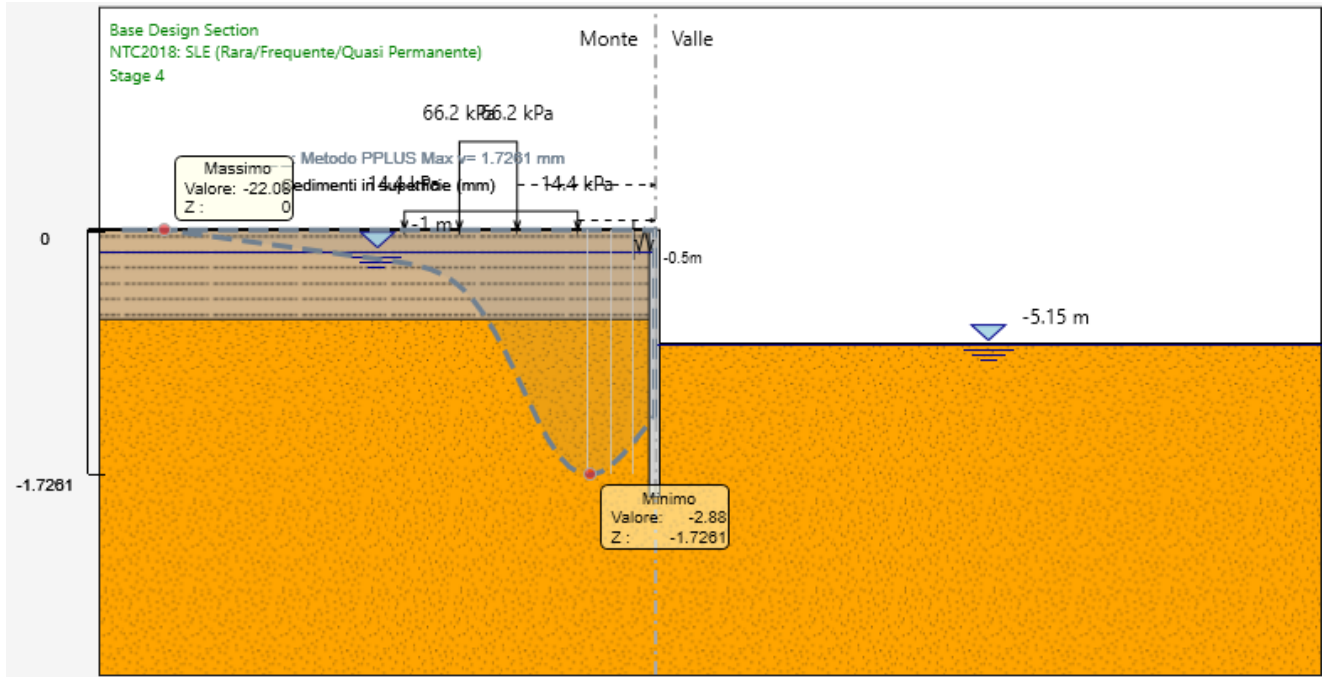


Tuttavia, va considerato che a monte dell'opera vi è un binario in esercizio, e per non compromettere la funzionalità dello stesso, i cedimenti a piano campagna indotti dallo spostamento della paratia devono essere contenuti entro i seguenti limiti:

- Livello trasversale (XL) ≤ 20 mm
- Sghembo su base 3m ($\gamma 3m$) ≤ 3.5 mm

Per il calcolo dei cedimenti indotti a piano campagna si utilizza il metodo proposto dal software Paratie Plus. Questo semplice strumento può essere d'aiuto per una stima indiretta di prima approssimazione dei cedimenti verticali, e si basa su valutazioni di tipo volumetrico: i cedimenti della superficie libera del terreno a monte e a valle possono essere stimati calcolando il volume di terreno che subisce uno spostamento orizzontale.

Nelle immagini riportate di seguito sono riportati i profili di cedimento ottenuti a piano campagna.



Il cedimento calcolato in corrispondenza dei binari è pari a:

- Ascissa $x_1 = 6.7$ m; $w_1 = 0.86$ mm
- Ascissa $x_2 = 8.3$ m; $w_2 = 0.47$ mm

Le verifiche agli SLE risultano soddisfatte in quanto.

Livello trasversale (XL) = $0.86 - 0.47 = 0.39 < 20$ mm

Sghembo su base 3 m (γ_3) = 0.39 mm < 3.5 mm

9.1 Verifiche SLU UPL E HYD

Il § 6.2.3.2. del DM 17.01.2018 specifica che le opere geotecniche devono essere verificate, ove ricorrano le condizioni, anche che nei riguardi di possibili stati limite di sollevamento o di sifonamento.

A tal fine, nella valutazione delle pressioni interstiziali e delle quote piezometriche caratteristiche, si devono assumere le condizioni più sfavorevoli, considerando i possibili effetti delle condizioni stratigrafiche.

Per la **stabilità al sollevamento** deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante ($V_{inst,d}$) ovvero sia della risultante delle pressioni idrauliche ottenuta considerando separatamente la parte permanente ($G_{inst,d}$) e quella variabile ($Q_{inst,d}$), sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti ($G_{stb,d}$) e delle resistenze (R_d), ovvero:

$$V_{inst,d} \leq G_{stb,d} + R_d \quad [6.2.4]$$

$$V_{inst,d} = G_{inst,d} + Q_{inst,d} \quad [6.2.5]$$

Per le verifiche di stabilità al sollevamento, i relativi coefficienti parziali sulle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.III.

Tab. 6.2.III – Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento

| | Effetto | Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E) | Sollevamento (UPL) |
|-----------------------------------|-------------|---|--------------------|
| Carichi permanenti G_1 | Favorevole | γ_{G1} | 0,9 |
| | Sfavorevole | | 1,1 |
| Carichi permanenti $G_2^{(1)}$ | Favorevole | γ_{G2} | 0,8 |
| | Sfavorevole | | 1,5 |
| Azioni variabili Q | Favorevole | γ_{Q1} | 0,0 |
| | Sfavorevole | | 1,5 |

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

Al fine del calcolo della resistenza di progetto R_d , tali coefficienti devono essere combinati in modo opportuno con quelli relativi ai parametri geotecnici (M_2).

