

ITINERARIO RAGUSA-CATANIA

Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 "di Chiaramonte" con la S.S. 115 e lo Svincolo della S.S. 194 "Ragusana"

LOTTO 4 - Dallo svincolo n. 8 "Francofonte" (compreso) allo svincolo della "Ragusana"(escluso)

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **PA898**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - COOPROGETTI -GDG - ICARIA - OMNISERVICE

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri

Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351



IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini

Ordine dei Geologi della Regione Umbria n° 108

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia n° A1373

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Luigi Mupo

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

	Dott. Ing. N. Granieri	Dott. Ing. M. Abram
	Dott. Ing. F. Durastanti	Dott. Ing. F. Pambianco
	Dott. Ing. V. Truffini	Dott. Ing. M. Briganti Botta
	Dott. Arch. A. Bracchini	Dott. Ing. L. Gagliardini
	Dott. Ing. L. Nani	Dott. Geol. G. Cerquiglini

MANDANTI:

	Dott. Ing. G. Guiducci	Dott. Ing. G. Lucibello
	Dott. Ing. A. Signorelli	Dott. Arch. G. Guastella
	Dott. Ing. E. Moscatelli	Dott. Geol. M. Leonardi
	Dott. Ing. A. Bela	Dott. Ing. G. Parente
	Dott. Arch. E. A. E. Crimi	Dott. Ing. L. Ragnacci
	Dott. Ing. M. Panfili	Dott. Arch. A. Strati
	Dott. Arch. P. Ghirelli	Archeol. M. G. Liseno
	Dott. Ing. D. Pelle	
	Dott. Ing. D. Carlacchini	Dott. Ing. F. Aloe
	Dott. Ing. S. Sacconi	Dott. Ing. A. Salvemini
	Dott. Ing. C. Consorti	
	Dott. Ing. V. Rotisciani	Dott. Ing. G. Verini Supplizi
	Dott. Ing. G. Pulli	Dott. Ing. V. Piunno
	Dott. Ing. F. Macchioni	Geom. C. Sugaroni
	Dott. Ing. P. Agnello	

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:



**SOTTOVIA
SOTTOPASSO FERROVIARIO**
Relazione di calcolo delle opere provvisionali

CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T04ST07STRRE02A			
L O 4 0 8 Z	E	2 1 0 1	CODICE ELAB. T 0 4 S T 0 7 S T R R E 0 2		A	-
A	Emissione		Giu 2021	M. Botta	F. Durastanti	N. Granieri
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

INDICE

1	GENERALITÀ	3
2	NORMATIVA E RIFERIMENTI	6
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
2.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	6
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
3.1	CALCESTRUZZO	7
3.1.1	CALCESTRUZZO PER MAGRONE.....	7
3.1.2	CALCESTRUZZO PER VASCA DI VARO E MURO REGGISPINTA.....	7
3.1.3	CALCESTRUZZO PER OPERE DI FONDAZIONE ED ELEVAZIONE	7
3.2	ACCIAIO.....	8
3.3	CALCOLO DEL COPRIFERRO MINIMO	8
4	VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	9
5	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	10
6	VERIFICHE IN FASE COSTRUTTIVA	11
6.1	PLATEA DI LAVORO	11
6.1.1	Calcolo delle sollecitazioni	11
6.1.2	Verifiche	12
6.2	MURO REGGISPINTA.....	15
6.2.1	Verifica a scorrimento.....	15
6.2.2	Verifica a slu del muro di contrasto e vasca di varo	16
7	VERIFICA DI STABILITA' DEL RILEVATO	22
7.1	PREMESSA	22
7.2	CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE.....	22
7.3	MODELLO DI CALCOLO ANALISI E VERIFICHE	24

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

7.4	VALUTAZIONI SUI CEDIMENTI.....	26
8	VERIFICA DEI CEDIMENTI DEL RILEVATO.....	28
8.1	PREMESSA.....	28
8.2	DEFINIZIONE DELLE FASI.....	28
8.3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	33
8.3.1	Rilevato esistente.....	33
8.3.2	LAS	34
8.4	SPOSTAMENTI OTTENUTI NELLE DIVERSE FASI	35
8.4.1	Fase 1.....	35
8.4.2	Fase 2.....	36
8.4.3	Fase 3.....	37
8.4.4	Fase 4.....	38
8.5	CONCLUSIONI	38
9	SOSTEGNO PROVVISORIO DEL BINARIO	40

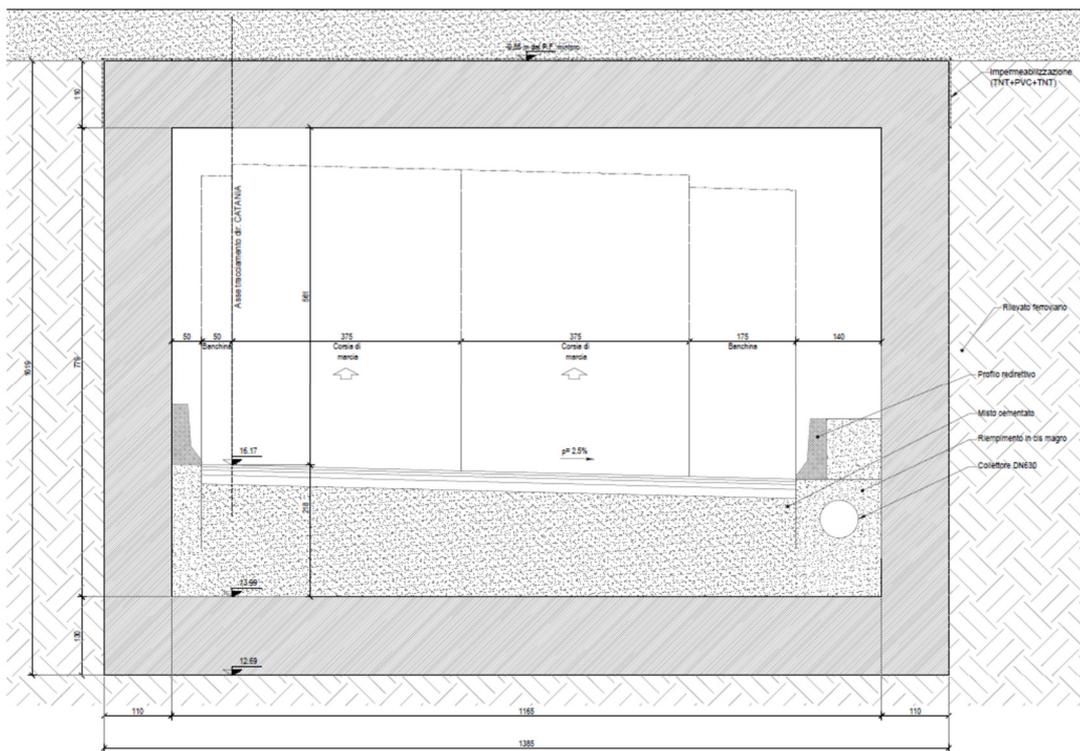
1 GENERALITÀ

La presente relazione è relativa alla descrizione e alla verifica degli elementi strutturali che in fase provvisoria consentono la realizzazione dell'attraversamento ferroviario relativamente alla progettazione esecutiva dei lavori di riqualificazione dell'itinerario Ragusa – Catania lotto n°8, mediante l'adeguamento a quattro corsie della SS 514 "di Chiaromonte" e della SS 194 "Ragusana".

L'intervento è previsto in corrispondenza del tratto in cui la linea ferroviaria esistente SR-CT interferisce con l'asse stradale di progetto ed in particolare alla pk 15+553.7 per l'asse destro. L'altezza attuale del rilevato ferroviario rispetto al piano campagna è di circa 9.50m.

I manufatti, interamente in calcestruzzo armato gettato in opera, presentano dimensioni interne pari a 7.79x11.65m per lo scatolare direzione Catania e 7.68x11.65m per lo scatolare direzione Ragusa; la sezione trasversale è costituita da un solettone di base dello spessore di 1.30 m, due piedritti di spessore di 1.10 m ed una soletta di copertura di spessore pari a 1.10 m. Nella figura seguente si riporta la sezione tipo del sottopasso ferroviario.

Figura 1.1: Sezione tipo del sottopasso ferroviario (asse sinistro).



La soluzione di cui alla presente relazione prevede la realizzazione di due scatolari in c.a. realizzati fuori opera e successivamente varati con il sistema a spinta mediante martinetti idraulici posti in forza su di un muro di contrasto.

Al fine di sostenere le rotaie e consentire il transito dei convogli ferroviari, durante tutte le fasi costruttive, si ipotizza di impiegare il sistema tipo Essen, approvato da RFI.

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Il piano di appoggio per la realizzazione del monolite e per la sua successiva spinta è costituito da una platea in c.a., alla cui estremità è prevista la realizzazione di un muro di contrasto per la spinta. Al fine di ridurre l'attrito tra monolite e vasca di varo durante le fasi di spinta, è stata prevista, in corrispondenza dell'estradosso di quest'ultima, la posa di uno strato di scorrimento, realizzato mediante l'accoppiamento di due fogli di tessuto non tessuto di peso pari a 200 g/mq e due teli di polietilene cerato di peso 500 g/mq.

Per permettere l'infissione della struttura al disotto della massicciata ferroviaria, è stata prevista la realizzazione di un rostro, con le due pareti verticali sagomate con un angolo di 45° rispetto alla verticale. A spinta ultimata il rostro verrà parzialmente demolito e sostituito dal getto dei muri d'ala.

Nella figure seguenti si riportano il profilo di uno dei due scatolari e lo stralcio planimetrico.

Figura 1.2: Profilo longitudinale dell'opera – asse direzione Catania.

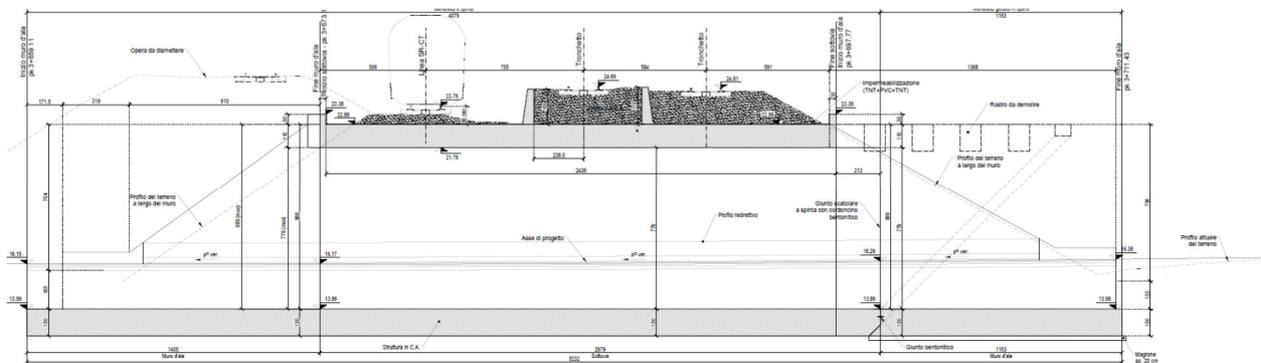
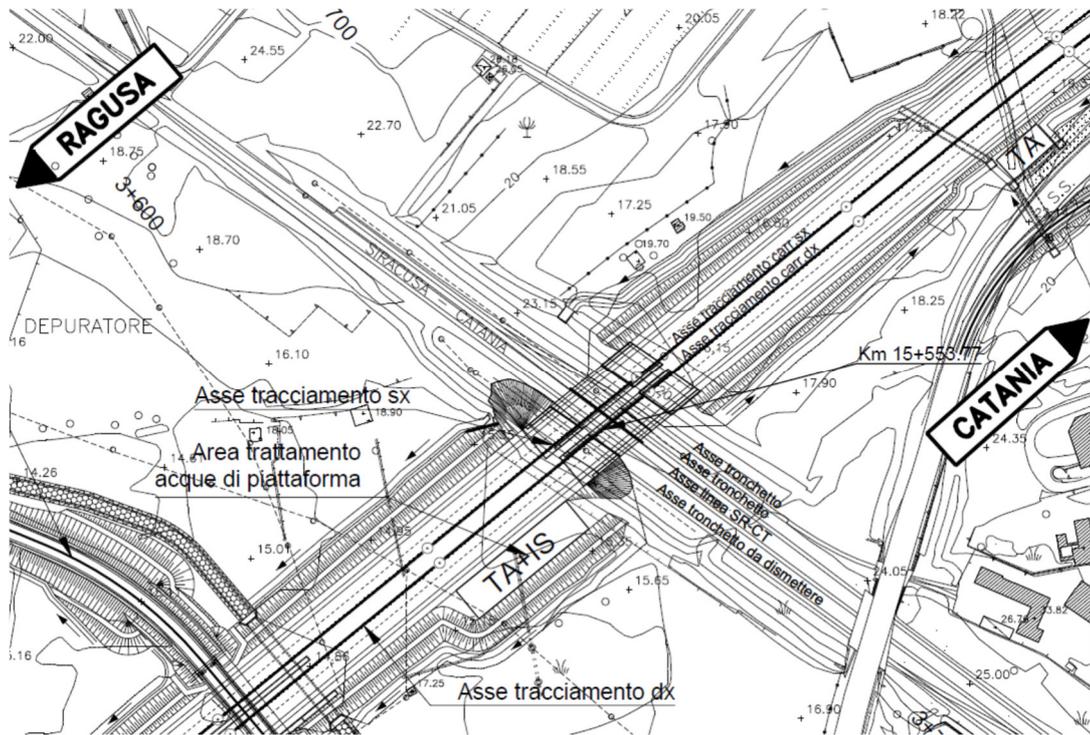


Figura 1.3: Stralcio planimetrico con individuazione dell'opera.

