

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:
CONSORZIO:



SOCI:



PROGETTAZIONE:
MANDATARIA:



MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA VIADOTTI

VI02 – VIADOTTO UFITA MELITO DA KM 4+827.3 A KM 5+032.3

RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA AV Il Direttore Tecnico Ing. Vincenzo Moriello 10/06/2020	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 Ing. Paolo Galvanin

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	SCALA:
IF28	01	E	ZZ	CL	VI0202	000	B	-

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione per consegna	G.Gianni	21/02/2020	L.Zanelotti	21/02/2020	M.Vernaleone	21/02/2020	P.Galvanin 10/06/2020
B	Recepimento istruttoria	G.Gianni	10/06/2020	L.Zanelotti	10/06/2020	M.Vernaleone	10/06/2020	

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 2 di 82

Indice

1	INTRODUZIONE	5
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E NORMATIVA.....	6
2.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	6
2.2	NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO	6
2.3	SOFTWARE	7
2.4	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	7
3	MATERIALI.....	8
3.1	ACCIAIO.....	8
3.1.1	ACCIAIO PER ARMATURA STRUTTURE IN C.A.	8
3.2	CALCESTRUZZO.....	8
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E ASPETTI IDRAULICI	9
4.1	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	9
4.2	ASPETTI IDROGEOLOGICI	9
5	DESCRIZIONE DELLE OPERE E SEZIONI DI CALCOLO	10
5.1	OPERE DI SOSTEGNO E MANUFATTI.....	10
5.2	SEZIONI DI CALCOLO	10
6	CRITERI DI ANALISI	13
6.1	OPERE DI SOSTEGNO	13
6.2	FONDAZIONI SU PALI	13
6.3	STABILITÀ DEL VERSANTE	13
7	CRITERI DI VERIFICA.....	15
7.1	VERIFICA NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)	15
7.1.1	MODELLAZIONE RS2 DELLA COMBINAZIONE A1+M1	16
7.1.2	MODELLAZIONE RS2 DELLA COMBINAZIONE A2+M2	16
7.2	VERIFICHE AGLI SLE	16
8	CARICHI E AZIONI	17
8.1	CARICHI VARIABILI.....	17
8.2	AZIONE SISMICA	17
8.3	COMBINAZIONI DELLE AZIONI	18

APPALTATORE: Consorzio  Soci  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 3 di 82

9	SEZIONE DI CALCOLO IN CORRISPONDENZA OPERA OS1	20
9.1	DATI DI INPUT DEL MODELLO E LIVELLI PIEZOMETRICI	21
9.2	DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO	25
9.3	SINTESI RISULTATI ALLO SLE	25
9.3.1	DEFORMATA DELLA PARATIA	25
9.3.2	SLE, SOLLECITAZIONI PARATIA	26
9.4	SINTESI DEI RISULTATI PER GLI STATI LIMITE STRUTTURALI (STR)	27
9.4.1	SLU, A1+M1+R1/SLV – SOLLECITAZIONI PALI.....	27
9.5	VERIFICHE ALLO SLU ED ALLO SLE DI TIPO STR	29
9.6	VERIFICA ALLO SLU DI TIPO GEO	30
9.6.1	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE.....	30
9.6.2	VERIFICA DELLE SPINTE A VALLE DELLA PARATIA	30
9.7	ANALISI DI STABILITÀ VERSANTE	31
10	SEZIONE DI CALCOLO IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI SOSTEGNO OS2	33
10.1	DATI DI INPUT DEL MODELLO E LIVELLI PIEZOMETRICI	34
10.2	DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO	35
10.3	SINTESI RISULTATI ALLO SLE	35
10.3.1	DEFORMATA DELLA PARATIA	36
10.3.2	SLE, SOLLECITAZIONI PARATIA	36
10.4	SINTESI DEI RISULTATI PER GLI STATI LIMITE STRUTTURALI (STR)	37
10.4.1	SLU, A1+M1+R1/SLV – SOLLECITAZIONI PALI.....	37
10.5	VERIFICHE ALLO SLU ED ALLO SLE DI TIPO STR	39
10.6	VERIFICA ALLO SLU DI TIPO GEO	40
10.6.1	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE.....	40
10.6.2	VERIFICA DELLE SPINTE A VALLE DELLA PARATIA	40
10.7	ANALISI DI STABILITÀ VERSANTE	41
11	SEZIONE DI CALCOLO IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI SOSTEGNO OS3-OS4	43
11.1	DATI DI INPUT DEL MODELLO E LIVELLI PIEZOMETRICI	44
11.2	DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO	47
11.3	SINTESI RISULTATI ALLO SLE	48
11.3.1	DEFORMATA DELLE PARATIE	48
11.3.2	SLE, SOLLECITAZIONI PARATIE	48
11.4	SINTESI DEI RISULTATI PER GLI STATI LIMITE STRUTTURALI (STR)	50
11.4.1	SLU, A1+M1+R1/SLV – SOLLECITAZIONI PALI.....	50
11.5	VERIFICHE ALLO SLU ED ALLO SLE DI TIPO STR	53

APPALTATORE: Consorzio  Soci  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA											
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  							<table border="1"> <tr> <td data-bbox="735 304 847 367">COMMESSA IF28</td> <td data-bbox="855 304 967 367">LOTTO 01</td> <td data-bbox="975 304 1086 367">CODIFICA E ZZ CL</td> <td data-bbox="1094 304 1206 367">DOCUMENTO VI0202 000</td> <td data-bbox="1214 304 1326 367">REV. B</td> <td data-bbox="1334 304 1471 367">FOGLIO 4 di 82</td> </tr> </table>					
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 4 di 82							

11.6	VERIFICA ALLO SLU DI TIPO GEO	55
11.6.1	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE.....	55
11.6.2	VERIFICA DELLE SPINTE A VALLE DELLA PARATIA	55
11.7	ANALISI DI STABILITÀ VERSANTE	57
12	DIMENSIONAMENTO E VERIFICA STUTTURALE MURO A “U”	61
12.1	DATI DI INPUT DEL MODELLO	61
12.2	DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO	61
12.3	SINTESI RISULTATI ALLO SLE	62
12.3.1	DEFORMATA DEL MURO AD “U”	62
12.3.1	SLE, SOLLECITAZIONI.....	63
12.4	SINTESI DEI RISULTATI PER GLI STATI LIMITE STRUTTURALI (STR)	65
12.4.1	SLU, A1+M1+R1/SLV – SOLLECITAZIONI MURO AD “U”	65
12.5	VERIFICHE ALLO SLU ED ALLO SLE DI TIPO STR	67
12.6	VERIFICA ALLO SLU DI TIPO GEO	71
13	DIMENSIONAMENTO E VERIFICA FONDAZIONI MURO A “U”	72
13.1	DATI DI INPUT DEL MODELLO	72
13.2	DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO	72
13.3	SINTESI RISULTATI ALLO SLE	72
13.3.1	SPOSTAMENTI.....	72
13.3.2	SLE, SOLLECITAZIONI.....	74
13.4	SINTESI DEI RISULTATI PER GLI STATI LIMITE STRUTTURALI (STR)	74
13.4.1	SLU, A1+M1+R1/SLV – SOLLECITAZIONI PALI DI FONDAZIONE	74
13.5	VERIFICHE ALLO SLU ED ALLO SLE DI TIPO STR	76
13.6	VERIFICA ALLO SLU DI TIPO GEO DEI PALI.....	77
13.6.1	PALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI	77
13.6.2	PALI SOGGETTI AD AZIONI TRASVERSALI	81
13.7	VERIFICHE PALI IN GRUPPO	81
13.7.1	CARICHI VERTICALI	81
13.7.2	CARICHI ORIZZONTALI	82
13.8	VERIFICHE AGLI SLE GEO	82
13.8.1	VERIFICA MARGINE DI SICUREZZA ALLA PORTANZA LATERALE	82

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 5 di 82

1 INTRODUZIONE

La presente relazione illustra e riassume i risultati del calcolo e del dimensionamento del muro ad “U” e delle opere di sostegno del versante Ovest del viadotto VI02, previste per la realizzazione delle pile 3, 4, della spalla B, nonché dello stesso muro a “U” di raccordo con l’imbocco della galleria GN02-Melito, nell’ambito della progettazione esecutiva del raddoppio del 1° lotto funzionale Apice-Hirpinia della tratta Apice-Orsara (itinerario Napoli-Bari).

Il Viadotto Ufita Melito - VI02, a doppio binario, si estende dal km 4+827,30 al km 5+032,30 della Tratta Apice-Orsara - 1° Lotto Funzionale Apice-Hirpinia per uno sviluppo complessivo di 205 m in corrispondenza del Torrente Ufita. Per la realizzazione delle fondazioni sul versante Ovest, si è reso necessario prevedere scavi confinati da paratie di pali di grande diametro intestate nelle formazioni geologiche di base. Le ragioni delle scelte progettuali effettuate sono descritte nella relazione Tecnica Generale dei viadotti di cui al § 2.1.

Nella figura seguente sono evidenziate in pianta con colore rosso le opere provvisorie necessarie per lo scavo di ribasso dei plinti delle Pile in alveo P2 e P3 oggetto della relazione di calcolo IF2801EZZCLVI0202001 di cui al § 2.1, mentre in colore verde sono evidenziate le opere di sostegno denominate OS1-OS4 ed il muro da “U” di raccordo con la galleria GN02-Melito, oggetto della presente relazione di calcolo.