Ove necessario, il calcolo della resistenza va eseguito in accordo a quanto indicato negli specifici paragrafi della normativa dedicata alle fondazioni su pali e per gli ancoraggi.

In presenza di scavi a valle di opere di sostegno di terreni in falda, quando il piano finale di scavo da progetto è inferiore al livello della falda in sito, si configurano due potenziali meccanismi di instabilità della zona a valle delle opere, e che vanno indagati, ovvero :

- Instabilità del fondo scavo per “sifonamento”
- Instabilità del fondo scavo per “sollevamento”

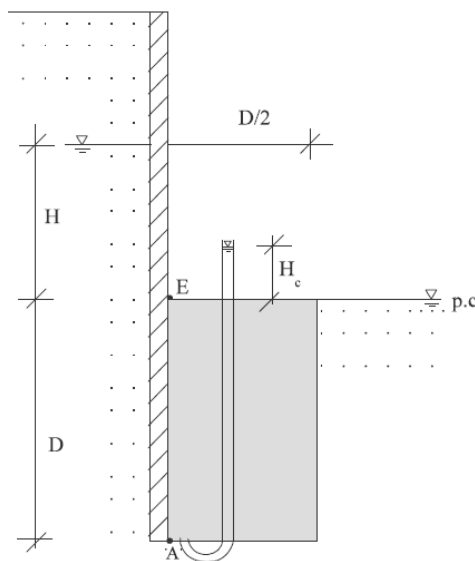
I fenomeni sono legati essenzialmente ai processi di filtrazione che si innescano verso la zona di fondo scavo a completamento degli scavi, che avvengono “a breve termine” per terreni a grana grossa, ovvero a “lungo termine” per terreni a grana fine, o comunque, in quest’ultimo caso, alla sovrappressione di tipo idrostatico che agisce a piede del cuneo di terreno potenzialmente instabile immediatamente a ridosso dell’opera.

- Forza instabilizzante (forze di filtrazione dovute alla componente idrodinamica della pressione interstiziale):

$$S_w = \gamma_w \cdot H_c \cdot D/2$$

- Forza stabilizzante (peso immerso del cuneo di terreno):

$$W' = \gamma' \cdot D \cdot D/2$$



In favore di sicurezza si adatterà $H_c = H/2$.

Pertanto si ha:

$$W' = \gamma_{GI} \cdot (\gamma - \gamma_w) \cdot D \cdot D/2 = 0.9 \cdot 10 \cdot 6.85 \cdot 6.85/2 = 211 \text{ kN}$$

$$S_w = \gamma_{GI} \cdot \gamma_w \cdot H/2 \cdot D/2 = 1.1 \cdot 10 \cdot 4.15/2 \cdot 6.85/2 = 78 \text{ kN}$$

Essendo le forze stabilizzanti maggiori di quelle instabilizzanti, la verifica a sollevamento del fondo scavo è soddisfatta.

In aggiunta al meccanismo di sollevamento, la normativa al § 6.2.3.2. prescrive di effettuare verifiche specifiche nei riguardi del rischio di “sifonamento”, che riguarda specificamente le condizioni di filtrazione che si innescano a valle degli scavi, per effetto dei quali, a seguito dell’incremento delle pressioni interstiziali nella zona di valle, si può

determinare un annullamento delle tensioni verticali efficaci e quindi la completa perdita di resistenza del terreno che determina un trasporto delle particelle da parte dell'acqua in movimento, dando origine ad un fenomeno progressivo di erosione che conduce al collasso della struttura del terreno.

Il controllo della stabilità al sifonamento si esegue verificando che il valore di progetto della pressione interstiziale instabilizzante ($u_{inst,d}$) risulti non superiore al valore di progetto della tensione totale stabilizzante ($\sigma_{sstb,d}$), tenendo conto dei coefficienti parziali della Tab. 6.2.IV:

$$u_{inst,d} \leq \sigma_{sstb,d} \quad (6.2.6)$$

In entrambe le verifiche, nella valutazione delle pressioni interstiziali, si devono assumere le condizioni più sfavorevoli, considerando i possibili effetti delle successioni stratigrafiche sul regime di pressione dell'acqua.

Nelle verifiche al sifonamento, in presenza di adeguate conoscenze sul regime delle pressioni interstiziali, i coefficienti di sicurezza minimi sono indicati nella Tab. 6.2.IV. Valori superiori possono essere assunti e giustificati tenendo presente della pericolosità del fenomeno in relazione

Tabella 6.2.IV – Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sifonamento.

| CARICHI | EFFETTO | COEFFICIENTE PARZIALE γ_F (o γ_E) | SIFONAMENTO (HYD) |
|---|-------------|--|-------------------|
| Permanenti | Favorevole | γ_{G1} | 0,9 |
| | Sfavorevole | | 1,3 |
| Permanenti non strutturali ⁽¹⁾ | Favorevole | γ_{G2} | 0,0 |
| | Sfavorevole | | 1,5 |
| Variabili | Favorevole | γ_{Qi} | 0,0 |
| | Sfavorevole | | 1,5 |

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

- Forza instabilizzante (valore di progetto della pressione interstiziale):

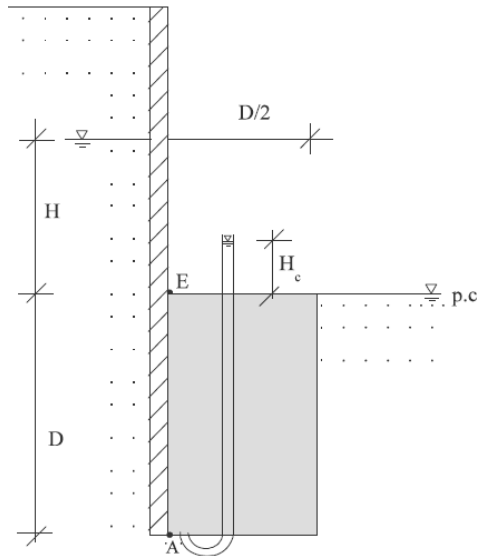
$$u_{inst,d} = \gamma_{G1} \gamma_w \cdot (D + H_c)$$

- Forza stabilizzante (peso immerso del cuneo di terreno):

$$\sigma_{sstb,d} = \gamma_{G1} \gamma_{sat} \cdot D$$

Relazione di calcolo opera provvisoriale

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 31 di 61 |



In favore di sicurezza si adotterà $H_c = H/2$.