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI



Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche di una struttura interrata determinate dall'interazione terreno – struttura con l'aggiunta delle azioni sismiche derivanti dall'applicazione della Normativa D.M. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni. Le verifiche eseguite nel presente elaborato fanno riferimento allo stesso D.M. del 2008.

2 **NORMATIVA E RIFERIMENTI**

2.1 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

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

D.M. 14 gennaio 2008 – pubblicato su S.O. n. 30 alla G.U. 4 febbraio 2008, n. 29 – “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”;

UNI EN 1992-1-1:2005: “Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per edifici”;

UNI EN 1997-1:2005: "Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali";

UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”;

UNI 11104:2004 Marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità – istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1”;

Model Code 1990, CEB-FIP.

“Istruzione per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari” (rif. RFI-DTC-ICI-PO-SP-INF-001-A);

Il metodo di calcolo adottato è quello semiprobabilistico agli stati limite, con applicazione di coefficienti parziali per le azioni o per l’effetto delle azioni, variabili in ragione dello stato limite indagato.

2.2 **DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

Per il progetto dell'opera in esame si è fatto riferimento ai seguenti elaborati progettuali:

Relazione geotecnica;

Profili geotecnici;

Elaborati grafici.

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione delle opere in oggetto sono previsti i materiali di seguito descritti:

3.1 CALCESTRUZZO

3.1.1 CALCESTRUZZO PER MAGRONE

Classe di resistenza:	C12/15
Resistenza a compressione cubica caratteristica:	$R_{ck} = 15.00 \text{ N/mm}^2$

3.1.2 CALCESTRUZZO PER VASCA DI VARO E MURO REGGISPINTA

Classe di resistenza:	C28/35
Resistenza caratteristica cubica a compressione:	$R_{ck} = 35.00 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione:	$f_{ck} = 33.20 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione:	$f_{cd} = 18.8143 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media:	$f_{ctm} = 3.1083 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico:	$E = 32588 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione:	XA2
Copriferro:	65 mm

3.1.3 CALCESTRUZZO PER OPERE DI FONDAZIONE ED ELEVAZIONE

Classe di resistenza:	C32/40
Resistenza caratteristica cubica a compressione:	$R_{ck} = 40.00 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione:	$f_{ck} = 33.20 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione:	$f_{cd} = 18.81 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media:	$f_{ctm} = 3.10 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico:	$E = 33643 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione:	XA2
Copriferro:	65 mm

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

3.2 ACCIAIO

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

3.3 CALCOLO DEL COPRIFERRO MINIMO

Essendo la classe di esposizione del calcestruzzo pari a XA2, si riporta di seguito il calcolo del copriferro minimo secondo quanto riportato al §4.4.1 della UNI EN 1992-1-1.

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 55 + 10 = 65 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max \{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}\} = 55 \text{ mm}$$

dove

$c_{min,b}$ copriferro minimo dovuto al requisito di aderenza = 26 mm (cautelativamente si assume la barra di diametro maggiore)

$c_{min,dur}$ copriferro minimo dovuto alle condizioni ambientali = 55 mm (non essendo presente la classe di esposizione XA2 nel prospetto 4.4N si assume il valore maggiore)

$\Delta c_{dur,y}$ margine di sicurezza = 0 mm

$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$

$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$

4 VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La costruzione in oggetto è classificabile, secondo il DM 2008, con il tipo 2, come "Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale", per la quale viene prevista una vita nominale ≥ 50 anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, la costruzione è definita di Classe IV, ossia afferente a "*Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia Elettrica*".

In virtù di quanto affermato, il periodo di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche risulta dal prodotto della vita nominale per la classe d'uso:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 2 = 100 \text{ anni,}$$

cui compete un valore del tempo di ritorno per lo SLV pari a:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})} = -\frac{200}{\ln(1 - 0.10)} = 949 \text{ anni.}$$

5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati alle verifiche in esame si è fatto riferimento ai risultati forniti dai sondaggi della campagna del 2021 e riportati sia nei profili geotecnici che nella relazione geotecnica.

Il sottopasso presenta come strato di fondazione argilla con limo deb. sabbiosa (a_fine) della formazione "a" (*Alluvioni fluviali e fondi palustri*) secondo quanto riportato nel profilo geotecnico.

Sulla base delle risultanze delle indagini geognostiche eseguite, sono stati definiti i seguenti parametri geotecnici per il calcolo:

LAS (Argilla con limo deb. sabbiosa)

peso dell'unità di volume	$\gamma = 18.0 \text{ kN/m}^3$
coesione	$c' = 10 \text{ kPa}$
angolo di resistenza a taglio	$\phi' = 25^\circ$
modulo di Young	$E = 10.0-15.0 \text{ MPa}$

$$k_{\text{winkler}} = 3.0 \text{ kg/cm}^3$$

Terreno di rilevato esistente

peso dell'unità di volume	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
angolo di resistenza a taglio	$\phi' = 34^\circ$

Dalle indagini condotte è stata rilevata la presenza della falda a circa -4.70 m dalla quota del boccaforo.

6 VERIFICHE IN FASE COSTRUTTIVA

Per la realizzazione dello scatolare è necessaria l'esecuzione di un'opera che consenta l'infissione del monolite sotto la linea ferroviaria. Tale opera consiste in una vasca di varo sulla quale verrà realizzato il manufatto, da spingere successivamente sotto l'attuale posizione della linea ferroviaria mediante martinetti idraulici posti a ridosso di un muro di contrasto.

6.1 PLATEA DI LAVORO

La platea di varo costituisce la base di appoggio, in sede provvisoria, per la prefabbricazione del monolite; essa ha la funzione di piano di scorrimento e di guida per la traslazione. Il suo dimensionamento è quindi legato sia a questioni relative all'agevole prefabbricazione dell'opera da infiggere, sia a esigenze statiche.

Sulla platea si realizzano due risvolti laterali in funzione di guida al manufatto che su di esso scorrerà. Per i primi 36.95 m di lunghezza la vasca ha uno spessore di 0.40 m ed una larghezza di 14.85 m, i rimanenti 7.00 m hanno uno spessore di 1.00 m.

6.1.1 Calcolo delle sollecitazioni

La platea sarà soggetta ad uno sforzo di trazione pari alla differenza di due forze aventi uguale direzione e verso opposto:

una forza di primo stacco, F_{sp} nella direzione di avanzamento del monolite;

una forza in verso opposto alla precedente F_{terr} , dovuta all'attrito della platea stessa con il terreno.

La valutazione della spinta F_{sp} è eseguita sulla base dell'attrito di primo distacco, considerando un coefficiente di attrito f'_a :

$$F_{sp} = W_{mon} \times f'_a,$$

nella quale:

W_{mon} è il peso proprio del monolite;

f'_a è l'attrito di primo distacco, posto pari a 1.00.

$$F_{sp} = 41185.16 \times 1.00 = 41185.16 \text{ kN.}$$

La forza in contrapposizione alla precedente è data dalla forza che si manifesta nel contatto tra la platea e il terreno. La componente perpendicolare al piano di appoggio è pari alla somma dei pesi propri della platea e del monolite; pertanto si avrà:

$$F_{terr} = f_a \times (W_{mon} + W_{plat});$$

nella quale:

W_{plat} è il peso proprio della platea di varo;

f_a è l'attrito tra il terreno e la platea assunto pari a $\text{tg}(2/3 \phi')$.

Risulta:

$$F_{terr} = \text{tg}(2/3 \ 26^\circ) \times (41185.16 + 10981.58) = 0.312 \times 52166.74 = 16281.43 \text{ kN}$$

La forza di trazione che dovrà sopportare la platea in fase di infissione è data da:

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

$$T = F_{sp} - F_{terr} = 41185.16 - 16281.43 = 24903.73 \text{ kN.}$$

Considerando tale forza per m di platea si ha:

$$t = T/L = 24903.73 / (13.85 + 0.5 + 0.5) = 1677.02 \text{ kN/m.}$$

Per riprendere tale forza viene disposta un'armatura longitudinale $\varnothing 24/10$ sia superiormente che inferiormente per un totale di 90.48 cm^2 . Si ottiene un tasso di lavoro pari a circa 185.35 MPa .

6.1.2 Verifiche

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: platea-varo

(Percorso File: \\Oceano\C4F\LAVORO\MICHELA\sottovia ferroviario\platea-varo.sez)

Descrizione Sezione:
Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione: Sezione generica
Normativa di riferimento: N.T.C.
Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit : Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta: In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C28/35
Resis. compr. di calcolo fcd : 158.60 daN/cm²
Resis. compr. ridotta fcd': 79.30 daN/cm²
Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020
Def.unit. ultima ecu : 0.0035
Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec : 323080 daN/cm²
Coeff. di Poisson : 0.20
Resis. media a trazione fctm: 28.80 daN/cm²
Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
Sc Limite : 168.00 daN/cm²
Apert.Fess.Limite : Non prevista

ACCIAIO - Tipo: B450C
Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm²
Resist. caratt. rottura ftk: 5400.0 daN/cm²
Resist. snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm²
Resist. ultima di calcolo ftd: 4500.0 daN/cm²
Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068
Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm²
Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
Coeff. Aderenza ist. $\beta 1 * \beta 2$: 1.00 daN/cm²
Coeff. Aderenza diff. $\beta 1 * \beta 2$: 0.50 daN/cm²
Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C28/35

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	0.00	0.00
2	0.00	100.00
3	100.00	100.00
4	100.00	0.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

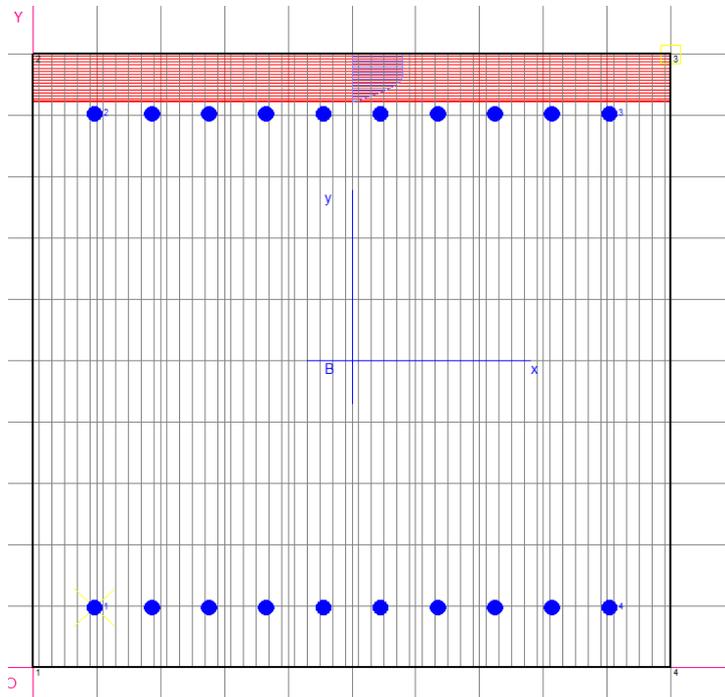
Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	9.70	9.70	24
2	9.70	90.30	24
3	90.30	90.30	24
4	90.30	9.70	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N.Barra In. Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.
N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.
N.Barre Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.
Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	1	4	8	24
2	2	3	8	24



ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	-167702	0	0	10	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	-167702	0	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm
Copriferro netto minimo staffe: 7.3 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	-167702	0	0	-167726	92986	0	999.000

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.01571	100.0	100.0	-0.00085	90.3	90.3	-0.03698	9.7	9.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000448234	-0.041323408		

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm²]
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm²]
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Ac eff.	Area di conglomerato [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	-123.6	100.0	100.0	-1854	9.7	90.3	5234	327	0.250	0.196

6.2 MURO REGGISPINTA

Il muro reggispinta assicura il contrasto necessario per il varo del manufatto prefabbricato dalla sede di allestimento a quella di esercizio.

La parete presenta uno spessore pari a 1.20 m, larghezza di 14.85 m ed un'altezza complessiva di 6.50 m, di cui 3.50 m al disotto del piano di imposta della vasca di varo. Nel tratto di intersezione tra vasca e parete, la platea di varo è spessa 1.00 m.

La spinta massima che può essere generata dal terrapieno a monte è pari alla spinta passiva.

In conformità con quanto riportato al § 6.5.3.1.1 NTC 2008, le verifiche sono state effettuate secondo l'approccio progettuale "Approccio 1".

Con tale approccio, la prima combinazione risulta più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è più gravosa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Combinazione 1 → (A1+M1+R1) → STR;

Combinazione 2 → (A2+M2+R2) → GEO (carico limite).

6.2.1 Verifica a scorrimento

Si verifica adesso che durante la fase di spinta del manufatto il sistema vasca-muro non scorra sotto l'effetto della stessa spinta; per far ciò si è effettuata la verifica utilizzando l'Approccio 1 Combinazione 2.