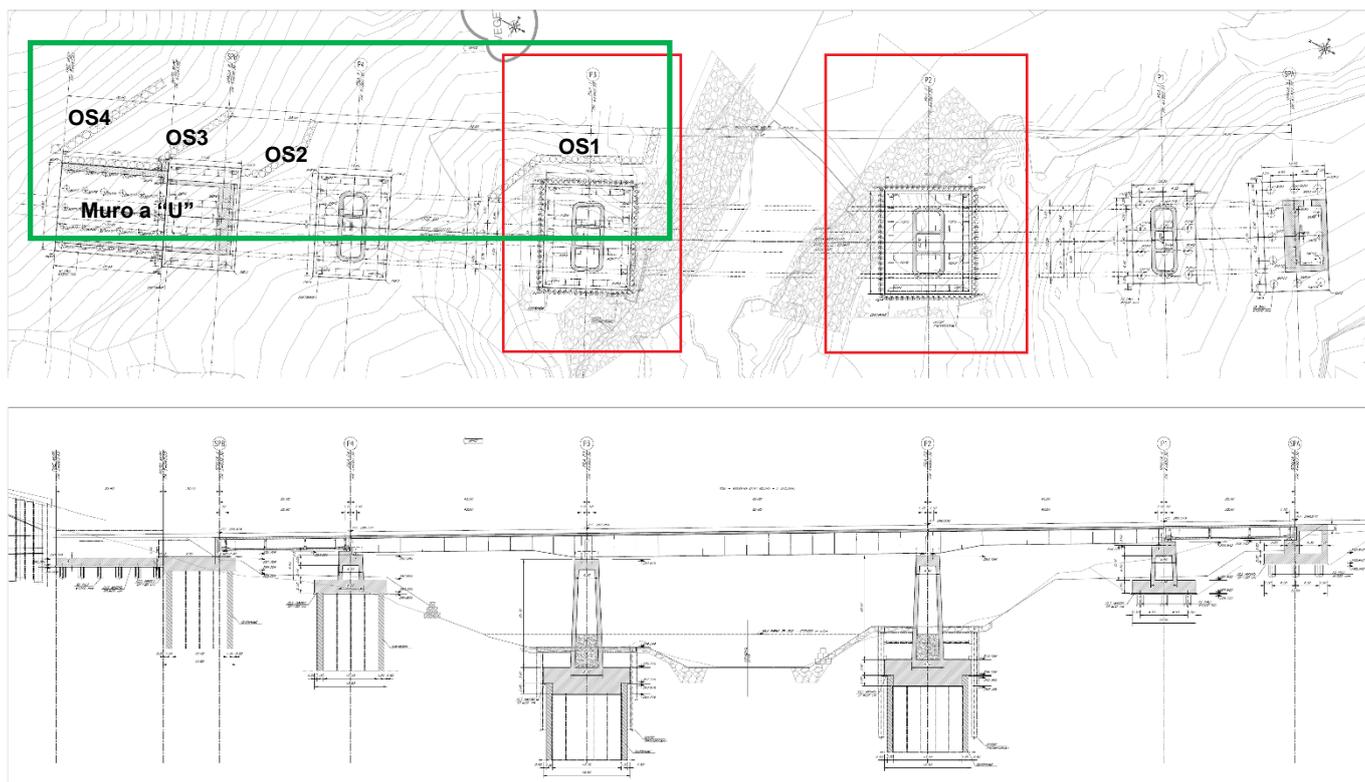


Figura 1.1. Inquadramento opere di sostegno e stabilizzazione (in verde): OS1-OS4 e Muro ad “U” di raccordo con galleria GN02 – Viadotto VI02

Si rimanda alla fase di PED per eventuali integrazioni relative a dettagli costruttivi non compresi nella presente relazione.

APPALTATORE: Consorzio  Soci  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  							<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0202 000</td> <td>B</td> <td>6 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	6 di 82													

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E NORMATIVA

2.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- 1) VIADOTTI, Elaborati generali; Relazione Tecnico Descrittiva delle opere civili dei Viadotti VI01, VI02, VI03, VI04 - IF2801EZZRGGVI0000001
- 2) VIADOTTI, Elaborati generali; Relazione sui criteri di calcolo delle fondazioni - IF2801EZZRBVI0003001
- 3) VIADOTTO VI02 - Relazione di calcolo - Opere provvisionali per pile P2 e P3 IF2801EZZCLVI0202001
- 4) VIADOTTO VI02 - Tracciamento e scavi: planimetrie e profili (tav. 1 di 2) - IF2801EZZL9VI0202000
- 5) VIADOTTO VI02 -Tracciamento e scavi: planimetrie e profili (tav. 2 di 2) - IF2801EZZL9VI0202001
- 6) VIADOTTO VI02 -Tracciamento e scavi: planimetrie e profili (tav. 1 di 2) - IF2801EZZL9VI0202002
- 7) VIADOTTO VI02 - Tracciamento e scavi: planimetrie e profili (tav. 2 di 2) - IF2801EZZL9VI0202003
- 8) VIADOTTO VI02 - Tracciamento e scavi: planimetrie e profili (tav. 1 di 2) - IF2801EZZL9VI0202004
- 9) VIADOTTO VI02 -Tracciamento e scavi: planimetrie e profili (tav. 2 di 2) - IF2801EZZL9VI0202005
- 10) VIADOTTO VI02 -Opere provvisionali fondazioni pile P2 e P3: Piante e sezioni - IF2801EZZBAVI0202000
- 11) VIADOTTO VI02 - Opere provvisionali fondazioni pile P2 e P3: gabbionate di protezione IF2801EZZBAVI020C000
- 12) VIADOTTO VI02 - Opere di sostegno: paratie di pali OS1 e OS2: Sviluppata e sezioni- IF2801EZZBAVI0202001
- 13) VIADOTTO VI02 - Opere di sostegno: paratie di pali OS3 e OS4: Sviluppata e sezioni - IF2801EZZBAVI0202002.
- 14) VIADOTTO VI02 - Fasi realizzative di dettaglio - tav 1 di 2 - IF27.0.1.C.ZZ.PZ.CA.V2.0.0.001
- 15) VIADOTTO VI02 - Fasi realizzative di dettaglio - tav 2 di 2 - IF27.0.1.C.ZZ.PZ.CA.V2.0.0.002

2.2 NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO

- 1) Decreto Ministeriale del 14/01/2008: “Approvazione delle Nuove Norma Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04/02/2008, Supplemento Ordinario n.30.
- 2) Circolare 01/02/2009, n.617 - Istruzione per l’applicazione delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14/01/2008.
- 3) DM 06/05/2008 - “Integrazione al DM 14/01/2008 di approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- 4) RFI DTC SI MA IFS 001 A - “Manuale di progettazione delle opere civili”.
- 5) RFI DTC SI SP IFS 001 A - “Capitolato generale tecnico d’appalto delle opere civili”.
- 6) UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 - Progettazione Geotecnica - Parte 1: Regole generali.
- 7) UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni.

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VI0202 000</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">7 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	7 di 82
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	7 di 82													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST																		

2.3 SOFTWARE

- 1) Rocscience RS2 (2D Geotechnical Finite Element Analysis), versione 2019 10.011. Rocscience Inc. con sede a Toronto in Ontario (Canada (<https://www.rocscience.com>)).

2.4 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- 1) BRINCH HANSEN J. [1961] "The ultimate resistance of rigid piles against transversal forces" The Danish Geotechnical Institute, Bulletin n°12, Copenhagen.
- 2) KUBO K. (1965) "Experimental study of the behaviour of laterally loaded piles" Proc. Sixth international conference on soil mechanics and foundation engineering, Montreal, vol.2.
- 3) POULOS H.G., DAVIS E.H. (1974) "Elastic solutions for soil and rock mechanics" John Wiley & Sons, Inc.
- 4) STROUD M.A. (1988) "The Standard Penetration Test-Its application and interpretation" Penetration Testing in UK, Proc. of the Geotech. Conf. organized by ICE, Birmingham.

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   							<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0202 000</td> <td>B</td> <td>8 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	8 di 82													

3 MATERIALI

Il progetto strutturale delle opere in oggetto prevede l'uso dei materiali con le caratteristiche meccaniche minime riportate nei paragrafi seguenti.

3.1 ACCIAIO

3.1.1 Acciaio per armatura strutture in c.a.

Barre ad aderenza migliorata, saldabile, tipo B450C dotato delle seguenti caratteristiche meccaniche:

- tensione caratteristica di rottura: $f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
- tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
- allungamento caratteristico: $\geq 7.5\%$
- rapporto tensione di rottura/ tensione di snervamento: $1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

3.2 CALCESTRUZZO

3.2.1 Calcestruzzo magro per getti di livellamento

- Classe di resistenza: C12/15
- classe di esposizione: X0

3.2.2 Calcestruzzo pali, diaframmi di fondazione, cordoli e opere provvisionali

- Classe di resistenza: C25/30
- classe di consistenza: S4
- classe di esposizione: XC2
- dimensione massima dell'inerte: $D_{max} = 32 \text{ mm}$
- copriferro minimo: $cf, min \geq 60 \text{ mm}$

3.2.3 Calcestruzzo per fondazioni, pile, spalle e muro ad "U"

- Classe di resistenza: C28/35
- classe di consistenza: S4
- classe di esposizione: XC2
- dimensione massima dell'inerte: $D_{max} = 25 \text{ mm}$
- copriferro minimo: $cf, min \geq 40 \text{ mm}$

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VI0202 000</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">9 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	9 di 82
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	9 di 82													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST																		

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E ASPETTI IDRAULICI

4.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dalle Opere d'Arte oggetto del presente documento si rimanda agli elaborati specialistici.

4.2 ASPETTI IDROGEOLOGICI

Per gli aspetti idrogeologici relativi alle Opere d'Arte oggetto del presente documento si rimanda agli elaborati specialistici.

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0202 000</td> <td>B</td> <td>10 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	10 di 82
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	10 di 82													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST																		

5 DESCRIZIONE DELLE OPERE E SEZIONI DI CALCOLO

5.1 OPERE DI SOSTEGNO E MANUFATTI

Le opere previste a presidio e stabilizzazione del versante Ovest del viadotto VI02 sono le seguenti, descritte a partire dalla base del versante, risalendo verso monte:

- OS1: opera di presidio durante lo scavo e a lungo termine della Pila P3 del viadotto, composta da pali di diametro 1200 mm, lunghezza 25 m interasse 1.4 m;
- OS2: opera di presidio durante lo scavo e a lungo termine della Pila P4 del viadotto, composta da pali di diametro 1200 mm, lunghezza 25 m interasse 1.4 m;
- OS3: opera di presidio durante lo scavo e a lungo termine della spalla SPB del viadotto e del muro ad “U”, composta da pali di diametro 1200 mm, lunghezza 30 m interasse 1.4 m;
- OS4: opera di presidio durante lo scavo e a lungo termine della spalla SPB del viadotto e del muro ad “U”, composta da pali di diametro 1500 mm, lunghezza 30 m interasse 1.7 m;
- Muro ad “U”: manufatto in c.a. fondato su pali di diametro 1200 mm, posti ad interasse 3.6 m, di lunghezza 22 m aventi una platea di fondazione di spessore 1.50 m e due muri d’ala che spiccano dalla platea di fondazione: il muro di monte ricopre la paratia di pali OS3, realizzata nelle fasi precedenti per permettere lo scavo del manufatto stesso.

Le opere di che trattasi hanno carattere definitivo, quindi sono progettate per una vita nominale pari a quella del viadotto VI02 (75 anni).