Pertanto si ha:

$$u_{inst,d} = \gamma_{G1} \gamma_w \cdot (D + H_c) = 1.3 \cdot 10 \cdot (6.85 + 4.15/2) = 116 \text{ kN}$$

$$\sigma_{sstb,d} = \gamma_{G1} \gamma_{sat} \cdot D = 0.9 \cdot 20 \cdot 6.85 = 123 \text{ kN}$$

Essendo le forze stabilizzanti maggiori di quelle instabilizzanti, la verifica è soddisfatta.

Relazione di calcolo opera provvisoria

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 33 di 61 |

Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Muro di sinistra

Sezione : palanca

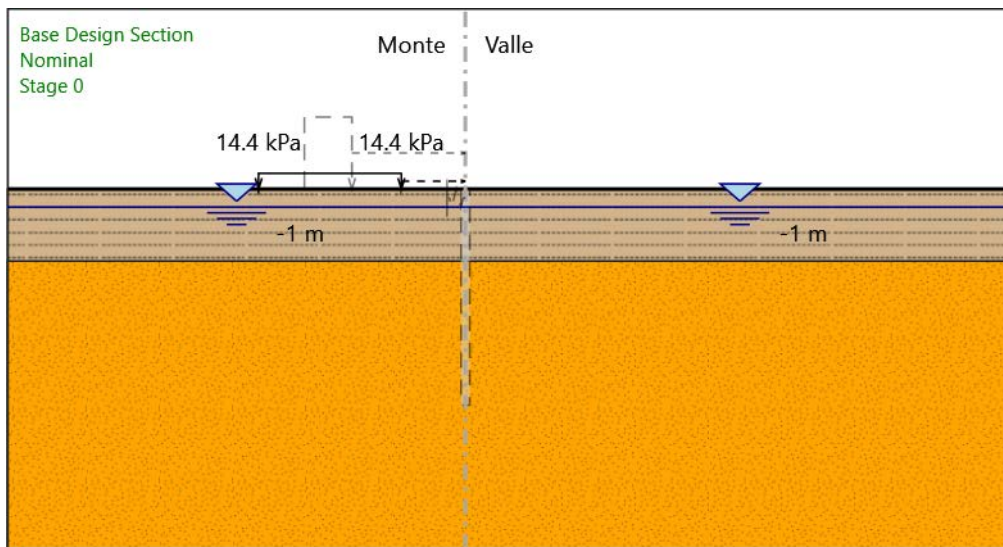
Area equivalente : 0.0291 m

Inerzia equivalente : 0.0011 m⁴/m

Profilo palanca : AZ 46

Fasi di Calcolo

Stage 0



Stage 0

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -1 m

Falda di destra : -1 m



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)
Viadotto IV03

Relazione di calcolo opera provvisoria

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 35 di 61 |

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

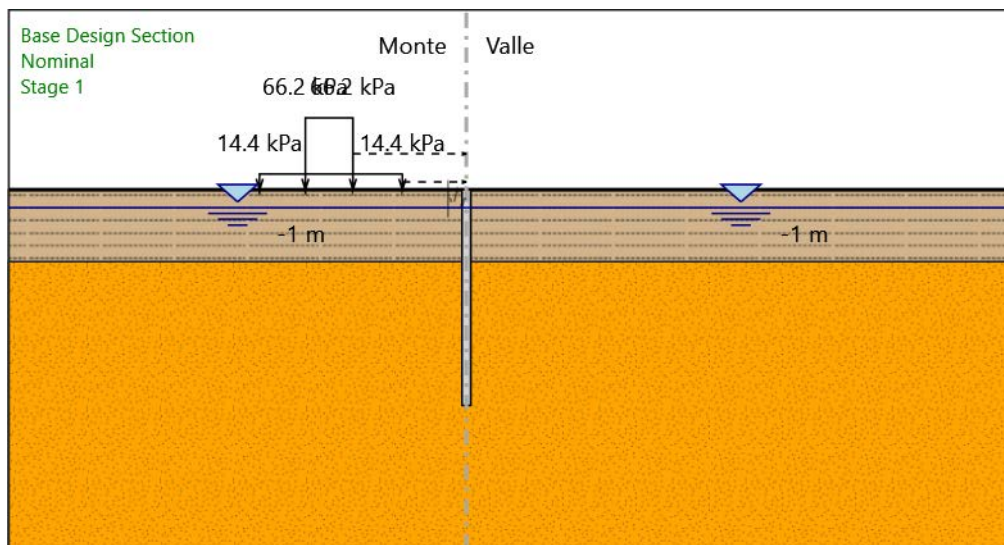
X iniziale : -11.3 m

X finale : -3.5 m

Pressione iniziale : 14.4 kPa

Pressione finale : 14.4 kPa

Stage 1



Stage 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -1 m

Falda di destra : -1 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -8.8 m

X finale : -6.2 m

Relazione di calcolo opera provvisoria

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|-------------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 37 di 61 |

Pressione iniziale : 66.2 kPa

Pressione finale : 66.2 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -11.3 m

