

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA FERROVIARIA ROMA – VITERBO

TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD dal km 36+266 al km 36+406

Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

NR1J 01 D 29 CL RI0005 011 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	F. Serrau	10-2018	M. Monda	10-2018	T. Paoletti	10-2018	 F. Arduini 05-2020
B	Revisione	F. Serrau	05-2020	M. Monda	05-2020	T. Paoletti	05-2020	

File: NR1J01D29CLRI0005011B.doc

n. Elab.: 234

INDICE

1.	PREMESSA	5
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
2.1	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	6
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
2.3	SOFTWARE	7
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	8
3.1	CALCESTRUZZO	8
3.2	ACCIAIO DI ARMATURA - BARRE	10
3.3	DURABILITÀ	11
4.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	12
4.1	VITA NOMINALE	13
4.2	CLASSE D'USO	13
4.3	PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA	14
4.4	CATEGORIE DI SOTTOSUOLO	14
4.5	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	15
4.6	AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E TOPOGRAFICA	15
4.7	AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO	16
5.	ANALISI DEI CARICHI STATICI DI PROGETTO	19
5.1	AZIONI PERMANENTI	19

5.1.1	<i>Peso proprio</i>	19
5.1.2	<i>Spinta delle terre</i>	19
5.2	AZIONI VARIABILI	22
5.2.1	<i>Sovraccarichi</i>	22
5.3	AZIONE SISMICA.....	23
5.3.1	<i>Accelerazione equivalente di progetto</i>	23
5.3.2	<i>Spinta sismica del terreno</i>	25
5.3.3	<i>Forza d'inerzia</i>	26
6.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE	27
7.	METODO DI ANALISI.....	31
7.1	METODO DI CALCOLO	31
7.2	MODELLAZIONE NUMERICA	31
7.3	MODELLO DI CALCOLO	35
7.4	FASI DI COSTRUZIONE	36
8.	CRITERI DI VERIFICA GEOTECNICA.....	44
8.1	VERIFICA DELLA MASSIMA SPINTA PASSIVA MOBILITATA	44
8.2	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE	44
8.3	VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI	45
8.4	ALTRE VERIFICHE	45
9.	CRITERI DI VERIFICA STRUTTURALE.....	46

9.1	CRITERI DI VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.....	46
9.2	VERIFICHE PER GLI STATI LIMITE ULTIMI A FLESSIONE-PRESSOFLESSIONE	46
9.3	VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI A TAGLIO	46
9.4	VERIFICA AGLI STATI LIMITE D'ESERCIZIO	48
10.	SEZIONE 36+360 - RISULTATI	50
11.	SEZIONE 36+360 - VERIFICHE	58
11.1	VERIFICHE GEOTECNICHE	58
11.2	VERIFICHE STRUTTURALI PALI	58
11.3	VERIFICHE STRUTTURALI MURO.....	69
12.	INCIDENZE.....	76
	ALLEGATI.....	77
	<i>Allegato 1 – Tabulati di calcolo PARATIE PLUS</i>	<i>78</i>
	<i>Allegato 2 – Tabulati di calcolo SLIDE</i>	<i>100</i>

1. PREMESSA

Nella presente relazione sono illustrati i calcoli e la verifica della paratia di pali nei pressi della variante di Crocicchie Nord nell'ambito dell'intervento della realizzazione del raddoppio della ferrovia Roma - Viterbo nella tratta extraurbana tra la stazione di Cesano di Roma e la stazione di Vigna di Valle, da progr. Km 27+811 a progr. Km 39+280, con relativa eliminazione dei passaggi a livello.

Nella presente relazione sono illustrati i calcoli e le verifiche della paratia di pali prevista tra le pk 36+266 e 36+406, con lunghezza in pianta di 140m.

È stata individuata una sezione di calcolo alla pk 36+360.

La Figura 1 illustra la geometria della paratia, costituita da pali con interasse 1.3m, $\phi 1200$ e lunghi 20m; al di sopra della paratia di pali viene realizzato un muro in c.a. di spessore 1.8 m e altezza variabile fino ad un massimo di 2.8 m in corrispondenza della sezione di calcolo per sostenere il terreno a monte nella configurazione di progetto, che si trova ad una quota superiore rispetto alla testa dei pali.

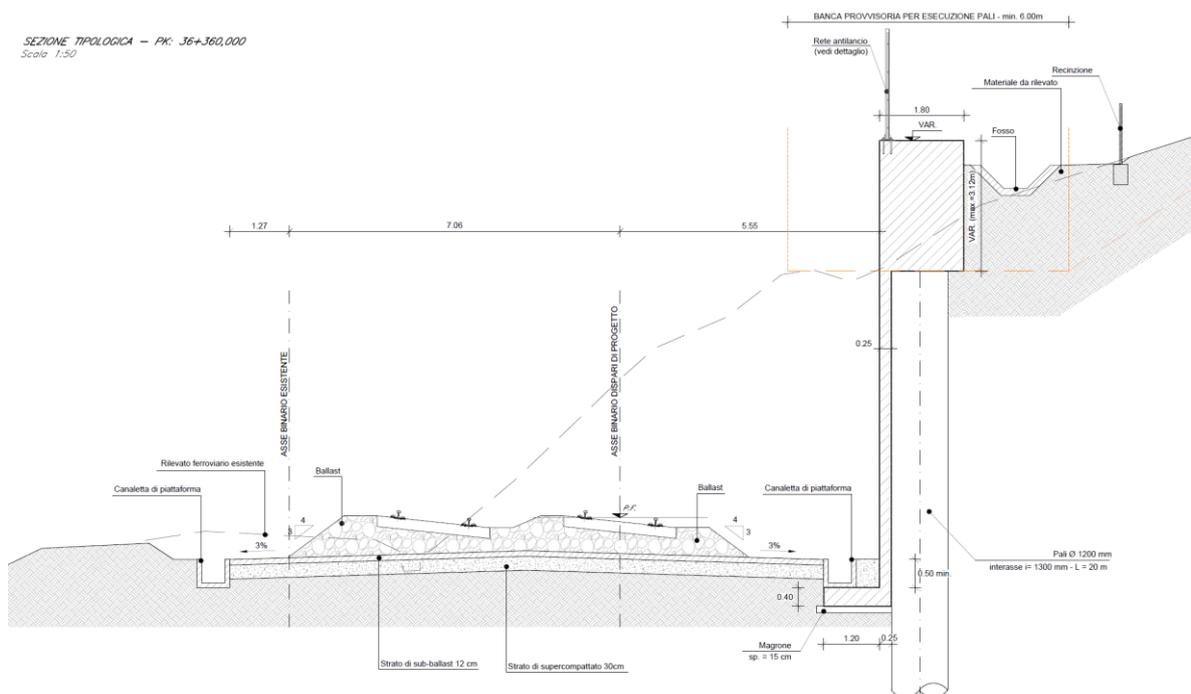


Figura 1 – Paratia di pali accostati

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</p>					
<p>Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406</p> <p>Relazione di calcolo</p>	<p>COMMESSA</p> <p>NR1J</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 29 CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>RI00 05 011</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>6 di 130</p>

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

2.1 Normative di riferimento

Le principali Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento e prese a riferimento sono le seguenti:

- [1] Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, Supplemento Ordinario alla G.U. n.42 del 20.2.2018;
- [2] Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 001 - Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario;
- [3] Istruzione RFI DTC INC CS SP IFS 001 - Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie;
- [4] Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 002 - Specifica per la progettazione e l’esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria;
- [5] Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 003 - Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari;
- [6] Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 004 - Specifica per la progettazione e l’esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo;
- [7] Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 005 - Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia;
- [8] Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea.
- [9] RFI DTC SI CS MA IFS 001 B “Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 3 Corpo Stradale”.

2.2 Documenti di riferimento

- [10] Relazione geotecnica generale, NR1J00D29GEGE0005001B
- [11] Profilo geotecnico di linea – Tav1-8, NR1J01D29F6GE0005001B-8B

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</p>												
<p>Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406</p> <p>Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NR1J</td> <td>00</td> <td>D 29 CL</td> <td>RI00 05 011</td> <td>B</td> <td>7 di 130</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	7 di 130
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	7 di 130								

[12] Opera di sostegno BD - km 36+070 - 36+406 - Planimetria di tracciamento, profilo e sezioni 1-3, NR1J01D29PZRI0005023B-26B

[13] Infrastruttura ferroviaria - Sezioni trasversali 1-36 - NR1J00D29W9IF0001001A-36A

2.3 Software

[14] ParatiePlus 18.1.0 – Ceas Srl (www.ceas.it)

[15] Slide 7.026 – Rocscience Inc. (www.rocscience.com)

[16] RC-SEC 2016.10.0.510 – GeoStru (www.geostru.eu)

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</p>					
<p>Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406</p> <p>Relazione di calcolo</p>	<p>COMMESSA</p> <p>NR1J</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 29 CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>RI00 05 011</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>8 di 130</p>

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali di seguito esposte sono definite in base alla vigente normativa tecnica; per quanto non specificatamente indicato si rimanda al Capitolato Tecnico RFI 2018.

3.1 Calcestruzzo

Il calcestruzzo, secondo quanto previsto dalle Norme tecniche vigenti, deve essere prodotto da impianti dotati di un sistema di controllo permanente della produzione, certificato da un organismo terzo indipendente riconosciuto. È compito della Direzione Lavori accertarsi che i documenti di trasporto indichino gli estremi della certificazione. Nel caso in cui il calcestruzzo sia prodotto in cantiere occorre che, sotto la sorveglianza della Direzione Lavori, vengano prequalificate le miscele da parte di un laboratorio ufficiale (di cui all'art. 59 del DPR 380/2001).

Relativamente alla resistenza caratteristica convenzionale a compressione il calcestruzzo verrà individuato mediante la simbologia C (X/Y) dove X è la resistenza caratteristica a compressione misurata su provini cilindrici (f_{ck}) con rapporto altezza/diametro pari a 2 ed Y è la resistenza caratteristica a compressione valutata su provini cubici di lato 150 mm (R_{ck}). In merito alle caratteristiche meccaniche e di resistenza si farà riferimento ai seguenti valori minimi:

Elemento strutturale: Pali

Peso specifico, γ_c	25,00 kN/m ³
Classe di resistenza	C25/30
Resistenza cubica caratteristica, R_{ck}	30 N/mm ²
Resistenza cilindrica caratteristica, f_{ck}	25 N/mm ²
Resistenza cilindrica media, f_{cm}	33 N/mm ²
Resistenza a trazione media, f_{ctm}	2.55 N/mm ²
Modulo elastico, E_{cm}	31447 N/mm ²

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	9 di 130

Elemento strutturale: Elevazioni (rivestimento interno, muro)

Peso specifico, γ_c	25,00 kN/m ³
Classe di resistenza	C30/37
Resistenza cubica caratteristica, R_{ck}	37 N/mm ²
Resistenza cilindrica caratteristica, f_{ck}	30 N/mm ²
Resistenza cilindrica media, f_{cm}	38 N/mm ²
Resistenza a trazione media, f_{ctm}	2.90 N/mm ²
Modulo elastico, E_{cm}	32837 N/mm ²

I diagrammi costitutivi del calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018; La deformazione massima $\epsilon_c \max$ è assunta pari a 0.0035.

Il copriferro, in accordo alle Norme Tecniche, quindi, individua lo spessore di calcestruzzo che ricopre l'armatura più esterna. In accordo con l'Eurocodice 2, il copriferro da utilizzare nei calcoli strutturali e da riportare negli elaborati grafici si definisce come copriferro nominale (C_{NOM}) dato da:

$$C_{NOM} = C_{min} + \Delta C_{dev}$$

dove:

C_{min} = valore del copriferro minimo

ΔC_{dev} = tolleranza di esecuzione relativa al copriferro pari a 5÷10 mm

Lo spessore minimo del copriferro c_{min} sarà il valore massimo tra quelli minimi imposti dalla suddetta normativa per soddisfare le esigenze di durabilità e di aderenza. Nel primo caso i valori di copriferro dipendono dalla classe di esposizione e dalla vita utile di progetto, nel secondo dai diametri delle barre di armatura utilizzate. Si ricorda che il valore del copriferro è misurato dal filo esterno delle staffe, per cui se verranno utilizzati distanziatori fissati alle barre longitudinali occorrerà sommare al valore

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406 Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO RI00 05 011	REV. B

fornito anche il diametro delle staffe e il raggio della barra. Le tolleranze di esecuzione dei copriferri sono quelle previste dalla norma EN 13670:2008.

Per i pali di fondazione e i cordoli (XC2) si è assunto copriferro pari a 6 cm (§3.10.2.9, RFI DTC SI CS MA IFS 001 B).

Per le fodere interne (XC3) si è assunto copriferro pari a 4 cm.

3.2 Acciaio di Armatura - Barre

Per la realizzazione delle opere in conglomerato cementizio armato è previsto l'utilizzo di acciaio in barre ad aderenza migliorata del tipo B450C rispondente alle caratteristiche meccaniche e tecnologiche previste D.M. 17/01/2018. Le modalità di accettazione ed i controlli saranno effettuati secondo quanto indicato nella citata normativa.

I parametri caratteristici per l'acciaio B450C, in accordo a quanto specificato nelle sopracitate Norme Tecniche, sono:

Peso specifico, γ_a	78,50 kN/m ³
Tensione nominale di snervamento, f_y nom	450 N/mm ²
Tensione nominale di rottura, f_t nom	540 N/mm ²
Minima tensione caratteristica di snervamento, f_{yk} min	450 N/mm ²
Minima tensione caratteristica di rottura, f_{tk} min	540 N/mm ²
Minimo rapporto tra i valori caratteristici, $(f_t/f_y)k$ min	1,15
Massimo rapporto tra i valori caratteristici, $(f_t/f_y)k$ max	1,35
Massimo rapporto tra i valori nominali, $(f_y/f_y \text{ nom})k$	1,25
Allungamento caratteristico sotto carico massimo, $(A_{gt})k$	7,5 %
Modulo di elasticità dell'acciaio, E	206000 N/mm ²

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406 Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO RI00 05 011	REV. B	FOGLIO 11 di 130

I diagrammi costitutivi dell'acciaio sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.3 del D.M. 17 gennaio 2018.

3.3 Durabilità

Particolare cura è stata posta per garantire la durabilità della struttura, con la consapevolezza che tutte le prestazioni attese potranno essere garantite solo mediante opportune procedure da seguire non solo in fase di progettazione, ma anche di costruzione, manutenzione e gestione dell'opera; si dovranno, inoltre, utilizzare tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi. Per garantire la durabilità della struttura sono stati presi in considerazione opportuni stati limite di esercizio (SLE) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali sia, nel caso delle opere in calcestruzzo, l'ampiezza delle fessure. La definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche sono riportati nel seguito e negli allegati di calcolo. Le caratteristiche di durabilità dei calcestruzzi da impiegare nelle opere di progetto sono valutate secondo la Norma Nazionale UNI 9858 e la Normativa Europea ENV 206, la più recente UNI 11104 e secondo quanto stabilito dal D.M. 2018. Per quanto riguarda le prescrizioni minime di spessore di copriferro, si fa riferimento anche alle indicazioni correlate contenute nell'Eurocodice 2.

Secondo le indicazioni contenute nella UNI 11104, le opere in oggetto sono classificabili in ambiente XC2 per quanto riguarda pali e cordoli e XC3 per le fodere interne.

Per il magrone verrà impiegato il calcestruzzo di classe X0.

4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Il modello geotecnico è stato definito sulla base di quanto riportato nella Relazione Geotecnica generale (NR1J00D29GEGE0005001B). In base ai dati a disposizione, sono stati scelti dei valori cautelativi per i parametri di calcolo.

Per l'opera in esame si è fatto riferimento al modello geotecnico n.7 individuato per la macro-area che va da pk 36+050 a pk 37+250 e descritto in dettaglio nella Relazione Geotecnica.

Inoltre, per tenere conto del variare del piano campagna (P.C.) lungo il tracciato ferroviario, si è fatto riferimento al Profilo Geotecnico di linea (Doc. rif. [11]).

Nella Tabella 4.1 si riportano la stratigrafia ed i parametri geotecnici di progetto. Le profondità sono riferite alla quota del piano campagna a monte della paratia nella configurazione iniziale (+238.85 m l.m.m.), che corrisponde alla quota 0 nell'analisi con Paratie.

La sezione di studio si trova alla pk 36+360.

Tabella 4.1 - Modello geotecnico di riferimento

Unità litologiche	Profondità da p.c.		γ	ϕ'	c'	$E_{op,2}$
	(m)		kN/m ³	°	KPa	MPa
U1a - Limo sabbioso debolmente argilloso	0	13	17	27	10	40
U3a – PVI – Depositi vulcanici – Sabbia deb Limosa mediamente addensata con ghiaia	13	25	18	32	0	100

Per il modulo in compressione vergine (E_{vc}) si fa riferimento al modulo elastico $E_{op,2}$ pari a $1/5 E_0$. Il modulo in scarico-ricarico è $E_{ur} = 2 \times E_{vc}$.

Come rilevato dal profilo geotecnico la falda è stata assunta alla quota +204.6 m l.m.m., a circa 34 m di profondità dal piano campagna iniziale.

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406 Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO RI00 05 011	REV. B

Caratterizzazione sismica del sito

4.1 Vita Nominale

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.

Nel presente caso l'opera viene inserita nella seguente tipologia di costruzione (tipo 2):

- 1 *Costruzioni temporanee e provvisorie*
- 2 *Costruzioni con livelli di prestazioni ordinarie*
- 3 *Costruzioni con livelli di prestazione elevati*

La cui vita nominale è pari a 75 anni.

4.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un' interruzione di operatività o di un eventuale collasso, l'opera appartiene alla seguente classe d'uso (Tabella §2.5.1.1.2.1 di RFI DTC SI PS MA IFS 001 B):

- I *Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.*
- II *Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.*
- III *Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.*
- IV *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 DM 5/11/2001, 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*

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406 Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO RI00 05 011	REV. B

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.

Il coefficiente d'uso è pari a 1.00, coerentemente a quanto indicato nella Tab. 2.4.II delle NTC.

Tabella 2 – Valori del coefficiente di uso C_u

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente d'uso	0.7	1.0	1.5	2.0

4.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Il periodo di riferimento $V_R = V_N * C_U = 75 * 1.0 = 75.0$ anni.

4.4 Categorie di Sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale.

Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2018. I terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di **Categoria E**.

- A *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.*
- B *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s*

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406 Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO RI00 05 011	REV. B

- C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*
- D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.*
- E Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.*

4.5 Condizioni topografiche

In condizioni topografiche superficiali semplici si può adottare la classificazione proposta nelle NTC, secondo la quale le categorie individuate si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. L'area interessata risulta classificabile come **T1**.

T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

T2 Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.

T3 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$.

T4 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.

4.6 Amplificazione Stratigrafica e Topografica

In riferimento a quanto indicato nel §3.2.3.2.1 delle NTC2018, per la definizione dello spettro elastico in accelerazione è necessario valutare il valore del coefficiente $S = S_s \cdot S_T$ e di C_C in base alla categoria di sottosuolo e alle condizioni topografiche.

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 4 - Valori massimi del coeff. di amplificazione topografica S_T

Categoria Topografica	Ubicazione dell'opera dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Il valore del coefficiente di amplificazione topografica è posto pari a $S_T = 1$.

I valori dei coefficienti di amplificazione stratigrafica sono pari a $S_s = 1,600$ e $C_c = 1,750$.

4.7 Azione sismica di riferimento

Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{VR} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406 Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO RI00 05 011	REV. B

Tabella 5 - Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

	STATO LIMITE	P_{VR} : probabilità di superamento nel periodo di riferimento
SLE	SLO - Stato Limite di Operatività	81%
	SLD - Stato Limite di Danno	63%
SLU	SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%
	SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso	5%

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{C_u \cdot V_N}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Di seguito si riportano i valori dei parametri spettrali dipendenti dal sito dell'opera in oggetto. La latitudine e la longitudine di riferimento sono riferite al WGS84 e sono pari a (vedi Figura 2):



Figura 2 – ubicazione della paratia di pali

Latitudine: 42,059493

Longitudine: 12,235423

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406 Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO RI00 05 011	REV. B

Tabella 6 - Parametri sismici Stato Limite di salvaguardia della Vita

a_g (g) (SLV)	0.071
Risposta Sismica Locale	
Categoria di sottosuolo	E
Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s	1.600
Categoria Topografica	T1
Coefficiente di amplificazione topografica S_t	1.0
Accelerazione massima attesa al suolo	
a_{max} (g) ($a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$)	0.1136

Tabella 7 - Parametri sismici Stato Limite di Danno

a_g (g) (SLD)	0.042
Risposta Sismica Locale	
Categoria di sottosuolo	E
Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s	1.600
Categoria Topografica	T1
Coefficiente di amplificazione topografica S_t	1.0
Accelerazione massima attesa al suolo	
a_{max} (g) ($a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$)	0.0672

Per la definizione delle azioni, è stato considerato un fattore di struttura $q=1,00$ per gli spettri orizzontali e $q=1,00$ per quelli verticali SLV e $q=1,00$ per quelli SLD.