Per la visualizzazione e descrizione delle fasi esecutive si rimanda agli elaborati indicati al precedente § 2.1.

5.2 SEZIONI DI CALCOLO

Si sono individuate 4 sezioni di calcolo significative per il dimensionamento delle opere in oggetto, poste in corrispondenza delle opere descritte al punto precedente. Si riportano di seguito l’ubicazione delle sezioni oggetto di analisi e gli schemi riepilogativi delle opere oggetto di studio.

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0202 000</td> <td>B</td> <td>11 di 82</td> </tr> </table>					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	11 di 82
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO												
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	11 di 82												
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST																	

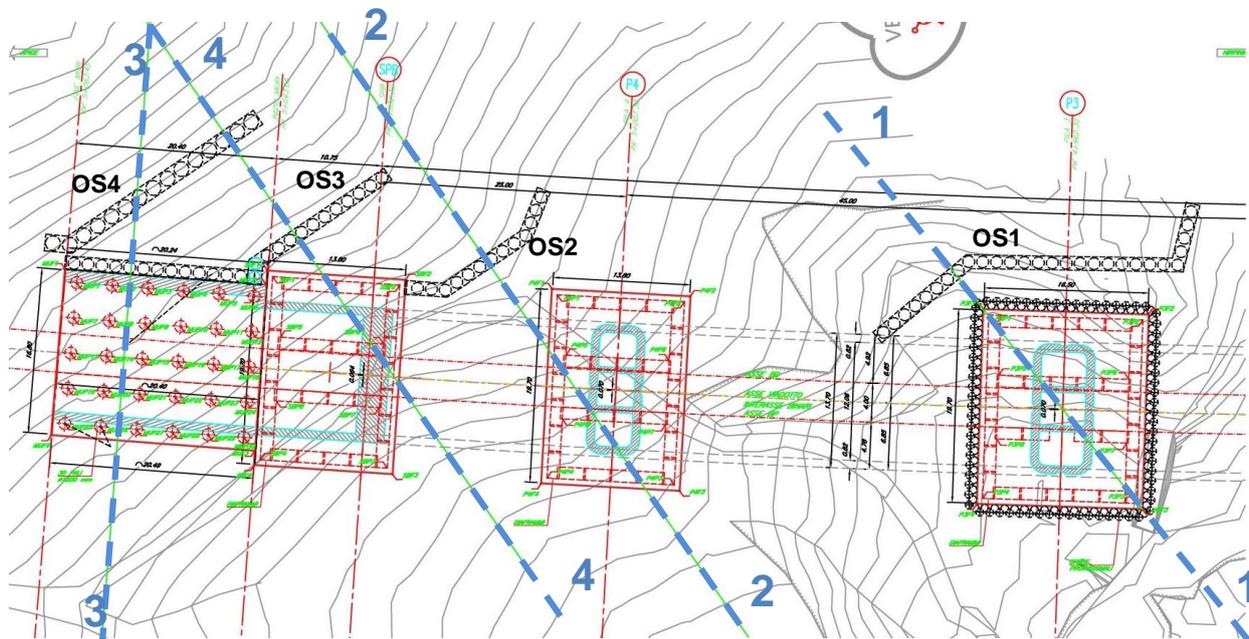


Figura 5.1. Ubicazione delle sezioni oggetto di analisi.

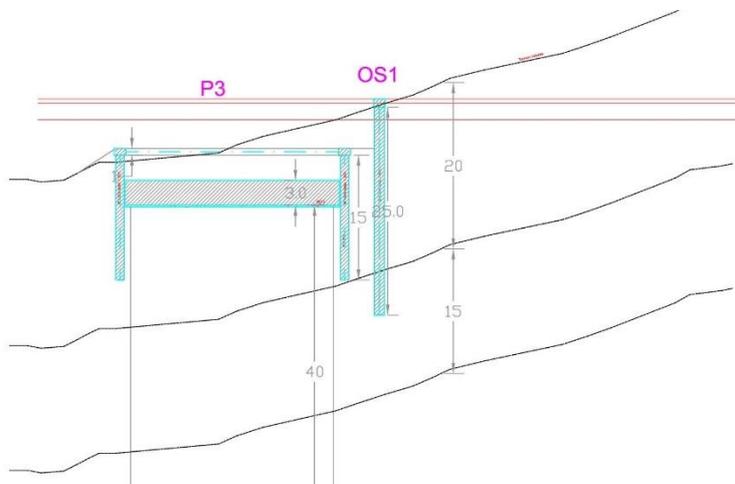


Figura 5.2. Geometria di riferimento OS-1 (sezione 1-1).

APPALTATORE: Consorzio HirpiniaAV Soci salini impregilo ASTALDI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: Mandataria ROKSOIL Mandanti NETENGINEERING Alpina					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B FOGLIO 12 di 82

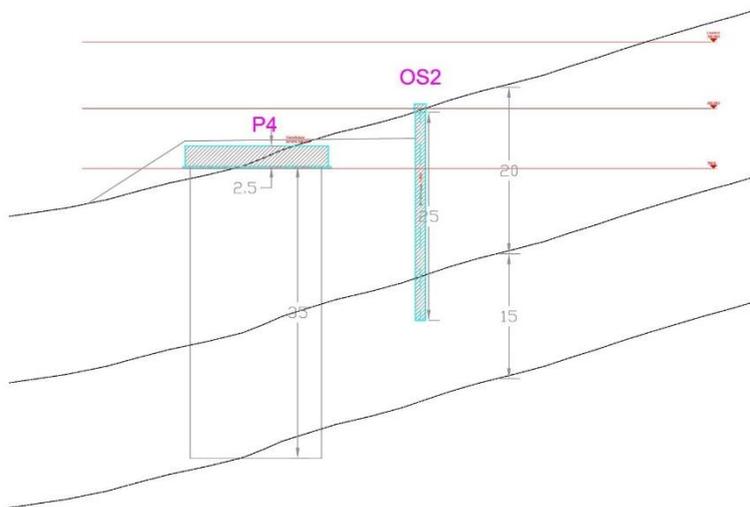


Figura 5.3. Geometria di riferimento OS-2 (sezione 2-2).

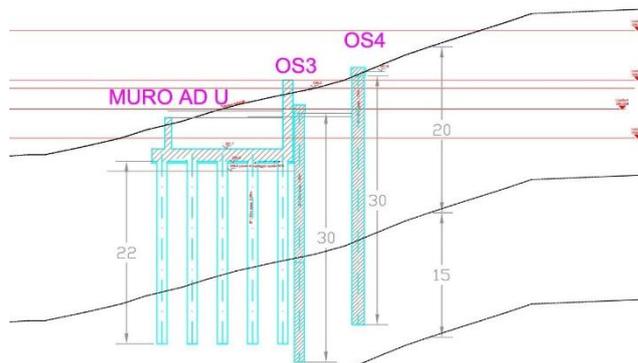


Figura 5.4. Geometria di riferimento OS-3 – OS-4 e Muro ad "U" (sezione 3-3).

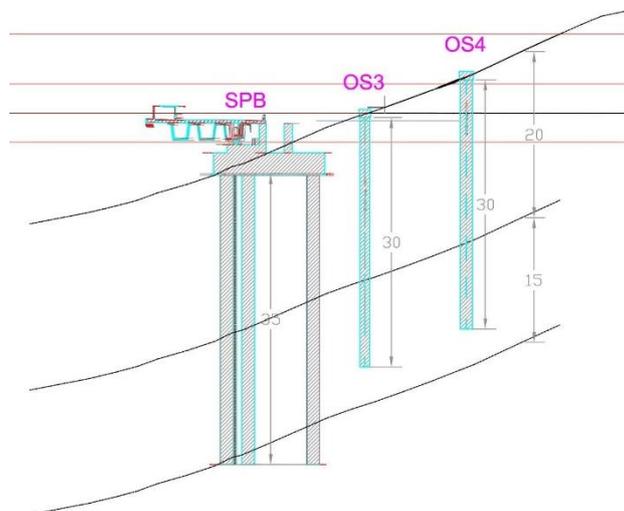


Figura 5.5. Geometria di riferimento OS-3 – OS-4 e Muro ad "U" (sezione 4-4).

APPALTATORE: Consorzio  Soci  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  							<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0202 000</td> <td>B</td> <td>13 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	13 di 82													

6 CRITERI DI ANALISI

6.1 OPERE DI SOSTEGNO

Al fine di rappresentare il comportamento dell'opera di sostegno durante le varie fasi di lavoro ed a lungo termine si è utilizzato un metodo di calcolo capace di simulare l'interazione terreno-struttura. L'analisi è stata sviluppata con il software RS2 v2019, software agli elementi finiti prodotto dalla Rocscience Inc. con sede a Toronto in Ontario (Canada).

Il codice di calcolo permette di studiare problemi riguardanti scavi in sottoterraneo, opere di sostegno, versanti e fronti di scavo. I modelli di resistenza dei geomateriali coprono sia il campo elastico sia il campo plastico e permettono lo studio del comportamento tenso-deformativo, anche in presenza di falda, del terreno e delle opere geotecniche di sostegno. La simulazione dell'interazione terreno struttura è possibile tramite la definizione di elementi di interfaccia a cui si possono assegnare i competenti parametri meccanici. L'opera di sostegno può poi essere rappresentata con elementi monodimensionali beam o con elementi piani (quindi bidimensionali).

Il software si compone della suite di modellazione, del solver, nel quale è possibile controllare la convergenza della soluzione durante i vari stage di calcolo previsti (e l'ulteriore suddivisione in load step dei singoli stage), e dell'ambiente di interpretazione dei risultati numerici. È possibile visualizzare i risultati del calcolo in termini di pressioni totali ed efficaci, di spostamenti nelle loro componenti vettoriali ma anche con riferimento alle sole deformazioni in campo plastico, la definizione di eventuali zone di plasticizzazione, oltre che del meccanismo di rottura (per sforzi deviatorici o per raggiungimento della resistenza a trazione). Il controllo della qualità dei risultati è condotto tramite la valutazione della forza e dell'energia interna non bilanciata nel modello a ogni stage di calcolo. Si considera raggiunta la convergenza numerica quando tale quantità sia inferiore ad un valore limite impostato.

L'affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza di ampia documentazione di supporto e di esperienze pregresse. RS2 è stato utilizzato in questa relazione per effettuare analisi in condizioni di deformazione piana. Le analisi bidimensionali eseguite hanno consentito di simulare lo scavo progressivo e la conseguente realizzazione delle opere. Si è inoltre valutato l'effetto degli interventi in progetto sulla stabilità del versante.