X finale : -3.5 m

Pressione iniziale : 14.4 kPa

Pressione finale : 14.4 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

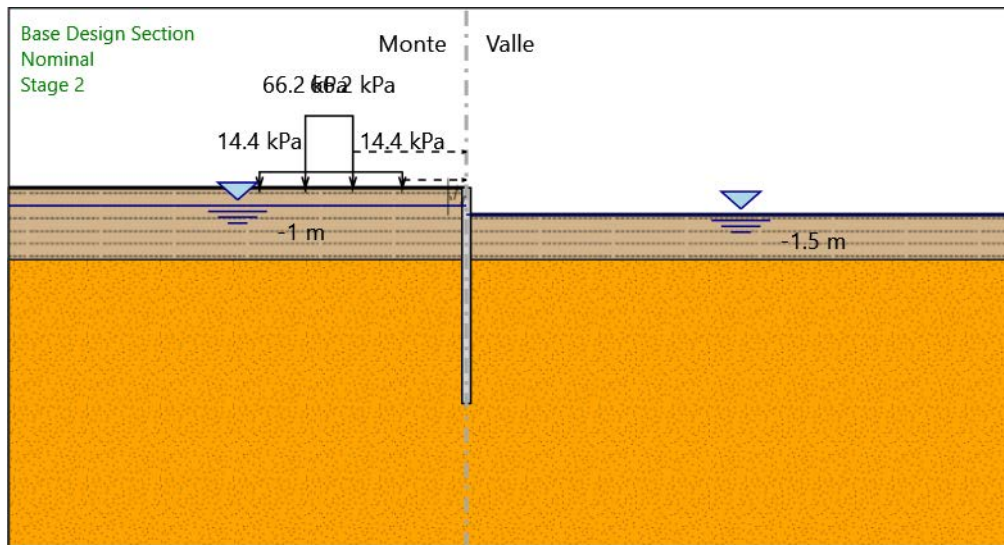
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : palancola

Stage 2



Stage 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -1.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-1.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -1 m

Falda di destra : -1.5 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -8.8 m

X finale : -6.2 m

Relazione di calcolo opera provvisoriale

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|-------------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 39 di 61 |

Pressione iniziale : 66.2 kPa

Pressione finale : 66.2 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -11.3 m

X finale : -3.5 m

Pressione iniziale : 14.4 kPa

Pressione finale : 14.4 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

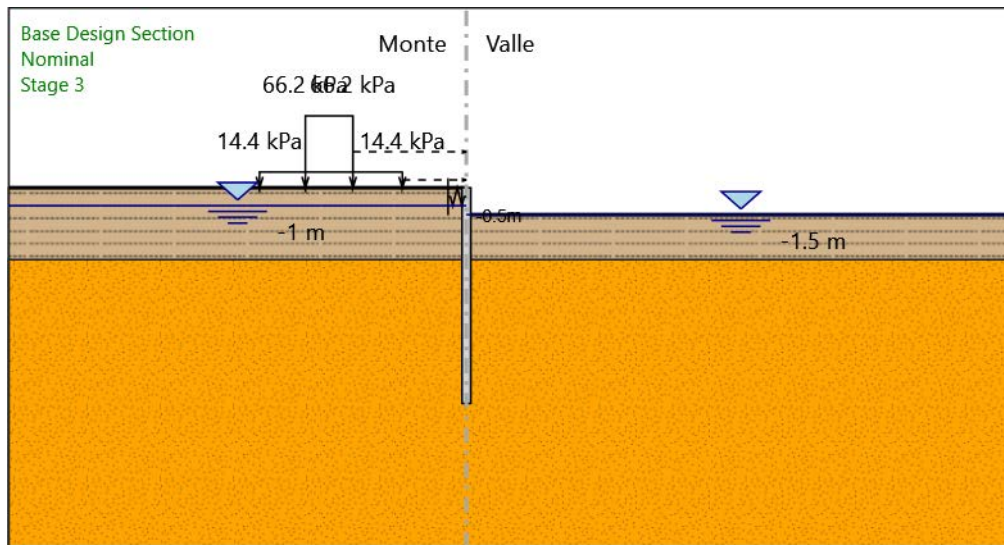
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : palancola

Stage 3



Stage 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -1.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-1.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -1 m

Falda di destra : -1.5 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -8.8 m

X finale : -6.2 m

Relazione di calcolo opera provvisoriale

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|-------------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 41 di 61 |

Pressione iniziale : 66.2 kPa

Pressione finale : 66.2 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -11.3 m

X finale : -3.5 m

Pressione iniziale : 14.4 kPa

Pressione finale : 14.4 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : palancola

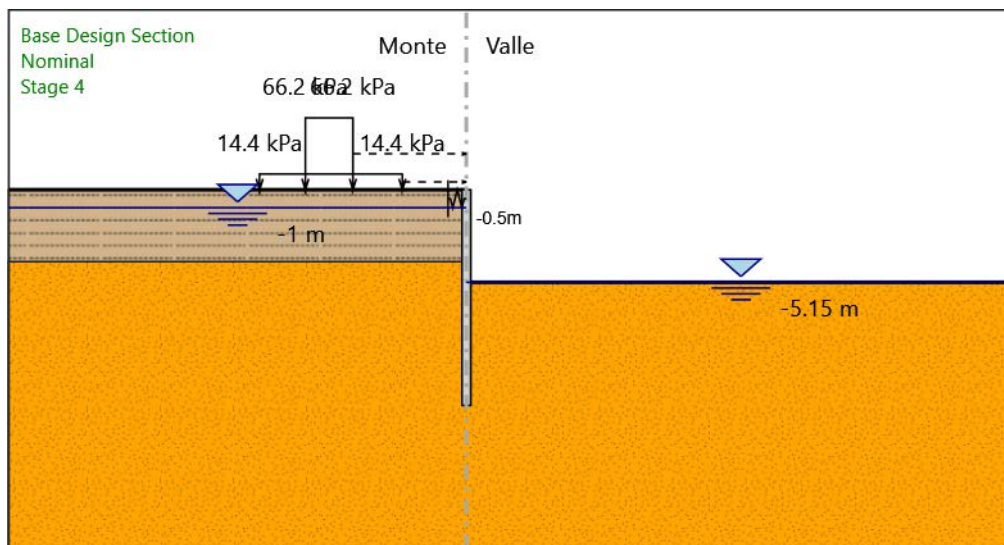
Vincolo elastico : Spring

X : 0 m

Z : -0.5 m

Angolo : 0 °

Stage 4



Stage 4

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5.15 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-5.15 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -1 m