I valori di progetto ridotti come precedentemente detto sono pari a:

$$\phi^* = \arctg(\tg(\phi_k)/1.25) = 21.31^\circ,$$

$$c' = 0.$$

Considerando la fase in cui lo scatolare è al di fuori della vasca di varo, prendendo in conto un coefficiente di attrito calcestruzzo – terreno pari a $\tg \phi$, si ottiene:

$$F_{spinta} = W_{mon} \times \tg \phi = 41185.16 \times \tg 21.31 = 16069.88 \text{ kN.}$$

Si determina adesso il valore della spinta passiva a tergo del muro; inoltre, è stato considerato sul cuneo di spinta un carico uniformemente distribuito q pari al peso del terreno sovrastante:

$$R_{passiva} = 1/2 \times \gamma \times k_p \times H^2 \times L,$$

nella quale:

k_p è il coefficiente di spinta passiva, pari a 2.14;

Risulta:

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

$$R_{passiva} = 1/2 \times 19 \times 2.14 \times 6.50^2 \times 14.85 = 12768.19 \text{ kN.}$$

Il contributo della resistenza tangenziale tra vasca e terreno risulta:

$$R_{vasca} = W_{plat} \times tg \phi = 10981.58 \times tg 21.31 = 4284.86 \text{ kN.}$$

Il coefficiente di sicurezza, ottenuto come rapporto tra resistenza disponibile e resistenza mobilitata risulta pari a:

$$FS = (R_{passiva} + R_{vasca}) / F_{spinta} = (12768.19 + 4284.86) / 16069.88 = 17053.04 / 16069.88 = 1.06.$$

Pertanto, durante le fasi di spinta del monolite il terreno a tergo del muro garantisce il necessario contrasto.

6.2.2 Verifica a slu del muro di contrasto e vasca di varo

Si effettua la verifica del muro di contrasto utilizzando l'Approccio 1 Combinazione 1.

La tensione di contatto tra terreno e parete risulta dalla formula:

$$\sigma_z = \gamma \times k_p \times z,$$

In Tabella 6.1 sono state calcolate le tensioni delle sezioni illustrate in Figura 6.1.

Figura 6.1: Muro di contrasto con l'indicazione delle sezioni di verifica.

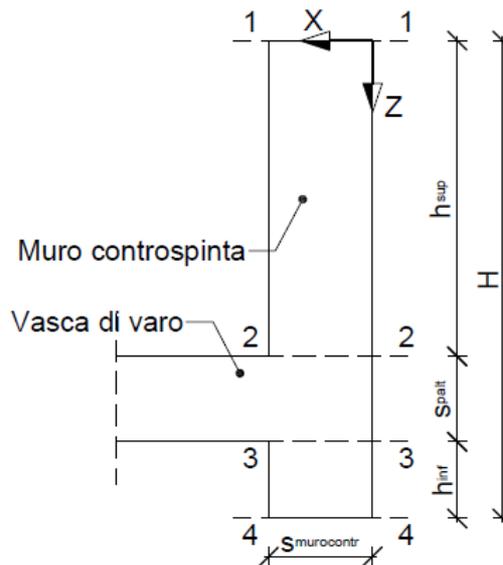


Tabella 6.1: Tensioni orizzontali agenti sui punti caratteristici del muro.

Sezione	z [m]	σ_z [kPa]	σ_h [kPa]
1-1	0	0	0
2-2	2	38.00	97.32
3-3	3	57.00	145.98
4-4	6	114.00	291.96

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Supponendo un carico uniforme di forma trapezoidale lungo le mensole di lunghezza h_{sup} pari a 2.00 m e h_{inf} pari a 3.50 m, risultano le seguenti sollecitazioni:

$$V_{Sd,2-2} = (\sigma_{2-2} + \sigma_{1-1}) / 2 \times h_{sup} = 1.35 \times ((97.32 + 0.00) / 2 \times 2.00) = 131.38 \text{ kN}$$

$$V_{Sd,3-3} = (\sigma_{3-3} + \sigma_{4-4}) / 2 \times h_{inf} = 1.35 \times (145.98 + 291.96) / 2 \times 3.50 = 886.83 \text{ kN}$$

$$M_{Sd,2-2} = (\sigma_{2-2} + 2 \times \sigma_{1-1}) / 6 \times h_{sup}^2 = 1.35 \times (97.32 + 2 \times 0.00) / 6 \times 2.00^2 = -43.79 \text{ kN m}$$

$$M_{Sd,3-3} = (\sigma_{3-3} + 2 \times \sigma_{4-4}) / 6 \times h_{inf}^2 = 1.35 \times (145.98 + 2 \times 291.96) / 6 \times 3.50^2 = -492.70 \text{ kN m}$$

La sezione del muro è armata con un'armatura verticale $\emptyset 24/20$ doppia e simmetrica e spille $\emptyset 12/20$ (da calcolo si hanno staffe $\emptyset 12/10$ a due braccia che possono diventare a 4 braccia raddoppiando il passo).

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: muro-contr

(Percorso File: \\Oceano\C4F\LAVORO\MICHELA\sottovia ferroviario\muro-contr.sez)

Descrizione Sezione:
Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione: Sezione generica
Normativa di riferimento: N.T.C.
Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità: Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta: In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C28/35
Resis. compr. di calcolo fcd : 158.60 daN/cm²
Resis. compr. ridotta fcd': 79.30 daN/cm²
Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020
Def.unit. ultima ecu : 0.0035
Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec : 323080 daN/cm²
Coeff. di Poisson : 0.20
Resis. media a trazione fctm: 28.80 daN/cm²

ACCIAIO - Tipo: B450C
Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm²
Resist. caratt. rottura ftk: 5400.0 daN/cm²
Resist. snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm²
Resist. ultima di calcolo ftd: 4500.0 daN/cm²
Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068
Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm²
Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C28/35

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	0.00	0.00
2	0.00	120.00
3	100.00	120.00
4	100.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

DATI BARRE ISOLATE

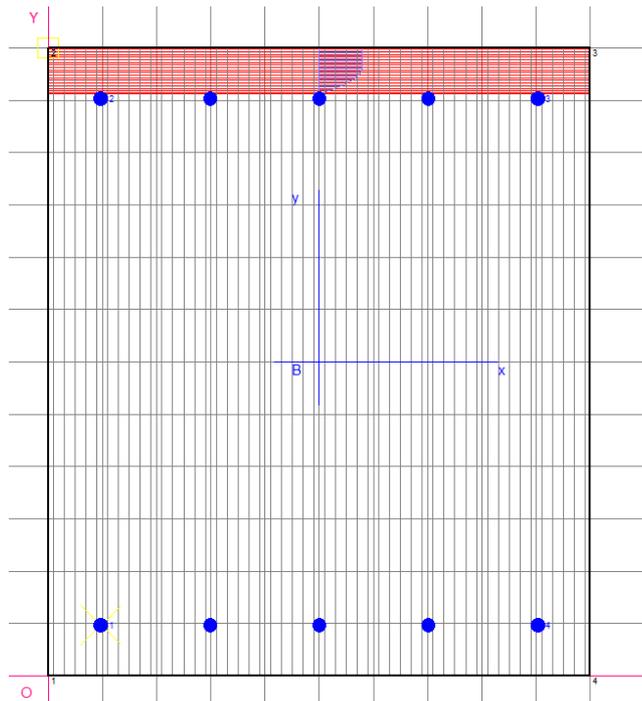
N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	9.70	9.70	24
2	9.70	110.30	24
3	90.30	110.30	24
4	90.30	9.70	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N.Barra In. Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.
 N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.
 N.Barre Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.
 Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø, mm
1	1	4	3	24
2	2	3	3	24



ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	4380	0	13138	0

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

2 0 49270 0 88683 0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 17.8 cm
Copriferro netto minimo staffe: 7.3 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	0	4380	0	0	103689	0	23.673
2	S	0	49270	0	0	103689	0	2.105

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.01699	0.0	120.0	-0.00036	9.7	110.3	-0.04043	9.7	9.7
2	0.00350	-0.01699	0.0	120.0	-0.00036	9.7	110.3	-0.04043	9.7	9.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000398321	-0.044298539	0.080	0.700
2	0.000000000	0.000398321	-0.044298539	0.080	0.700

ARMATURE A TAGLIO DI INVILUPPO PER TUTTE LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe: 12 mm
Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 15.1]
N.Bracci staffe: 2
Area staffe/m : 22.6 cm²/m [Area Staffe Minima normativa = 15.0]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu Taglio agente [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vru Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Vcd	Taglio [daN] assorbito dal conglomerato nel calcolo delle staffe
Vwd	Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro. E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Afst	Area staffe strettamente necessarie a taglio per metro di trave [cm ² /m]

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst
1	S	13138	271452	219660	110.3	100.0	21.80°	1.000	1.4
2	S	88683	271452	219660	110.3	100.0	21.80°	1.000	9.1

Una ulteriore verifica è stata effettuata sulla vasca di varo, nella zona di attacco della vasca con il muro di contrasto. Per il calcolo delle sollecitazioni lungo la vasca si è calcolato uno schema di trave su suolo elastico con terreno non reagente a trazione. L'analisi è svolta discretizzando la trave in n elementi; in ogni nodo è inserita una molla avente rigidezza proporzionale al coefficiente di Winkler di 3.5 kg/cm³.

La lunghezza della trave è di 44.85 m ed ha uno spessore di 0.40 m per i primi 36.95 m e la restante parte di 1.00 m.

La trave è sollecitata da un momento concentrato in testa alla platea, pari alla differenza tra i momenti M_{Sd,2-2} e M_{Sd,3-3}.

Risulta:

$$M_{Sd,22-33} = 492.70 - 43.79 = 448.91 \text{ kN m}$$

Il diagramma dei tagli e dei momenti ultimi è rappresentato nelle figure seguenti.

Figura 6.2: Diagramma del taglio [kN].

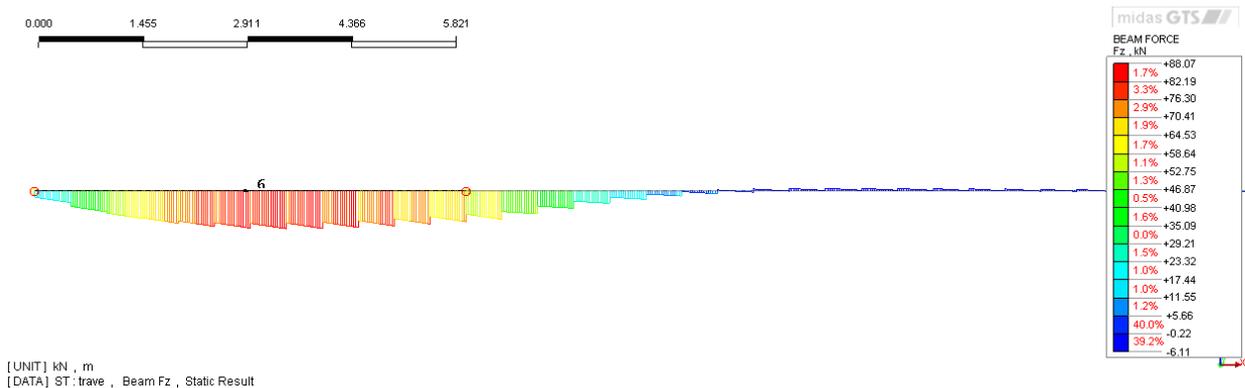
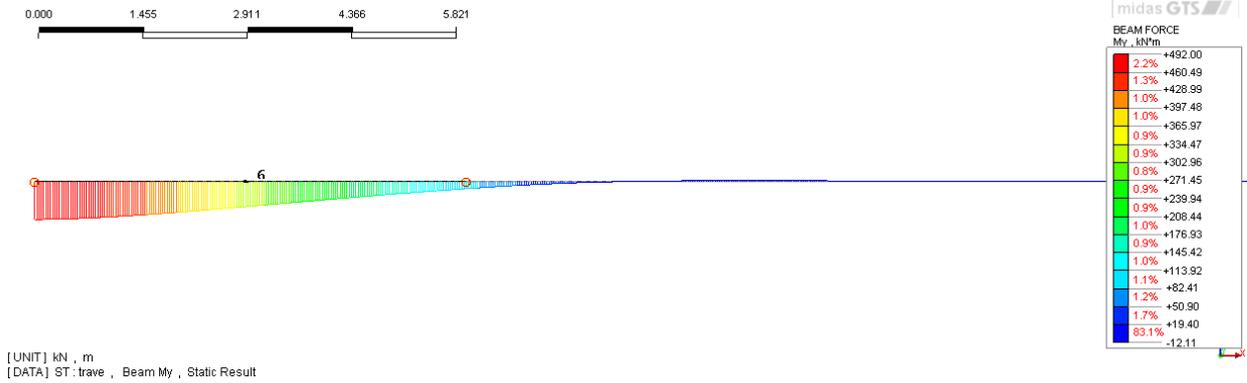


Figura 6.3: Diagramma del momento flettente [kN m].

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI



Per il tratto di spessore 1.00 m viene disposta un'armatura longitudinale $\varnothing 24/10$ doppia e simmetrica per un totale di 90.48 cm^2 , mentre per il tratto con spessore 0.40 m viene disposta un'armatura longitudinale $\varnothing 20/10$ doppia e simmetrica per un totale di 62.83 cm^2 .

7 VERIFICA DI STABILITA' DEL RILEVATO

7.1 PREMESSA

Oggetto del presente capitolo è la verifica di stabilità del rilevato nella fase di scavo della platea di varo.