6.2 FONDAZIONI SU PALI

Per i criteri di analisi e verifica delle fondazioni su pali del muro ad "U" si rimanda alla relazione generale Relazione sui criteri di calcolo delle fondazioni - IF2801EZZRBVI0003001 indicata al § 2.1.

6.3 STABILITÀ DEL VERSANTE

La valutazione della stabilità del versante attraverso il calcolo del fattore di sicurezza è stata eseguita utilizzando lo Shear Strength Reduction (SSR) method implementato nel software RS2. Il sistema è inizialmente considerato nelle proprie condizioni geometriche e idrologiche ed i terreni sono caratterizzati mediante i parametri geotecnici caratteristici, ovvero corrispondenti alle rilevazioni in sito (prove di campo e di laboratorio). Il metodo si basa sulla ripetizione della medesima verifica di stabilità, nelle stesse condizioni generali, ma introducendo nei calcoli valori sistematicamente e proporzionalmente ridotti dei soli parametri di resistenza al taglio ϕ e c . In altre parole, si ripetono più volte i calcoli di stabilità utilizzando parametri geotecnici decrescenti. In questo modo si raggiungono le condizioni di collasso del sistema geotecnico proprio a causa delle scarse caratteristiche di resistenza a taglio introdotte artificialmente. Una volta raggiunto il collasso generalizzato, il fattore di sicurezza del sistema viene espresso come rapporto tra i valori della parametrizzazione geotecnica caratteristica e quelli dei parametri ridotti al limite del collasso. Opportuni approfondimenti delle analisi permettono di stimare con sufficiente precisione i valori dei parametri di resistenza nella condizione ultima più prossima al collasso geotecnico. Per definizione, il fattore di sicurezza viene definito come valore di SRF per il quale vengono divisi i parametri di resistenza a taglio al

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   							<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VI0202 000</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">14 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	14 di 82													

verificarsi della prima condizione di instabilità. I valori di coesione e attrito interno fattorizzati e introdotti nei calcoli (c_f e ϕ_f) si determinano a partire dai valori caratteristici (c_k e ϕ_k) come segue:

$$c_f = c_k / SRF$$

$$\tan \phi_f = (\tan \phi_k) / SRF$$

Quando l'analisi geotecnica FEM determina il collasso del sistema, il valore di SRF corrispondente viene assunto come fattore di sicurezza F_s . È opinione comune che il metodo SRF costituisca l'impostazione migliore per tutte le verifiche geotecniche svolte utilizzando i metodi FEM, in quanto fornisce automaticamente una valutazione del grado di sicurezza in termini di caratteristiche effettive dei terreni in sito.

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   							<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0202 000</td> <td>B</td> <td>15 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	15 di 82													

7 CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) sono state effettuate nel rispetto dei criteri delle NTC2008.

In generale, le analisi degli stati limite di esercizio (SLE) sono utilizzate per ottenere informazioni circa gli spostamenti attesi sotto i carichi di esercizio e per verificarne l'ammissibilità nei confronti della funzionalità dell'opera.

Le analisi agli stati limite ultimi (SLU) sono impiegate per le verifiche di resistenza degli elementi strutturali e per le verifiche geotecniche.

7.1 VERIFICA NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, ovvero:

$$E_d = E \left(\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right)$$

$$E_d = \gamma_E E \left(F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right)$$

con $\gamma_E = \gamma_F$, e dove R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left(\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right)$$

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F F_k$, dei parametri di progetto X_k/γ_M e della geometria di progetto a_d .

L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come $E_d = \gamma_E E_k$. Nella formulazione delle resistenze R_d , compare esplicitamente un coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza del sistema.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito degli approcci previsti dalla normativa.

Le verifiche relative alle paratie sono state sviluppate adottando per gli stati limite ultimi (SLU) di tipo strutturale (STR) e geotecnico (GEO):

- approccio 1, combinazione 1: A1+M1+R1 (STR);
- approccio 1, combinazione 2: A2+M2+R1 (GEO).

APPALTATORE: Consorzio  Soci  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  							<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0202 000</td> <td>B</td> <td>16 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	16 di 82													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST																		

Il muro ad “U” ed i pali di fondazione sono stati verificati adottando per gli stati limite ultimi (SLU) di tipo strutturale (STR) e geotecnico (GEO) l’approccio 2 A1+M1+R3.

Le verifiche di stabilità del complesso opera di sostegno-terreno sono state condotte con:

- approccio 1, combinazione 2: A2+M2+R2 (GEO-stab).

I coefficienti parziali per le azioni (A), per i parametri geotecnici del terreno (M) e per le resistenze (R) sono in accordo alla Tab. 6.2.I, 6.2.II., 6.5.I e 6.8.I (stabilità) di cui alle NTC2008.

7.1.1 Modellazione RS2 della combinazione A1+M1

L’analisi RS2 per la combinazione A1+M1 prevede per il terreno l’utilizzo dei parametri caratteristici (M1) e le azioni variabili amplificate mediante il coefficiente parziale γ_Q / γ_{G1} (con $\gamma_{G1} = 1.3$); i risultati dell’analisi RS2 in termini di azioni interne sui vari elementi strutturali sono poi amplificati per il fattore moltiplicativo $\gamma_{G1} = 1.3$.

7.1.2 Modellazione RS2 della combinazione A2+M2

L’analisi RS2 per la combinazione A2+M2 prevede per il terreno l’utilizzo dei parametri fattorizzati (M2) e le azioni variabili sono amplificate mediante il coefficiente parziale γ_Q / γ_{G1} (con $\gamma_{G1} = 1.0$); i risultati dell’analisi RS2 in termini di azioni interne sui vari elementi strutturali sono poi amplificati per il fattore moltiplicativo $\gamma_{G1} = 1.0$.

7.2 VERIFICHE AGLI SLE

Con riferimento alle diverse combinazioni SLE previste dalle NTC2008, si sono effettuate le seguenti verifiche:

- verifiche di deformabilità per controllare che gli spostamenti siano compatibili con la funzionalità e sicurezza dell’opera;
- verifiche di fessurazione degli elementi strutturali per assicurare la funzionalità e la durata (par. 4.1.2.2.4 NTC2008);
- verifiche delle tensioni (par. 4.1.2.2.5 DM 14/01/2008).

Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell’effetto delle azioni e C_d è il prescritto valore limite dell’effetto delle azioni.

In condizioni di esercizio gli spostamenti dell’opera di sostegno dovranno essere compatibili con la funzionalità.

Riguardo la fessurazione, le verifiche sono svolte nelle combinazioni frequente e quasi permanente considerando le condizioni ambientali molto aggressive e l’armatura poco sensibile; pertanto deve risultare:

- in condizione frequente: $w \leq w_1 = 0.2\text{mm}$;
- in condizione quasi permanente: $w \leq w_1 = 0.2\text{mm}$.

Le verifiche delle tensioni di esercizio sono svolte per la combinazione caratteristica (rara) e quasi permanente verificando che:

- per la combinazione caratteristica (rara): $\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck} - \sigma_s < 0.75 \cdot f_{yk}$ (
- per la combinazione quasi permanente: $\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck} - \sigma_s < 0.75 \cdot f_{yk}$.

Per le verifiche agli SLE il sovraccarico variabile è stato considerato nelle varie combinazioni (rara, frequente e quasi permanente) con coefficiente di combinazione $\psi = 1$.

APPALTATORE: Consorzio  Soci  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 17 di 82

8 CARICHI E AZIONI

8.1 CARICHI VARIABILI

Sul piano campagna per una larghezza pari a 4.0 m è stato considerato il carico accidentale $q_k=20$ kPa rappresentativo dei mezzi di cantiere che possono circolare nei pressi delle opere durante i lavori.

All'interno del muro ad “U” è stato applicato un carico distribuito equivalente al treno di carico LM 71 (NTC08 par. 5.2.2.3.1.1). Considerando una distribuzione 4:1 del carico di 250 kN attraverso gli 80 cm del ballast ferroviario (peso di volume di 18 kN/m³) si è determinato un carico distribuito di 80 kN/m² alla base del ballast stesso (carico LM 71 distribuito su un'impronta di larghezza trasversale di 2.60 m e longitudinale di 1.60 m). Nel modello FEM saranno applicati due carichi da 80 kN/m² (il valore è stato amplificato del coefficiente di adattamento α pari a 1.1 e del coefficiente di incremento dinamico Φ pari a 1.2) distribuiti su una larghezza di 2.6 m e disposti reciprocamente ad un interasse trasversale di 4 m (interasse tra i binari). In presenza di azioni sismiche si è considerato un coefficiente $\psi_2 = 0,2$ (NTC08 par. 5.2.2.8)

8.2 AZIONE SISMICA

I parametri di riferimento per l'azione sismica sono riassunti nella tabella seguente:

	Accelerazione di riferimento a_g/g	Categoria sottosuolo	Categoria topografica	Vita nominale	Classe d'uso	Accelerazione massima attesa al sito a_{max}/g
Pile sul versante e spalle	0.381	C	T2 (h/H=25)	75	III	0.471

Tabella 1: Parametri sismici.

L'analisi in condizioni sismiche è eseguita mediante il metodo pseudostatico ovvero l'azione sismica viene rappresentata da una azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale alle masse coinvolte e simulata da una accelerazione orizzontale e verticale aggiuntiva a quella di gravità.

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è definita mediante una accelerazione equivalente costante nel tempo e nello spazio. Le componenti orizzontali a_h e verticali a_v possono essere legate all'accelerazione di picco a_{max} attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione:

$$a_h = k_h \times g$$

$$a_v = k_v \times g$$

dove g è l'accelerazione di gravità, k_h e k_v sono i coefficienti sismici in direzione orizzontale e verticale.

Le NTC08 dispongono al par. 7.11.6.3.1 che il calcolo per le paratie di tali coefficienti sia eseguito mediante la seguente espressione:

$$a_h = k_h \times g = \alpha \times \beta \times a_{max}$$

$$a_v = 0$$

dove α è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera e β è un coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti senza caduta di resistenza. L'accelerazione di picco a_{max} che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica e topografica è riportata in Tabella 1.

Il valore del coefficiente α può essere ricavato a partire dall'altezza complessiva H della paratia e della categoria di suolo. Il valore di β può invece essere determinato in funzione del massimo spostamento che l'opera può tollerare senza riduzione di resistenza; si assume:

$u_s = 0.005 \times H$ (H altezza complessiva della paratia).