Falda di destra : -5.15 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -8.8 m

X finale : -6.2 m

Relazione di calcolo opera provvisoria

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|-------------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 43 di 61 |

Pressione iniziale : 66.2 kPa

Pressione finale : 66.2 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -11.3 m

X finale : -3.5 m

Pressione iniziale : 14.4 kPa

Pressione finale : 14.4 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : palancola

Vincolo elastico : Spring

X : 0 m

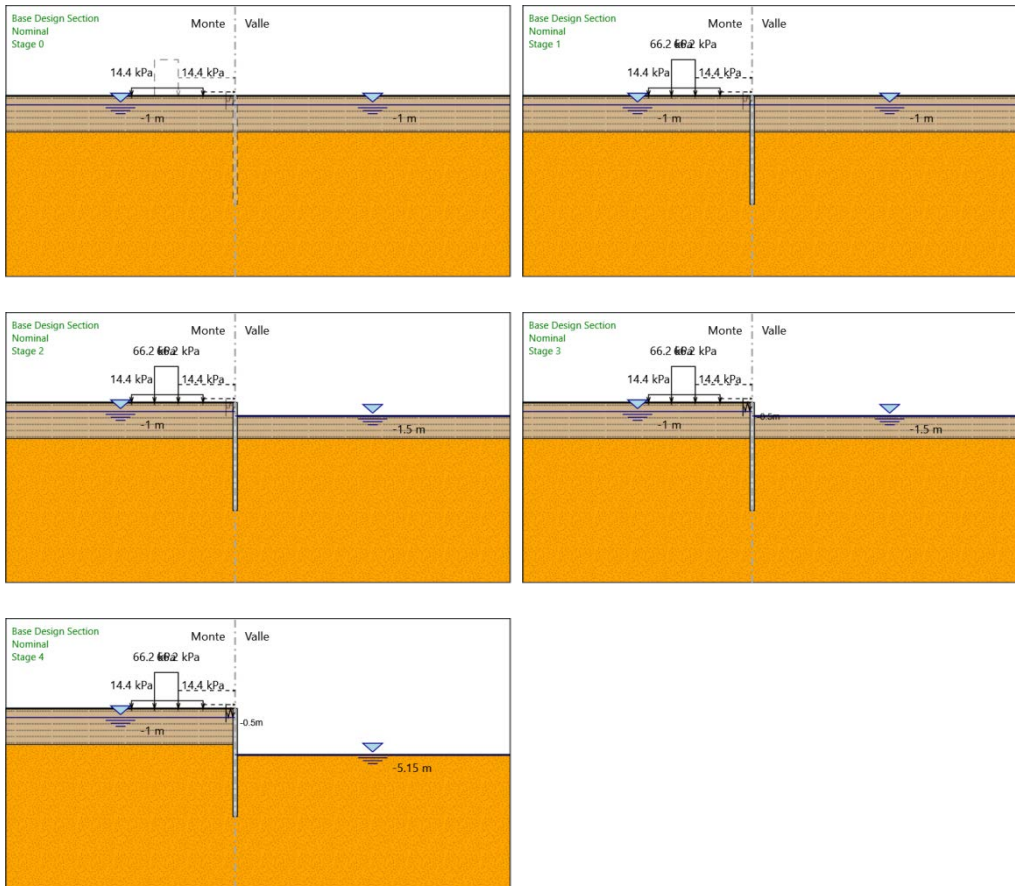
Z : -0.5 m

Angolo : 0 °

Relazione di calcolo opera provvisoria

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 44 di 61 |

Tabella Configurazione Stage (Nominal)



Relazione di calcolo opera provvisoria

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 45 di 61 |

Descrizione Coefficienti Design Assumption

| Nome | Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_ unfavour) | Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_ _favour) | Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_ unfavour) | Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_ _favour) | Carico Sismico (F_seism _load) | Pressio ni Acqua Lato Monte (F_Wat erDR) | Pressio ni Acqua Valle (F_Wat erRes) | Carichi Permane nti Destabiliz zanti (F_UPL_G DStab) | Carichi Permane nti Stabilizz anti (F_UPL_ GStab) | Carichi Variabili Destabiliz zanti (F_UPL_Q DStab) | Carichi Permane nti Destabiliz zanti (F_HYD_G DStab) | Carichi Permane nti Stabilizza nti (F_HYD_ GStab) | Carichi Variabili Destabiliz zanti (F_HYD_Q DStab) |
|--|--|--|---|---|---|--|---|--|---|---|--|---|---|
| Simbolo | γ_G | γ_G | γ_Q | γ_Q | γ_{QE} | γ_G | γ_G | γ_{Gdst} | γ_{Gstb} | γ_{Qdst} | γ_{Gdst} | γ_{Gstb} | γ_{Qdst} |
| Nominal | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| NTC2018: SLE (Rara/Freque nte/Quasi Permanente) | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) | 1.35 | 1 | 1.45 | 0 | 0 | 1.35 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1.3 | 0.9 | 1 |
| NTC2018: A2+M2+R1 | 1 | 1 | 1.25 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1.3 | 0.9 | 1 |

| Nome | Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr) | Parziale su c' (F_eff_cohe) | Parziale su Su (F_Su) | Parziale su qu (F_qu) | Parziale su peso specifico (F_gamma) |
|---|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|---|
| Simbolo | γ_ϕ | γ_c | γ_{cu} | γ_{qu} | γ_γ |
| Nominal | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| NTC2018: A2+M2+R1 | 1.25 | 1.25 | 1.4 | 1 | 1 |

| Nome | Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls) | Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P) | Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T) | Parziale elementi strutturali (F_wall) |
|---|--|--|--|---|
| Simbolo | γ_{Re} | γ_{ap} | γ_{at} | |
| Nominal | 1 | 1 | 1 | 1 |
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | 1 | 1 | 1 | 1 |
| NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) | 1 | 1.2 | 1.1 | 1 |
| NTC2018: A2+M2+R1 | 1 | 1.2 | 1.1 | 1 |