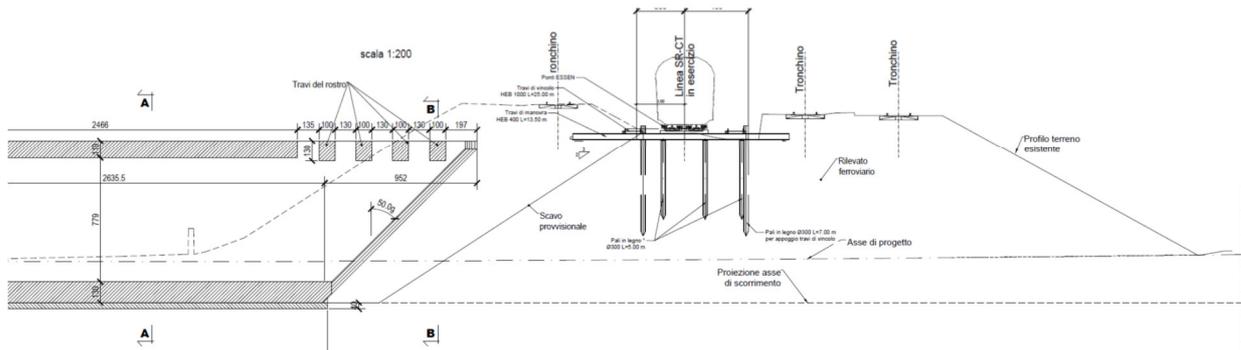


Figura 7.1: Sezione del rilevato in fase di varo.

7.2 CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE

In base a quanto indicato dalle NTC2008, le verifiche dei fronti di scavo devono essere svolte nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) e nei confronti degli stati limite di servizio (SLE) quando pertinenti.

Come indicato al punto 6.8.6.2 della Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009, le verifiche di sicurezza si intendono soddisfatte se la condizione $E_d \leq R_d$ risulta soddisfatta per tutti i possibili cinematismi di collasso. Bisogna quindi ricercare la condizione di minimo per suddetto rapporto. Le verifiche di stabilità in campo statico dei fronti di scavo devono essere effettuate utilizzando la combinazione dei coefficienti parziali A2+M2+R2.

$$\frac{R_d}{E_d} \geq 1 \Rightarrow \frac{1}{\gamma_R} \cdot R \geq 1 \Rightarrow \frac{R}{E_d} \geq \gamma_R$$

essendo R resistenza globale del sistema, calcolata sulla base delle azioni di progetto, dei parametri di progetto e della geometria di progetto ($R = R \left[\gamma_F \cdot F_k; \frac{X_k}{\gamma_m}; a_d \right]$).

Facendo riferimento a quanto previsto ed al p.to 2.3.3. del Manuale di Progettazione RFI, per le verifiche agli Stati Limite Ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali in Tabella 2 (Tab. 5.2.V NTC08).

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

		Coefficiente	EQU ¹	A1 STR	A2 GEO	Comb. eccezionale	Comb. Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.10	1.35	1.00	1.00	1.00
Carichi permanenti non strutturali ²	favorevoli	γ_{G2}	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30	1.00	1.00
Ballast ³	favorevoli	γ_B	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30	1.00	1.00
Carichi variabili da traffico ⁴	favorevoli	γ_Q	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.45	1.45	1.25	0.20 ⁵	0.20 ⁶
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30	1.00	0.00
Precompressione	favorevole	γ_P	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00
	sfavorevole		1.00 ⁶	1.00 ⁷	1.00	1.00	1.00

Tabella 2 : Coefficienti parziali sulle azioni (Tab. 5.2.V NTC08)

In Tabella 2 il significato dei simboli è il seguente:

γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;

γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

γ_B coefficiente parziale del peso proprio del ballast;

γ_Q coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;

γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili.

¹ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

² Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano completamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

³ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

⁴ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico GR della tabella Tab. 5.2.IV dell'NTC08

⁵ Aliquota di carico da traffico da considerare.

⁶ 1.30 per instabilità in strutture con precompressione esterna.

⁷ 1.20 per effetti locali.

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

PARAMETRO	Coefficiente parziale	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	γ_{Cu}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ_r	1.0	1.0

Tabella 3 : Coefficienti parziali sui parametri del terreno (M1 ed M2) - (Tab. 6.2.II, NTC08)

Coefficiente parziale	(R2)
γ_R	1.1

Tabella 4 : Coefficienti parziali per le verifiche di stabilità globale (R2) - (Tab. 6.8.I, NTC08)

Trattandosi di scavo provvisorio si omette la verifica in condizioni sismiche.

7.3 MODELLO DI CALCOLO ANALISI E VERIFICHE

Di seguito sono eseguite le verifiche della sezione di rilevato riportata in Figura 7.1 in cui il rilevato ferroviario ha altezza pari a 8.0 m e nella fase di realizzazione della platea di varo del monolite si realizza un ulteriore scavo al piede del rilevato di 2.6 m.

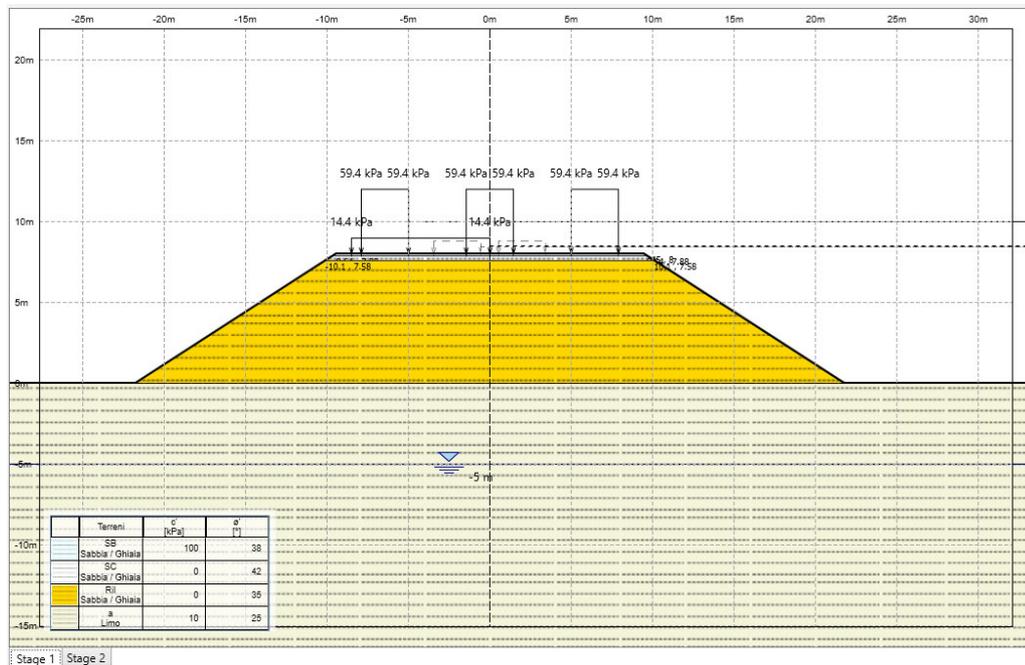


Figura 7.2: Modello di calcolo: fase 0.

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

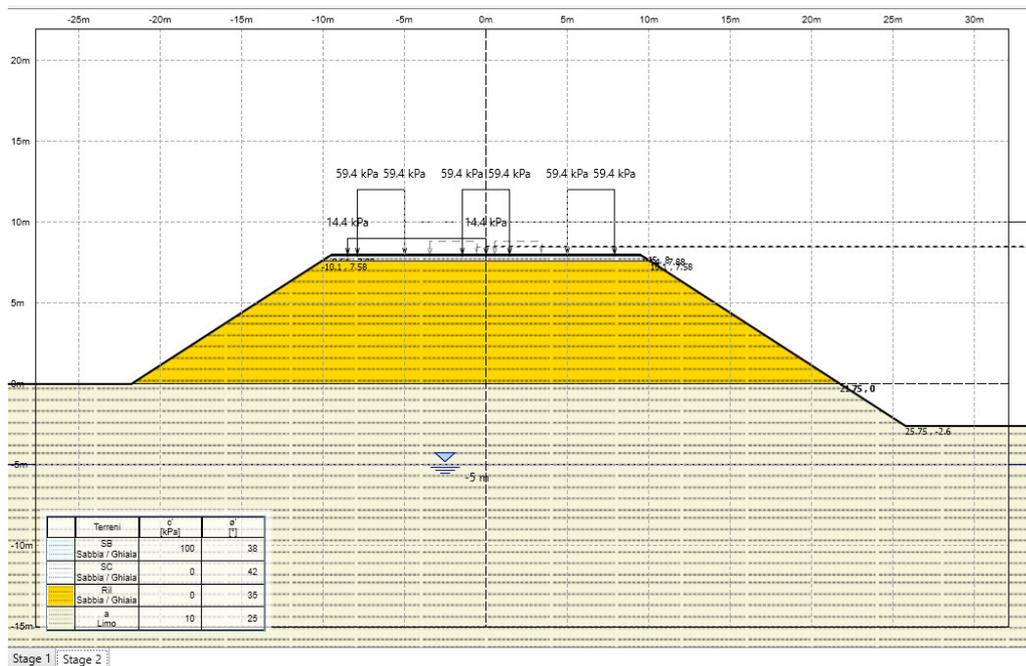


Figura 7.3: Modello di calcolo: fase 1.

Le verifiche SLU della stabilità globale del rilevato sono state condotte tramite il modulo VSP del software ParatiePlus 21.1. Le combinazioni di carico adottate nelle analisi fanno riferimento rispettivamente ai coefficienti parziali A2 + M2. Tali coefficienti sono contenuti nella Tabella 2 e nella Tabella 3 della presente relazione.

Come dalle NTC2008, la verifica SLU di stabilità globale è soddisfatta se la relazione $FS \geq R2=1.1$ è verificata, il coefficiente R2 è contenuto nella Tabella 4 della presente relazione.

I carichi di progetto considerati nelle analisi oggetto del presente documento sono i seguenti:

- carico rappresentativo del pacchetto di armamento ferroviario (ballast, traversine, rotaie).
- sovraccarico rappresentativo del traffico ferroviario.

L'armamento ferroviario è stato schematizzato per mezzo di una pressione uniformemente distribuita pari a 14.4 kPa, rappresentativo di uno strato di spessore pari a 0.80 m con un peso pari a 18.00 kN/m³. Il carico è stato applicato sulla sommità del rilevato sino ad una distanza pari a 0.65 m dai bordi, laddove l'armamento non è effettivamente presente.

Il sovraccarico da traffico ferroviario è stato valutato in accordo a quanto riportato nel Manuale di Progettazione RFI per quanto riguarda il traffico normale (treno di carico LM71). In base a quanto indicato nella specifica di riferimento si è definita la pressione equivalente secondo le seguenti considerazioni:

il carico dato dal treno LM71 risulta essere pari a 250 kN ad asse, con interasse pari a 1.6 m, (ossia $250/1.6 = 156.25$ kN/m);

per riportare il carico ferroviario dalla traversina, di larghezza pari a 2.6 m, al piano al di sotto dell'armamento si è considerata una diffusione con pendenza 1:4. Pertanto la pressione equivalente è stata valutata come applicata su una fascia di larghezza pari a 2.90 m, centrata in corrispondenza dell'asse della linea ferroviaria (ossia $156.25/2.9 = 53.9$ kPa). In caso di doppio binario si sono considerate due fasce di larghezza pari a 2.90 m in corrispondenza delle due vie di corsa.

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

La pressione considerata è stata assunta, pertanto, pari a 54 kPa, da amplificarsi con un coefficiente α pari a 1.1. Il valore di pressione risultante è, pertanto, pari a 59.4 kPa.

L'analisi di stabilità globale è stata finalizzata all'individuazione delle potenziali superfici di rottura. Tra esse, è definita critica quella a cui corrisponde il fattore di sicurezza FS minimo. Si sottolinea che nella ricerca delle superfici di rottura critiche sono state escluse tutte quelle superfici di spessore ridotto.

In figura seguente è riportata la superficie di rottura critica per la combinazione DA1C2; il fattore di sicurezza FS relativo a tali meccanismi, e quindi il minore tra tutti i fattori di sicurezza FS calcolati, è pari a:

$$FS_{MIN} (DA1C2) = 1.16$$

Essendo soddisfatta la relazione:

$$FS_{MIN} \geq R2 = 1.1,$$

la verifica di stabilità globale in campo statico risulta soddisfatta.