APPALTATORE: Consorzio  Soci  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 18 di 82

Per le analisi di stabilità dei pendii le NTC08 al par. 7.11.3.5.2 indicano che i coefficienti sismici possono essere determinati come segue:

$$k_h = \beta_s \times a_{max} / g$$

$$k_v = \pm 0.5 k_h$$

La Tabella 7.11.I delle NTC08 (Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito) indica un valore di β_s pari a 0.28 per la categoria di sottosuolo C e per la condizione $0.2 < a_g(g) \leq 0.4$.

Infine per i muri di sostegno il paragrafo 7.11.6.2.1 delle NTC08 indica che il calcolo dei coefficienti sismici possa essere fatto tramite la seguente formulazione:

$$k_h = \beta_m \times a_{max} / g$$

$$k_v = \pm 0.5 k_h$$

Per il problema in esame (muro ad “U” su pali di Fondazione) si è assunto un β_m pari a $0.38 \times 2 = 0.76$.

Ricordando che per le paratie si può porre il coefficiente sismico in direzione verticale pari a 0, nella Tabella 2 sono riportati i coefficienti sismici assunti nelle analisi.

	a_g/g	k_h	k_v
Paratie H = 25 m	$\alpha = 1 \quad \beta = 0.38$	0.179	0.0
Paratie H = 30 m	$\alpha = 1 \quad \beta = 0.33$	0.155	0.0
Pendio	$\beta_s = 0.28$	0.132	0.066
Muro ad “U”	$\beta_m = 0.76$	0.358	0.179

Tabella 2: Coefficienti sismici

8.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

In accordo alle NTC2008 si sono considerate le combinazioni delle azioni nel seguito descritte in cui si indica con:

G = azioni permanenti dovute al peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno; forze indotte dal terreno; forze dovute alla pressione dell'acqua.

Q_k = azione variabile al carico ferroviario LM 71 e/o al sovraccarico di 20 kPa.

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

$$\gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q_k$$

- *Combinazione caratteristica (rara)* impiegata per gli stati limite di esercizio irreversibili (SLE):

$$G + Q_k$$

- *Combinazione frequente* impiegata per gli stati limite di esercizio reversibili (SLE):

$$G + \Psi_{11} Q_k [1] \rightarrow \text{Si assume } \Psi_{11} = 1$$

- *Combinazione quasi permanente* impiegata per gli effetti di lungo termine (SLE):

$$G + \Psi_{21} Q_k [1] \rightarrow \text{Si assume } \Psi_{21} = 1$$

- *Combinazione sismica* impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E (SLV):

<p>APPALTATORE:</p> <p>Consortio Soci</p> <p>  </p>	<p>ITINERARIO NAPOLI – BARI</p> <p>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</p> <p>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</p>											
<p>PROGETTAZIONE:</p> <p>Mandataria Mandanti</p> <p>  </p>							<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td data-bbox="735 309 858 360"> <p>COMMESSA</p> <p>IF28</p> </td> <td data-bbox="863 309 970 360"> <p>LOTTO</p> <p>01</p> </td> <td data-bbox="975 309 1114 360"> <p>CODIFICA</p> <p>E ZZ CL</p> </td> <td data-bbox="1118 309 1294 360"> <p>DOCUMENTO</p> <p>VI0202 000</p> </td> <td data-bbox="1299 309 1390 360"> <p>REV.</p> <p>B</p> </td> <td data-bbox="1394 309 1477 360"> <p>FOGLIO</p> <p>19 di 82</p> </td> </tr> </table>					
<p>COMMESSA</p> <p>IF28</p>	<p>LOTTO</p> <p>01</p>	<p>CODIFICA</p> <p>E ZZ CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>VI0202 000</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>19 di 82</p>							

$$E + G + \Psi_{2i} Q_{ki}$$

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0202 000</td> <td>B</td> <td>20 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	20 di 82
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	20 di 82													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST																		

9 SEZIONE DI CALCOLO IN CORRISPONDENZA OPERA OS1

La Figura 9.1 riporta il modello di calcolo implementato in RS2 per la sezione 1-1 (vedasi Figura 5.1). Il particolare del modello con attivati gli interventi è rappresentato nella Figura 9.2. Si possono notare la paratia OS1 posta più a monte (oggetto di analisi in questo paragrafo), le paratie provvisionali, il plinto e la fondazione profonda della pila P3.

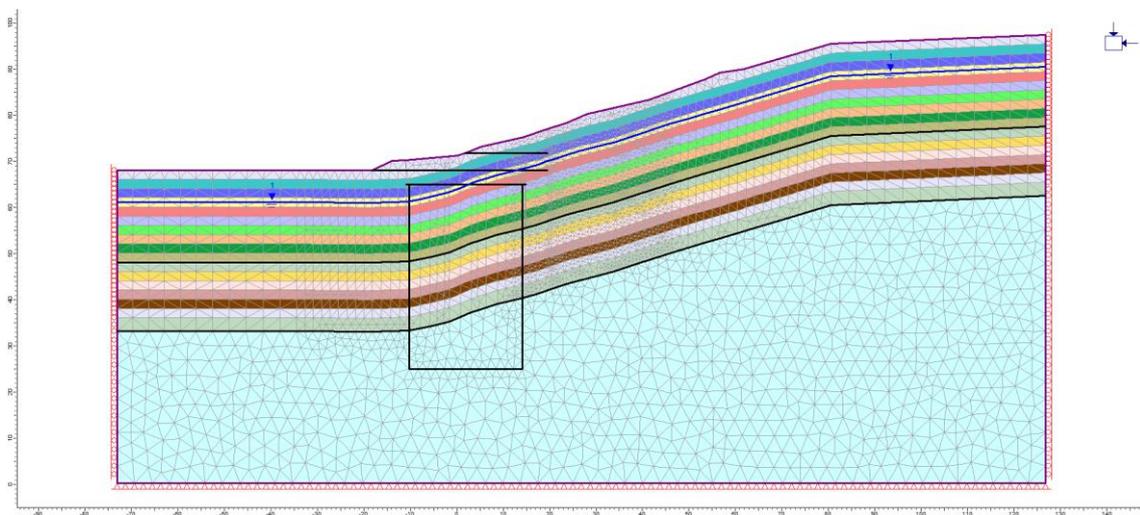


Figura 9.1. Modello di calcolo implementato nel software RS2 (sezione 1-1).

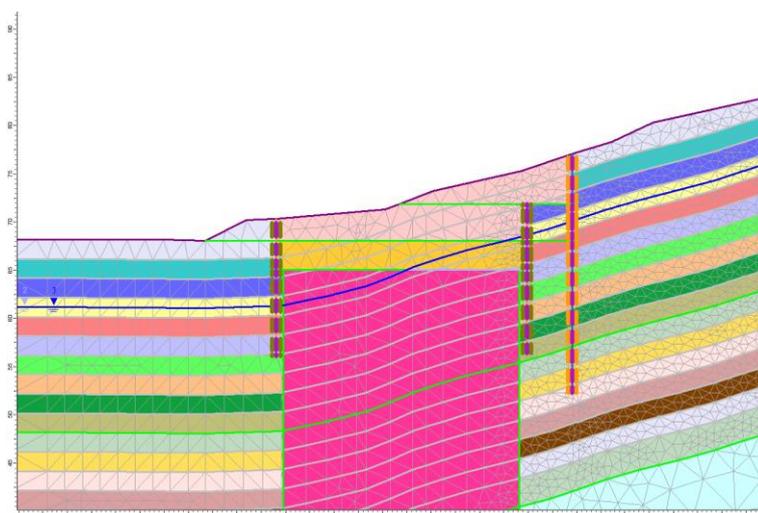


Figura 9.2. Particolare della zona del modello RS2 in cui sono presenti gli interventi.

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST					
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 21 di 82

9.1 DATI DI INPUT DEL MODELLO E LIVELLI PIEZOMETRICI

La stratigrafia e i parametri geotecnici adottati nelle elaborazioni sono riportati nelle tabelle seguenti. In particolare, si è fatto riferimento alla successione stratigrafica riportata negli elaborati specialistici di progetto.

I terreni sono stati considerati con comportamento drenato in tutte le fasi di calcolo tranne che nella fase in cui è applicata l'azione sismica.

Stratigrafia			Falda
Quota base strato [m s.l.m.]	Intervalli profondità [m]	Unità di riferimento	Profondità da p.c. [m]
var.	0 - 20.0	Unità 1	7.0
var.	20 - 35.0	Unità 2	
var.	> 35.0	Unità 3	

Tabella 3: Stratigrafia di riferimento (tratta da pk 4+950 a 5+100).

Unità		Unità 1	Unità 2	Unità 3
Proprietà	u.m.	Range [valore medio]	Range [valore medio]	Range [valore medio]
γ	kN/m ³	19÷21	20÷22	20÷22
w _N	%	15÷25	10÷20	15÷25
LL	%	45÷75	35÷70	35÷70
LP	%	15÷25	10÷25	15÷25
IP	%	20÷40	20÷45	20÷45
c'	kPa	[20]	[30]	[30]
ϕ'	°	[23]	[23]	[25]
c _u	kPa	80÷300 [200]	150÷500 [300]	250÷600 [400]
E ₀	MPa	300÷1800 (*)	1800÷3500 (*)	3500
E _{op,1}	MPa	60÷360 (*)	360÷700 (*)	700

(*) indica aumento lineare con la profondità.

Tabella 4: Parametri geotecnici di riferimento (tratta da pk 4+950 a 5+100).

Nelle analisi RS2 si è assunto un modulo per le unità pari al modulo operativo E_{op,1} da caratterizzazione geotecnica e quindi pari ad un quinto del modulo a piccole deformazioni E₀. Anche nel modello RS2, in accordo con la Tabella 4, si è assunta una variabilità lineare con la profondità del modulo di deformazione (vedasi Figura 9.3). Le unità sono state rappresentate in RS2 con un modello costitutivo di tipo elasto-plastico perfetto con criterio di rottura di Mohr-Coulomb. È inoltre possibile notare lo strato di 20 m relativo all'unità 1 ed il successivo di 15 m dell'unità 2. Con linea bianca è rappresentata la falda posta a 7 m dal piano campagna nella condizione iniziale.