Relazione di calcolo opera provvisoriale

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 46 di 61 |

Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

Tabella Inviluppi Spostamento Left Wall

| Design Assumption: Nominal Inviluppi: Spostamento Muro: LEFT | | |
|--|--------------------|------------------|
| Z (m) | Lato sinistro (mm) | Lato destro (mm) |
| 0 | 0 | 1.698 |
| -0.2 | 0 | 1.751 |
| -0.4 | 0 | 1.804 |
| -0.5 | 0 | 1.831 |
| -0.7 | 0 | 1.884 |
| -0.9 | 0 | 1.936 |
| -1.1 | 0 | 1.987 |
| -1.3 | 0 | 2.035 |
| -1.5 | 0 | 2.08 |
| -1.7 | 0 | 2.121 |
| -1.9 | 0 | 2.157 |
| -2.1 | 0 | 2.187 |
| -2.3 | 0 | 2.211 |
| -2.5 | 0 | 2.228 |
| -2.7 | 0 | 2.238 |
| -2.9 | 0 | 2.239 |
| -3.1 | 0 | 2.233 |
| -3.3 | 0 | 2.217 |
| -3.5 | 0 | 2.193 |
| -3.7 | 0 | 2.159 |
| -3.9 | 0 | 2.117 |
| -4.1 | 0 | 2.066 |
| -4.3 | 0 | 2.007 |
| -4.5 | 0 | 1.941 |
| -4.7 | 0 | 1.867 |
| -4.9 | 0 | 1.787 |
| -5.1 | 0 | 1.702 |
| -5.3 | 0 | 1.613 |
| -5.5 | 0 | 1.522 |
| -5.7 | 0 | 1.43 |
| -5.9 | 0 | 1.338 |
| -6.1 | 0 | 1.248 |
| -6.3 | 0 | 1.16 |
| -6.5 | 0 | 1.075 |
| -6.7 | 0 | 0.994 |
| -6.9 | 0 | 0.917 |
| -7.1 | 0 | 0.846 |
| -7.3 | 0 | 0.779 |
| -7.5 | 0 | 0.718 |
| -7.7 | 0 | 0.662 |
| -7.9 | 0 | 0.611 |
| -8.1 | 0 | 0.566 |
| -8.3 | 0 | 0.525 |
| -8.5 | 0 | 0.489 |
| -8.7 | 0 | 0.458 |
| -8.9 | 0 | 0.43 |
| -9.1 | 0 | 0.406 |
| -9.3 | 0 | 0.386 |
| -9.5 | 0 | 0.368 |
| -9.7 | 0 | 0.353 |
| -9.9 | 0 | 0.34 |
| -10.1 | 0 | 0.328 |
| -10.3 | 0 | 0.318 |

Relazione di calcolo opera provvisoria

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 47 di 61 |

Design Assumption: Nominal Involuppi: Spostamento Muro: LEFT

| Z (m) | Lato sinistro (mm) | Lato destro (mm) |
|-------|--------------------|------------------|
| -10.5 | 0 | 0.31 |
| -10.7 | 0 | 0.302 |
| -10.9 | 0 | 0.295 |
| -11.1 | 0 | 0.288 |
| -11.3 | 0 | 0.282 |
| -11.5 | 0 | 0.276 |
| -11.7 | 0 | 0.27 |
| -11.9 | 0 | 0.265 |
| -12 | 0 | 0.262 |

Relazione di calcolo opera provvisoria

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 48 di 61 |

Tabella Involuppi Momento WallElement

| Design Assumption: Nominal | Involuppi: Momento | Muro: WallElement |
|----------------------------|------------------------|----------------------|
| Z (m) | Lato sinistro (kN*m/m) | Lato destro (kN*m/m) |
| 0 | 0 | 0 |
| -0.2 | 0.001 | 0 |
| -0.4 | 0.004 | 0 |
| -0.5 | 0.006 | 0 |
| -0.7 | 0.011 | 6.467 |
| -0.9 | 0.015 | 12.933 |
| -1.1 | 0.019 | 19.4 |
| -1.3 | 0.128 | 25.825 |
| -1.5 | 0.582 | 32.126 |
| -1.7 | 0.986 | 38.22 |
| -1.9 | 1.256 | 44.023 |
| -2.1 | 1.403 | 49.454 |
| -2.3 | 1.45 | 54.428 |
| -2.5 | 1.426 | 58.864 |
| -2.7 | 1.362 | 62.678 |
| -2.9 | 1.288 | 65.788 |
| -3.1 | 1.238 | 68.11 |
| -3.3 | 1.244 | 69.562 |
| -3.5 | 1.337 | 70.06 |
| -3.7 | 1.549 | 69.523 |
| -3.9 | 1.91 | 67.866 |
| -4.1 | 2.449 | 65.007 |
| -4.3 | 2.77 | 60.864 |
| -4.5 | 2.908 | 55.353 |
| -4.7 | 2.908 | 48.391 |
| -4.9 | 2.811 | 39.896 |
| -5.1 | 2.647 | 32.381 |
| -5.3 | 2.443 | 23.517 |
| -5.5 | 2.219 | 15.548 |
| -5.7 | 2.509 | 8.446 |
| -5.9 | 11.098 | 2.172 |
| -6.1 | 18.566 | 0 |
| -6.3 | 24.945 | 0 |
| -6.5 | 30.268 | 0 |
| -6.7 | 34.564 | 0 |
| -6.9 | 37.862 | 0 |
| -7.1 | 40.185 | 0 |
| -7.3 | 41.574 | 0 |
| -7.5 | 42.062 | 0 |
| -7.7 | 41.678 | 0.15 |
| -7.9 | 40.534 | 0.345 |
| -8.1 | 38.793 | 0.517 |
| -8.3 | 36.596 | 0.66 |
| -8.5 | 34.065 | 0.77 |
| -8.7 | 31.306 | 0.841 |
| -8.9 | 28.413 | 0.865 |
| -9.1 | 25.448 | 0.845 |
| -9.3 | 22.466 | 0.796 |
| -9.5 | 19.537 | 0.725 |
| -9.7 | 17.416 | 0.642 |
| -9.9 | 15.764 | 0.553 |
| -10.1 | 13.952 | 0.463 |
| -10.3 | 12.006 | 0.376 |
| -10.5 | 9.984 | 0.295 |
| -10.7 | 7.97 | 0.222 |
| -10.9 | 6.039 | 0.159 |