Si riporta il dettaglio dei parametri valutati secondo NTC2018.

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406 Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO RI00 05 011	REV. B	FOGLIO 19 di 130

5. ANALISI DEI CARICHI STATICI DI PROGETTO

5.1 Azioni permanenti

5.1.1 Peso proprio

Per la tipologia di modello di calcolo adottato l'effetto del peso proprio della berlinese non entra in gioco nelle valutazioni dello stato di sforzo agente.

5.1.2 Spinta delle terre

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:

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

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

$$K_0 = K_{0NC}(\text{OCR})^m$$

dove

$$K_{0NC} = 1 - \sin\phi'$$

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. Ladd et al. (1977), Jamiolkowski et al. (1979) forniscono valori di m per argille italiane.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</p>												
<p>Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406</p> <p>Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NR1J</td> <td>00</td> <td>D 29 CL</td> <td>RI00 05 011</td> <td>B</td> <td>20 di 130</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	20 di 130
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	20 di 130								

Il coefficiente di spinta attiva e passiva sono dati secondo Rankine per una parete liscia, da:

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

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

Attraverso valori opportuni di K_A e K_P si tiene conto dell'angolo di attrito δ tra paratia e terreno e della pendenza del terreno a monte ed entro la luce di scavo.

In particolare i coefficienti di spinta attiva (k_a) sono calcolati secondo la formulazione di Coulomb; i coefficienti di spinta passiva (k_p) sono calcolati secondo la formulazione di Lancellotta (2007), considerando un angolo di attrito terreno/calcestruzzo (δ) pari a $2/3\phi'$. In condizione sismica è stato assunto $\delta = 0$ per la spinta passiva.

Il valore limite della tensione orizzontale sarà dato da:

$$\sigma'_h = K_A \sigma'_v - 2c'K_A^{0.5}$$

$$\sigma'_h = K_P \sigma'_v + 2c'K_P^{0.5}$$

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

I parametri di deformabilità del terreno compaiono nella definizione della rigidezza delle molle. Per un letto di molle distribuite la rigidezza di ciascuna di esse, k , è data da

$$k = E / L$$

ove E è un modulo di rigidezza del terreno mentre L è una grandezza geometrica caratteristica. Poiché nel programma PARATIE le molle sono posizionate a distanze finite Δ , la rigidezza di ogni molla è:

$$K = E \Delta / L$$

Il valore di Δ è fornito dalla schematizzazione ad elementi finiti. Il valore di L è fissato automaticamente dal programma. Esso rappresenta una grandezza caratteristica che è diversa a valle e a monte della

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406 Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO RI00 05 011	REV. B	FOGLIO 21 di 130

paratia perché diversa è la zona di terreno coinvolta dal movimento in zona attiva e passiva. Si è scelto, in zona attiva (uphill):

$$L_A = 2/3 l_A \tan(45^\circ - \phi'/2)$$

e in zona passiva (downhill):

$$L_P = 2/3 l_P \tan(45^\circ - \phi'/2)$$

dove e sono rispettivamente:

$$l_A = \min[l; 2H]$$

$$l_P = \min[l-H; H]$$

e dove l = altezza totale della paratia e H = altezza corrente dello scavo. La logica di questa scelta è illustrata nella pubblicazione di Becci e Nova (1987).

Si assume in ogni caso un valore di H non minore di 1/10 dell'altezza totale della parete.

Il parametro E dipende dalla storia tensionale del sito nonché dall'incremento locale dello stato tensionale come illustrato in Becci e Nova (1987).

Il modulo E può essere considerato dipendente dalla pressione media $p = (\sigma'_v + \sigma'_h)/2$ secondo la legge

$$E = R(p/p_a)^n$$

in cui p_a è la pressione atmosferica mentre R e n sono quantità determinabili sperimentalmente. È ovvio che ponendo $n=0$ si può considerare il caso di modulo costante, mentre se n è posto pari a 1, si ha il caso, tipico delle argille normalconsolidate, in cui il modulo varia linearmente con la profondità. Nelle nostre analisi si è posto $n=0$.

Il valore R è in genere diverso in condizioni di carico vergine o di scarico-ricarico. Valori indicativi di R e n sono dati da Janbu (1963). La variabilità di questi parametri è grandissima. Per una sabbia n può variare tra 0.2 e 1.0 e R tra 8 e 200 MPa. Per un'argilla normalmente consolidata $n \sim 1$. I valori di R per argille italiane possono essere dedotti da Jamiolkowski et al. (1979).

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406 Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO RI00 05 011	REV. B	FOGLIO 22 di 130

Si noti inoltre che, poiché lo stato tensionale iniziale vergine non è isotropo, la rigidezza del terreno in condizioni di carico vergine è minore di quella che si può misurare in prove triassiali drenate isotropicamente consolidate.

Nel caso in cui $n=0$, il valore del modulo R in condizioni di carico vergine può essere considerato identico al valore del modulo elastico inteso tradizionalmente. Per una correlazione con i risultati delle più comuni prove in sito si veda ad esempio Bowles (1988).

Il modulo di scarico-ricarico è da 3 a 10 volte maggiore nel caso di argille, mentre è in genere da 1.5 a 3 volte più grande nel caso di sabbie.

5.1.2.1 Profondità massima di scavo

Nel caso in cui la funzione di sostegno è affidata alla resistenza del volume di terreno a valle dell'opera, il modello geometrico di riferimento deve tenere conto delle possibili variazioni del profilo del terreno a monte e a valle del paramento rispetto ai valori nominali. In particolare, secondo le indicazioni delle NTC, la quota di valle deve essere diminuita di una quantità pari al minore dei seguenti valori:

10% dell'altezza di terreno da sostenere nel caso di opere a sbalzo;

10 % della differenza di quota fra livello inferiore di vincolo e fondo scavo nel caso di opere vincolate;

0,5 m.

5.2 Azioni variabili

5.2.1 Sovraccarichi

In fase transitoria (prima del riempimento a tergo della paratia fino alla quota di progetto) si adotta un sovraccarico pari a 10 kPa dovuto ai mezzi di cantiere.

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406 Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO RI00 05 011	REV. B

5.3 Azione sismica

5.3.1 Accelerazione equivalente di progetto

Come definito nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018), a meno di specifiche analisi dinamiche, è possibile svolgere le verifiche di sicurezza per l'opera di sostegno mediante analisi pseudostatiche o analisi agli spostamenti.

Nello specifico, la valutazione dell'impatto dell'azione sismica sull'opera di sostegno è stata condotta mediante analisi pseudostatica come definito nei Paragrafi 7.11.6.2.1 e 7.11.6.3 della Normativa e tenendo in considerazione anche il manuale RFI (RFI DTC SI CS MA IFS 001 B par. 3.10.3.1).

Seguono le componenti dell'accelerazione equivalente k_h (orizzontale) e k_v (verticale):

$$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$$

$$k_v = 0.5 k_h$$

essendo:

α coefficiente di deformabilità (si veda la Figura 3 in funzione dell'altezza della parete H). Per il sottosuolo di categoria E si utilizzano le curve dei sottosuoli C o D in dipendenza dei valori assunti dalla velocità equivalente V_s : nel caso in oggetto si è preso in considerazione la categoria di suolo C.

Per la definizione del coefficiente β , funzione del massimo spostamento u_s che l'opera può tollerare, è stata svolta un'analisi iterativa in condizioni SLD ipotizzando inizialmente uno spostamento nullo con $\beta = 1$. I successivi valori di β si ottengono entrando nel grafico di Figura 4 con il valore dello spostamento ottenuto nell'analisi precedente.

Tale procedura iterativa conduce ai seguenti risultati.

$$H = 22.8 \text{ m}$$

$$\alpha = 0.68$$

$$u_s = 0.0847 \text{ m}$$

$$\beta = 0.542$$

$$\alpha \cdot \beta = 0.369$$

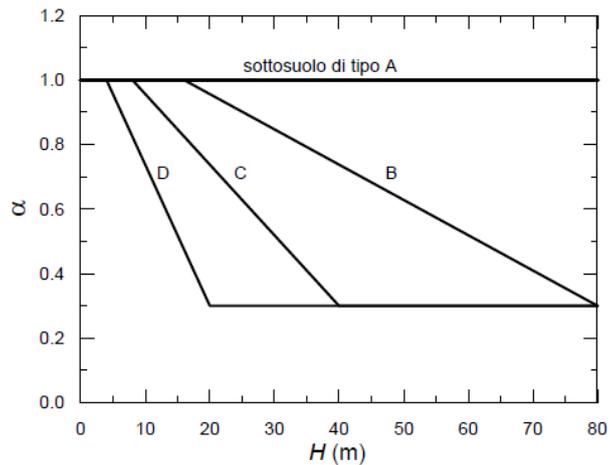


Figura 3 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α

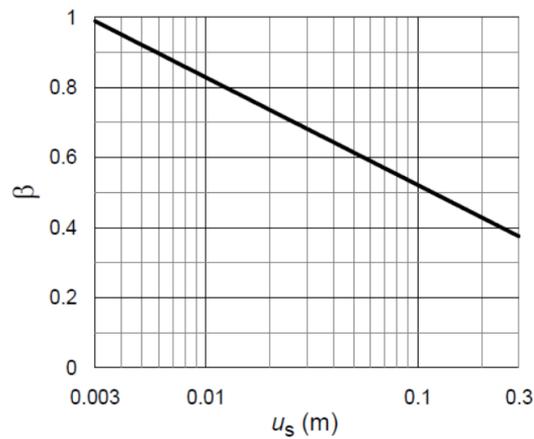


Figura 4 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β

Per la verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno, le NTC impongono invece di considerare le seguenti condizioni:

$$kh = \beta \cdot a_{max}$$

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	25 di 130

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h;$$

$$\beta = 0.38.$$

Nelle verifiche sismiche le azioni generate dal sisma ed agenti sulla struttura sono considerate come segue:

1. spinta sismica del terreno a tergo dell'opera;
2. forze d'inerzia orizzontali di muro e paratia.

5.3.2 Spinta sismica del terreno

Si applica una pressione pseudostatica sul paramento di paratia fuori scavo o sul muro, diretta da monte verso valle, secondo la teoria di Mononobe ed Okabe riportata di seguito:

per $\beta \leq \phi - \theta$:

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \text{sen}^2 \psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta) \text{sen}(\phi - \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \text{sen}(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

per $\beta > \phi - \theta$:

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \text{sen}^2 \psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta)}$$

in cui:

- ϕ angolo di resistenza al taglio del terreno
- β inclinazione del terreno a monte del muro rispetto all'orizzontale (positivo per terreno che sale allontanandosi dal muro)
- ψ inclinazione del muro rispetto all'orizzontale ($>90^\circ$ per parete inclinata verso valle)
- δ angolo di attrito muro-terreno

θ angolo dipendente dalla accelerazione sismica e definito dalle seguenti espressioni:

$$\theta = \text{tg}^{-1} (k_h / (1 \pm k_v))$$

essendo k_h e k_v rispettivamente i coefficienti di accelerazione sismica orizzontale e verticale (si veda il successivo par. § 6.4.1).

La spinta attiva risultante P_a è inclinata dell'angolo δ sull'orizzontale. Pertanto il valore della spinta orizzontale P_{AH} è pari a:

$$P_{AH} = P_a \cdot \cos \delta$$

mentre la componente verticale P_{AV} risulta:

$$P_{AV} = P_a \cdot \sin \delta$$

5.3.3 Forza d'inerzia

La forza di inerzia della paratia è valutata come:

$$F_p = k_h \cdot W$$

con W pari al peso della struttura considerata e parametri definiti come descritto nel capitolo 5.3.1. Tale azione è applicata nel baricentro della struttura.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406 Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO RI00 05 011	REV. B

6. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE

Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC-2018 al par.2.5.3:

Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots;$$

Combinazione caratteristica rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche delle tensioni d'esercizio:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} \dots;$$

Combinazione caratteristica frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, da utilizzarsi nelle verifiche a fessurazione:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} \dots;$$

Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti a lungo termine, da utilizzarsi nelle verifiche a fessurazione:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} \dots;$$

Combinazione sismica, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_F , γ_M e γ_R (relativi alle resistenze dei pali soggetti a carichi assiali), nonché i coefficienti di combinazione ψ delle azioni sono dati dalle tabelle NTC2018 5.2.V, 5.2.VI, 6.2.II e 6.4.II che vengono riportate nel seguito.

L'analisi mira a garantire la sicurezza e le prestazioni attese attraverso il conseguimento dei seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti degli Stati Limite di Esercizio (SLE);

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406 Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO RI00 05 011	REV. B	FOGLIO 28 di 130

- sicurezza nei confronti degli Stati Limite Ultimi (SLU).

Le verifiche di sicurezza agli SLU sono da effettuarsi applicando il primo approccio progettuale (Approccio 1) che prevede le due seguenti combinazioni di coefficienti:

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

Considerando i coefficienti parziali riportati nelle seguenti tabelle ed R1 pari ad 1.

In particolare sono stati verificati i seguenti stati limiti ultimi:

- collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera;
- raggiungimento della resistenza strutturale della paratia;
- instabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno.

Per quest'ultimo meccanismo, la verifica deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 dell'Approccio 1 definita come segue, assumendo R2 pari a 1.1 in condizioni statiche ed a 1.2 in condizioni sismiche:

- Combinazione 2: A2+M2+R2 (GEO).

Nelle condizioni di esercizio gli spostamenti dell'opera sono stati valutati per verificarne la compatibilità con la funzionalità dell'opera e con la sicurezza delle opere adiacenti.

Tabella 8 – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Coefficiente			EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁵⁾	1,00 ⁽⁶⁾	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	$\gamma_{Ce d}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

Tabella 9 – Coefficienti di combinazione delle azioni

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	g_1	0,80 ⁽¹⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
Gruppi di	g_2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
carico	g_3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	g_4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione SLU e SLE	0,80 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

⁽¹⁾ 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

⁽²⁾ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tabella 10 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

Tabella 11 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406 Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO RI00 05 011	REV. B	FOGLIO 31 di 130

7. METODO DI ANALISI

7.1 Metodo di calcolo

Le calcolazioni sono state condotte adottando il metodo semiprobabilistico agli stati limite; sono stati soddisfatti i requisiti per la sicurezza allo stato limite ultimo (anche sotto l'azione sismica) e allo stato limite di esercizio. Per quanto riguarda le azioni sismiche sono state esaminate anche le deformazioni relative. La sicurezza e le prestazioni sono garantite verificando gli stati limite in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme. Per quanto riguarda le fasi costruttive intermedie, la struttura non risulta sollecitata in maniera più gravosa della fase finale. L'analisi strutturale condotta è stata del tipo: metodo pseudostatico.

La ricerca dei parametri di sollecitazione è stata fatta secondo le disposizioni di carico più gravose avvalendosi di un codice di calcolo automatico per l'analisi strutturale e geotecnica. Tale codice risulta essere di sicura ed accertata validità ed è stato impiegato conformemente alle sue caratteristiche.

7.2 Modellazione numerica

Il calcolo agli elementi finiti delle paratie è stato effettuato utilizzando il codice PARATIE (versione 18.2) prodotto dalla "CeAs" – Milano – ITA. Gli effetti nelle opere di sostegno flessibile delle spinte del terreno e delle azioni concentrate offerte dalla eventuale tirantatura sono stati esaminati con l'ausilio del programma di calcolo per l'analisi di strutture di sostegno flessibili PARATIE.

PARATIE analizza il comportamento meccanico di una struttura di sostegno flessibile di uno scavo in terreno o roccia, ponendo l'accento sull'aspetto dell'interazione "locale" fra parete e terreno.

Lo studio di una parete flessibile è condotto attraverso una simulazione numerica del reale: il programma stabilisce e risolve un sistema di equazioni algebriche la cui soluzione permette di riprodurre abbastanza realisticamente l'effettivo comportamento dell'opera di sostegno.

La simulazione numerica utilizzata segue due differenti percorsi:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE												
Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406 Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NR1J</td> <td>00</td> <td>D 29 CL</td> <td>RI00 05 011</td> <td>B</td> <td>32 di 130</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	32 di 130
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	32 di 130								

Analisi classica = viene eseguita una analisi all'equilibrio limite della singola o doppia paratia. Il calcolo delle sollecitazioni avviene per mezzo delle teorie classiche. Il calcolo degli spostamenti avviene tramite un'analisi elastica semplificata considerando lo schema di carico e di vincoli imposti dall'Utente.

Analisi non lineare secondo un modello “a molle” elasto plastiche” per la parte terreno. La schematizzazione in elementi finiti avviene in questo modo:

- Si analizza un problema piano (nel piano Y-Z): i gradi di libertà nodali attivi sono lo spostamento laterale e la rotazione fuori piano: gli spostamenti verticali sono automaticamente vincolati (di conseguenza le azioni assiali nelle pareti verticali non sono calcolate);
- La parete flessibile di sostegno vera e propria è schematizzata da una serie di elementi finiti BEAM verticali;
- Il terreno, che spinge contro la parete (da monte e da valle) e che reagisce in modo complesso alle deformazioni della parete, è simulato attraverso un doppio letto di molle elasto-plastiche connesse agli stessi nodi della parete;
- Si adotta un valore dell'angolo di attrito terreno paratia, (δ), pari a $0.5 \phi'$. In sismica tale valore è nullo;
- i tiranti, i puntoni, le solette, gli appoggi cedevoli o fissi, sono schematizzati tramite molle puntuali convergenti in alcuni punti (nodi) della parete ove convergono parimenti elementi BEAM ed elementi terreno.

Lo scopo di PARATIE è lo studio di un problema definito; in altre parole, il programma analizza la risposta, durante le varie fasi realizzative, di una parete caratterizzata in tutte le sue componenti (altezza, infissione e spessore della parete, entità dei tiranti, ecc.). Il problema è ricondotto a uno schema piano in cui viene analizzata una “fetta” di parete di larghezza unitaria, come mostrato nella Figura seguente.

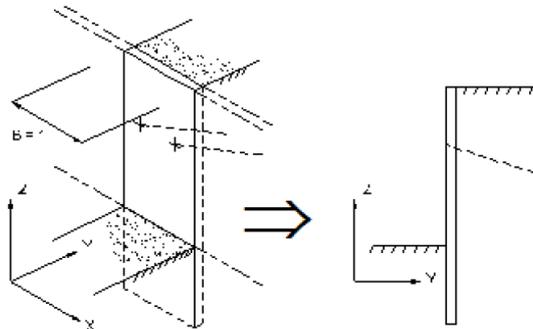


Figura 5 – Schema di modellazione piana effettuata per mezzo del software PARATIE

La modellazione numerica dell'interazione terreno-struttura è del tipo "trave su suolo elastico". Le pareti di sostegno vengono rappresentate con elementi finiti trave il cui comportamento è definito dalla rigidità flessionale EJ , mentre il terreno viene simulato attraverso elementi elastoplastici monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie; ad ogni nodo convergono uno o al massimo due elementi terreno:

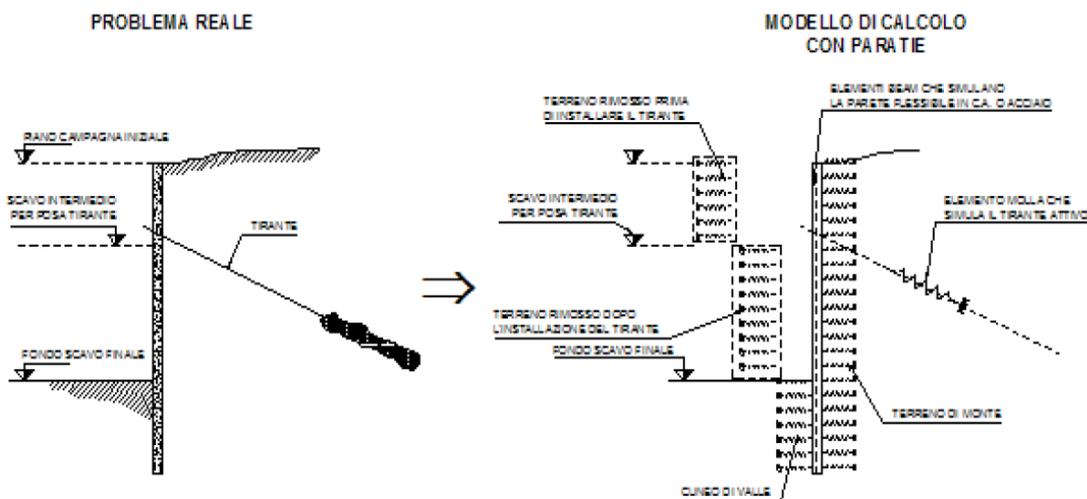


Figura 6 – Trave su suolo elastico: modellazione numerica della paratia e dei vincoli

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	34 di 130

Relazione di calcolo

Il limite di questo schema sta nell'ammettere che ogni porzione di terreno, schematizzata da una "molla", abbia comportamento del tutto indipendente dalle porzioni adiacenti; l'interazione fra le varie regioni di terreno è affidata alla rigidezza flessionale della parete.