In base alle informazioni disponibili si è assunto un grado di sovraconsolidazione OCR pari a 5 per le tre unità e conseguentemente è stato determinato il coefficiente di spinta a riposo K₀ usando la seguente formulazione proposta da Mayne and Kulhawy (1982):

$$K_0 = K_0^{NC} \cdot OCR^{(\sin \phi')}$$

dove K₀^{NC} è il coefficiente di spinta a riposo del terreno in condizioni normal consolidate determinato con l'espressione proposta da Jaky (1944): K₀^{NC} = 1 - sin ϕ' .

APPALTATORE: Consorzio Soci 		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 							
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 22 di 82

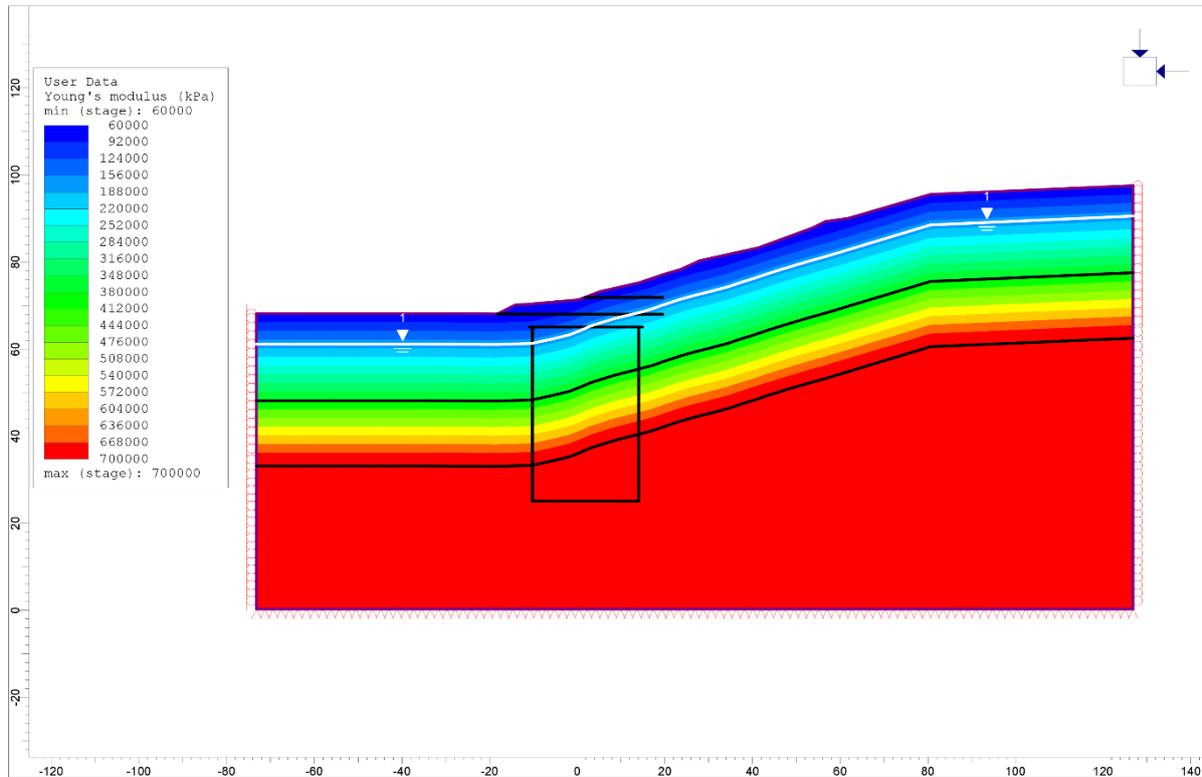


Figura 9.3. Variazione lineare con la profondità del modulo operativo nel modello RS2.

La palificata (lunghezza complessiva di 25 m) è stata modellata con elementi “structural interface” costituiti da elementi liner (o beam) e da un’interfaccia con il terreno da entrambi i lati dell’elemento.

Alla palificata è stato assegnato un modello costitutivo di tipo elastico lineare. Le proprietà delle interfacce e della palificata sono indicate nella Tabella 5. Gli effettivi valori di rigidità assiale EA e flessionale EI assegnati nel modello RS2 sono stati scalati per l’interasse longitudinale. I valori delle sollecitazioni relativi al singolo palo saranno poi ottenuti andando a moltiplicare i valori calcolati da RS2 per l’interasse longitudinale tra i pali.

Elemento	Descrizione	Valore
Liner	Diametro	1.2 m
	Interasse	1.4 m
	Modulo elastico (C25/30)	31447 MPa
	Rapporto di poisson	0.2
	Altezza complessiva	25 m
Interfaccia	Rigidità normale	1 GPa/m
	Rigidità di taglio	0.1 GPa/m
	Coesione	0 kPa
	Angolo di attrito	2/3 Φ
	Resistenza a trazione	0 kPa

Tabella 5: Proprietà assunte in RS2 per gli elementi strutturali.

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0202 000</td> <td>B</td> <td>23 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	23 di 82
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	23 di 82													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST																		

In sommità alla palificata è prevista la realizzazione di un cordolo di collegamento avente altezza di 1.0 m e base di 1.4 m.

La zona in cui sono presenti i diaframmi di fondazione della pila P3 (profondità fino a 40 m) sono stati modellati nel modello FEM con una legge costitutiva di tipo elastico lineare in quanto tale zona risulta avere caratteristiche di resistenza e deformabilità molto più elevate del terreno circostante (zona evidenziata nel rettangolo nella Figura 9.3). La rappresentazione di tale zona ha avuto l'obiettivo di considerare in modo semplificato la presenza della struttura a valle.

Come già evidenziato nella Figura 5.2, a monte della fondazione della pila P3 è prevista la realizzazione di un'opera provvisoria costituita da una paratia di pali atta a consentire la realizzazione della fondazione stessa. La palificata è composta da pali di 16 m di lunghezza aventi diametro di 1.0 m ed interasse di 1.2 m. Tra un palo e l'altro è prevista la realizzazione di colonne di jet-grouting. In sommità alla paratia è prevista la realizzazione di una trave di collegamento di altezza 1.0 m e base 1.2 m con puntoni metallici costituiti da un tubo di diametro 329.9 mm e spessore 10.0 mm (vedasi Figura 9.4). In corrispondenza della cerchiatura di sommità è stata quindi considerata nel modello una molla elastica che rappresenta la rigidità fornita dalla trave di ripartizione (cordolo sommitale) e dai puntelli. Quest'opera pur non essendo oggetto di calcolo nella presente relazione è stata modellata per consentire di rappresentare più fedelmente possibile le varie fasi di scavo che possono interessare la paratia di pali OS1 posta a monte e oggetto di analisi.

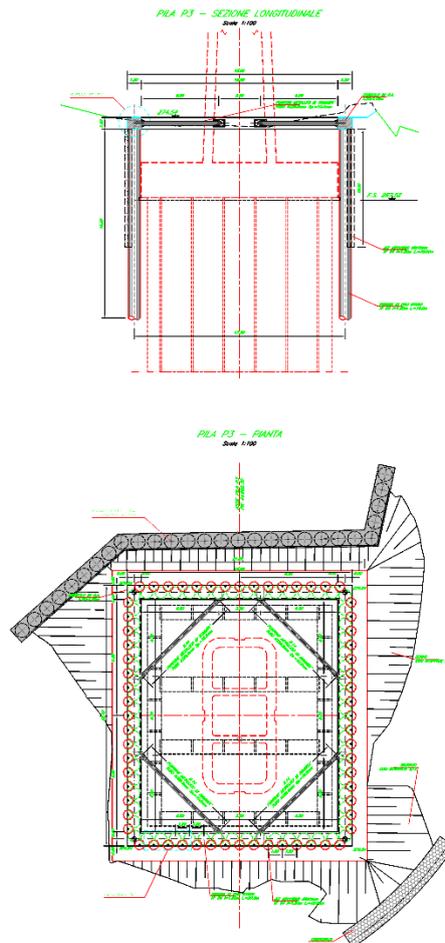


Figura 9.4. Opera provvisoria per la pila P3.

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 24 di 82

È bene evidenziare che sono stati eseguiti due gruppi di analisi uno di tipo locale per dimensionare e verificare l'opera in oggetto, l'altro per valutare la stabilità del versante lungo il quale viene realizzata l'opera stessa.

Per il primo gruppo di analisi sono quindi state eseguite due differenti analisi: una con la combinazione A1+M1 e l'altra con la combinazione A2+M2. Le analisi di stabilità del versante sono state invece eseguite con i valori caratteristici (M1) dei parametri geotecnici ed applicando all'intero modello l'azione sismica in modo pseudostatico, adottando i coefficienti sismici relativi ai pendii indicati nella Tabella 2.

Tutte le analisi sono state quindi eseguite assegnando in RS2 i parametri caratteristici M1. In aggiunta, nelle analisi locali, volte alla verifica strutturale dell'opera di sostegno, l'azione sismica è stata rappresentata attraverso l'applicazione a monte della paratia di una pressione pari all'incremento dinamico calcolato con la formulazione di Mononobe-Okabe con parametri caratteristici M1 ed assumendo i coefficienti sismici indicati nella Tabella 2. I valori dei coefficienti di spinta attiva calcolati per la condizione statica e dinamica sono indicati nella Tabella 6.

Per le analisi volte alle verifiche geotecniche dell'opera è necessario fare riferimento ai parametri fattorizzati (M2). In questo caso, sempre partendo dal modello con i parametri caratteristici (M1), si è applicata a monte della paratia una spinta (calcolata sempre con Mononobe-Okabe) pari alla differenza tra quella calcolata con i parametri fattorizzati M2 e quella determinata con i parametri caratteristici M1. Come per il caso precedente nell'ultima fase è poi stato applicato l'incremento dinamico di spinta valutato con i parametri fattorizzati M2. Nella Tabella 7 sono indicati i coefficienti di spinta attiva calcolati con Mononobe-Okabe con i parametri fattorizzati M2. A favore di sicurezza si sono assunti i parametri del solo strato più superficiale ricadente nell'unità 1, si è trascurato l'attrito tra opera e terreno ed il contributo della coesione.

angolo di resistenza al taglio del terreno (φ'_k)	23 [°]
angolo di attrito terreno/calcestruzzo (δ_k)	0 [°]
coesione efficace (c'_k)	20 [kN/m ²]
angolo di inclinazione della superficie di spinta (ψ)	90 [°]
inclinazione terreno a monte (i)	17 [°]
inclinazione della superficie di scorrimento	0 [°]
coefficiente sismico orizzontale (k_h)	0.179 [g]
coefficiente sismico verticale (k_v)	± 0 [g]
coefficienti di spinta attiva (K_{AE}) (Mononobe-Okabe, 1926)	
$K_A =$	0.5819 statico
$K_{AE} =$	0.9810 con sisma

Tabella 6: Parametri caratteristici M1: Coefficienti di spinta attiva calcolati con la formulazione di Mononobe-Okabe.

angolo di resistenza al taglio del terreno (φ'_k)	18.76 [°]
angolo di attrito terreno/calcestruzzo (δ_k)	0 [°]
coesione efficace (c'_k)	16 [kN/m ²]
angolo di inclinazione della superficie di spinta (ψ)	90 [°]
inclinazione terreno a monte (i)	17 [°]
inclinazione della superficie di scorrimento	0 [°]
coefficiente sismico orizzontale (k_h)	0.179 [g]
coefficiente sismico verticale (k_v)	± 0 [g]
coefficienti di spinta attiva (K_{AE}) (Mononobe-Okabe, 1926)	
$K_A =$	0.7390 statico
$K_{AE} =$	1.0089 con sisma

Tabella 7: Parametri fattorizzati M2: Coefficienti di spinta attiva calcolati con la formulazione di Mononobe-Okabe.