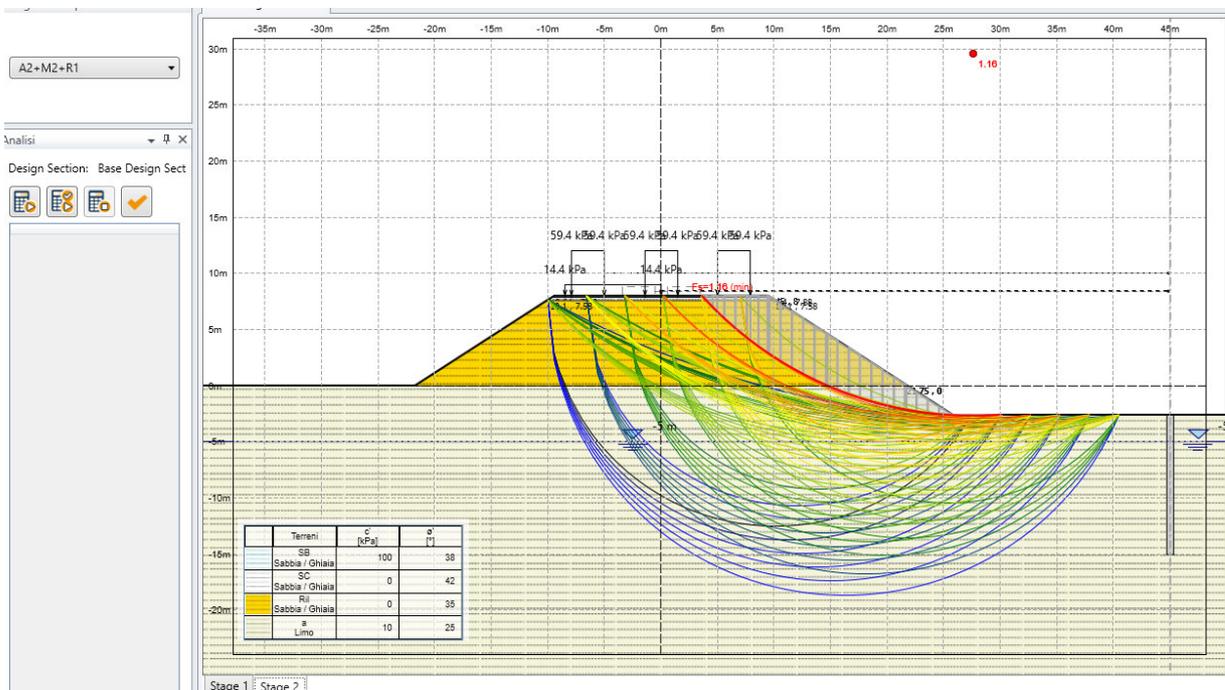


Figura 7.4: analisi di stabilità globale in campo statico DA1C2 - superficie critica

7.4 VALUTAZIONI SUI CEDIMENTI

Avendo lo scavo una pendenza maggiore rispetto a quella di diffusione dei carichi all'interno del rilevato si può affermare che la linea di diffusione dei carichi non interferisce con lo scavo pertanto i cedimenti attesi dal rilevato causati dallo scavo sono trascurabili.

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

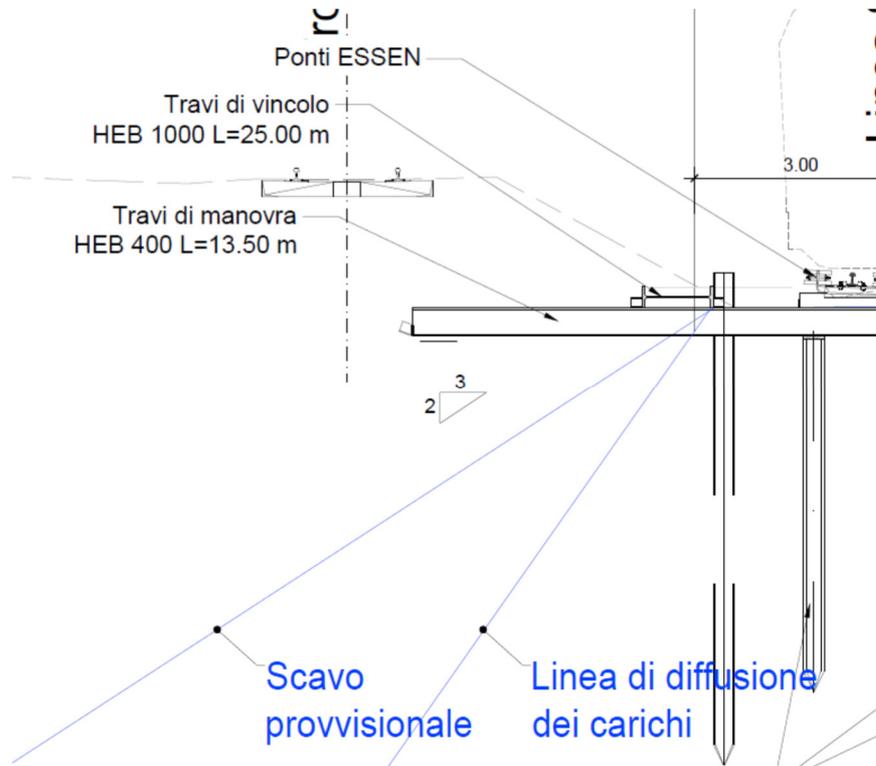


Figura 7.5: Diffusione dei carichi nel rilevato a confronto con la linea di scavo

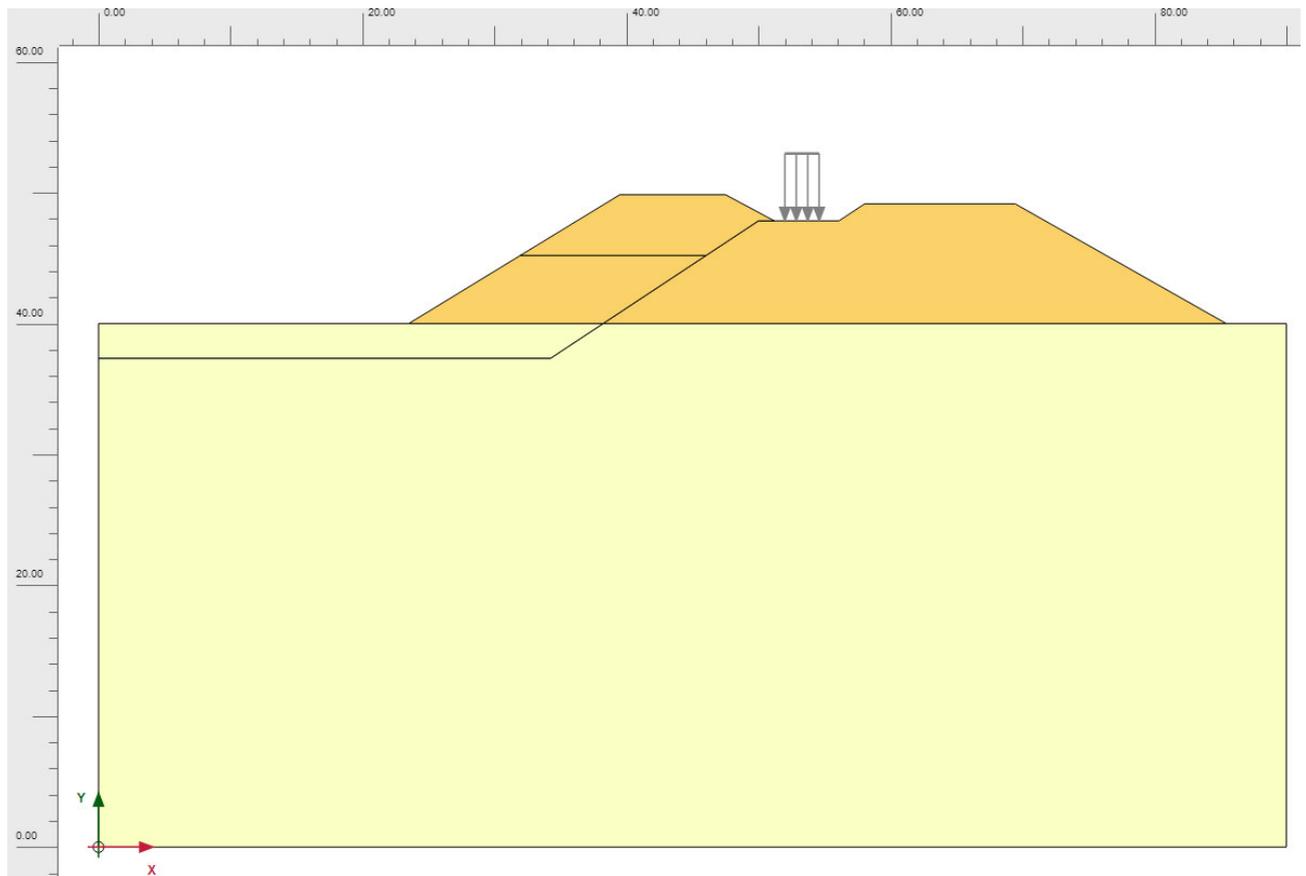
8 VERIFICA DEI CEDIMENTI DEL RILEVATO

8.1 PREMESSA

Oggetto del presente capitolo è la verifica dei cedimenti del rilevato nella fase di scavo della platea di varo. Si analizzano i risultati ottenuti con il modello di calcolo Plaxis.