PARATIE calcola internamente e aggiorna costantemente tale parametro, sulla base del modulo elastico (Young) e la geometria del muro. In altre parole, ad ogni passo, la rigidezza K della "molla" viene calcolata dalla seguente equazione:

$$k = a \cdot \frac{E_s \cdot t}{L}$$

dove

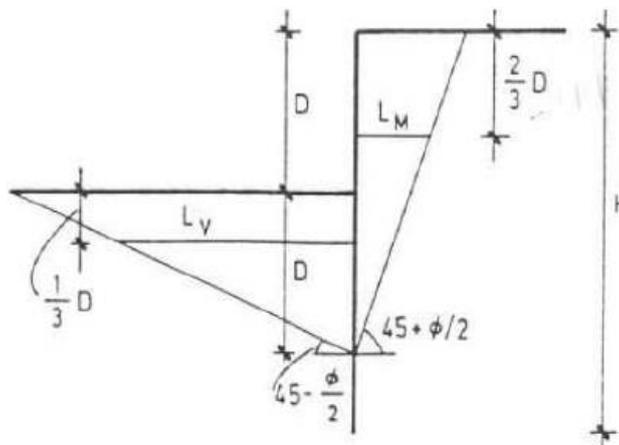
a è un fattore di scala posto pari a 1;

E_s è il modulo di Young del terreno;

t è l'interasse della molla;

L è un parametro geometrico che tiene conto della geometria del muro (v. capitolo 5.1.2).

Nella figura seguente viene riportato in via grafica il criterio per la definizione di L a monte ed a valle (L_M e L_V).



	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406 Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO RI00 05 011	REV. B	FOGLIO 35 di 130

La realizzazione dello scavo sostenuto da una o due paratie, eventualmente tirantate, viene seguita in tutte le varie fasi attraverso un'analisi statica incrementale: ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una certa quota di scavo, da un certo insieme di tiranti applicati, da una ben precisa disposizione di carichi applicati.

Poiché il comportamento degli elementi finiti è di tipo elastoplastico, ogni configurazione dipende in generale dalle configurazioni precedenti e lo sviluppo di deformazioni plastiche ad un certo passo condiziona la risposta della struttura nei passi successivi. La soluzione ad ogni nuova configurazione (step) viene raggiunta attraverso un calcolo iterativo alla Newton-Raphson (Bathe, 1996).

L'analisi ha lo scopo di indagare la risposta strutturale in termini di deformazioni laterali subite dalla parete durante le varie fasi di scavo e di conseguenza la variazione delle pressioni orizzontali nel terreno. Per far questo, in corrispondenza di ogni nodo è necessario definire due soli gradi di libertà, cioè lo spostamento orizzontale e la rotazione attorno all'asse X ortogonale al piano della struttura (positiva se antioraria).

Ne consegue che con questo strumento non possono essere valutati:

- cedimenti o innalzamenti verticali del terreno in vicinanza dello scavo;
- condizioni di stabilità generale del complesso parete+terreno+tiranti.

In questa impostazione particolare, inoltre, gli sforzi verticali nel terreno non sono per ipotesi influenzati dal comportamento deformativo orizzontale, ma sono una variabile del tutto indipendente, legata ad un calcolo basato sulle classiche ipotesi di distribuzione geostatica.

7.3 Modello di calcolo

Il modello di calcolo della sezione pk 36+360 è rappresentato in Figura 7 ed è costituito da una paratia di pali con interasse 1.3m, ϕ 1200 e lunghi 20m; al di sopra della paratia di pali viene realizzato un muro in c.a. di spessore 1.8 m e altezza variabile fino a un massimo di 2.8 m in corrispondenza della sezione di calcolo per sostenere il terreno a monte nella configurazione di progetto, che si trova ad una quota superiore rispetto alla testa dei pali.

Lo scavo massimo è di 9.5 m. Considerando per il sovrascavo il valore minimo tra 0.5 m e il 10% dell'altezza di scavo, in accordo alle NTC 2018, si trova uno scavo di 10 m. Nel modello di calcolo Paratie il terreno a tergo della paratia nella configurazione di progetto si trova alla quota +2.3.

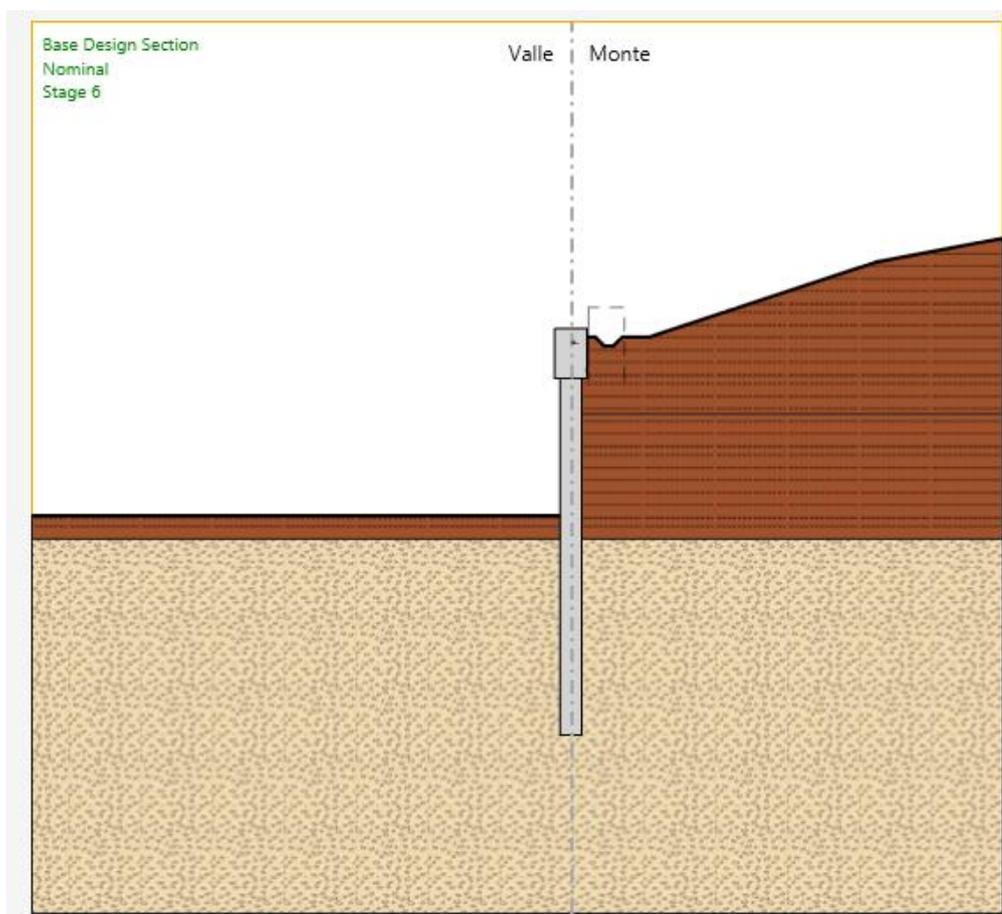


Figura 7 – Modello di calcolo: massima profondità di scavo

7.4 Fasi di costruzione

Il calcolo numerico è effettuato per fasi, al fine di consentire la valutazione delle azioni sulla paratia nelle differenti stadi di costruzione e di consentire la convergenza della soluzione. Nel seguito si riassumono le fasi di calcolo considerate nell'analisi.

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	37 di 130

FASE 1 – INIZIALIZZAZIONE

Lo stage iniziale è caratterizzato dalla presenza di una banca di larghezza 6 m, costruita per consentire la realizzazione in opera dei pali della paratia definitiva. Lo scavo per raggiungere la quota della testa dei pali è reso possibile mediante la realizzazione di una scarpata con pendenza 2:3.

Nel modello di calcolo Paratie il terreno a tergo della paratia nella configurazione iniziale si trova alla quota 0.

Paratia: Pali ϕ 1200, $i = 1.3$ m, $L = 20$ m; Muro sp. = 1.8 m, $H = 2.8$ m

Quota terreno lato monte: $0 \div 7.85$ m p.c.

Quota terreno lato valle: $0 \div -6$ m p.c.

Quota falda: assente

Sovraccarico = 10 kPa

Azione sismica: no

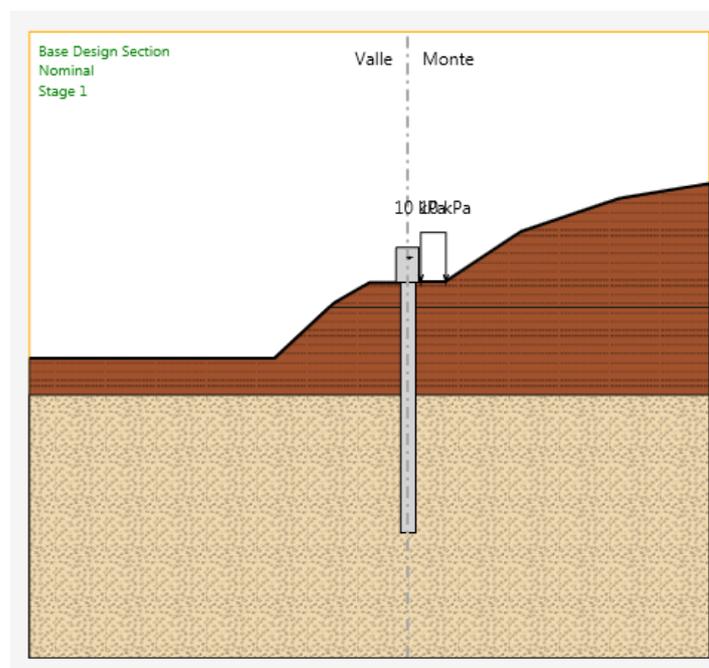


Figura 8 – Stage 1: fase iniziale

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	38 di 130

FASE 2 – SCAVO -3m

Paratia: Pali ϕ 1200, $i = 1.3$ m, $L = 20$ m; Muro sp. = 1.8 m, $H = 2.8$ m

Quota terreno lato monte: 0 ÷ 7.85 m p.c.

Quota terreno lato valle: -3 ÷ -6 m p.c.

Quota falda: assente

Sovraccarico = 10 kPa

Azione sismica: no

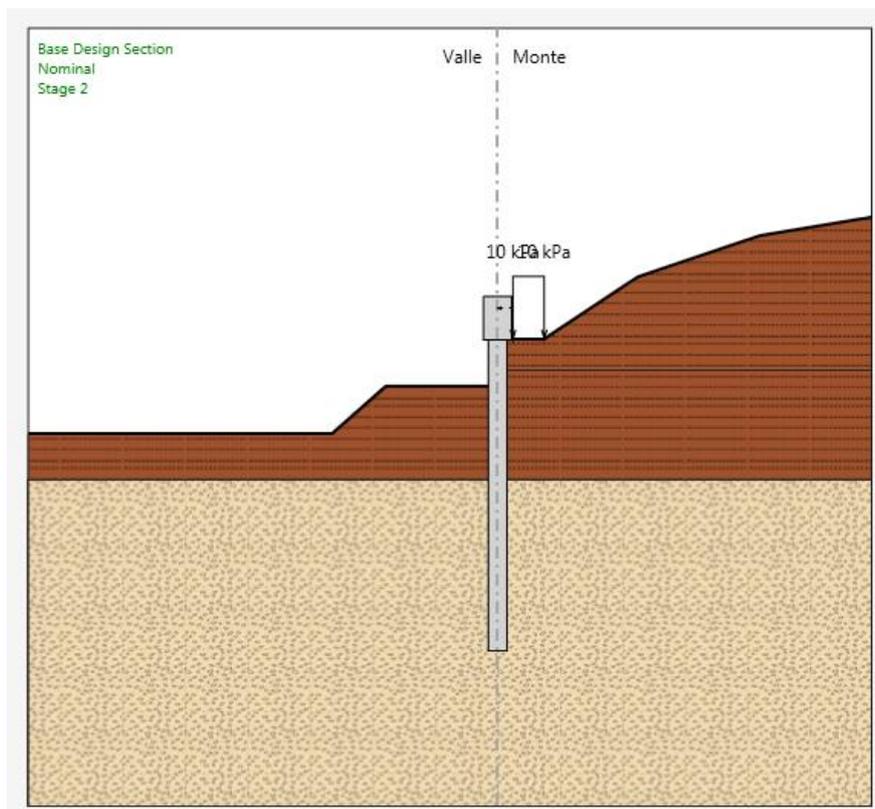


Figura 9 – Step 2:scavo fino a -5 m pc

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	39 di 130

FASE 3 – FONDO SCAVO -6 m

Paratia: Pali ϕ 1200, $i = 1.3$ m, $L = 20$ m; Muro sp. = 1.8 m, $H = 2.8$ m

Quota terreno lato monte: 0 ÷ 7.85 m p.c.

Quota terreno lato valle: -6 m p.c.

Quota falda: assente

Sovraccarico = 10 kPa

Azione sismica: no

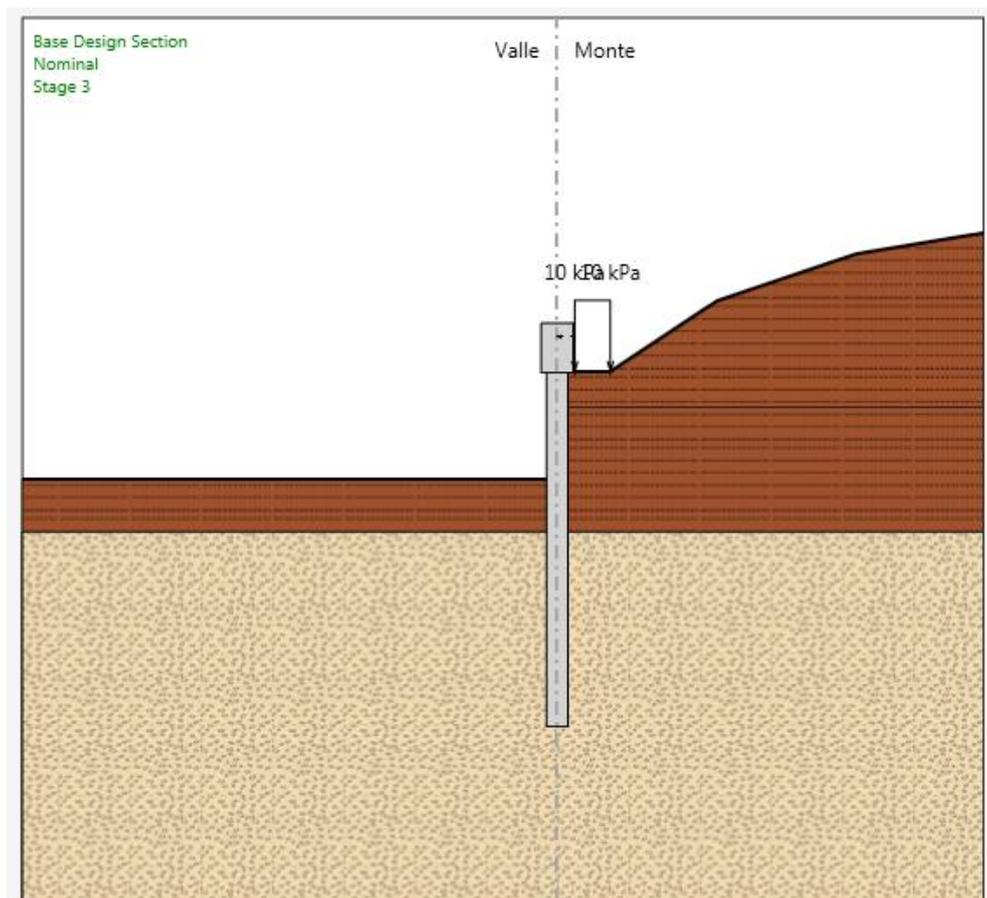


Figura 10 – Stage 3: fondo scavo -6 da p.c.

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	40 di 130

FASE 4 – FONDO SCAVO

Paratia: Pali ϕ 1200, $i = 1.3$ m, $L = 20$ m; Muro sp. = 1.8 m, $H = 2.8$ m

Quota terreno lato monte: 0 ÷ 7.85 m p.c.

Quota terreno lato valle: -7.2 m p.c.

Quota falda: assente

Sovraccarico = 10 kPa

Azione sismica: no

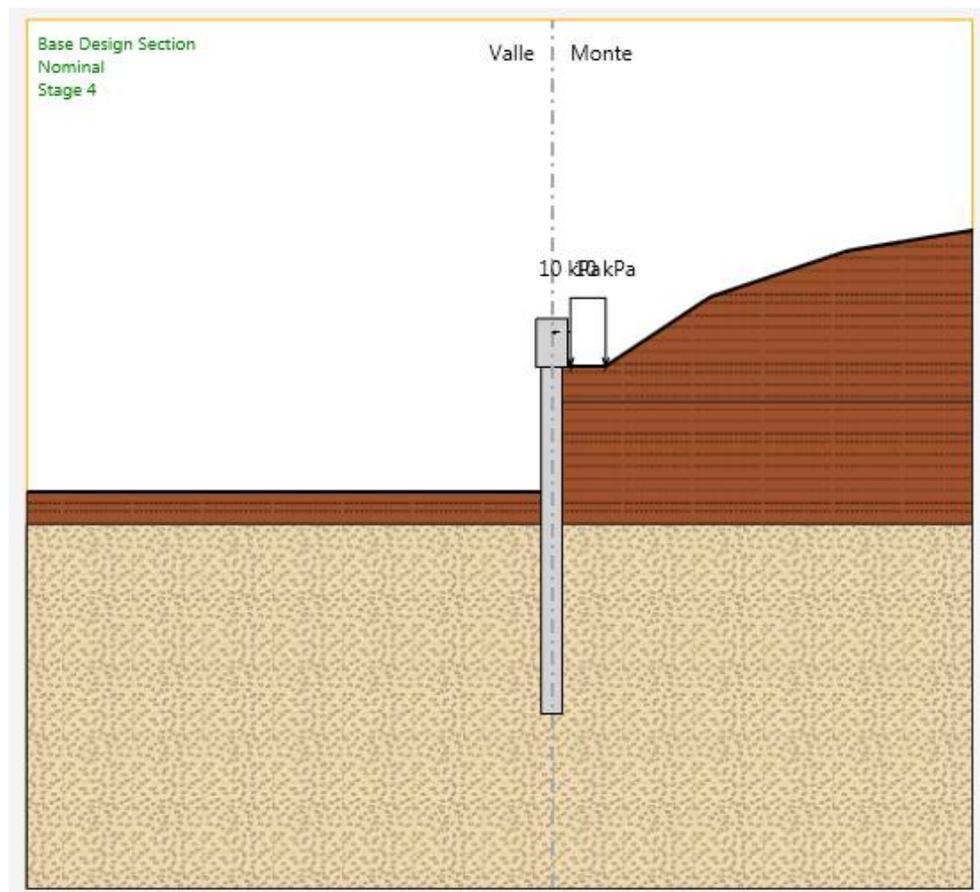


Figura 11 – Step 4: fondo scavo

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	41 di 130

FASE 5 – SOVRASCAVO

Paratia: Pali ϕ 1200, $i = 1.3$ m, $L = 20$ m; Muro sp. = 1.8 m, $H = 2.8$ m

Quota terreno lato monte: $0 \div 7.85$ m p.c.

Quota terreno lato valle: -7.7 m p.c.