Relazione di calcolo opera provvisoria

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 49 di 61 |

| Design Assumption: Nominal | Involuppi: Momento | Muro: WallElement |
|----------------------------|------------------------|----------------------|
| Z (m) | Lato sinistro (kN*m/m) | Lato destro (kN*m/m) |
| -11.1 | 4.265 | 0.106 |
| -11.3 | 2.716 | 0.064 |
| -11.5 | 1.457 | 0.032 |
| -11.7 | 0.552 | 0.011 |
| -11.9 | 0.064 | 0.001 |
| -12 | 0 | 0 |

Relazione di calcolo opera provvisoria

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 50 di 61 |

Tabella Involuppi Taglio WallElement

| Design Assumption: Nominal | Involuppi: Taglio | Muro: WallElement |
|----------------------------|----------------------|--------------------|
| Z (m) | Lato sinistro (kN/m) | Lato destro (kN/m) |
| 0 | 0.003 | 0 |
| -0.2 | 0.016 | 0 |
| -0.4 | 0.021 | 0 |
| -0.5 | 0.024 | 32.333 |
| -0.7 | 0.024 | 32.333 |
| -0.9 | 0.023 | 32.333 |
| -1.1 | 0.642 | 32.333 |
| -1.3 | 2.266 | 32.126 |
| -1.5 | 2.266 | 31.504 |
| -1.7 | 2.021 | 30.468 |
| -1.9 | 1.351 | 29.018 |
| -2.1 | 0.735 | 27.153 |
| -2.3 | 0.236 | 24.873 |
| -2.5 | 0 | 22.179 |
| -2.7 | 0 | 19.071 |
| -2.9 | 0 | 15.548 |
| -3.1 | 0.029 | 11.611 |
| -3.3 | 0.466 | 7.751 |
| -3.5 | 2.688 | 4.22 |
| -3.7 | 8.283 | 0.383 |
| -3.9 | 14.293 | 0 |
| -4.1 | 20.717 | 0 |
| -4.3 | 27.555 | 0 |
| -4.5 | 34.808 | 0.009 |
| -4.7 | 42.476 | 0.489 |
| -4.9 | 50.558 | 0.819 |
| -5.1 | 59.054 | 1.02 |
| -5.3 | 59.054 | 1.121 |
| -5.5 | 53.902 | 1.149 |
| -5.7 | 48.516 | 1.149 |
| -5.9 | 42.945 | 1.13 |
| -6.1 | 37.336 | 1.087 |
| -6.3 | 31.897 | 1.039 |
| -6.5 | 26.613 | 1.004 |
| -6.7 | 21.483 | 1.03 |
| -6.9 | 16.491 | 1.111 |
| -7.1 | 11.615 | 1.133 |
| -7.3 | 8.33 | 1.133 |
| -7.5 | 6.002 | 1.923 |
| -7.7 | 3.918 | 5.718 |
| -7.9 | 2.07 | 8.707 |
| -8.1 | 0.446 | 10.985 |
| -8.3 | 0 | 12.657 |
| -8.5 | 0 | 13.792 |
| -8.7 | 0 | 14.468 |
| -8.9 | 0.096 | 14.825 |
| -9.1 | 0.249 | 14.909 |
| -9.3 | 0.353 | 14.909 |
| -9.5 | 0.416 | 14.645 |
| -9.7 | 0.446 | 14.1 |
| -9.9 | 0.45 | 13.337 |
| -10.1 | 0.45 | 12.405 |
| -10.3 | 0.434 | 11.347 |
| -10.5 | 0.404 | 10.199 |
| -10.7 | 0.364 | 10.073 |
| -10.9 | 0.316 | 9.652 |

Relazione di calcolo opera provvisoria

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 51 di 61 |

Design Assumption: Nominal Involuppi: Taglio Muro: WallElement

| Z (m) | Lato sinistro (kN/m) | Lato destro (kN/m) |
|-------|----------------------|--------------------|
| -11.1 | 0.265 | 8.87 |
| -11.3 | 0.211 | 7.747 |
| -11.5 | 0.157 | 6.296 |
| -11.7 | 0.103 | 4.525 |
| -11.9 | 0.051 | 2.439 |
| -12 | 0.013 | 0.639 |



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)
Viadotto IV03

Relazione di calcolo opera provvisoria

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 52 di 61 |

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

| Design Assumption | Stage | Muro | Lato | Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva |
|-------------------------------------|-------|------|------|--|
| | | | | % |
| NTC2018: A2+M2+R1 Stage 0 Left Wall | LEFT | | | 15.3 |
| NTC2018: A2+M2+R1 Stage 4 Left Wall | RIGHT | | | 44.42 |



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)
Viadotto IV03

Relazione di calcolo opera provvisoria

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 53 di 61 |

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

| Design Assumption | Stage | Muro | Lato | Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|---|
| | | | | % |
| NTC2018: A2+M2+R1 Stage 4 Left Wall | | LEFT | LEFT | 8519.2 |
| NTC2018: A2+M2+R1 Stage 0 Left Wall | | RIGHT | RIGHT | 25130.8 |