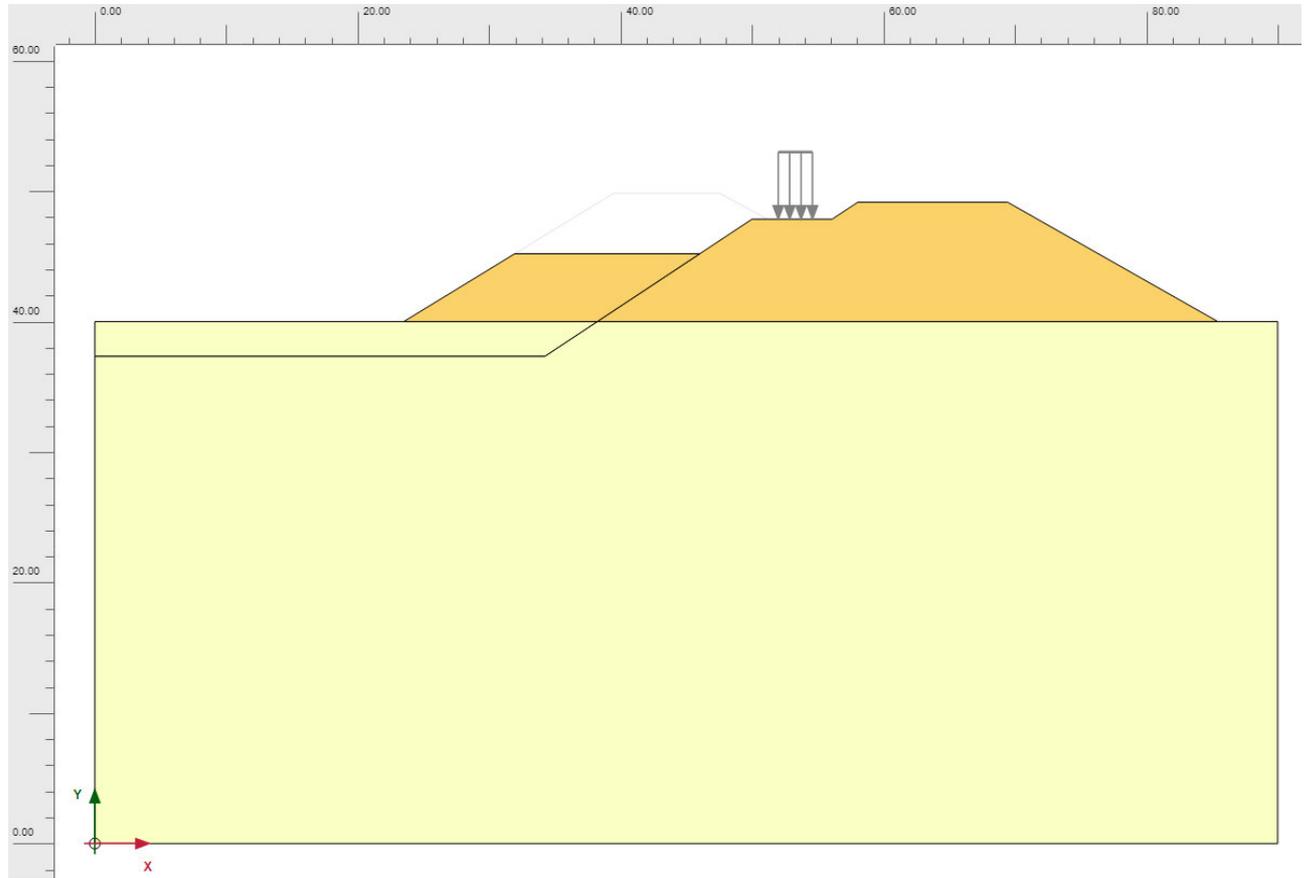
8.2 DEFINIZIONE DELLE FASI

Fase iniziale



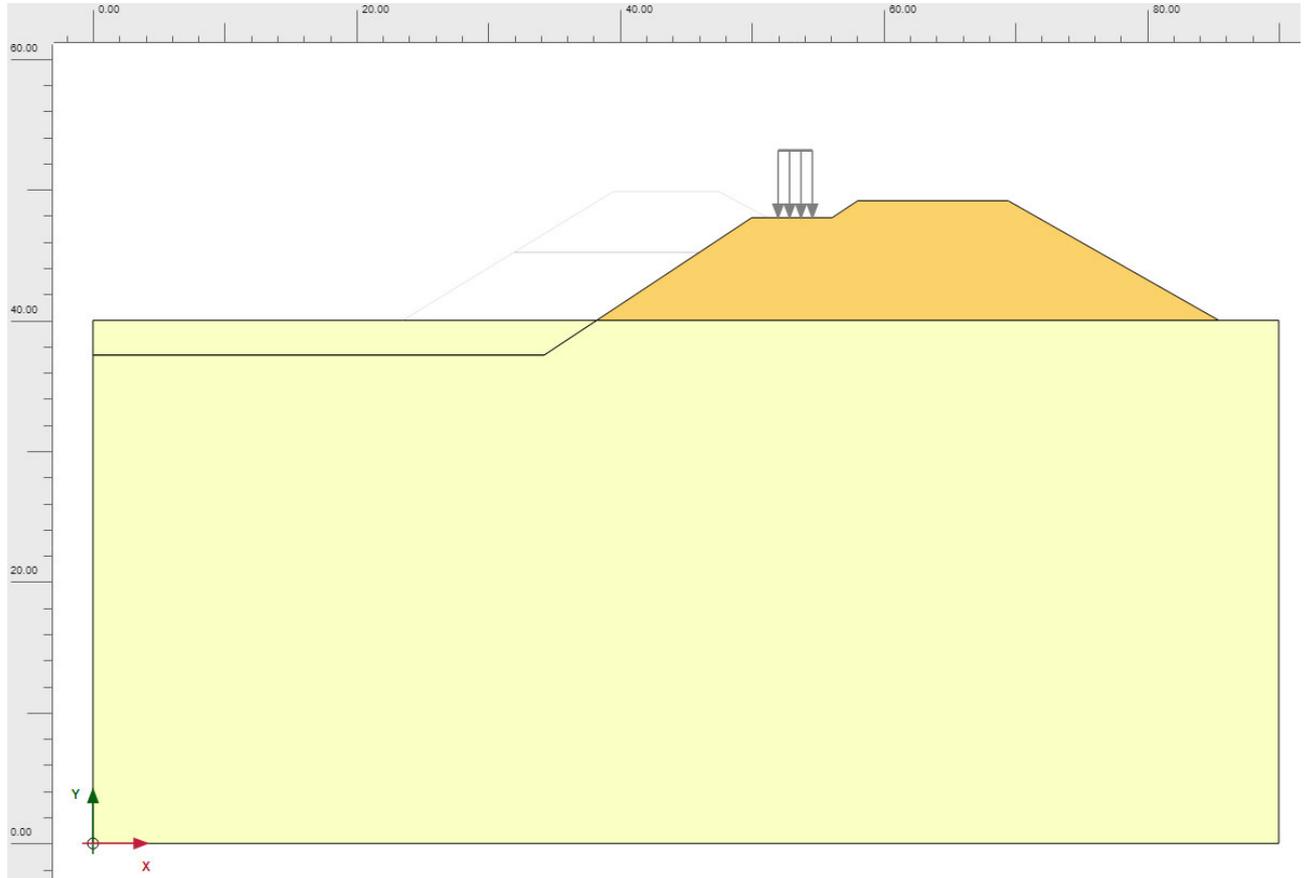
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Rimozione prima parte rilevato esistente



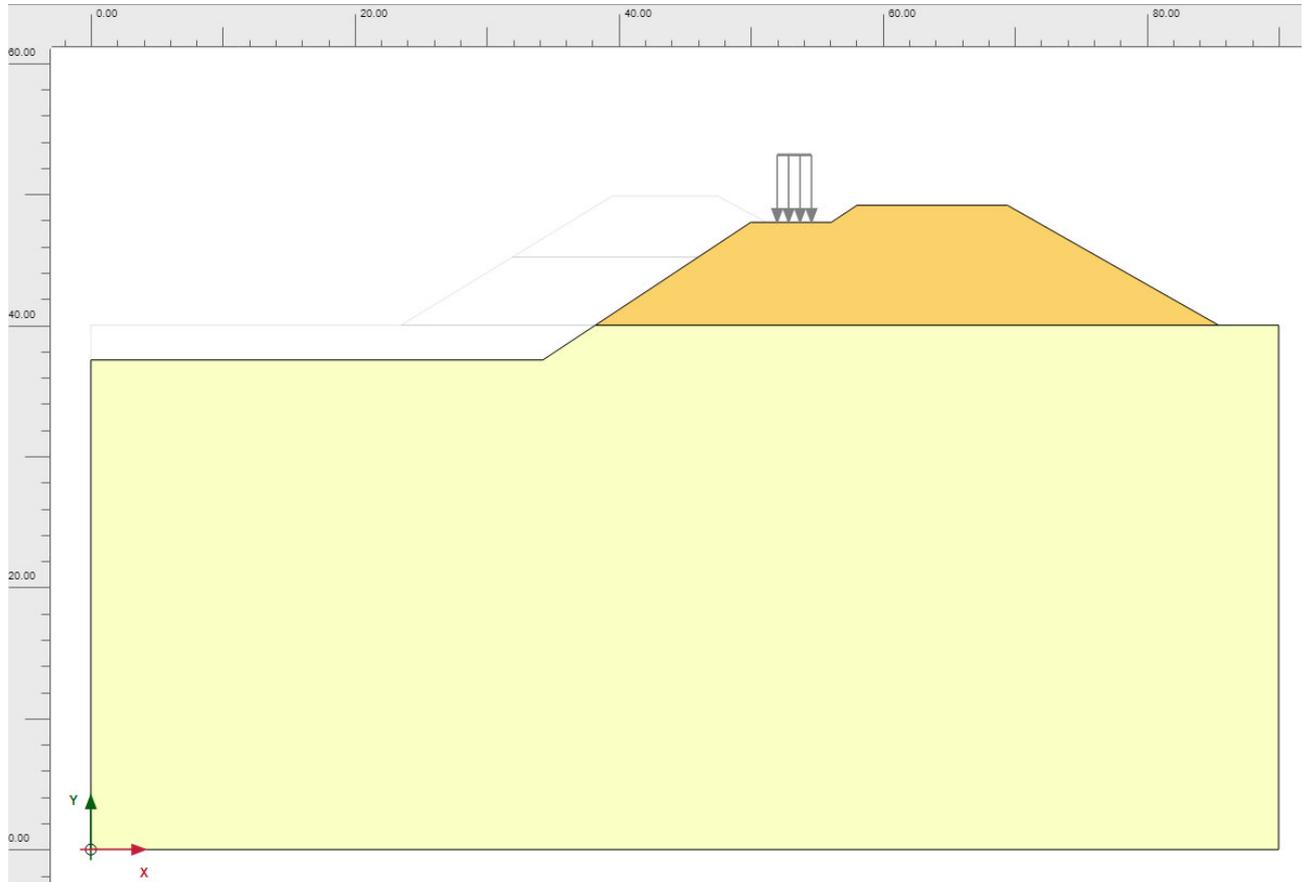
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Rimozione seconda parte rilevato esistente



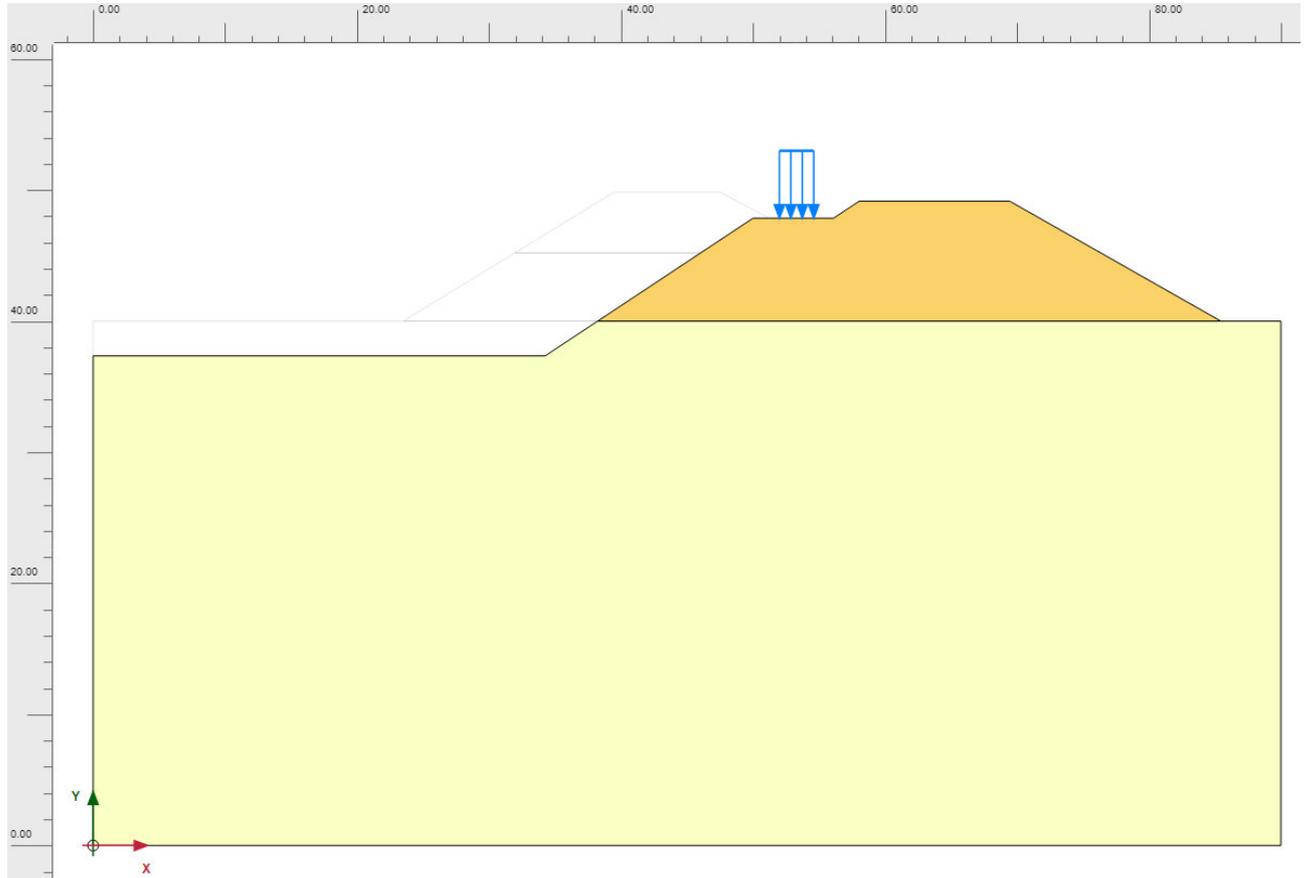
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Abbassamento piano campagna



RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Applicazione sovraccarico ferroviario $q=66.1$ kPa



RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

8.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

8.3.1 Rilevato esistente

Soil - Mohr-Coulomb - Rilevato

Property	Unit	Value
Material set		
Identification		Rilevato
Material model		Mohr-Coulomb
Drainage type		Drained
Colour		RGB 250, 210, 105
Comments		
General properties		
Y_{unsat}	kN/m ³	20.00
Y_{sat}	kN/m ³	20.00
Advanced		
Void ratio		
Dilatancy cut-off		<input type="checkbox"/>
e_{init}		0.5000
e_{min}		0.000
e_{max}		999.0
Damping		
Rayleigh α		0.000
Rayleigh β		0.000

Soil - Mohr-Coulomb - Rilevato

Property	Unit	Value
Stiffness		
E'	kN/m ²	20.00E3
ν' (nu)		0.3500
Alternatives		
G	kN/m ²	7407
E_{oed}	kN/m ²	32.10E3
Strength		
c'_{ref}	kN/m ²	1.000
ϕ' (phi)	°	34.00
ψ (psi)	°	0.000
Velocities		
V_s	m/s	60.28
V_p	m/s	125.5
Advanced		
Set to default values		<input checked="" type="checkbox"/>
Stiffness		
E'_{inc}	kN/m ² /m	0.000
Y_{ref}	m	0.000
Strength		
c'_{inc}	kN/m ² /m	0.000
Y_{ref}	m	0.000
Tension cut-off		<input checked="" type="checkbox"/>
Tensile strength	kN/m ²	0.000
Undrained behaviour		

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

8.3.2 LAS

Soil - Mohr-Coulomb - LAS

Property	Unit	Value
Material set		
Identification		LAS
Material model		Mohr-Coulomb
Drainage type		Drained
Colour		RGB 250, 255, 195
Comments		
General properties		
V_{unsat}	kN/m ³	18.00
V_{sat}	kN/m ³	18.00
Advanced		
Void ratio		
Dilatancy cut-off		<input type="checkbox"/>
e_{init}		0.5000
e_{min}		0.000
e_{max}		999.0
Damping		
Rayleigh α		0.000
Rayleigh β		0.000