Quota falda: assente

Sovraccarico = 10 kPa

Azione sismica: no

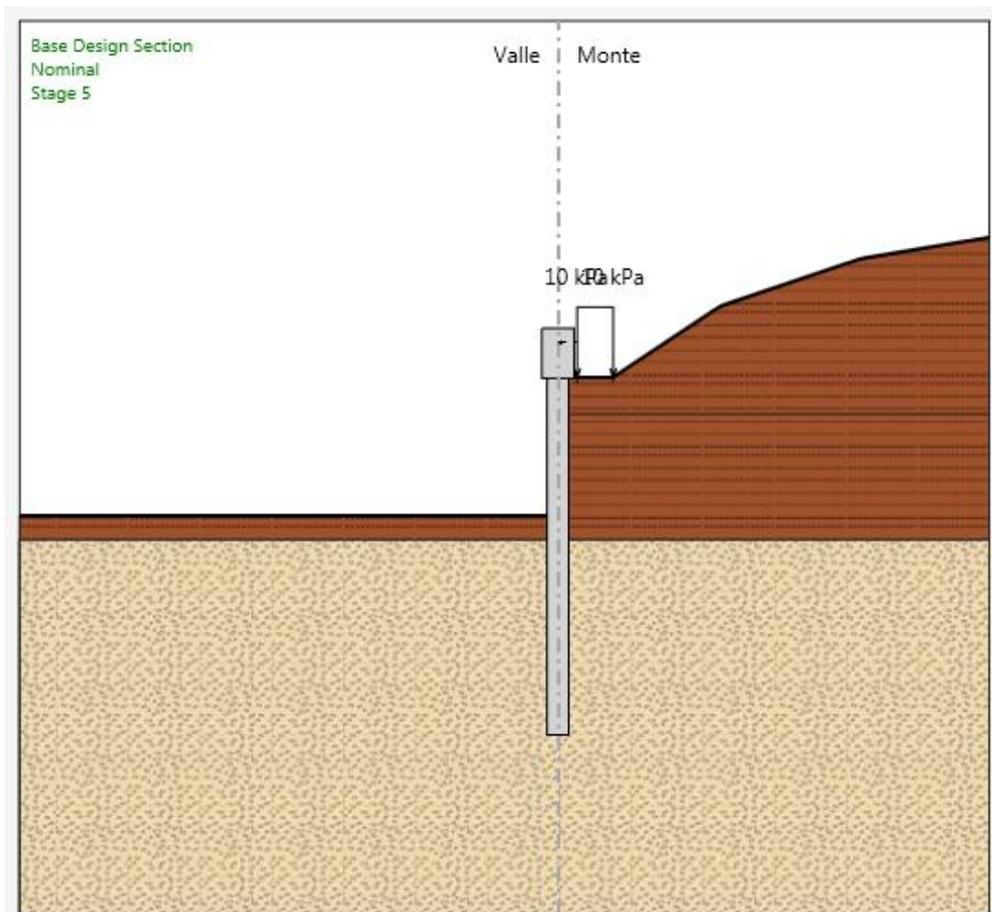


Figura 12 – Step 5: sovrascavo

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	42 di 130

FASE 6 – RIEMPIMENTO FINO ALLA QUOTA DI PROGETTO

Paratia: Pali ϕ 1200, $i = 1.3$ m, $L = 20$ m; Muro sp. = 1.8 m, $H = 2.8$ m

Quota terreno lato monte: 2.3 ÷ 7.85 m p.c. (10 m rispetto al terreno a monte nella configurazione di progetto)

Quota terreno lato valle: -7.7 m p.c.

Quota falda: assente

Sovraccarico = no

Azione sismica: no

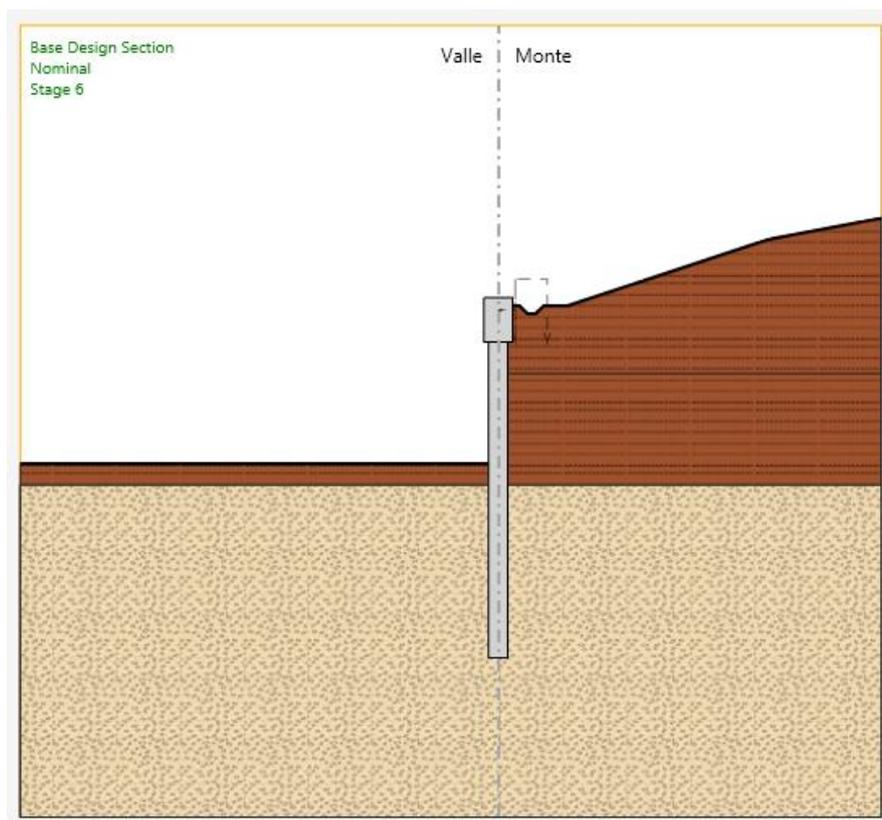


Figura 13 – Step 6: riempimento fino alla quota di progetto

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	43 di 130

FASE 7 – SISMA

Paratia: Pali ϕ 1200, $i = 1.3$ m, $L = 20$ m; Muro sp. = 1.8 m, $H = 2.8$ m

Quota terreno lato monte: 2.3 ÷ 7.85 m p.c. (10 m rispetto al terreno a monte nella configurazione di progetto)

Quota terreno lato valle: -7.7 m p.c.

Quota falda: assente

Sovraccarico = no

Azione sismica: si

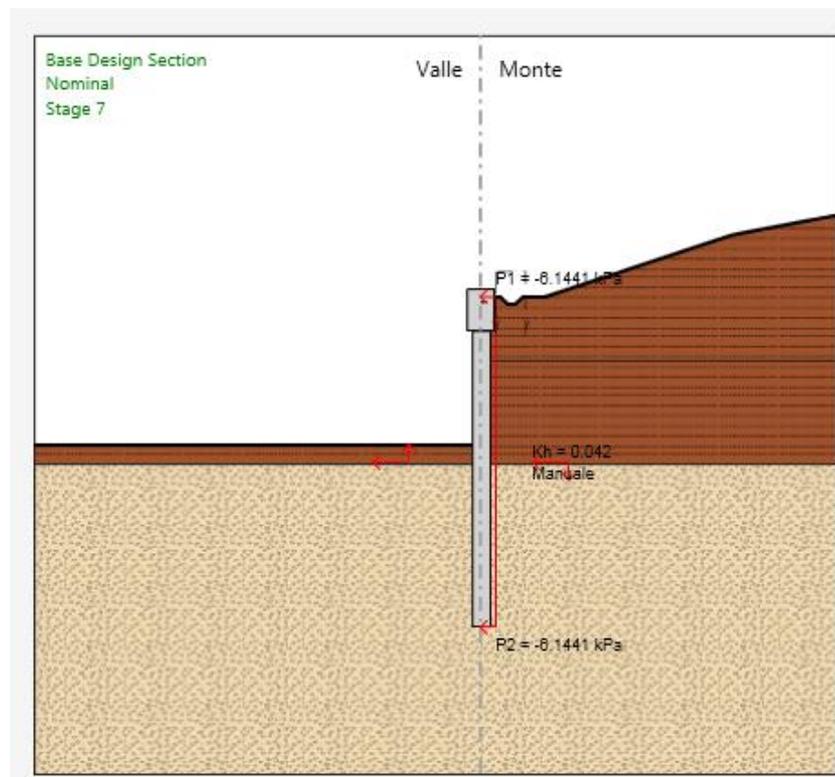


Figura 14 – Step 7: azione sismica

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</p>					
<p>Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406</p> <p>Relazione di calcolo</p>	<p>COMMESSA</p> <p>NR1J</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 29 CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>RI00 05 011</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>44 di 130</p>

8. CRITERI DI VERIFICA GEOTECNICA

Coerentemente con quanto descritto nel capitolo 6, le verifiche agli Stati Limite Ultimo della paratia sono condotte con riferimento a tutti i meccanismi di rottura e instabilità che possono verificarsi e previsti da normativa tecnica. Le verifiche di esercizio sono, invece, finalizzate alla valutazione degli spostamenti e della loro compatibilità con la funzionalità delle strutture adiacenti, compresa la sede ferroviaria.

8.1 Verifica della massima spinta passiva mobilitata

La lunghezza di ammassamento della paratia deve essere tale da garantire la stabilità dell'opera in tutte le fasi di realizzazione. La stabilità è verificata per mezzo del programma di calcolo Paratie, verificando la convergenza della soluzione calcolata e, dunque, l'equilibrio nella direzione orizzontale ed alla rotazione. Nell'ambito delle analisi si verificherà quindi che la spinta passiva mobilitata sia sempre inferiore alla spinta passiva ultima di progetto, nella Combinazione 2 dell'Approccio 1, garantendo un adeguato margine di sicurezza.

8.2 Verifica di stabilità globale

Per il progetto delle opere in oggetto, la verifica di stabilità globale del complesso opera-terreno è effettuata secondo la teoria dell'equilibrio limite nell'ambito della quale i terreni sono caratterizzati mediante un legame costitutivo rigido-plastico con criterio di rottura di Mohr-Coulomb (analisi in termini di sforzi efficaci). Tale approccio consente di svincolarsi da tutte le complesse problematiche legate all'analisi dello stato deformativo dell'ammasso e di definire un semplice fattore di sicurezza, convenzionalmente valutato come rapporto tra le forze di taglio potenzialmente mobilitabili lungo la superficie di rottura analizzata e le forze di taglio effettivamente mobilitate sotto l'azione delle forze agenti sull'ammasso (pesi propri, carichi esterni, ecc.).

L'analisi delle condizioni di equilibrio viene svolta con ricorso al codice di calcolo Slide (Rocscience). Il calcolo viene condotto utilizzando i metodi dell'equilibrio limite con particolare riferimento a quelli di Bishop semplificato e Morgenstern-Price, considerando forme di superfici di scivolamento compatibili

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406 Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO RI00 05 011	REV. B	FOGLIO 45 di 130

con i cinematismi di rottura attesi. Vengono quindi analizzate tutte le possibili superfici di scivolamento passanti esternamente rispetto all'opera di sostegno (stabilità globale).

La metodologia di calcolo adottata dal programma consiste nell'analizzare molteplici superfici di scivolamento ben definite, fornendone il fattore di sicurezza. La resistenza al taglio agente lungo la superficie di scivolamento necessaria all'equilibrio è calcolata attraverso l'equazione della statica. Il coefficiente di sicurezza è inteso come il fattore per il quale possono essere divisi i parametri di resistenza meccanica del materiale per portare il pendio alle condizioni di equilibrio limite, implicitamente assunto costante lungo tutta la superficie di scivolamento.

Nello specifico, nel metodo di Bishop si divide la massa di terreno interessata dal cinematismo in più conci assumendo che le azioni agenti all'interfaccia dei conci stessi abbiano risultante orizzontale, trascurando gli sforzi di taglio all'interfaccia tra i vari volumetti.

Le forze di inerzia, orizzontali e verticali, applicate alle masse in condizioni sismiche sono valutate mediante i coefficienti k_h e k_v , secondo quanto descritto nel capitolo 0.

8.3 Verifica degli spostamenti

Il calcolo degli spostamenti della berlinese è effettuato con PARATIE e secondo quanto previsto dalle NTC. Orientativamente, il valore limite degli spostamenti sarà pari ed accettabile 1/200 dell'altezza di scavo, per quanto riguarda il limite di spostamento agli SLE. Per quanto riguarda lo SLD, stato limite di danno al sisma, vale quanto riportato al punto 7.11.6.3.1 (metodo pseudostatico) della normativa vigente, dove si tollera uno spostamento di 1/200 sull'altezza totale della paratia (H_{tot}). Nei casi in cui le situazioni al contorno ed i requisiti prestazionali della paratia lo consentano, è possibile ammettere spostamenti di entità lievemente superiore.

8.4 Altre verifiche

In considerazione della stratigrafia e delle condizioni di falda, per l'opera in oggetto si ritiene che non possano innescarsi meccanismi di instabilità relativi al sollevamento, al sifonamento o ad altri stati limite di tipo idraulico.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</p>					
<p>Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406</p> <p>Relazione di calcolo</p>	<p>COMMESSA</p> <p>NR1J</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 29 CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>RI00 05 011</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>46 di 130</p>

9. CRITERI DI VERIFICA STRUTTURALE

Le verifiche vengono condotte secondo quanto dichiarato nell'istruttoria RFI DTC INC PO SP IFS 001 A § 1.8.3.

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. I coefficienti di sicurezza adottati sono i seguenti:

- coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo: 1.50;
- coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio in barre: 1.15;

Il paragrafo in oggetto illustra nel dettaglio i criteri generali adottati per le verifiche strutturali e geotecniche condotte nel progetto. Ulteriori dettagli di carattere specifico, laddove impiegati, sono dichiarati e motivati nelle relative risultanze delle verifiche.

9.1 Criteri di verifica delle sezioni in c.a.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione;
- verifiche per gli stati limite ultimi a taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio.

9.2 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione

Allo stato limite ultimo, le verifiche a flessione o presso-flessione vengono condotte confrontando (per le sezioni più significative) le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando di conseguenza il corrispondente fattore di sicurezza. Il calcolo viene effettuato mediante il software RC-SEC (GeoStru).

9.3 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dalle NTC2018, per elementi con armatura a taglio verticali.

Si fa, pertanto, riferimento ai seguenti valori della resistenza di calcolo:

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \left[\frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d; (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\},$$

resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio

$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \alpha + \cot \vartheta) \cdot \sin \alpha,$$

valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento

$$V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot (\cot \alpha + \cot \vartheta) / (1 + \cot^2 \vartheta),$$

valore di progetto del massimo sforzo di taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse.

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ con } d \text{ in mm};$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02;$$

dove:

A_{sl} area dell'armatura tesa;

b_w larghezza minima della sezione in zona tesa;

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0.2 \cdot f_{cd},$$

dove:

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	48 di 130

Relazione di calcolo

N_{Ed} forza assiale nella sezione dovuta ai carichi;

A_c area della sezione di calcestruzzo;

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2};$$

dove:

$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.5$ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave

A_{sw} area della sezione trasversale dell'armatura a taglio;

s passo delle staffe;

f_{ywd} tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio;

$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$ resistenza ridotta a compressione del calcestruzzo d'anima;

$\alpha_{cw} = 1$ coefficiente che tiene conto dell'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale.

9.4 Verifica agli stati limite d'esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

- stato limite delle tensioni in esercizio;
- stato limite di fessurazione.

Nel primo caso, si esegue il controllo delle tensioni nei materiali supponendo una legge costitutiva tensioni-deformazioni di tipo lineare. In particolare si controlla la tensione massima di compressione del calcestruzzo e di trazione dell'acciaio, verificando che:

$$\sigma_c < 0.55 f_{ck} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara);}$$

$$\sigma_c < 0.40 f_{ck} \text{ per combinazione di carico quasi permanente;}$$

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406 Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO RI00 05 011	REV. B	FOGLIO 49 di 130

$\sigma_s < 0.75 f_{yk}$ per combinazione di carico caratteristica (rara).

Nel secondo caso, si assume che le condizioni ambientali del sito in cui sorge l'opera siano aggressive e si verifica che il valore limite di apertura della fessura, calcolato per armature poco sensibili, sia al più pari ai seguenti valori nominali:

$w_1 = 0.2 \text{ mm}$ per condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, in particolare per le zone a permanente contatto con il terreno (comb. Frequente e quasi permanente).

10. SEZIONE 36+360 - RISULTATI

Nel presente capitolo si riassumono i risultati del calcolo effettuato assumendo una paratia di pali accostati avente le seguenti caratteristiche:

diametro pali= ϕ 1200;

interasse_{pali}=1.3 m

lunghezza pali=20m;

dimensione muro: 2.8 x 1.8 m.

INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE

Nella figura che segue si illustra il momento flettente massimo calcolato per le combinazioni agli Stati Limite Ultimo e Stati Limite di salvaguardia della Vita.

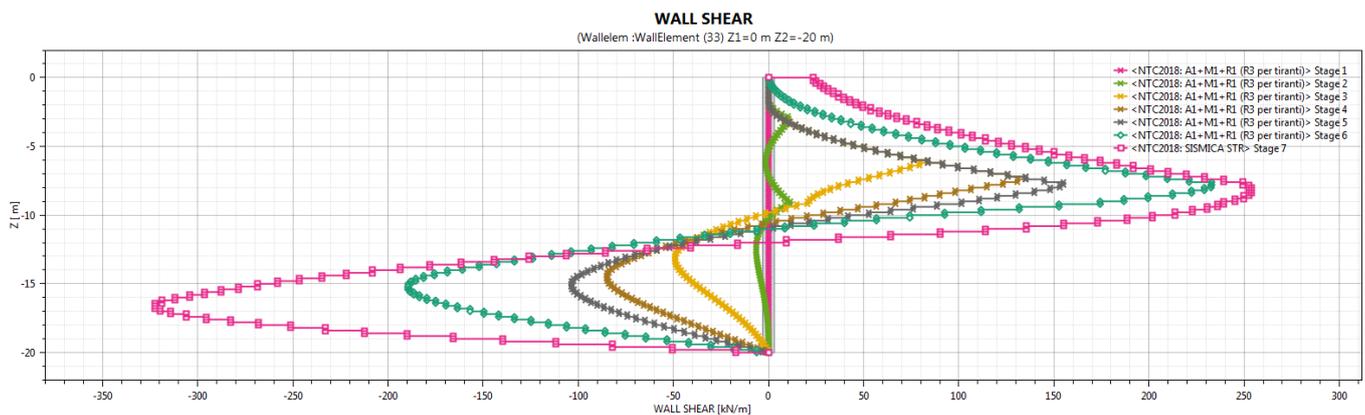


Figura 15 – Pali: Momento flettente massimo SLU/SLV

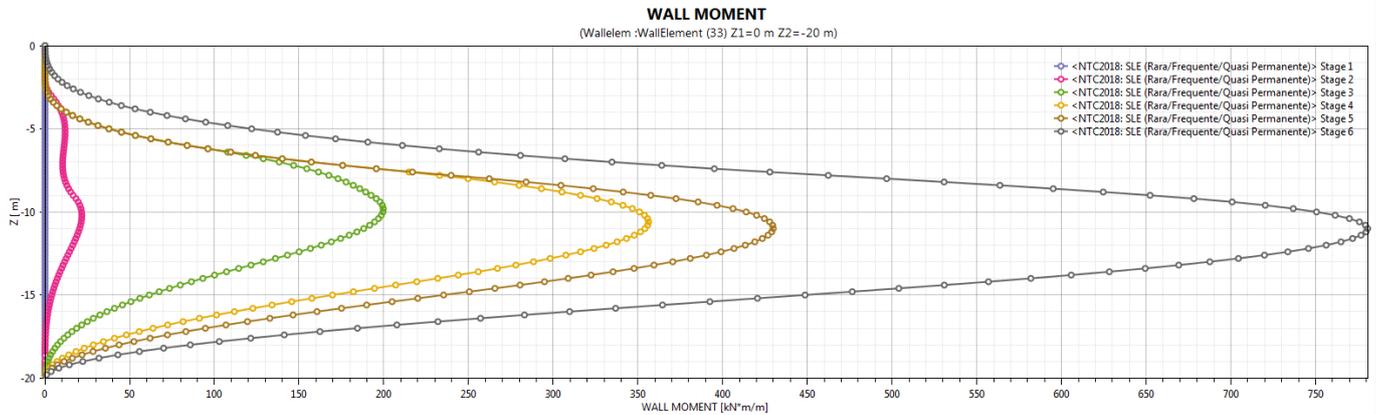


Figura 16 – Pali: Momento flettente massimo SLE



Figura 17 – Muro: Momento flettente massimo SLU/SLV

INVILUPPO AZIONE DI TAGLIO

Nella figura che segue si illustra l'azione di taglio massima calcolata per le combinazioni agli Stati Limite Ultimo e Stati Limite di salvaguardia della Vita.