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VI0202 000</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">25 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	25 di 82
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	25 di 82													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST																		

9.2 DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO

Le fasi di calcolo considerate nelle elaborazioni sono le seguenti:

- *fase 0 – fase geostatica iniziale*
 - tutte le unità geotecniche in condizioni drenate;
- *fase 1 – realizzazione della paratia di pali $\Phi 1200/1.4$ m*
- *fase 2 – scavo a -5.2 m*
- *fase 3 – realizzazione della paratia di pali provvisoriale $\Phi 1000/1.2$ m*
- *fase 4 – scavo a -6.9 m da sommità paratia di pali provvisoriale*
 - falda lato terra a -7.0m da piano campagna e lato scavo coincidente con il fondo scavo;
 - applicazione sovraccarico accidentale di 20 kPa rappresentativo dei mezzi di cantiere
- *fase 5 – realizzazione fondazione pila P3 con relativo plinto e successivo reinterro (condizione di lungo termine)*
 - falda riportata a -7.0m da piano campagna sia lato terra che lato scavo
- *fase 6 – applicazione dell'azione sismica:*
 - tutte le unità geotecniche in condizioni non drenate;
 - falda a -7.0m da piano campagna sia lato terra che lato scavo.

9.3 SINTESI RISULTATI ALLO SLE

Nel seguito vengono riportati i risultati delle elaborazioni in termini di:

- deformata della paratia, per la fase di calcolo 5.
- sollecitazioni sugli elementi strutturali.

9.3.1 Deformata della paratia

Di seguito si riportano le mappe degli spostamenti per gli SLE relativi alla fase di lungo termine (fase 5). Gli spostamenti si ritengono compatibili con la funzionalità dell'opera.

APPALTATORE: Consorzio HirpiniaAV Soci salini impregilo ASTALDI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria ROKSOIL Mandanti NETENGINEERING Alpina	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA IF28 LOTTO 01 CODIFICA E ZZ CL DOCUMENTO VI0202 000 REV. B FOGLIO 26 di 82

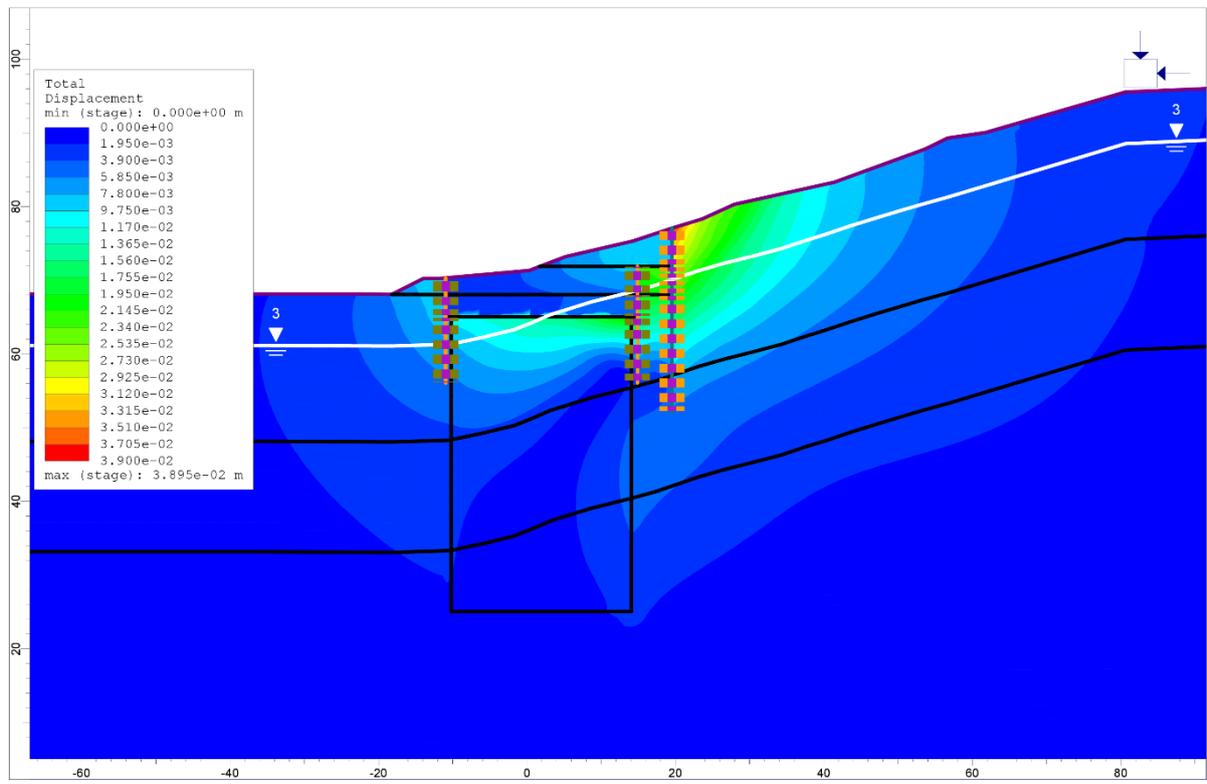


Figura 9.5. Fase 5: SLE rara – Deformazioni.

9.3.2 SLE, Sollecitazioni paratia

Le sollecitazioni di momento flettente e sforzo normale sulla paratia OS1, relative alla fase di calcolo 5 (lungo termine), sono diagrammate in funzione della profondità nelle seguenti figure, mentre nella tabella seguente è riportata una sintesi delle sollecitazioni massime. Il segno negativo dello sforzo normale indica compressione.

	N° comb.	N	M
(Nmax, M)	1	-0.6	-1.2
(Nmin, M)	2	-140.7	-398.1
(N, Mmax)	3	-0.6	-1.2
(N, Mmin)	4	-140.7	-398.1

Tabella 8: SLE: Sollecitazioni flessionali e assiali paratia OS1.

APPALTATORE: Consorzio HirpiniaAV Soci salini impregilo ASTALDI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria ROKSOIL Mandanti NETENGINEERING Alpina	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	
COMMESSA IF28 LOTTO 01 CODIFICA E ZZ CL DOCUMENTO VI0202 000 REV. B FOGLIO 27 di 82	

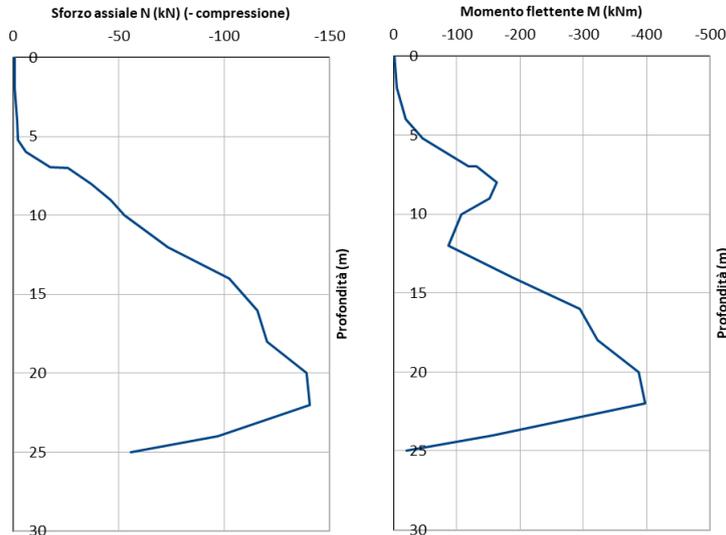


Figura 9.6. Fase 5: SLE: diagrammi delle sollecitazioni paratia OS1.

9.4 SINTESI DEI RISULTATI PER GLI STATI LIMITE STRUTTURALI (STR)

9.4.1 SLU, A1+M1+R1/SLV – Sollecitazioni pali

Nella Tabella 9 si riassumono i valori massimi di azione tagliante e flettente sul singolo palo, mentre nella Figura 9.7 sono riportati i risultati delle elaborazioni in termini di:

- Azione flettente (SLU in approccio 1 – Combinazione 1 + sismica SLV);
- Azione tagliante (SLU in approccio 1 – Combinazione 1 + sismica SLV).

		Paratia pali - $\phi=1200\text{mm}$ - $i=1.4\text{m}$					
		Nmax (kN)	Nmin (kN)	Mmax (kNm)	Mmin (kNm)	Vmax (kN)	Vmin (kN)
A1+M1 SLU	Scavo provvisoriale Fase 4	64.0	-30.6	3.4	-565.2	201.7	-91.0
A1+M1 SLU	Lungo termine Fase 5	-0.8	-182.9	-1.5	-517.5	178.9	-71.7
SLV	Sisma Fase 6	48.3	-85.6	14.8	-384.4	126.9	-67.9

Tabella 9: SLU – SLV: Sollecitazioni agenti sul singolo palo della paratia OS1.