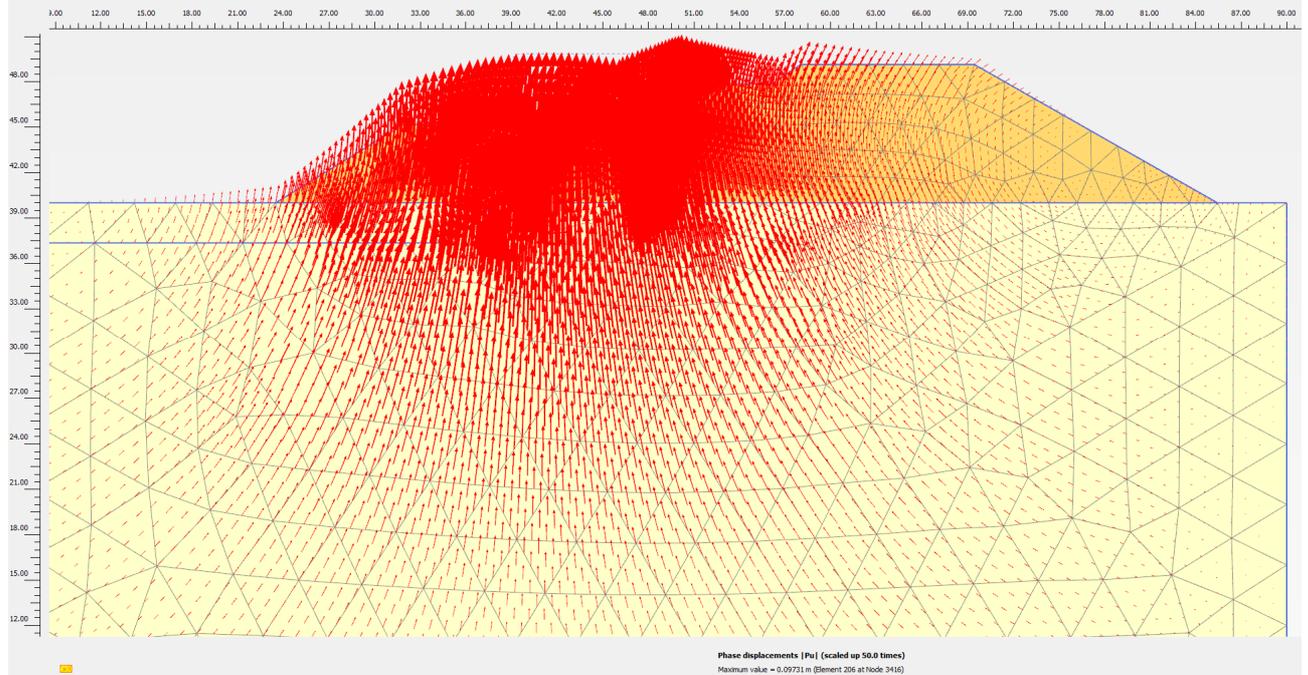
Soil - Mohr-Coulomb - LAS

Property	Unit	Value
Stiffness		
E'	kN/m ²	12.50E3
ν' (ν)		0.3500
Alternatives		
G	kN/m ²	4630
E_{oed}	kN/m ²	20.06E3
Strength		
c'_{ref}	kN/m ²	10.00
ϕ' (ϕ)	°	25.00
ψ (ψ)	°	0.000
Velocities		
V_s	m/s	50.23
V_p	m/s	104.6
Advanced		
Set to default values		<input checked="" type="checkbox"/>
Stiffness		
E'_{inc}	kN/m ² /m	0.000
γ_{ref}	m	0.000
Strength		
c'_{inc}	kN/m ² /m	0.000
γ_{ref}	m	0.000
Tension cut-off		<input checked="" type="checkbox"/>
Tensile strength	kN/m ²	0.000
Undrained behaviour		

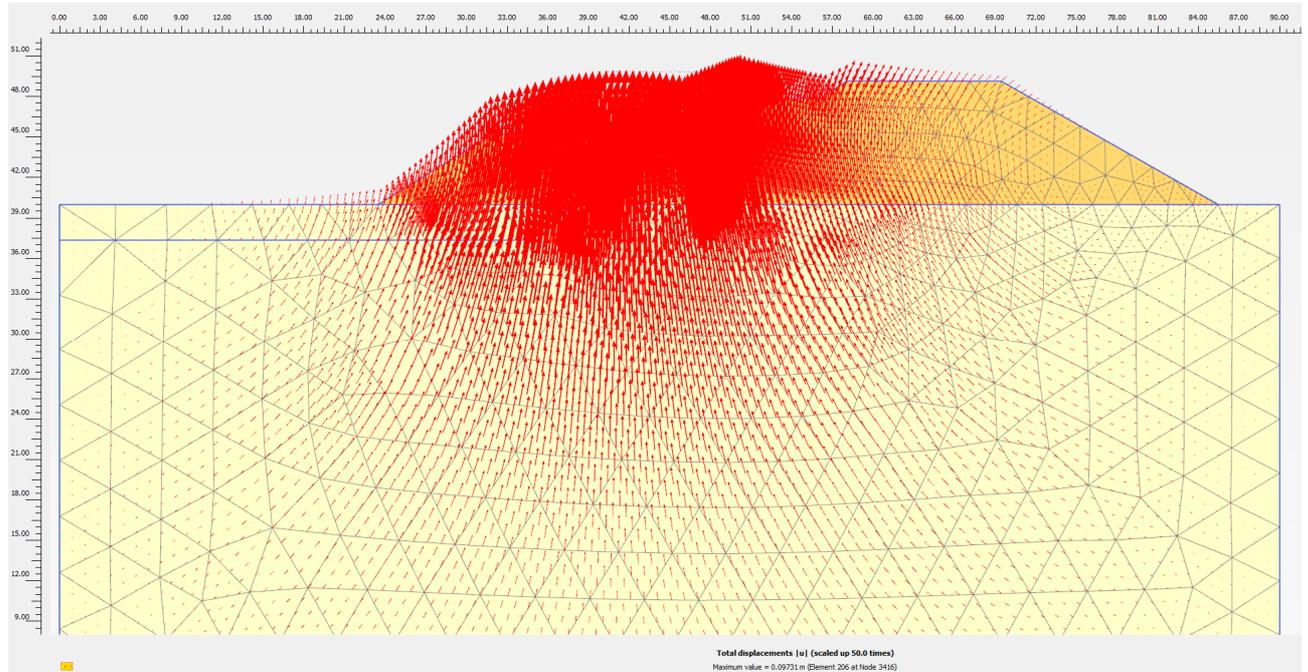
8.4 SPOSTAMENTI OTTENUTI NELLE DIVERSE FASI

8.4.1 Fase 1

Spostamenti di fase



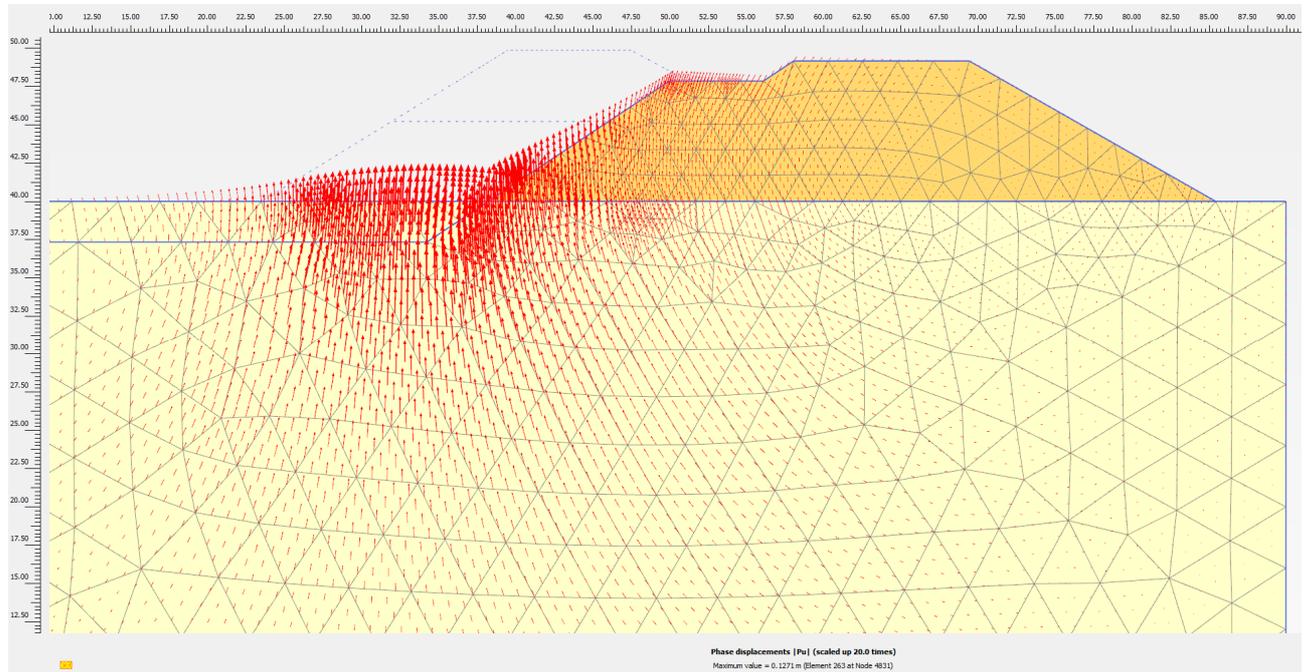
Spostamenti totali



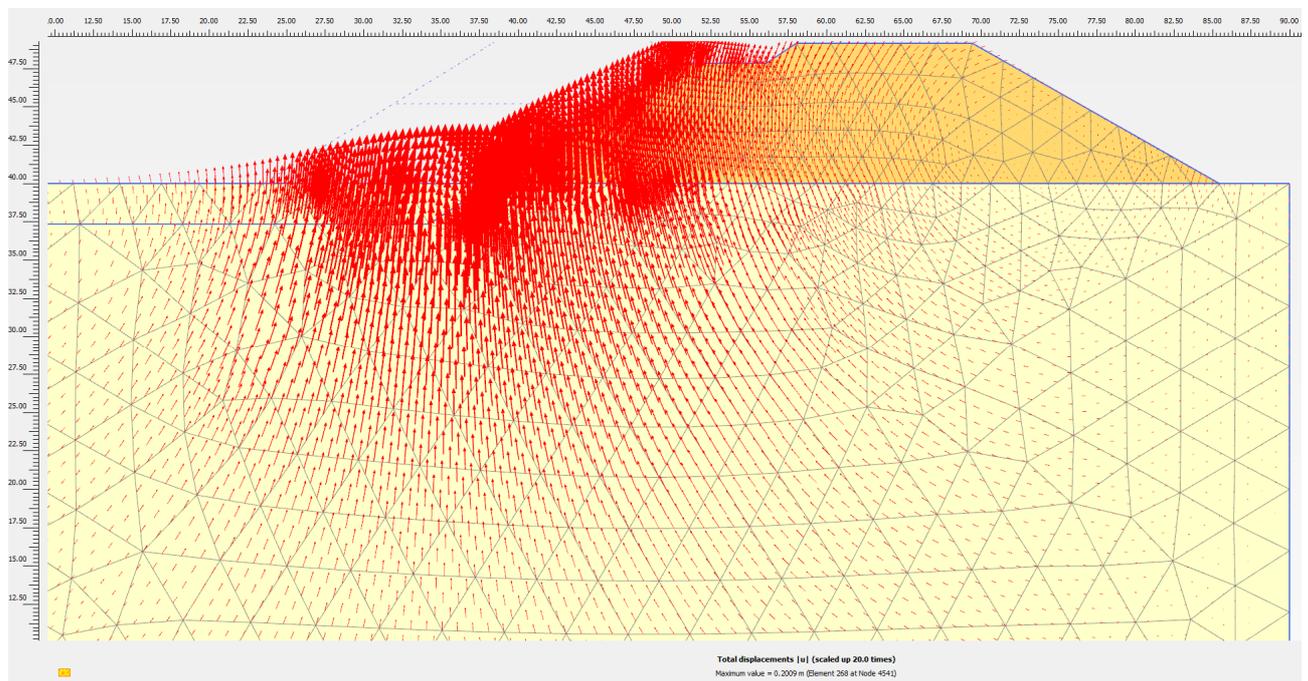
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