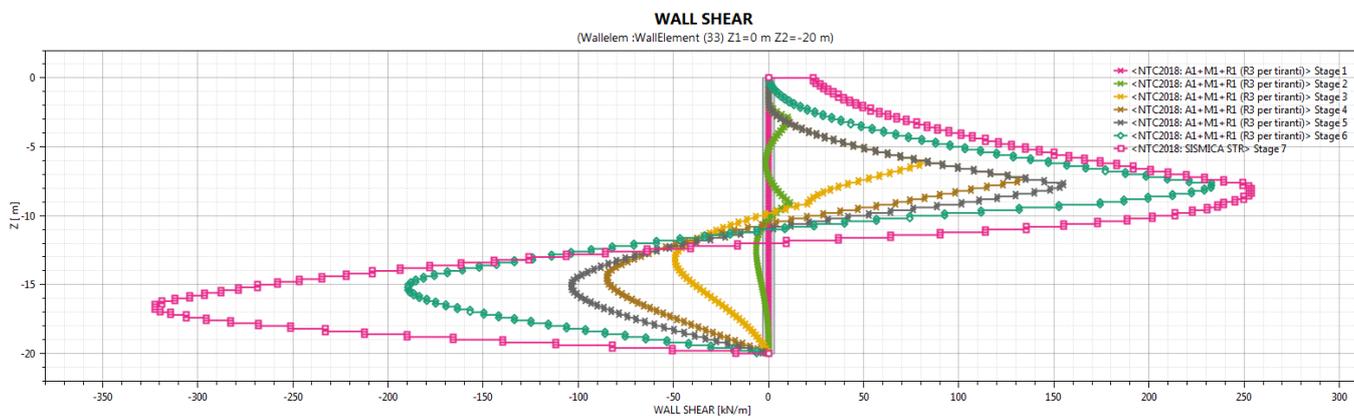


Figura 18 – Pali: Azione di taglio massimo SLU/SLV

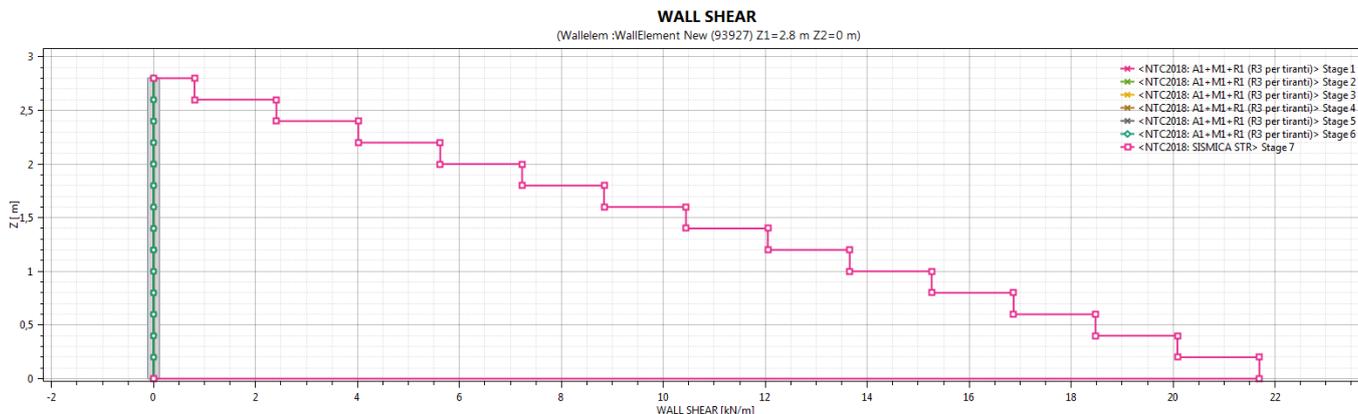


Figura 19 – Muro:: Azione di taglio massimo SLU/SLV

SPOSTAMENTO MASSIMO PARATIA

Nelle figure che seguono si illustrano gli spostamenti massimi calcolati negli Stati Limite di Esercizio e Stati Limite di Danno.

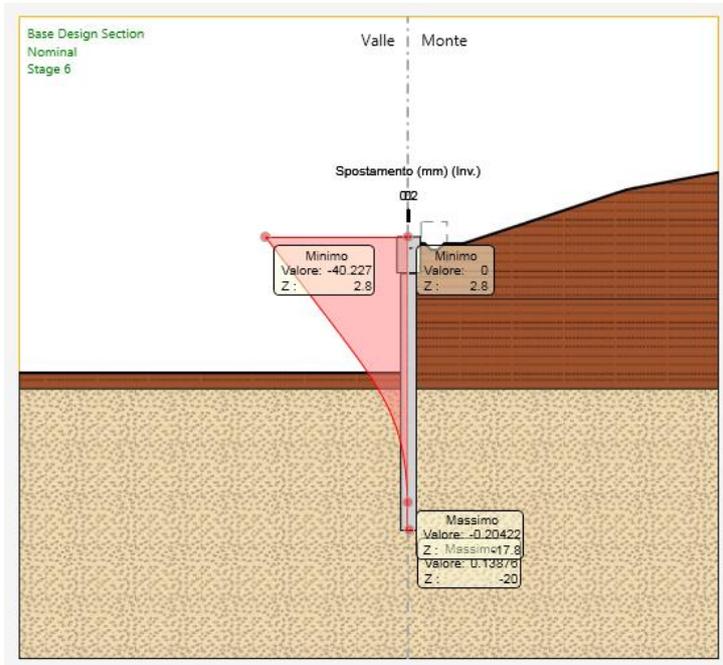


Figura 20 – Spostamento massimo SLE: 40 mm

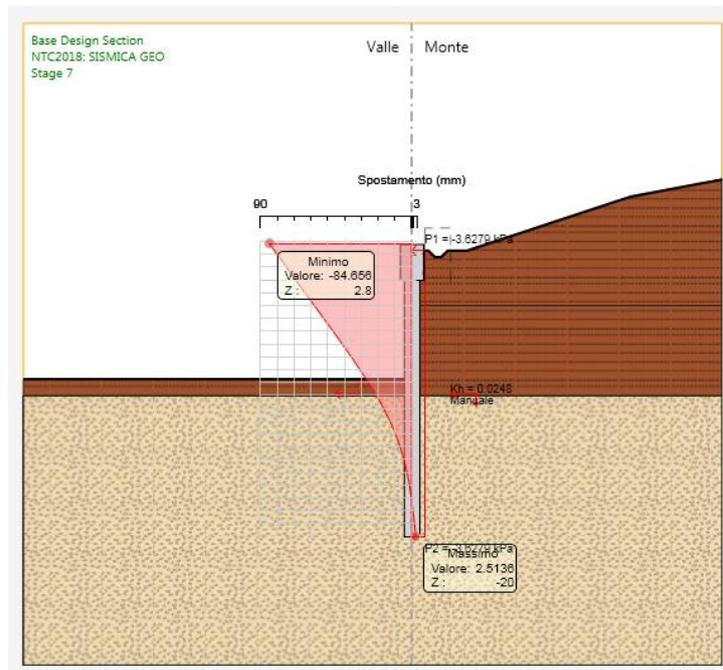


Figura 21 – Spostamento massimo SLD: 85 mm

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406 Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO RI00 05 011	REV. B

SPINTA PASSIVA MOBILITATA

Tabella 12 – Inviluppo spinta reale efficace / Spinta passiva (Approccio 1 Combinazione 2)

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
				%
NTC 2018: SISMICA GEO	Stage 6	Left Wall	LEFT	37
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 5	Left Wall	LEFT	34
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 1	Left Wall	LEFT	29

STABILITA' GLOBALE

I fattori di sicurezza calcolati nelle condizioni statiche e sismiche sono illustrati nelle figure seguenti, dove si riportano i minimi valori dei coefficienti di sicurezza.

E' stato verificato che il valore di progetto delle azioni fosse inferiore al valore di progetto delle resistenze disponibili, ovvero $R/Ed > \gamma_R = 1.1$ (paragrafo 6.8.2 delle NTC2018).

Oltre alla configurazione di progetto, è stata anche verificata la stabilità della scarpata con pendenza 2:3 nella condizione transitoria, necessaria per la realizzazione della banca da cui verranno eseguiti i pali della paratia definitiva.

Mentre $R/Ed > \gamma_R = 1.2$ (paragrafo 7.11.4 delle NTC2018) per quanto riguarda la configurazione definitiva in condizioni sismiche.

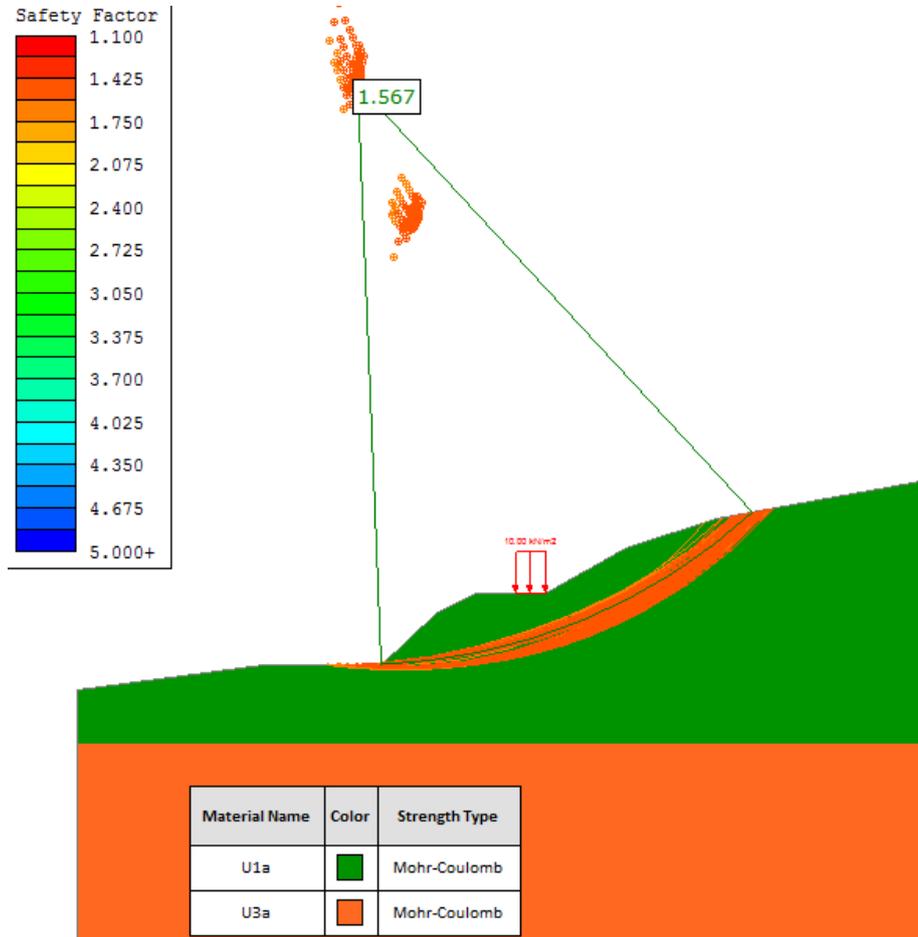


Figura 22 –Stabilità globale in condizione transitoria: fattore di sicurezza $SLU = 1.567$ (Metodo Bishop simplified)

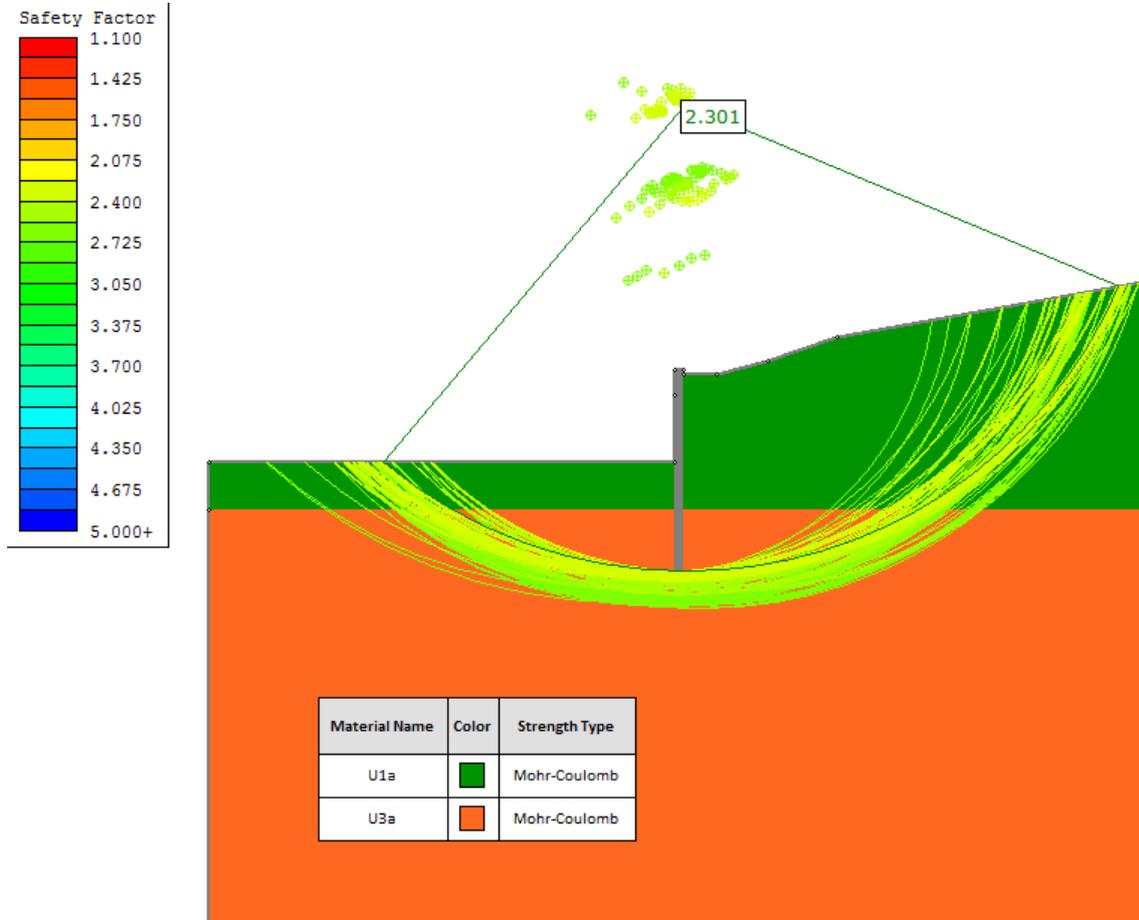


Figura 23 –Stabilità globale: fattore di sicurezza $SLU = 2.301$ (Metodo Bishop simplified)

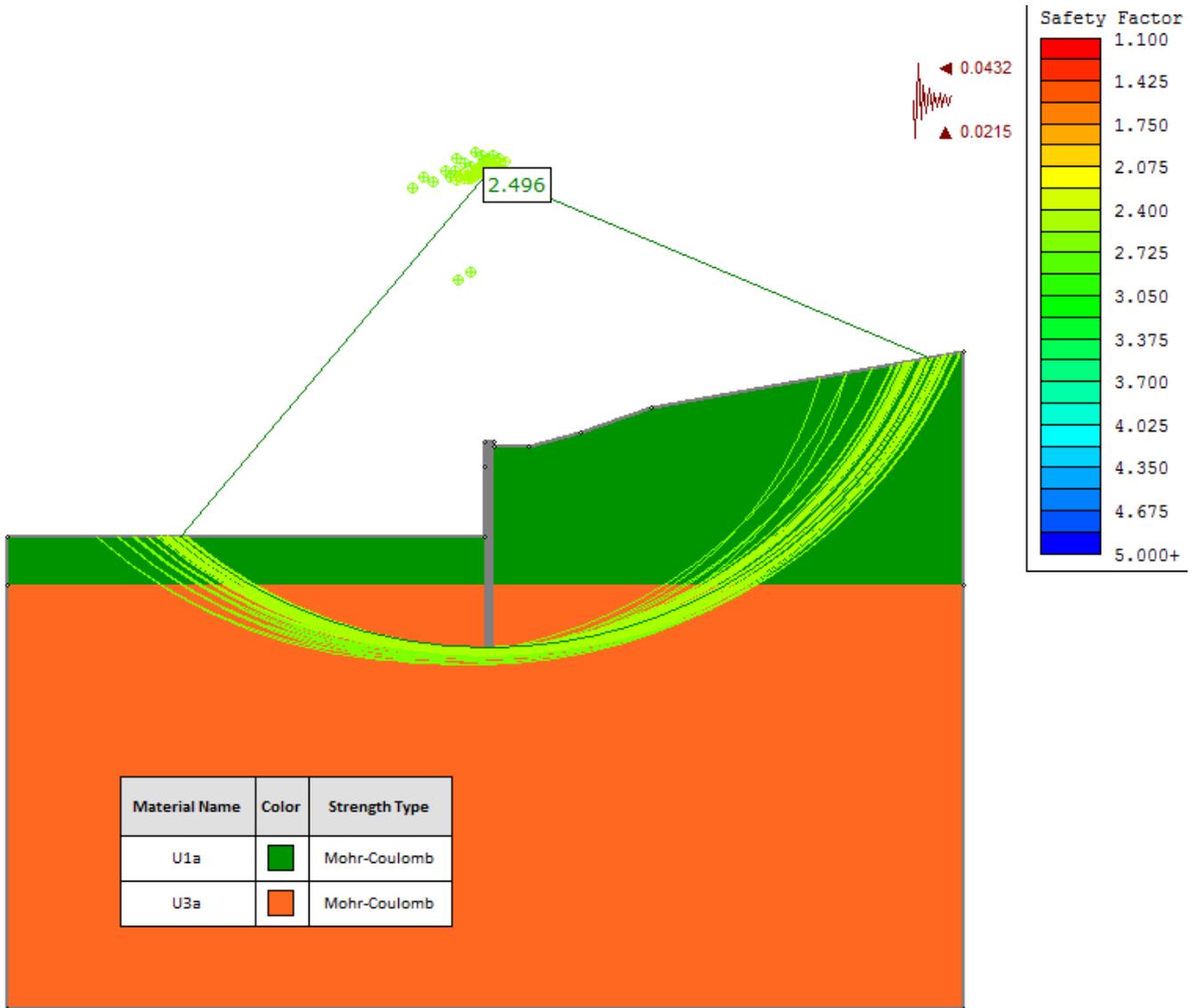


Figura 24 –Stabilità globale: fattore di sicurezza SLV = 2.496 (Metodo Bishop simplified)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406 Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO RI00 05 011	REV. B

11. SEZIONE 36+360 - VERIFICHE

11.1 Verifiche geotecniche

Sulla base dei risultati presentati nel precedente capitolo, la percentuale di spinta passiva massima mobilitata nella Combinazione 2 è tale da garantire la stabilità dell'opera alla rototraslazione.

I fattori di sicurezza rappresentati in Figura 22, Figura 23 e Figura 24 sono tali da garantire la stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno.

Infine, gli spostamenti massimi negli Stati Limite SLE ed SLD (v. *Figura 20* e *Figura 21*) sono compatibili con i requisiti prestazionali dell'opera di sostegno (v. capitolo 8.3).

11.2 Verifiche strutturali pali

Le azioni massime agenti lungo i pali sono riassunte nelle seguenti tabelle. I valori sul singolo palo sono ottenuti moltiplicando le sollecitazioni al metro lineare per l'interasse dei pali (1.3 m).

Si prevedono due tipi diversi di gabbia per il tratto centrale ed i tratti terminali del palo. Le profondità riportate in seguito sono riferite alla testa del palo.

Tratto centrale (7-16 m)

Stato Limite	Valori al metro lineare		Valori singolo palo	
	Momento	Taglio	Momento	Taglio
	[kN*m/m]	[kN/m]	[kN*m]	[kN]
SLU/SLV	1647	323	2141	420
SLE	781	-	1015	-

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	59 di 130

Relazione di calcolo

Tratti terminali (0-7 m e 16-20 m)

Stato Limite	Valori al metro lineare		Valori singolo palo	
	Momento	Taglio	Momento	Taglio
	[kN*m/m]	[kN/m]	[kN*m]	[kN]
SLU/SLV	903	323	1174	420
SLE	335	-	436	-

Si sceglie, pertanto, di armare i pali come segue.