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)
Viadotto IV03

Relazione di calcolo opera provvisoria

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 54 di 61 |

Inviluppo Risultati Elementi Strutturali

| Elemento strutturale | Design Assumption | Stage | Cela Forza kN/m |
|----------------------|------------------------------------|---------|--------------------|
| Spring | NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) | Stage 4 | 32.33 |

| Elemento strutturale | Design Assumption | Stage | Cela Momento kN*m/m |
|----------------------|-------------------|---------|------------------------|
| Spring | NTC2018: A2+M2+R1 | Stage 4 | 0 |

Relazione di calcolo opera provvisoria

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 55 di 61 |

Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali

Normative Verifiche

| | |
|--------------|------|
| Calcestruzzo | NTC |
| Acciaio | NTC |
| Tirante | NONE |

Relazione di calcolo opera provvisoria

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 56 di 61 |

Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

| Design Assumption | Stage 0 | Stage 1 | Stage 2 | Stage 3 | Stage 4 |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | V | V | V | V | V |
| NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) | V | V | V | V | V |
| NTC2018: A2+M2+R1 | V | V | V | V | V |

Relazione di calcolo opera provvisoria

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 57 di 61 |

Risultati SteelWorld

Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld : LEFT

| Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld | LEFT |
|--|--|
| Z (m) | Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld |
| 0 | 0 |
| -0.2 | 0 |
| -0.4 | 0 |
| -0.5 | 0 |
| -0.7 | 0.005 |
| -0.9 | 0.011 |
| -1.1 | 0.016 |
| -1.3 | 0.021 |
| -1.5 | 0.027 |
| -1.7 | 0.032 |
| -1.9 | 0.037 |
| -2.1 | 0.041 |
| -2.3 | 0.045 |
| -2.5 | 0.049 |
| -2.7 | 0.052 |
| -2.9 | 0.055 |
| -3.1 | 0.057 |
| -3.3 | 0.058 |
| -3.5 | 0.058 |
| -3.7 | 0.058 |
| -3.9 | 0.056 |
| -4.1 | 0.054 |
| -4.3 | 0.051 |
| -4.5 | 0.046 |
| -4.7 | 0.04 |
| -4.9 | 0.033 |
| -5.1 | 0.027 |
| -5.3 | 0.02 |
| -5.5 | 0.013 |
| -5.7 | 0.007 |
| -5.9 | 0.009 |
| -6.1 | 0.015 |
| -6.3 | 0.021 |
| -6.5 | 0.025 |
| -6.7 | 0.029 |
| -6.9 | 0.031 |
| -7.1 | 0.033 |
| -7.3 | 0.035 |
| -7.5 | 0.035 |
| -7.7 | 0.035 |
| -7.9 | 0.034 |
| -8.1 | 0.032 |
| -8.3 | 0.03 |
| -8.5 | 0.028 |
| -8.7 | 0.026 |
| -8.9 | 0.024 |
| -9.1 | 0.021 |
| -9.3 | 0.019 |
| -9.5 | 0.016 |
| -9.7 | 0.014 |
| -9.9 | 0.013 |
| -10.1 | 0.012 |
| -10.3 | 0.01 |
| -10.5 | 0.008 |

Relazione di calcolo opera provvisoriale

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 58 di 61 |

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld

LEFT

| Z (m) | Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld |
|-------|--|
| -10.7 | 0.007 |
| -10.9 | 0.005 |
| -11.1 | 0.004 |
| -11.3 | 0.002 |
| -11.5 | 0.001 |
| -11.7 | 0 |
| -11.9 | 0 |
| -12 | 0 |

Relazione di calcolo opera provvisoria

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 59 di 61 |

Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : LEFT

| Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld | | LEFT |
|---|---|------|
| Z (m) | Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld | |
| 0 | 0 | |
| -0.2 | 0 | |
| -0.4 | 0 | |
| -0.5 | 0.019 | |
| -0.7 | 0.019 | |
| -0.9 | 0.019 | |
| -1.1 | 0.019 | |
| -1.3 | 0.019 | |
| -1.5 | 0.018 | |
| -1.7 | 0.017 | |
| -1.9 | 0.016 | |
| -2.1 | 0.015 | |
| -2.3 | 0.013 | |
| -2.5 | 0.011 | |
| -2.7 | 0.009 | |
| -2.9 | 0.007 | |
| -3.1 | 0.005 | |
| -3.3 | 0.002 | |
| -3.5 | 0.002 | |
| -3.7 | 0.005 | |
| -3.9 | 0.008 | |
| -4.1 | 0.012 | |
| -4.3 | 0.016 | |
| -4.5 | 0.021 | |
| -4.7 | 0.025 | |
| -4.9 | 0.03 | |
| -5.1 | 0.035 | |
| -5.3 | 0.032 | |
| -5.5 | 0.029 | |
| -5.7 | 0.025 | |
| -5.9 | 0.022 | |
| -6.1 | 0.019 | |
| -6.3 | 0.016 | |
| -6.5 | 0.013 | |
| -6.7 | 0.01 | |
| -6.9 | 0.007 | |
| -7.1 | 0.005 | |
| -7.3 | 0.004 | |
| -7.5 | 0.002 | |
| -7.7 | 0.003 | |
| -7.9 | 0.005 | |
| -8.1 | 0.007 | |
| -8.3 | 0.007 | |
| -8.5 | 0.008 | |
| -8.7 | 0.009 | |
| -8.9 | 0.009 | |
| -9.1 | 0.009 | |
| -9.3 | 0.009 | |
| -9.5 | 0.008 | |
| -9.7 | 0.008 | |
| -9.9 | 0.007 | |
| -10.1 | 0.007 | |
| -10.3 | 0.006 | |
| -10.5 | 0.006 | |
| -10.7 | 0.006 | |
| -10.9 | 0.005 | |
| -11.1 | 0.005 | |

Relazione di calcolo opera provvisoria

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 60 di 61 |

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld

LEFT

| Z (m) | Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld |
|-------|---|
| -11.3 | 0.004 |
| -11.5 | 0.003 |
| -11.7 | 0.001 |
| -11.9 | 0 |
| -12 | 0 |



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)
Viadotto IV03

Relazione di calcolo opera provvisionale

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 03 00 007 | B | 61 di 61 |