8.4.2 Fase 2

Spostamenti di fase



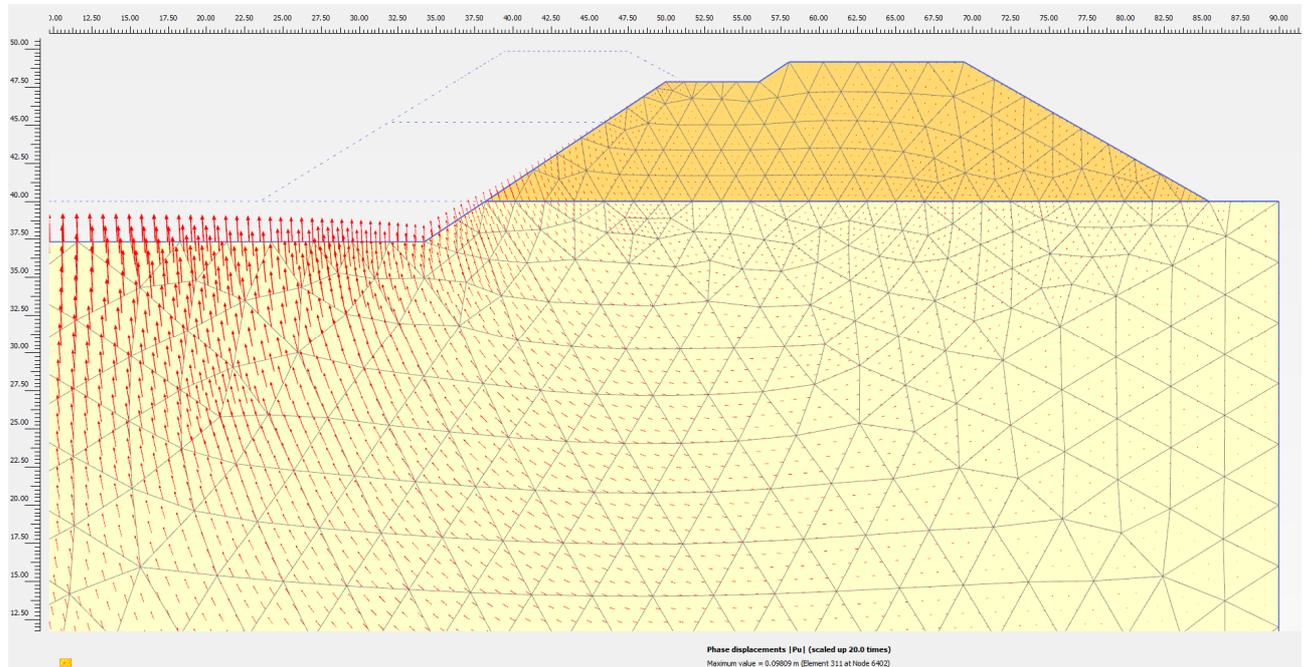
Spostamenti totali



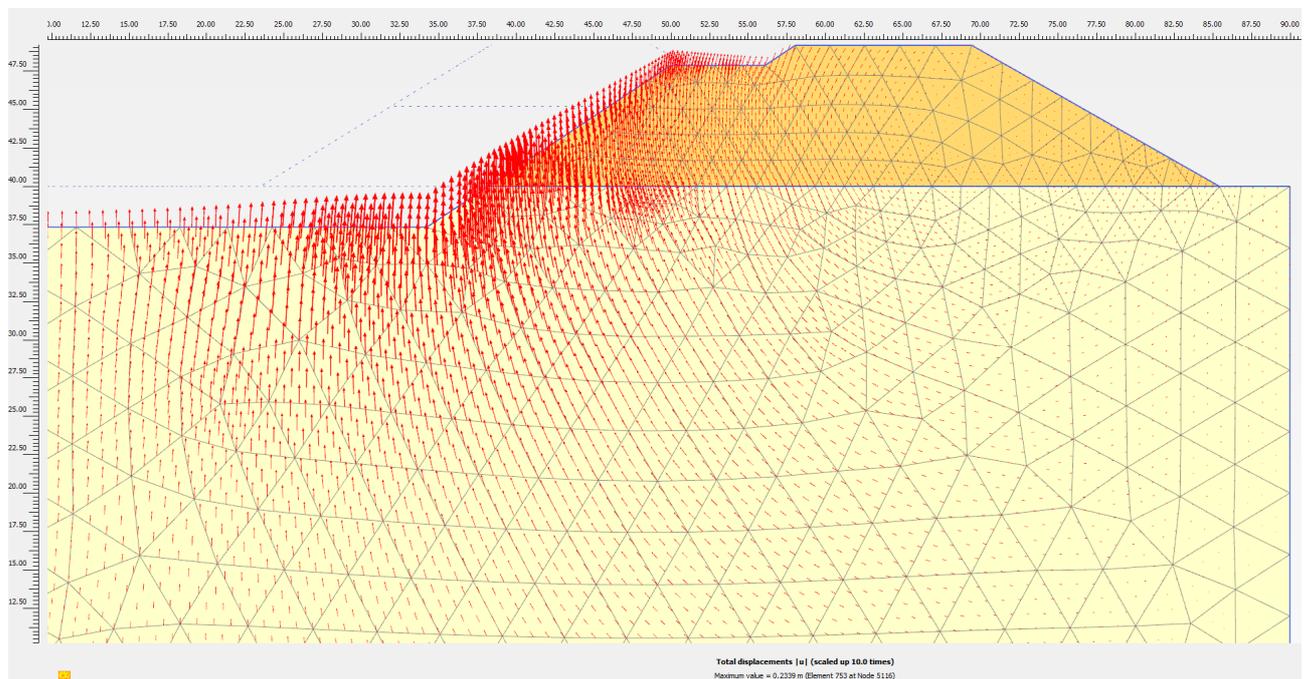
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

8.4.3 Fase 3

Spostamenti di fase



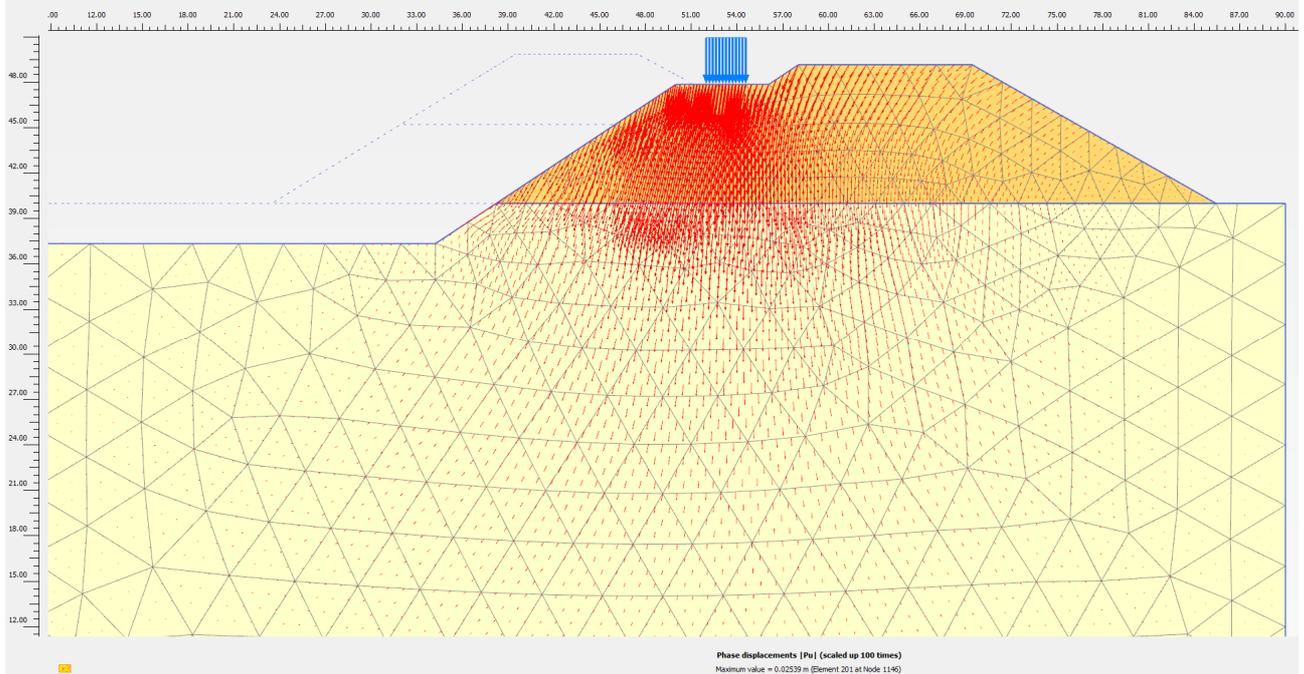
Spostamenti totali



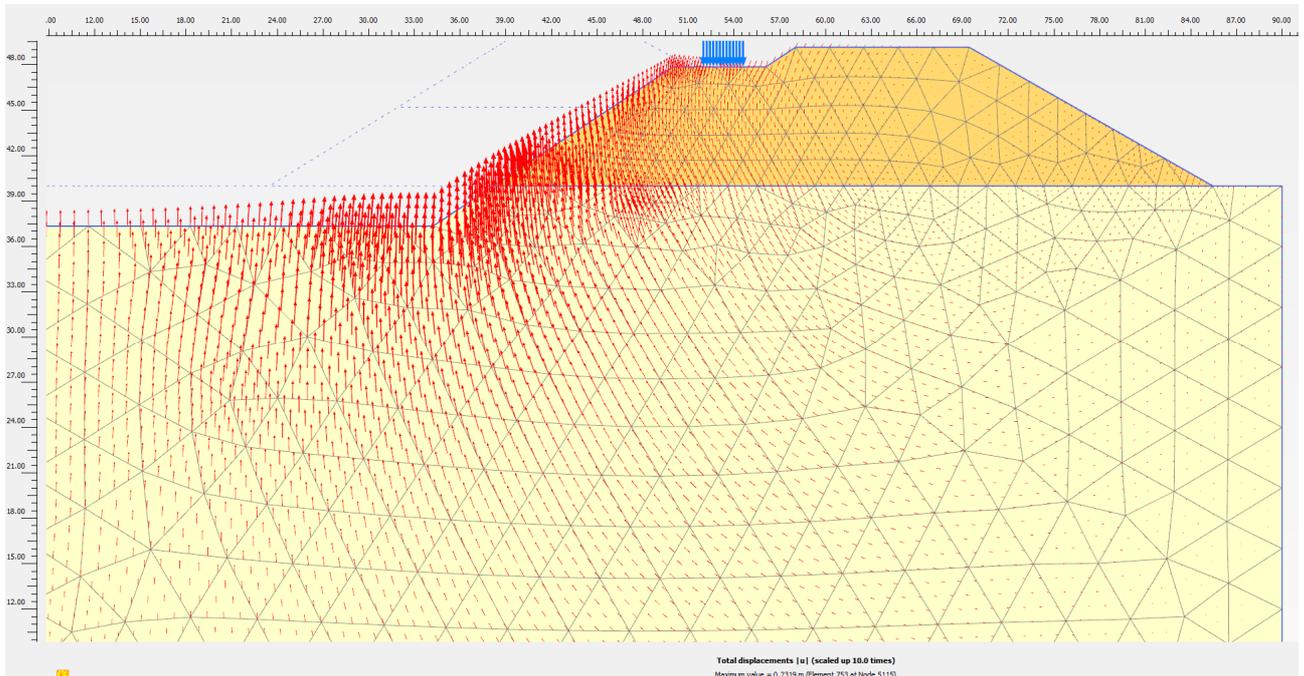
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

8.4.4 Fase 4

Spostamenti di fase



Spostamenti totali



8.5 CONCLUSIONI

Dall'analisi del modello di calcolo sviluppato con il software Plaxis sono stati valutati gli spostamenti a seguito dello scavo della parte di rilevato dove viene realizzata la vasca di varo. Si evidenzia come

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

andando a scaricare il terreno alla base del rilevato questo non cede ma si alza: tale comportamento è in linea con l'ipotesi di modellazione adottata che prevede per il terreno un comportamento elastico per cui a diminuzione del carico corrisponde una diminuzione dello spostamento. Si sarebbe atteso un cedimento del rilevato esistente solo nel caso in cui il terreno a ridosso dello stesso si fosse caricato ad esempio con un nuovo rilevato in affiancamento.

9 SOSTEGNO PROVVISORIO DEL BINARIO

Durante la fase di spinta del monolite il binario viene sostenuto con il sistema Essen. Tale sistema è costituito da una travata provvisoria di proprietà Ferrovie.

Il "Sistema ESSEN" viene utilizzato per il varo a spinta di monoliti prefabbricati di medie e grandi dimensioni e consente di limitare il rallentamento a 80 km/h per i carri in categoria D4.

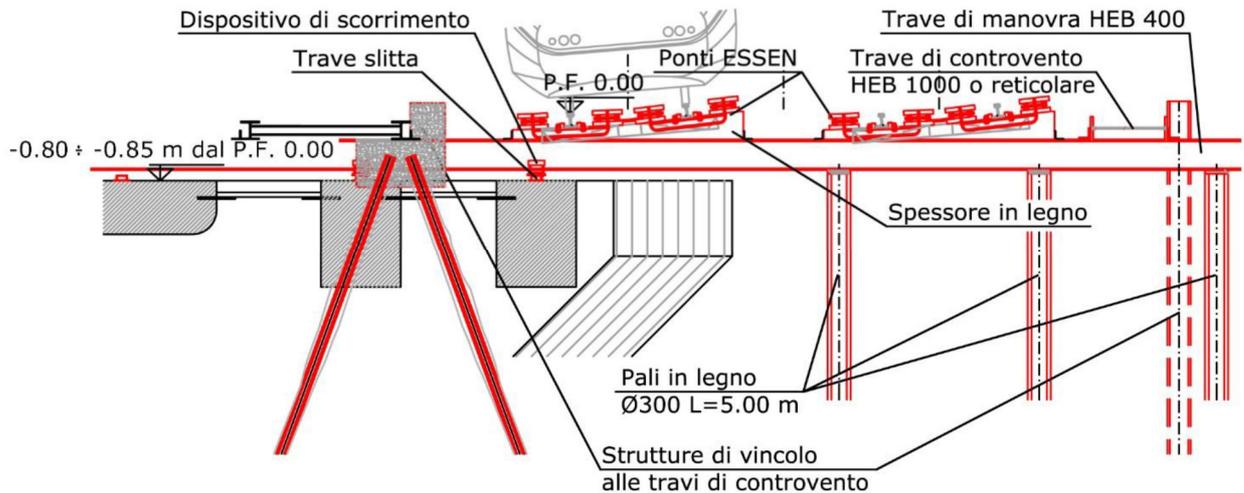


Figura 9.1: "Sistema Essen" – sezione trasversale

I "Ponti ESSEN" trovano appoggio, nella zona interessata dallo scavo in avanzamento, su travi di ripartizione trasversali (travi di manovra del tipo HEB 400) aventi lunghezza variabile in funzione della piattaforma ferroviaria, disposte sempre ortogonali ai binari ad un interasse in genere non superiore a 2,52 m. Dette travi scorrono, mediante opportuni dispositivi di compensazione, su travi slitta fissate sopra la soletta del monolite durante le fasi di avanzamento dello stesso.

Esternamente al monolite in avanzamento i "Ponti ESSEN" trovano appoggio sul rilevato ferroviario attraverso l'armamento esistente.

Dei pali in legno vengono infissi nel corpo del rilevato ferroviario prima di qualunque altra lavorazione sul binario allo scopo di costituire un appoggio verticale alle travi di manovra.

Il "Sistema ESSEN", infine, è vincolato nel piano orizzontale attraverso delle travi di controvento (HEB 1000, reticolari, ecc.), disposte alle due estremità delle travi di manovra ed ortogonali alle stesse; dette travi di controvento, caratterizzate da elevata rigidezza flessionale nel piano orizzontale, vengono vincolate all'esterno della zona di varo mediante opportune strutture in grado di assorbire la forza orizzontale che agisce sul "Sistema ESSEN" dovuta agli attriti per lo scorrimento delle travi di manovra sulla soletta del monolite in avanzamento.