Tratto centrale (7-16 m)

Copriferro netto: 60 mm
 Armatura longitudinale: due ordini di barre n.24 x ϕ 26
 Spira: ϕ 12/15
 Ferri circolari: ϕ 14/200

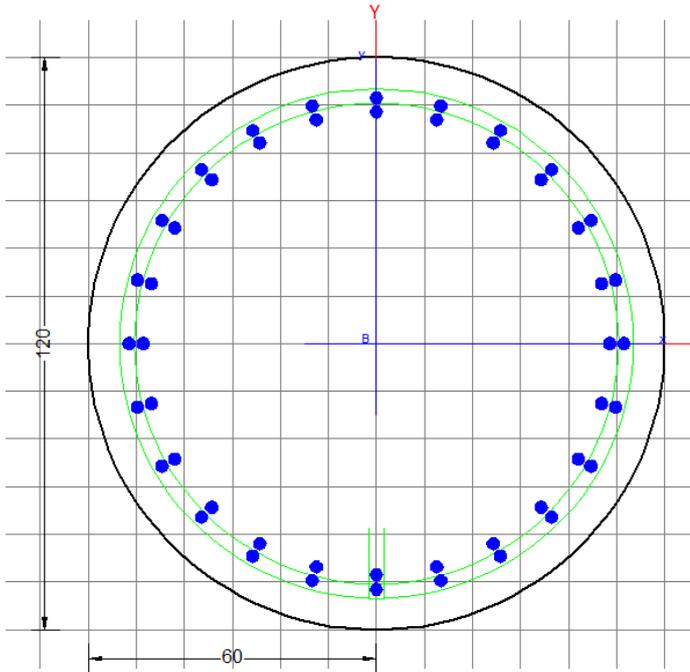
Tratti terminali (0-7 m e 16-20 m)

Copriferro netto: 60mm
 Armatura longitudinale: n.24 x ϕ 26
 Spira: ϕ 12/15
 Ferri circolari: ϕ 14/200

Si riportano in seguito le verifiche condotte con il software RC-SEC.

Tratto centrale (7-16 m)

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.
NOME SEZIONE: Palo_sez1_Mmax



Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30	MPa

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	61 di 130

Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 60.0 cm
X centro circ.: 0.0 cm
Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio	Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre	Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
Ø	Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	51.5	24	26
2	0.0	0.0	48.5	24	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
Passo staffe: 15.0 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.		
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate		
N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	2141.00	420.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
---------	---	----	----

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	62 di 130

1	0.00	1015.00	0.00
---	------	---------	------

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	1015.00 (638.35)	0.00 (0.00)

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	1015.00 (638.35)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	N	0.00	2141.00	0.00	3998.47	1.87	159.3(16.6)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.333	0.0	60.0	0.00270	0.0	51.5	-0.00700	0.0	-51.5

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	63 di 130

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000094186	-0.002151182	0.333	0.857

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm
Passo staffe: 15.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = V_y ortogonale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
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.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con $L=lungh.legat.proiettata$ sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	420.00	3213.96	982.58	95.3	105.9	1.000	1.000	12.5	29.3(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.80	0.0	0.0	-138.7	0.0	-51.5	1756	63.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.80	0.0	0.0	-138.7	0.0	-51.5	1756	63.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	64 di 130

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max \cdot (e_sm - e_cm)$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00078	0	0.500	26.0	72	0.00043 (0.00042)	367	0.159 (0.20)	638.35	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.80	0.0	0.0	-138.7	0.0	-51.5	1756	63.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00078	0	0.500	26.0	72	0.00052 (0.00042)	367	0.191 (0.20)	638.35	0.00

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

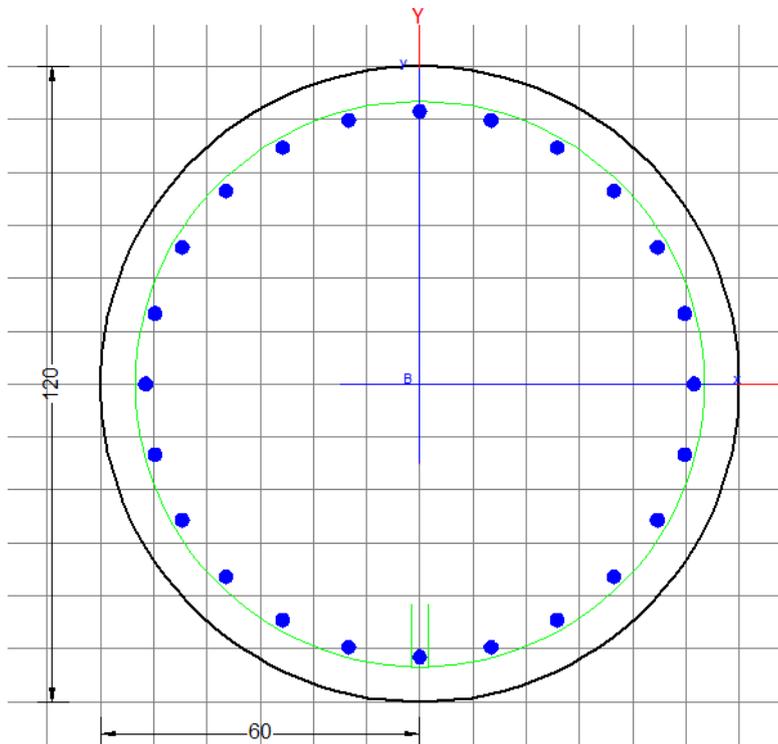
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	65 di 130

Tratti terminali (0-7 m e 16-20 m)

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: Palo_sez1_Mmedio



Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Tipologia sezione:

Normativa di riferimento:

Percorso sollecitazione:

Condizioni Ambientali:

Tipo di sollecitazione:

Riferimento Sforzi assegnati:

Riferimento alla sismicità:

Resistenze agli Stati Limite Ultimi

Sezione generica di Trave

N.T.C.

A Sforzo Norm. costante

Molto aggressive

Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)

Assi x,y principali d'inerzia

Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	66 di 130

Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00	daN/cm ²
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30

Raggio circ.:	60.0 cm
X centro circ.:	0.0 cm
Y centro circ.:	0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio	Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre	Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
Ø	Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	51.5	24	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	12	mm
Passo staffe:	15.0	cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale	

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.		
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate		
N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	1174.00	420.00

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	67 di 130

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	436.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	436.00 (542.44)	0.00 (0.00)

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	436.00 (542.44)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 10.8 cm
Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	N	0.00	1174.00	0.00	2227.16	1.90	90.3(16.7)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	69 di 130

1	S	3.54	0.0	0.0	-108.2	0.0	-51.5	1985	37.2
---	---	------	-----	-----	--------	-----	-------	------	------

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.54	0.0	0.0	-108.2	0.0	-51.5	1985	37.2

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
 Esito della verifica
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
 k2 = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
 Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
 wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00060	0	0.500	26.0	72	0.00032 (0.00032)	481	0.156 (0.20)	542.44	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.54	0.0	0.0	-108.2	0.0	-51.5	1985	37.2

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00060	0	0.500	26.0	72	0.00032 (0.00032)	481	0.156 (0.20)	542.44	0.00

11.3 Verifiche strutturali muro

Le azioni massime agenti sul muro sono riassunte nella seguente tabella.

Stato Limite	Valori al metro lineare	
	Momento	Taglio
	[kN*m/m]	[kN/m]
SLU/SLV	32*	22
SLE	1	-

*Valore riferito alle condizioni SLV.

Come previsto dall' Eurocodice (UNI EN 1992-1-1) per le piastre a portanza unidirezionale si raccomanda di prevedere un'armatura secondaria in quantità non minore del 20% dell'armatura principale. Viene inoltre prevista una armatura longitudinale di confinamento.

Per un tratto di muro di 1 m:

Armatura longitudinale lato monte: n.10 x ϕ 26

Armatura longitudinale lato valle: n.10 x ϕ 26

Armatura longitudinale di confinamento: n.8+8 x ϕ 20

Armatura orizzontale lato monte: n.8 x ϕ 22

Armatura orizzontale lato valle: n.8 x ϕ 22

Armatura trasversale: ϕ 12/15 a 2 braccia

Si riportano in seguito le verifiche condotte con il software RC-SEC.

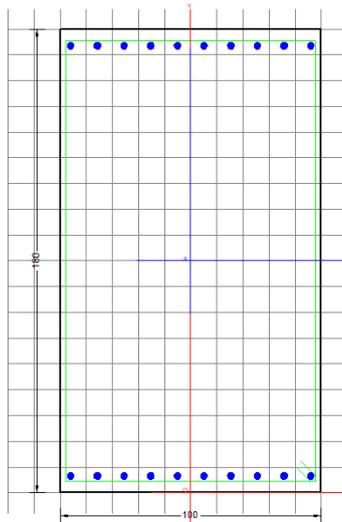
Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	71 di 130

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: Muro 180 cm



Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Normativa di riferimento:

Tipologia sezione:

Forma della sezione:

Percorso sollecitazione:

Condizioni Ambientali:

Riferimento Sforzi assegnati:

Riferimento alla sismicità:

Stati Limite Ultimi

N.T.C.

Sezione predefinita di Trave

Rettangolare

A Sforzo Norm. costante

Molto aggressive

Assi x,y principali d'inerzia

Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	17.00 MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	8.500 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	18.000 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	18.000 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	13.500 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	72 di 130

Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef:	200000.0	MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	180.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.5	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.5	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT	Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	32.00	22.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	1.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	1.00 (1923.84)

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	1.00 (1923.84)

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	73 di 130

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.7 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.6 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 1.5 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
 N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
 Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) § 4.1.2.1.2.1 NTC; deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	
1	S	0.00	32.00	0.00	3504.06	109.502	171.4	0.05	0.70	53.1 (29.1)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	180.0	0.00085	173.5	-0.06736	6.5

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

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

VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
 Ved Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
 Vrd Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23) NTC]
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28) NTC]
 Vwd Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27) NTC]
 bw/d Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Altezza utile sezione
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm²/m]

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	74 di 130

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	ASt
1	S	22.00	583.96	6636.39	921.39	100.0 173.5	1.000	1.000	0.4

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\varnothing/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.00	180.0	0.00	90.0	-0.1	173.5	16.3	1625	53.1	9.7

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000000 (0.000000)	312	0.000 (990.00)	1923.84

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.00	180.0	0.00	90.0	-0.1	173.5	16.3	1625	53.1	9.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000000 (0.000000)	312	0.000 (0.20)	1923.84

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.00	180.0	0.00	90.0	-0.1	173.5	16.3	1625	53.1	9.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	75 di 130

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00000	0.00000	0.50	0.40	0.000000 (0.000000)	312	0.000 (0.20)	1923.84



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	76 di 130

12. INCIDENZE

Sezione 36+360

Pali 170 kg/m³

Muro 110 kg/m³



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	77 di 130

ALLEGATI



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA
REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA
LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
----------	-------	----------	-----------	------	--------

Relazione di calcolo

NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	78 di 130
------	----	---------	-------------	---	-----------

ALLEGATO 1 – TABULATI DI CALCOLO PARATIE PLUS



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	80 di 130

Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Muro di sinistra

Sezione : pali 1200

Area equivalente : 0.86997950407102 m

Inerzia equivalente : 0.0783 m⁴/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 1.3 m

Diametro : 1.2 m

Efficacia : 1

X : 0 m

Quota in alto : 2.8 m

Quota di fondo : 0 m

Muro di sinistra

Sezione : Muro

Area equivalente : 1.8 m

Inerzia equivalente : 0.486 m⁴/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Solid

Spessore : 1.8 m

Efficacia : 1

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	81 di 130

Fasi di Calcolo

Stage 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;-6.05)

(-10.55;-6.05)

(-5.85;-1.65)

(-3;0)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;0)

(3;0)

(9;4)

(16.8;6.65)

(24;7.85)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -34 m

Falda di destra : -34 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 1 m

X finale : 3 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : pali 1200



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA
REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA
LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
----------	-------	----------	-----------	------	--------

Relazione di calcolo

NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	82 di 130
------	----	---------	-------------	---	-----------

Paratia : WallElement_New

X : 0 m

Quota in alto : 2.8 m

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Muro

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	83 di 130

Stage 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;-6.05)

(-10.55;-6.05)

(-7.1;-3)

(0;-3)

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;0)

(3;0)

(9;4)

(16.8;6.65)

(24;7.85)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -34 m

Falda di destra : -34 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 1 m

X finale : 3 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : pali 1200

Paratia : WallElement_New

X : 0 m

Quota in alto : 2.8 m



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	84 di 130

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Muro

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	85 di 130

Stage 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -6.05 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-6.05 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;0)

(3;0)

(9;4)

(16.8;6.65)

(24;7.85)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -34 m

Falda di destra : -34 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 1 m

X finale : 3 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : pali 1200

Paratia : WallElement_New

X : 0 m

Quota in alto : 2.8 m

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Muro

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	86 di 130

Stage 4

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7.2 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-7.2 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;0)

(3;0)

(9;4)

(16.8;6.65)

(24;7.85)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -34 m

Falda di destra : -34 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 1 m

X finale : 3 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : pali 1200

Paratia : WallElement_New

X : 0 m

Quota in alto : 2.8 m

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Muro

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	87 di 130

Stage 5

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7.7 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-7.7 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;0)

(3;0)

(9;4)

(16.8;6.65)

(24;7.85)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -34 m

Falda di destra : -34 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 1 m

X finale : 3 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : pali 1200

Paratia : WallElement_New

X : 0 m

Quota in alto : 2.8 m

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Muro

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	88 di 130

Stage 6

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 2.3 m

Lato valle : -7.7 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-7.7 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;2.3)

(1.3;2.3)

(1.8;1.8)

(2.3;1.8)

(2.8;2.3)

(4.3;2.3)

(9.1;3.9)

(16.9;6.5)

(24;7.85)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -34 m

Falda di destra : -34 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : pali 1200

Paratia : WallElement_New

X : 0 m

Quota in alto : 2.8 m

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Muro

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	89 di 130

Stage 7

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 2.3 m

Lato valle : -7.7 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-7.7 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;2.3)

(1.3;2.3)

(1.8;1.8)

(2.3;1.8)

(2.8;2.3)

(4.3;2.3)

(9.1;3.9)

(16.9;6.5)

(24;7.85)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -34 m

Falda di destra : -34 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : pali 1200

Paratia : WallElement_New

X : 0 m

Quota in alto : 2.8 m

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Muro

Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi	Carico	Pressio	Pressio	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi
	Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavour)	Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavour)	Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Sismico (F_seism_load)	ni Acqua (F_WaterDR)	ni Acqua (F_WaterRes)	Permane Destabili (F_UPL_GDStab)	Perman Stabilizzanti (F_UPL_GStab)	Variabili Destabilizzanti (F_UPL_QDStab)	Permane Destabilizzanti (F_HYD_GDStab)	Permane Stabilizzanti (F_HYD_QDStab)	Variabili Destabilizzanti (F_HYD_QDStab)
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/Frequente/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	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

Nome	Parziale su tan(ϕ') (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_cohes)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
	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
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	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)
	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
NTC2018: SISMICA STR	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1.2	1.1	1



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	91 di 130

Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5	Stage 6	Stage 7
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)							
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V	V	
NTC2018: A2+M2+R1							
NTC2018: SISMICA STR							V
NTC2018: SISMICA GEO							

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	92 di 130

Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

Tabella Inviluppi Momento WallElement

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	31.493
-0.2	0	36.155
-0.4	0	41.158
-0.6	0	46.544
-0.8	0	52.351
-1	0	58.617
-1.2	0	65.383
-1.4	0	72.687
-1.6	0	80.569
-1.8	0	89.068
-2	0	98.222
-2.2	0	108.158
-2.4	0	118.919
-2.6	0	130.55
-2.8	0	143.095
-3	0	156.599
-3.2	0	171.106
-3.4	0	186.662
-3.6	0	203.309
-3.8	0	221.094
-4	0	240.059
-4.2	0	260.25
-4.4	0	281.712
-4.6	0	304.488
-4.8	0	328.623
-5	0	354.162
-5.2	0	381.148
-5.4	0	409.628
-5.6	0	439.644
-5.8	0	471.242
-6	0	504.465
-6.2	0	539.359
-6.4	0	575.968
-6.6	0	614.337
-6.8	0	654.509
-7	0	696.53
-7.2	0	740.443
-7.4	0	786.293
-7.6	0	834.126
-7.8	0	883.984
-8	0	934.454
-8.2	0	985.235
-8.4	0	1036.027
-8.6	0	1086.531
-8.8	0	1136.445
-9	0	1185.47
-9.2	0	1233.306
-9.4	0	1280.461
-9.6	0	1326.531
-9.8	0	1371.107

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	93 di 130

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-10	0	1413.785
-10.2	0	1454.158
-10.4	0	1491.818
-10.6	0	1526.361
-10.8	0	1557.38
-11	0	1584.469
-11.2	0	1607.221
-11.4	0	1625.231
-11.6	0	1638.091
-11.8	0	1645.396
-12	0	1647.276
-12.2	0	1644.009
-12.4	0	1635.861
-12.6	0	1623.09
-12.8	0	1605.943
-13	0	1584.657
-13.2	0	1559.461
-13.4	0	1530.574
-13.6	0	1498.205
-13.8	0	1462.555
-14	0	1423.815
-14.2	0	1382.168
-14.4	0	1337.789
-14.6	0	1290.844
-14.8	0	1241.492
-15	0	1189.885
-15.2	0	1136.165
-15.4	0	1080.471
-15.6	0	1022.932
-15.8	0	963.672
-16	0	902.81
-16.2	0	840.459
-16.4	0	776.725
-16.6	0	712.263
-16.8	0	647.735
-17	0	583.781
-17.2	0	520.954
-17.4	0	459.766
-17.6	0	400.694
-17.8	0	344.15
-18	0	290.547
-18.2	0	240.28
-18.4	0.014	193.739
-18.6	0.037	151.302
-18.8	0.046	113.339
-19	0.046	80.22
-19.2	0.038	52.308
-19.4	0.026	29.968
-19.6	0.014	13.563
-19.8	0.004	3.453
-20	0	0

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	94 di 130

Tabella Involuppi Momento WallElement_New

Selected Design Assumptions	Involuppi: Momento	Muro: WallElement_New
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
2.8	0	0
2.6	0	0.161
2.4	0	0.643
2.2	0	1.446
2	0	2.571
1.8	0	4.017
1.6	0	5.784
1.4	0	7.873
1.2	0	10.284
1	0	13.015
0.8	0	16.068
0.6	0	19.442
0.4	0	23.138
0.2	0	27.155
0	0	31.493

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	95 di 130

Tabella Inviluppi Taglio WallElement

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0	23.306
-0.2	0	25.019
-0.4	0	26.928
-0.6	0	29.033
-0.8	0	31.333
-1	0	33.829
-1.2	0	36.521
-1.4	0	39.409
-1.6	0	42.493
-1.8	0	45.773
-2	0	49.677
-2.2	0	53.805
-2.4	0	58.154
-2.6	0	62.726
-2.8	0	67.521
-3	0	72.537
-3.2	0	77.776
-3.4	0	83.238
-3.6	0	88.922
-3.8	0	94.828
-4	0	100.956
-4.2	0	107.307
-4.4	0	113.88
-4.6	0	120.676
-4.8	0	127.694
-5	0	134.934
-5.2	0.388	142.397
-5.4	0.859	150.082
-5.6	1.206	157.989
-5.8	1.43	166.119
-6	1.529	174.471
-6.2	1.529	183.045
-6.4	1.503	191.842
-6.6	1.353	200.861
-6.8	1.08	210.103
-7	0.683	219.566
-7.2	0.164	229.253
-7.4	0	239.161
-7.6	0	249.292
-7.8	0	252.349
-8	0	253.906
-8.2	0	253.961
-8.4	0	253.961
-8.6	0	252.517
-8.8	0	249.571
-9	0	245.126
-9.2	0	239.179
-9.4	0	235.779
-9.6	0	230.347
-9.8	1.63	222.884
-10	6.694	213.389
-10.2	11.432	201.863
-10.4	15.868	188.305

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	96 di 130

Selected Design Assumptions Z (m)	Involuppi: Taglio Muro: WallElement	
	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-10.6	20.027	172.716
-10.8	23.931	155.096
-11	27.604	135.444
-11.2	31.069	113.761
-11.4	34.35	90.047
-11.6	46.548	64.301
-11.8	58.915	36.524
-12	70.79	9.402
-12.2	82.208	0
-12.4	93.203	0
-12.6	103.806	0
-12.8	114.05	0
-13	125.979	0
-13.2	144.436	0
-13.4	161.845	0
-13.6	178.252	0
-13.8	193.701	0
-14	208.234	0
-14.2	221.895	0
-14.4	234.723	0
-14.6	246.758	0
-14.8	258.037	0
-15	268.597	0
-15.2	278.472	0
-15.4	287.695	0
-15.6	296.298	0
-15.8	304.31	0
-16	311.758	0
-16.2	318.67	0
-16.4	322.307	0
-16.6	322.639	0
-16.8	322.639	0
-17	319.774	0
-17.2	314.133	0
-17.4	305.941	0
-17.6	295.36	0
-17.8	282.703	0
-18	268.016	0
-18.2	251.339	0
-18.4	232.704	0
-18.6	212.186	0
-18.8	189.811	0.004
-19	165.598	0.039
-19.2	139.558	0.058
-19.4	111.7	0.061
-19.6	82.029	0.061
-19.8	50.55	0.049
-20	17.263	0.022

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	97 di 130

Tabella Inviluppi Taglio WallElement_New

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement_New
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
2.8	0	0.803
2.6	0	2.41
2.4	0	4.017
2.2	0	5.624
2	0	7.231
1.8	0	8.837
1.6	0	10.444
1.4	0	12.051
1.2	0	13.658
1	0	15.265
0.8	0	16.871
0.6	0	18.478
0.4	0	20.085
0.2	0	21.692
0	0	21.692

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	98 di 130

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva %
NTC2018: SISMICA STR	Stage 7	Left Wall	LEFT	37.49
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 1	Left Wall	RIGHT	9.48

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	99 di 130

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva %
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 1	Left Wall	LEFT	235.47
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 5	Left Wall	RIGHT	110.61



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	100 di 130

ALLEGATO 2 – TABULATI DI CALCOLO SLIDE



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE
RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	101 di 130

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: pendio 36+360.slmd - Group 1 - SLU
Slide Modeler Version: 7.038
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 03/09/2018, 15:40:26

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
Name: NTC2018_SLU

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	102 di 130

Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

	Bishop simplified
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check malpha < 0.2:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	103 di 130

Pore Fluid Unit Weight [kN/m³]: 9.81
Use negative pore pressure cutoff: Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]: 0
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Auto Refine Search
Divisions along slope: 10
Circles per division: 10
Number of iterations: 10
Divisions to use in next iteration: 50%
Composite Surfaces: Disabled
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth [m]: 1
Minimum Area: Not Defined
Minimum Weight: Not Defined

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	104 di 130

Loading

- 1 Distributed Load present

Distributed Load 1

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 10
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Live

Material Properties

Property	U1a	U3a
Color		
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	17	18
Cohesion [kPa]	10	0
Friction Angle [deg]	27	32
Water Surface	None	None
Ru Value	0	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.566910
Center:	-10.023, 43.950
Radius:	50.078
Left Slip Surface Endpoint:	-8.090, -6.091

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	105 di 130

Right Slip Surface Endpoint: 23.852, 7.068
 Resisting Moment: 51016.2 kN-m
 Driving Moment: 32558.4 kN-m
 Total Slice Area: 109.822 m²
 Surface Horizontal Width: 31.9423 m
 Surface Average Height: 3.43815 m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1979
 Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.56691

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.6388 46	3.091 42	2.5782 3	U1a	8	22.176 8	6.290 92	9.8573	4.5564 4	0	4.5564 4	4.839 71	4.8397 1
2	0.6388 46	9.229 81	3.3101 4	U1a	8	22.176 8	8.732 95	13.683 7	13.943 7	0	13.943 7	14.44 88	14.448 8
3	0.6388 46	15.27 92	4.0425 9	U1a	8	22.176 8	11.12 34	17.429 3	23.132 6	0	23.132 6	23.91 87	23.918 7
4	0.6388 46	21.23 95	4.7757	U1a	8	22.176 8	13.46 25	21.094 6	32.124 5	0	32.124 5	33.24 92	33.249 2
5	0.6388 46	27.11 03	5.5095 9	U1a	8	22.176 8	15.75 08	24.680 1	40.920 6	0	40.920 6	42.43 99	42.439 9
6	0.6388 46	32.89 14	6.2444	U1a	8	22.176 8	17.98 83	28.186 1	49.521 9	0	49.521 9	51.49 02	51.490 2
7	0.6388 46	38.58 23	6.9802 4	U1a	8	22.176 8	20.17 54	31.613 1	57.929 3	0	57.929 3	60.39 94	60.399 4
8	0.6388	43.52	7.7172	U1a	8	22.176	22.05	34.556	65.150	0	65.150	68.13	68.139

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	106 di 130

	46	59	3		8	4	6	5		5	9		
9	0.6388	46.18	8.4555	U1a	8	22.176	23.02	36.076	68.879	0	68.879	72.30	72.302
	46	52	1			8	42	9	9		9	26	6
10	0.6388	48.57	9.1952	U1a	8	22.176	23.88	37.422	72.181	0	72.181	76.04	76.047
	46	7	1			8	31	6	5		5	76	6
11	0.6388	50.87	9.9364	U1a	8	22.176	24.7	38.702	75.321	0	75.321	79.64	79.648
	46	68	6			8		6	5		5	85	5
12	0.6388	53.08	10.679	U1a	8	22.176	25.47	39.916	78.300	0	78.300	83.10	83.104
	46	39	4			8	49	9	5		5	45	5
13	0.6388	55.00	11.424	U1a	8	22.176	26.13	40.946	80.826	0	80.826	86.10	86.106
	46	11	2			8	19	3				65	5
14	0.6388	54.31	12.170	U1a	8	22.176	25.77	40.394	79.473	0	79.473	85.03	85.033
	46	49	9			8	99	8				31	1
15	0.6388	52.77	12.919	U1a	8	22.176	25.09	39.329	76.859	0	76.859	82.61	82.616
	46	09	7			8	99	3	1		1	68	8
16	0.6388	51.13	13.670	U1a	8	22.176	24.38	38.212	74.118	0	74.118	80.05	80.050
	46	13	8			8	71	4	9		9	07	7
17	0.6388	49.39	14.424	U1a	8	22.176	23.64	37.044	71.252	0	71.252	77.33	77.333
	46	53	2			8	15	1	8		8	35	5
18	0.6388	47.56	15.180	U1a	8	22.176	22.86	35.824	68.260	0	68.260	74.46	74.463
	46	18	3			8	31	4	6		6	39	9
19	0.6388	45.62	15.939	U1a	8	22.176	24.75	38.786	75.527	0	75.527	82.59	82.597
	46	98				8	36	7	8		8	73	3
20	0.6388	43.59	16.700	U1a	8	22.176	24.34	38.146	73.957	0	73.957	81.26	81.262
	46	82	7			8	52	8	9		9	21	1
21	0.6388	41.46	17.465	U1a	8	22.176	23.45	36.755	70.544	0	70.544	77.92	77.924
	46	6	3			8	71	2	2		2	46	6
22	0.6388	39.23	18.233	U1a	8	22.176	22.53	35.311	67.003	0	67.003	74.42	74.427
	46	17	3			8	6	9	3		3	73	3
23	0.6388	38.64	19.004	U1a	8	22.176	19.30	30.246	54.575	0	54.575	61.22	61.223
	46	44	6			8	3		4		4	36	6
24	0.6388	40.11	19.779	U1a	8	22.176	19.61	30.729	55.760	0	55.760	62.81	62.813
	46	77	5			8	13	2	7		7	33	3
25	0.6388	41.49	20.558	U1a	8	22.176	20.04	31.415	57.444	0	57.444	64.96	64.963
	46	06	2			8	93	4	2		2	35	5
26	0.6388	42.75	21.340	U1a	8	22.176	20.44	32.032	58.957	0	58.957	66.94	66.944
	46	57	9			8	3	4	7		7	49	9
27	0.6388	43.91	22.127	U1a	8	22.176	20.79	32.579	60.300	0	60.300	68.75	68.754
	46	13	8			8	23	6	3		3	49	9
28	0.6388	44.95	22.919	U1a	8	22.176	21.09	33.056	61.470	0	61.470	70.39	70.390
	46	55	1			8	67	6	6		6	05	5
29	0.6388	45.88	23.715	U1a	8	22.176	21.35	33.463	62.467	0	62.467	71.84	71.848
	46	64				8	6		3		3	86	6

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	107 di 130

30	0.6388 46	46.70 2	24.515 9	U1a	8	22.176 8	21.56 98	33.797 9	63.289 2	0	63.289 2	73.12 63	73.126 3
31	0.6388 46	47.4	25.321 9	U1a	8	22.176 8	21.73 77	34.061	63.934 4	0	63.934 4	74.21 99	74.219 9
32	0.6388 46	47.97 81	26.133 2	U1a	8	22.176 8	21.85 92	34.251 4	64.401 4	0	64.401 4	75.12 59	75.125 9
33	0.6388 46	48.41 72	26.950 3	U1a	8	22.176 8	21.92 78	34.358 9	64.665 4	0	64.665 4	75.81 42	75.814 2
34	0.6388 46	47.72 84	27.773 3	U1a	8	22.176 8	21.58 99	33.829 4	63.366 4	0	63.366 4	74.73 66	74.736 6
35	0.6388 46	46.32 26	28.602 7	U1a	8	22.176 8	20.99 69	32.900 3	61.087	0	61.087	72.53 62	72.536 2
36	0.6388 46	44.78 59	29.438 6	U1a	8	22.176 8	20.36 05	31.903	58.640 3	0	58.640 3	70.13 09	70.130 9
37	0.6388 46	43.11 52	30.281 4	U1a	8	22.176 8	19.67 99	30.836 6	56.024 2	0	56.024 2	67.51 56	67.515 6
38	0.6388 46	41.30 7	31.131 6	U1a	8	22.176 8	18.95 47	29.700 3	53.236 6	0	53.236 6	64.68 51	64.685 1
39	0.6388 46	39.35 76	31.989 4	U1a	8	22.176 8	18.18 43	28.493 2	50.275 3	0	50.275 3	61.63 35	61.633 5
40	0.6388 46	37.26 31	32.855 4	U1a	8	22.176 8	17.36 81	27.214 3	47.137 8	0	47.137 8	58.35 45	58.354 5
41	0.6388 46	35.01 92	33.729 9	U1a	8	22.176 8	16.50 54	25.862 5	43.821 5	0	43.821 5	54.84 17	54.841 7
42	0.6388 46	32.62 14	34.613 4	U1a	8	22.176 8	15.59 55	24.436 8	40.323 8	0	40.323 8	51.08 78	51.087 8
43	0.6388 46	30.06 47	35.506 4	U1a	8	22.176 8	14.63 77	22.935 9	36.641 6	0	36.641 6	47.08 51	47.085 1
44	0.6388 46	27.34 39	36.409 4	U1a	8	22.176 8	13.63 1	21.358 5	32.772 1	0	32.772 1	42.82 51	42.825 1
45	0.6388 46	24.45 32	37.323 1	U1a	8	22.176 8	12.57 47	19.703 5	28.711 7	0	28.711 7	38.29 91	38.299 1
46	0.6388 46	20.92 28	38.248	U1a	8	22.176 8	11.31 13	17.723 8	23.855	0	23.855	32.77 14	32.771 4
47	0.6388 46	16.61 38	39.184 9	U1a	8	22.176 8	9.797 95	15.352 5	18.037 6	0	18.037 6	26.02 44	26.024 4
48	0.6388 46	12.11 24	40.134 4	U1a	8	22.176 8	8.235 69	12.904 6	12.032 2	0	12.032 2	18.97 57	18.975 7
49	0.6388 46	7.412 78	41.097 4	U1a	8	22.176 8	6.624 4	10.379 8	5.8383 7	0	5.8383 7	11.61 67	11.616 7
50	0.6388 46	2.506 19	42.074 7	U1a	8	22.176 8	4.963 21	7.7769	0.5473 29	0	0.5473 29	3.933 3	3.9333

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.56691

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-8.08986	-6.0905	0	0	0
2	-7.45101	-6.06174	3.8786	0	0
3	-6.81216	-6.02479	8.92957	0	0
4	-6.17332	-5.97964	14.9749	0	0
5	-5.53447	-5.92627	21.8411	0	0
6	-4.89563	-5.86464	29.3586	0	0
7	-4.25678	-5.79474	37.3623	0	0
8	-3.61794	-5.71653	45.6906	0	0
9	-2.97909	-5.62995	54.1072	0	0
10	-2.34024	-5.53499	62.2408	0	0
11	-1.7014	-5.43157	69.9986	0	0
12	-1.06255	-5.31965	77.3121	0	0
13	-0.423708	-5.19918	84.1161	0	0
14	0.215138	-5.07009	90.3378	0	0
15	0.853983	-4.9323	95.8192	0	0
16	1.49283	-4.78576	100.554	0	0
17	2.13167	-4.63037	104.58	0	0
18	2.77052	-4.46605	107.941	0	0
19	3.40937	-4.29272	110.681	0	0
20	4.04821	-4.11027	112.679	0	0
21	4.68706	-3.9186	114.02	0	0
22	5.3259	-3.71759	114.792	0	0
23	5.96475	-3.50714	115.055	0	0
24	6.60359	-3.28711	115.35	0	0
25	7.24244	-3.05737	115.039	0	0
26	7.88129	-2.81778	114.055	0	0
27	8.52013	-2.56818	112.369	0	0
28	9.15898	-2.30841	109.957	0	0
29	9.79782	-2.0383	106.8	0	0
30	10.4367	-1.75767	102.881	0	0

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	109 di 130

31	11.0755	-1.46631	98.1897	0	0
32	11.7144	-1.16403	92.7187	0	0
33	12.3532	-0.850607	86.4661	0	0
34	12.9921	-0.525797	79.4383	0	0
35	13.6309	-0.189351	71.8799	0	0
36	14.2697	0.158997	63.9833	0	0
37	14.9086	0.519535	55.8185	0	0
38	15.5474	0.892568	47.4631	0	0
39	16.1863	1.27843	39.0026	0	0
40	16.8251	1.67746	30.5315	0	0
41	17.464	2.09004	22.1533	0	0
42	18.1028	2.51658	13.9819	0	0
43	18.7417	2.95751	6.14219	0	0
44	19.3805	3.4133	-1.22907	0	0
45	20.0194	3.88446	-7.98186	0	0
46	20.6582	4.37154	-13.9519	0	0
47	21.297	4.87513	-18.7554	0	0
48	21.9359	5.39588	-21.9035	0	0
49	22.5747	5.93449	-23.135	0	0
50	23.2136	6.49174	-22.1662	0	0
51	23.8524	7.06847	0	0	0

List Of Coordinates

Distributed Load

X	Y
6	0
3.5	0

External Boundary

X	Y
12.9	3.9
6	0



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	110 di 130

0	0
-3.4	-1.7
-8.1	-6.1
-18.1	-6.1
-34.1	-8.3
-34.1	-13
-34.1	-30
39	-30
39	-13
39	9.8
20.7	6.5

Material Boundary

X	Y
-34.1	-13
39	-13



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE
RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	111 di 130

Relazione di calcolo

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: paratia 36+360.slmd - Group 1 - SLU
Slide Modeler Version: 7.038
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 03/09/2018, 15:40:26

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
Name: NTC2018_SLU

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	112 di 130

Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

	Bishop simplified
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check malpha < 0.2:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE
RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	113 di 130

Relazione di calcolo

Pore Fluid Unit Weight [kN/m³]: 9.81
Use negative pore pressure cutoff: Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]: 0
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Auto Refine Search
Divisions along slope: 10
Circles per division: 10
Number of iterations: 10
Divisions to use in next iteration: 50%
Composite Surfaces: Disabled
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth [m]: 1
Minimum Area: Not Defined
Minimum Weight: Not Defined

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	114 di 130

Material Properties

Property	U1a	U3a	Paratia
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	17	18	25
Cohesion [kPa]	10	0	
Friction Angle [deg]	27	32	
Water Surface	None	None	None
Ru Value	0	0	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	2.300780
Center:	3.522, 32.921
Radius:	52.942
Left Slip Surface Endpoint:	-30.431, -7.700
Right Slip Surface Endpoint:	52.284, 12.301
Resisting Moment:	571935 kN-m
Driving Moment:	248583 kN-m
Total Slice Area:	1198.92 m2
Surface Horizontal Width:	82.715 m
Surface Average Height:	14.4946 m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 650

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	115 di 130

Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.30078

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	1.521 29	15.83 58	- 38.8341	U1a	8	22.1768	6.204 8	14.275 9	15.39 64	0	15.396 4	10.40 15	10.401 5
2	1.521 29	46.36 11	- 36.7498	U1a	8	22.1768	10.22 71	23.530 2	38.09 96	0	38.099 6	30.46 27	30.462 7
3	1.521 29	74.68 25	- 34.7208	U1a	8	22.1768	13.87 52	31.923 8	58.69 16	0	58.691 6	49.07 65	49.076 5
4	1.521 29	100.9 63	- 32.7405	U1a	8	22.1768	17.19 02	39.550 8	77.40 22	0	77.402 2	66.34 92	66.349 2
5	1.521 29	125.3 4	- 30.8033	U1a	8	22.1768	20.20 47	46.486 5	94.41 74	0	94.417 4	82.37 14	82.371 4
6	1.646 68	161.7 97	- 28.8277	U3a	0	26.5603	24.24 3	55.777 7	111.5 79	0	111.57 9	98.23 59	98.235 9
7	1.646 68	187.5 63	- 26.8121	U3a	0	26.5603	27.79 55	63.951 3	127.9 3	0	127.93	113.8 82	113.88 2
8	1.646 68	211.1 89	- 24.8318	U3a	0	26.5603	30.97 48	71.266 2	142.5 62	0	142.56 2	128.2 29	128.22 9
9	1.646 68	232.7 82	- 22.8828	U3a	0	26.5603	33.81 01	77.789 7	155.6 12	0	155.61 2	141.3 42	141.34 2
10	1.646 68	252.4 31	- 20.9613	U3a	0	26.5603	36.32 59	83.578 91	167.1 91	0	167.19 1	153.2 75	153.27 5
11	1.646 68	270.2 13	- 19.0643	U3a	0	26.5603	38.54 29	88.678 8	177.3 94	0	177.39 4	164.0 75	164.07 5
12	1.646 68	286.1 96	- 17.1888	U3a	0	26.5603	40.47 86	93.132 4	186.3 04	0	186.30 4	173.7 82	173.78 2
13	1.646 68	300.4 36	- 15.3321	U3a	0	26.5603	42.14 8	96.973 2	193.9 87	0	193.98 7	182.4 31	182.43 1
14	1.646 68	312.9 82	- 13.4917	U3a	0	26.5603	43.56 39	100.23 1	200.5 04	0	200.50 4	190.0 52	190.05 2
15	1.646 68	323.8 75	- 11.6655	U3a	0	26.5603	44.73 79	102.93 2	205.9 06	0	205.90 6	196.6 69	196.66 9
16	1.646	333.1	-	U3a	0	26.5603	45.67	105.09	210.2	0	210.23	202.3	202.30

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	116 di 130

	68	52	9.85117			84	6	37		7	05	5	
17	1.646	340.8	-	U3a	0	26.5603	46.39	106.74	213.5	0	213.53	206.9	206.97
	68	4	8.04682			51	5	35		0	5	76	6
18	1.646	346.9	-	U3a	0	26.5603	46.89	107.89	215.8	0	215.83	210.6	210.69
	68	63	6.25046			45	4	32		0	2	96	6
19	1.646	351.5	-	U3a	0	26.5603	47.18	108.55	217.1	0	217.15	213.4	213.47
	68	39	4.46027			23	6	58		0	8	78	8
20	1.646	354.5	-	U3a	0	26.5603	47.26	108.74	217.5	0	217.53	215.3	215.32
	68	83	2.67443			44	5	36		0	6	28	8
21	1.646	730.7	-	U3a	0	26.5603	96.74	222.58	445.2	0	445.26	443.7	443.75
	68	3	0.89118			33	5	62		0	2	58	8
22	1.646	636.0	0.89118	U3a	0	26.5603	83.64	192.43	384.9	0	384.95	386.2	386.25
	68	38	8			03	8	56		0	6	57	7
23	1.646	634.5	2.67443	U3a	0	26.5603	82.88	190.69	381.4	0	381.46	385.3	385.33
	68	18				19	3	67		0	7	38	8
24	1.646	635.8	4.46027	U3a	0	26.5603	82.49	189.81	379.7	0	379.7	386.1	386.13
	68	24				81				0		35	5
25	1.646	643.7	6.25046	U3a	0	26.5603	82.97	190.9	381.8	0	381.87	390.9	390.96
	68	74				19		79		0	9	67	7
26	1.646	650.3	8.04682	U3a	0	26.5603	83.25	191.56	383.2	0	383.20	394.9	394.97
	68	67				96	2	05		0	5	76	6
27	1.646	655.5	9.85117	U3a	0	26.5603	83.35	191.77	383.6	0	383.63	398.1	398.10
	68	18				3	7	33		0	3	08	8
28	1.646	660.9	11.6655	U3a	0	26.5603	83.47	192.05	384.1	0	384.18	401.4	401.42
	68	68				34	4	87		0	7	21	1
29	1.646	665.4	13.4917	U3a	0	26.5603	83.45	192.01	384.1	0	384.11	404.1	404.14
	68	39				82	9	18		0	8	41	1
30	1.646	668.2	15.3321	U3a	0	26.5603	83.22	191.48	383.0	0	383.04	405.8	405.85
	68	59				4		41		0	1	58	8
31	1.646	669.3	17.1888	U3a	0	26.5603	82.76	190.43	380.9	0	380.94	406.5	406.54
	68	84				85	2	43		0	3	46	6
32	1.646	667.6	19.0643	U3a	0	26.5603	81.95	188.55	377.1	0	377.17	405.5	405.5
	68	54				05		79		0	9		
33	1.646	658.9	20.9613	U3a	0	26.5603	80.27	184.70	369.4	0	369.48	400.2	400.23
	68	82				84	3	83		0	3	37	7
34	1.646	647.8	22.8828	U3a	0	26.5603	78.30	180.16	360.4	0	360.4	393.4	393.45
	68					47	2			0		5	
35	1.646	634.6	24.8318	U3a	0	26.5603	76.10	175.09	350.2	0	350.26	385.4	385.48
	68	74				33	7	66		0	6	82	2
36	1.646	619.5	26.8121	U3a	0	26.5603	73.66	169.48	339.0	0	339.04	376.2	376.27
	68	14				59	9	48		0	8	79	9
37	1.646	602.2	28.8277	U3a	0	26.5603	70.98	163.32	326.7	0	326.70	365.7	365.77

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	117 di 130

	68	15					46	08		8	77	7	
38	1.724 22	610.4 4	30.9326	U1a	8	22.1768	59.85 58	137.71 5	318.2 26	0	318.22 6	354.0 95	354.09 5
39	1.724 22	588.0 84	33.1346	U1a	8	22.1768	57.28 88	131.80 9	303.7 36	0	303.73 6	341.1 32	341.13 2
40	1.724 22	562.9 18	35.3935	U1a	8	22.1768	54.47 2	125.32 8	287.8 36	0	287.83 6	326.5 38	326.53 8
41	1.724 22	534.7 04	37.7176	U1a	8	22.1768	51.38 87	118.23 4	270.4 33	0	270.43 3	310.1 76	310.17 6
42	1.724 22	503.1 51	40.1173	U1a	8	22.1768	48.01 94	110.48 2	251.4 17	0	251.41 7	291.8 77	291.87 7
43	1.724 22	467.9	42.6052	U1a	8	22.1768	44.34 09	102.01 9	230.6 53	0	230.65 3	271.4 33	271.43 3
44	1.724 22	428.4 98	45.197	U1a	8	22.1768	40.32 39	92.776 4	207.9 79	0	207.97 9	248.5 81	248.58 1
45	1.724 22	384.3 56	47.9133	U1a	8	22.1768	35.93 26	82.673 1	183.1 93	0	183.19 3	222.9 79	222.97 9
46	1.724 22	334.6 96	50.7813	U1a	8	22.1768	31.12 22	71.605 3	156.0 41	0	156.04 1	194.1 75	194.17 5
47	1.724 22	278.4 4	53.8384	U1a	8	22.1768	25.83 46	59.439 7	126.1 95	0	126.19 5	161.5 43	161.54 3
48	1.724 22	214.0 26	57.1396	U1a	8	22.1768	19.99 36	46.000 8	93.22 59	0	93.225 9	124.1 78	124.17 8
49	1.724 22	139.0 28	60.7704	U1a	8	22.1768	13.49 61	31.051 5	56.55 16	0	56.551 6	80.67 07	80.670 7
50	1.724 22	49.25 45	64.8798	U1a	8	22.1768	6.199 28	14.263 2	15.36 52	0	15.365 2	28.58 71	28.587 1

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.30078

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-30.4314	-7.7	0	0	0
2	-28.9101	-8.92464	28.2795	0	0
3	-27.3888	-10.0606	87.0941	0	0
4	-25.8675	-11.1148	170.042	0	0
5	-24.3462	-12.093	271.864	0	0
6	-22.8249	-13	388.189	0	0

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	118 di 130

7	-21.1783	-13.9063	529.171	0	0
8	-19.5316	-14.7385	681.336	0	0
9	-17.8849	-15.5005	840.891	0	0
10	-16.2382	-16.1955	1004.63	0	0
11	-14.5915	-16.8264	1169.82	0	0
12	-12.9449	-17.3954	1334.14	0	0
13	-11.2982	-17.9048	1495.59	0	0
14	-9.6515	-18.3563	1652.46	0	0
15	-8.00482	-18.7513	1803.3	0	0
16	-6.35814	-19.0913	1946.85	0	0
17	-4.71147	-19.3773	2082.07	0	0
18	-3.06479	-19.6101	2208.06	0	0
19	-1.41811	-19.7904	2324.08	0	0
20	0.228572	-19.9189	2429.55	0	0
21	1.87525	-19.9958	2523.98	0	0
22	3.52193	-20.0214	2694.44	0	0
23	5.16861	-19.9958	2822.09	0	0
24	6.81529	-19.9189	2929.02	0	0
25	8.46197	-19.7904	3015.88	0	0
26	10.1086	-19.6101	3083.42	0	0
27	11.7553	-19.3773	3131.09	0	0
28	13.402	-19.0913	3158.43	0	0
29	15.0487	-18.7513	3165.06	0	0
30	16.6954	-18.3563	3150.51	0	0
31	18.342	-17.9048	3114.41	0	0
32	19.9887	-17.3954	3056.44	0	0
33	21.6354	-16.8264	2976.53	0	0
34	23.2821	-16.1955	2875.44	0	0
35	24.9288	-15.5005	2753.7	0	0
36	26.5754	-14.7385	2611.92	0	0
37	28.2221	-13.9063	2450.86	0	0
38	29.8688	-13	2271.47	0	0
39	31.593	-11.9667	2045.7	0	0
40	33.3172	-10.8413	1802.47	0	0
41	35.0415	-9.61621	1543.64	0	0
42	36.7657	-8.28273	1271.48	0	0
43	38.4899	-6.82991	988.888	0	0
44	40.2141	-5.24412	699.454	0	0



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	119 di 130

45	41.9383	-3.508	407.795	0	0
46	43.6626	-1.59888	119.916	0	0
47	45.3868	0.513814	-156.173	0	0
48	47.111	2.87298	-409.414	0	0
49	48.8352	5.54226	-623.841	0	0
50	50.5594	8.62365	-774.864	0	0
51	52.2837	12.3011	0	0	0

List Of Coordinates

External Boundary

X	Y
12.9	3.9
7.1	2.3
3.4	2.3
3.4	2.8
2.4	2.8
2.4	0
2.4	-7.7
-50	-7.7
-50	-13
-50	-60
55	-60
55	-13
55	12.8
20.7	6.5

Material Boundary

X	Y
-50	-13
2.4	-13
3.4	-13
55	-13



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	120 di 130

Material Boundary

X	Y
2.4	-7.7
2.4	-13
2.4	-20
3.4	-20
3.4	-13
3.4	0
3.4	2.3



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE
RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	121 di 130

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: paratia 36+360_sisma.slmd - Group 1 - SLU
Slide Modeler Version: 7.038
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 03/09/2018, 15:40:26

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
Name: NTC2018_SLU

Type	Partial Factor
------	----------------

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	122 di 130

Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1
Coefficient of shearing resistance	1
Undrained strength	1
Weight density	1
Shear strength (other models)	1
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

	Bishop simplified
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check $\text{malpha} < 0.2$:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

Groundwater Analysis



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	123 di 130

Relazione di calcolo

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m³]: 9.81
Use negative pore pressure cutoff: Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]: 0
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Auto Refine Search
Divisions along slope: 10
Circles per division: 10
Number of iterations: 10
Divisions to use in next iteration: 50%
Composite Surfaces: Disabled
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth [m]: 1
Minimum Area: Not Defined
Minimum Weight: Not Defined

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	124 di 130

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.0432

Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.0215

Material Properties

Property	U1a	U3a	Paratia
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	17	18	25
Cohesion [kPa]	10	0	
Friction Angle [deg]	27	32	
Water Surface	None	None	None
Ru Value	0	0	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	2.496230
Center:	2.654, 32.582
Radius:	52.591
Left Slip Surface Endpoint:	-31.158, -7.700
Right Slip Surface Endpoint:	51.085, 12.081
Resisting Moment:	677832 kN-m
Driving Moment:	271542 kN-m
Total Slice Area:	1175.06 m ²
Surface Horizontal Width:	82.2429 m
Surface Average Height:	14.2876 m

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	125 di 130

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 680

Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.49623

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	1.5158	15.7856	-38.9477	U1a	10	27	7.28599	18.1875	16.0689	0	16.0689	10.1798	10.1798
2	1.5158	46.2101	-36.854	U1a	10	27	11.9147	29.7418	38.7454	0	38.7454	29.8146	29.8146
3	1.5158	74.431	-34.8163	U1a	10	27	16.094	40.1744	59.2208	0	59.2208	48.0284	48.0284
4	1.5158	100.613	-32.8278	U1a	10	27	19.8761	49.6153	77.7496	0	77.7496	64.9266	64.9266
5	1.5158	124.893	-30.883	U1a	10	27	23.3023	58.16849	94.5349	0	94.5349	80.5981	80.5981
6	1.63955	161.079	-28.9007	U3a	0	32	27.9156	69.6837	111.517	0	111.517	96.1064	96.1064
7	1.63955	186.698	-26.8791	U3a	0	32	31.9372	79.7225	127.583	0	127.583	111.395	111.395
8	1.63955	210.187	-24.8932	U3a	0	32	35.522	88.6662	141.896	0	141.896	125.413	125.413
9	1.63955	231.652	-22.9387	U3a	0	32	38.7009	96.6064	154.602	0	154.602	138.224	138.224
10	1.63955	251.184	-21.0121	U3a	0	32	41.5102	103.619	165.826	0	165.826	149.881	149.881
11	1.63955	268.859	-19.1101	U3a	0	32	43.9739	109.769	175.667	0	175.667	160.431	160.431
12	1.63955	284.7	-	U3a	0	32	46.11	115.11	184.2	0	184.21	169.9	169.91

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	126 di 130

	55	44	17.2298				35	14		4	13	3	
13	1.639	298.8	-	U3a	0	32	47.94	119.68	191.5	0	191.54	178.3	178.36
	55	97	15.3684				71	7	4		61	1	
14	1.639	311.3	-	U3a	0	32	49.49	123.54	197.7	0	197.70	185.8	185.80
	55	65	13.5235				14	2	08		8	05	5
15	1.639	322.1	-	U3a	0	32	50.75	126.70	202.7	0	202.77	192.2	192.26
	55	91	11.6928				93	7	73		3	68	8
16	1.639	331.4	-	U3a	0	32	51.76	129.21	206.7	0	206.78	197.7	197.77
	55	09	9.87419				29	2	83		3	73	3
17	1.639	339.0	-	U3a	0	32	52.51	131.08	209.7	0	209.77	202.3	202.33
	55	48	8.06555				2	2	76		6	34	4
18	1.639	345.1	-	U3a	0	32	53.01	132.34	211.7	0	211.78	205.9	205.96
	55	33	6.26498				59		88		8	68	8
19	1.639	349.6	-4.4706	U3a	0	32	53.28	133.00	212.8	0	212.85	208.6	208.68
	55	8					19	4	51		1	85	5
20	1.639	352.7	-	U3a	0	32	53.31	133.09	212.9	0	212.98	210.4	210.49
	55	04	2.68062				68	1	89		9	93	3
21	1.639	444.1	-	U3a	0	32	66.61	166.28	266.1	0	266.11	265.0	265.07
	55	51	0.89324				41	4	11		1	72	2
22	1.639	770.1	0.89324	U3a	0	32	114.6	286.07	457.8	0	457.82	459.6	459.60
	55	02	9				04	8	21		1	08	8
23	1.639	631.4	2.68062	U3a	0	32	93.24	232.75	372.4	0	372.48	376.8	376.85
	55	28					22	4	85		5	5	
24	1.639	628.9	4.4706	U3a	0	32	92.15	230.05	368.1	0	368.15	375.3	375.36
	55	28					9		58		8	63	3
25	1.639	633.7	6.26498	U3a	0	32	92.15	230.04	368.1	0	368.15	378.2	378.27
	55	94					86	9	55		5	72	2
26	1.639	640.3	8.06555	U3a	0	32	92.38	230.62	369.0	0	369.07	382.1	382.17
	55	16					97	6	78		8	7	
27	1.639	645.2	9.87419	U3a	0	32	92.38	230.61	369.0	0	369.05	385.1	385.14
	55	83					49	4	59		9	4	
28	1.639	649.4	11.6928	U3a	0	32	92.24	230.27	368.5	0	368.51	387.6	387.60
	55	12					91	5	17		7	09	9
29	1.639	653.7	13.5235	U3a	0	32	92.12	229.97	368.0	0	368.03	390.1	390.19
	55	37					89	5	37		7	96	6
30	1.639	656.5	15.3684	U3a	0	32	91.77	229.09	366.6	0	366.62	391.8	391.85
	55	02					6	4	26		6	51	1
31	1.639	657.5	17.2298	U3a	0	32	91.17	227.59	364.2	0	364.22	392.5	392.50
	55	82					51	4	26		6	01	1
32	1.639	656.9	19.1101	U3a	0	32	90.32	225.46	360.8	0	360.82	392.1	392.11
	55	3					3	7	22		2	17	7
33	1.639	651.1	21.0121	U3a	0	32	88.75	221.55	354.5	0	354.55	388.6	388.65

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	127 di 130

	55	13					5	3	59		9	5	
34	1.639	639.9	22.9387	U3a	0	32	86.46	215.83	345.4	0	345.41	382.0	382.00
	55	75					6	9	14	0	4	08	8
35	1.639	626.9	24.8932	U3a	0	32	83.92	209.49	335.2	0	335.26	374.2	374.21
	55	03					54	7	66	0	6	1	
36	1.639	611.8	26.8791	U3a	0	32	81.12	202.51	324.0	0	324.08	365.2	365.20
	55	07					63		84	0	4	04	4
37	1.639	594.5	28.9007	U3a	0	32	78.06	194.85	311.8	0	311.83	354.9	354.92
	55	82					01	6	35	0	5	28	8
38	1.707	599.3	31.0062	U1a	10	27	66.02	164.81	303.8	0	303.84	343.5	343.52
	56	65					68	8	46	0	6	29	9
39	1.707	577.3	33.2032	U1a	10	27	63.12	157.56	289.6	0	289.60	330.9	330.91
	56	54					04	3	09	0	9	19	9
40	1.707	552.5	35.4569	U1a	10	27	59.94	149.63	274.0	0	274.04	316.7	316.72
	56	88					28	1	4	0		29	9
41	1.707	524.8	37.7758	U1a	10	27	56.47	140.97	257.0	0	257.05	300.8	300.82
	56	34					64	8	58	0	8	27	7
42	1.707	493.8	40.17	U1a	10	27	52.70	131.55	238.5	0	238.56	283.0	283.05
	56	09					07	3	61	0	1	5	
43	1.707	459.1	42.6521	U1a	10	27	48.59	121.29	218.4	0	218.43	263.1	263.19
	56	6					17	6	31	0	1	95	5
44	1.707	420.4	45.238	U1a	10	27	44.11	110.13	196.5	0	196.52	241.0	241.00
	56	41					93	2	2	0		07	7
45	1.707	377.0	47.9479	U1a	10	27	39.24	97.969	172.6	0	172.64	216.1	216.15
	56	8					68	1	49	0	9	57	7
46	1.707	328.3	50.8088	U1a	10	27	33.92	84.693	146.5	0	146.59	188.2	188.20
	56	11					86	5	94	0	4	08	8
47	1.707	273.0	53.8583	U1a	10	27	28.10	70.159	118.0	0	118.07	156.5	156.55
	56	82					62	5	7	0		54	4
48	1.707	209.8	57.1506	U1a	10	27	21.70	54.178	86.70	0	86.705	120.3	120.32
	56	66					42	7	56	0	6	2	
49	1.707	136.2	60.7709	U1a	10	27	14.62	36.502	52.01	0	52.013	78.14	78.147
	56	93					29	2	36	0	6	7	
50	1.707	48.27	64.8666	U1a	10	27	6.729	16.799	13.34	0	13.344	27.68	27.689
	56	6					84	2	43	0	3	92	2

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.49623

Slice	X	Y	Interslice	Interslice	Interslice
-------	---	---	------------	------------	------------

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	128 di 130

Number	coordinate [m]	coordinate - Bottom [m]	Normal Force [kN]	Shear Force [kN]	Force Angle [degrees]
1	-31.1576	-7.7	0	0	0
2	-29.6419	-8.92518	30.0301	0	0
3	-28.1261	-10.0614	90.0846	0	0
4	-26.6103	-11.1155	173.649	0	0
5	-25.0945	-12.0934	275.409	0	0
6	-23.5787	-13	390.977	0	0
7	-21.9391	-13.9051	530.642	0	0
8	-20.2996	-14.7361	680.874	0	0
9	-18.66	-15.497	837.885	0	0
10	-17.0205	-16.1908	998.494	0	0
11	-15.3809	-16.8206	1160.01	0	0
12	-13.7414	-17.3887	1320.16	0	0
13	-12.1018	-17.8971	1477	0	0
14	-10.4623	-18.3478	1628.87	0	0
15	-8.82272	-18.7421	1774.39	0	0
16	-7.18317	-19.0814	1912.35	0	0
17	-5.54362	-19.3668	2041.76	0	0
18	-3.90407	-19.5991	2161.8	0	0
19	-2.26452	-19.7791	2271.78	0	0
20	-0.624968	-19.9073	2371.17	0	0
21	1.01458	-19.9841	2459.54	0	0
22	2.65413	-20.0096	2556.18	0	0
23	4.29368	-19.9841	2698.78	0	0
24	5.93323	-19.9073	2795.52	0	0
25	7.57278	-19.7791	2871.99	0	0
26	9.21233	-19.5991	2929.18	0	0
27	10.8519	-19.3668	2966.98	0	0
28	12.4914	-19.0814	2984.98	0	0
29	14.131	-18.7421	2982.86	0	0
30	15.7705	-18.3478	2960.28	0	0
31	17.4101	-17.8971	2916.91	0	0
32	19.0496	-17.3887	2852.53	0	0
33	20.6892	-16.8206	2767.01	0	0
34	22.3287	-16.1908	2660.86	0	0
35	23.9683	-15.497	2535.05	0	0
36	25.6078	-14.7361	2390.25	0	0
37	27.2474	-13.9051	2227.27	0	0

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00	D 29 CL	RI00 05 011	B	129 di 130

38	28.8869	-13	2047.1	0	0
39	30.5945	-11.9737	1821.93	0	0
40	32.3021	-10.8562	1580.93	0	0
41	34.0096	-9.64015	1325.99	0	0
42	35.7172	-8.31679	1059.4	0	0
43	37.4248	-6.87531	784.023	0	0
44	39.1323	-5.30226	503.412	0	0
45	40.8399	-3.58045	222.084	0	0
46	42.5474	-1.68748	-54.1277	0	0
47	44.255	0.406864	-317.495	0	0
48	45.9626	2.74494	-557.439	0	0
49	47.6701	5.38955	-758.812	0	0
50	49.3777	8.44123	-898.502	0	0
51	51.0853	12.081	0	0	0

List Of Coordinates

External Boundary

X	Y
12.9	3.9
7.1	2.3
3.4	2.3
3.4	2.8
2.4	2.8
2.4	0
2.4	-7.7
-50	-7.7
-50	-13
-50	-60
55	-60
55	-13
55	12.8
20.7	6.5



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+266 - 36+406

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione di calcolo

NR1J 00 D 29 CL RI00 05 011 B 130 di 130

Material Boundary

X	Y
-50	-13
2.4	-13
3.4	-13
55	-13

Material Boundary

X	Y
2.4	-7.7
2.4	-13
2.4	-20
3.4	-20
3.4	-13
3.4	0
3.4	2.3