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0202 000</td> <td>B</td> <td>28 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	28 di 82
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	28 di 82													

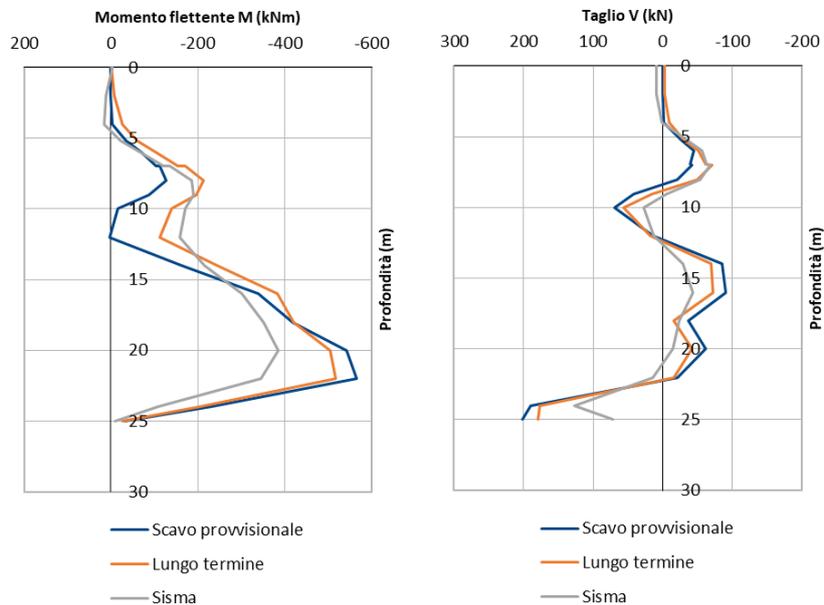


Figura 9.7. SLU – SLV: Azione flettente e tagliante singolo palo paratia OS1.

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	
COMMESSA IF28 LOTTO 01 CODIFICA E ZZ CL DOCUMENTO VI0202 000 REV. B FOGLIO 29 di 82	

9.5 VERIFICHE ALLO SLU ED ALLO SLE DI TIPO STR

Di seguito si riportano le verifiche strutturali dei pali costituenti l'opera OS1 per la combinazione più gravosa a SLU-SLV ed a SLE.

geometria					sollecitazioni e risultati	
sezione trasversale					SLE	SLU
D	c	d	passo	interferro	M _{Ek}	M _{Ed}
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	-398.1 [kNm]	565.2 [kNm]
120	7.5	110.0	11.2	8.6	N _{Ek}	N _{Ed}
armatura longitudinale					momento di cracking	
n _{barre}	φ	r _i	A _{sl}	c _i	M _{cr}	V _{Ed}
	[mm]	[cm]	[cm ²]	[cm]	483.2 [kNm]	201.7 [kN]
28	26	50.00	148.66	10.00	presso-flessione	
armatura a taglio					taglio	
Tipo	φ	p	A _{sw}		σ _{c,min}	V _{Rdc}
	[mm]	[cm]	[cm ²]		-3.1 [MPa]	415.6 [kN]
spirale	12	15	2.26		σ _{s,min}	<i>non serve armatura a taglio</i>
					-35.3 [MPa]	
					σ _{s,max}	V _{Rds}
					76.4 [MPa]	424.4 [kN]
					k ₂	V _{Rdmax}
					0.5	3226.8 [kN]
					ε _{sm-ε_{cm}}	θ
					- [%o]	45.0 [°]
					S _{r,max}	sezione duatile
					- [cm]	al
					W _k	77.2 [cm]
					- [mm]	

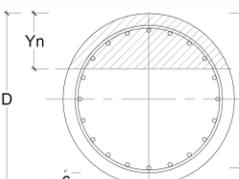
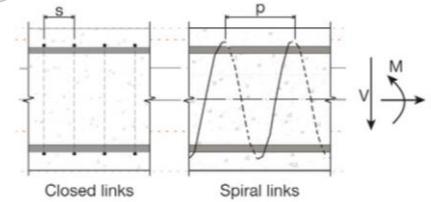
materiali				legenda		
calcestruzzo		acciaio				
R _{ck}	30 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]		d	riferito all'asse barra
f _{ck}	24.9 [MPa]	γ _s	1.15		c	copriferro netto
γ _c	1.5	f _{yd}	391.3 [MPa]		M	>0, se tese fibre inferiori
α _{cc}	0.85	E _s	200000 [MPa]		N	>0, se di trazione
f _{cd}	14.1 [MPa]	ε _{uk}	75 [%o]		V	in valore assoluto
v	0.5	valori limite				
ε _{c2}	2.0 [%o]	0,45 f _{ck}	11.2 [MPa]			
ε _{cu2}	3.5 [%o]	0,75 f _{yk}	337.5 [MPa]			
α _e	15.0	W _{k,lim}	0.2 [mm]			
k _t	0.4					
k ₁	0.8					
k ₃	3.4					
k ₄	0.425					

Figura 9.8. Verifiche allo SLU ed allo SLE di tipo STR pali paratia OS1.

Nella seguente tabella si riassume l'armatura longitudinale e trasversale prevista.

	Lunghezza gabbia [m]	Armatura longitudinale	Armatura trasversale
GABBIA 1	25.0	28Φ26	Spirale Φ12/150mm

Tabella 10: Armatura longitudinale e trasversale paratia OS1.

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0202 000</td> <td>B</td> <td>30 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	30 di 82
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	30 di 82													

9.6 VERIFICA ALLO SLU DI TIPO GEO

9.6.1 Verifica di stabilità globale

Per le combinazioni finalizzate al dimensionamento geotecnico (Approccio 1 – Combinazione 2) è stata verificata la convergenza dell'elaborazione.

9.6.2 Verifica delle spinte a valle della paratia

La verifica delle spinte a valle della paratia è stata condotta in accordo all'Approccio 1, Combinazione 2 (A2+M2+R1).

Nella Figura 9.9 si riporta il diagramma delle spinte efficaci mobilitate nella fase 4 di massimo scavo, mentre nella Figura 9.10 si riporta il diagramma delle spinte totali in condizioni sismiche (Fase 6). In particolare per il caso in condizioni drenate (Fase 4) la spinta moltiplicata per il coefficiente $\gamma_F = 1.0$, deve essere inferiore alla resistenza del terreno corrispondente alla spinta passiva divisa per il coefficiente di resistenza $\gamma_R = 1.0$; la spinta passiva è valutata in accordo alla teoria di Caquot-Karisel. Nel caso sismico la verifica è effettuata in termini di tensioni totali.

I risultati di tale verifica sono sintetizzati nella Tabella 11.

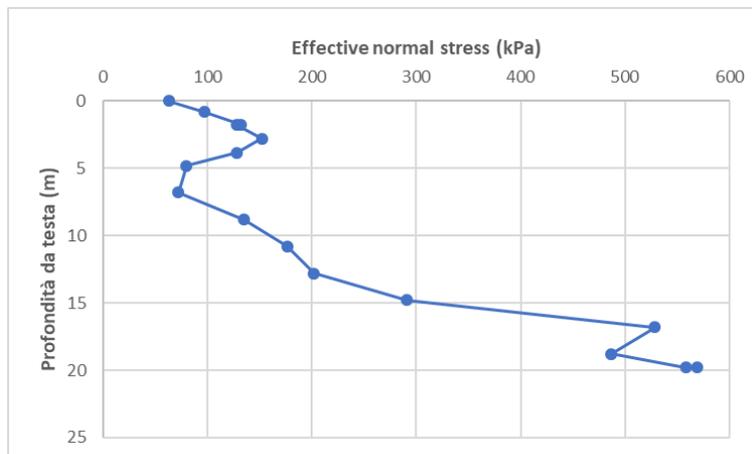


Figura 9.9. Spinta mobilitata in fase 4.

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST					
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 31 di 82

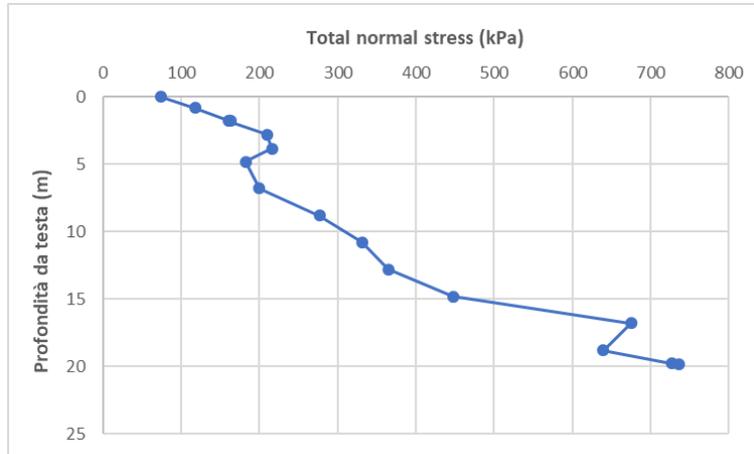


Figura 9.10. Spinta mobilitata in fase 6.

Fase	Spinta passiva [kN/m]		Spinta mobilitata a valle [kN/m]
4	7347	>	4470
6	10500	>	6918

Tabella 11: Verifica delle spinte a valle della paratia.

9.7 ANALISI DI STABILITÀ VERSANTE

Eseguite in precedenza le analisi e le verifiche inerenti le opere in progetto, in questo paragrafo si analizza la stabilità complessiva del versante oggetto di intervento valutata lungo la sezione trasversale assunta (sezione 1-1). Il paragrafo 6.3.4 delle NTC08 indica che le analisi nel caso dei pendii debbano essere eseguite con i valori caratteristici dei parametri (M1).

Utilizzando lo Shear Strength Reduction (SSR) method (disponibile in RS2), per il calcolo del fattore di sicurezza della porzione di versante investigata, sono stati determinati i fattori di sicurezza rispettivamente nelle seguenti condizioni:

- prima dell'esecuzione dell'intervento (fase 0) → $F_s = 1.70$;
- durante gli scavi ancora aperti (fase 4) → $F_s = 1.33$;
- a lungo termine (opere terminate – fase 5) → $F_s = 1.92$;
- in presenza di sisma (analisi pseudostatica con i coefficienti sismici relativi ai pendii indicati nella Tabella 2 – fase 6) → $F_s = 1.22$.

Dall'analisi dei risultati si evince che - come era prevedibile - la condizione più gravosa si verifica nella fase 4 in cui gli scavi sono completamente aperti. La sicurezza viene però incrementata una volta conclusi gli interventi in progetto.

Nella Figura 9.11 è mostrato il risultato del calcolo del fattore di sicurezza nella condizione di scavi aperti mentre nella Figura 9.12 è raffigurata la situazione nella fase sismica.

APPALTATORE:

Consorzio

Soci



PROGETTAZIONE:

Mandataria

Mandanti



ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E
PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST

COMMESSA
IF28

LOTTO
01

CODIFICA
E ZZ CL

DOCUMENTO
VI0202 000

REV.
B

FOGLIO
32 di 82

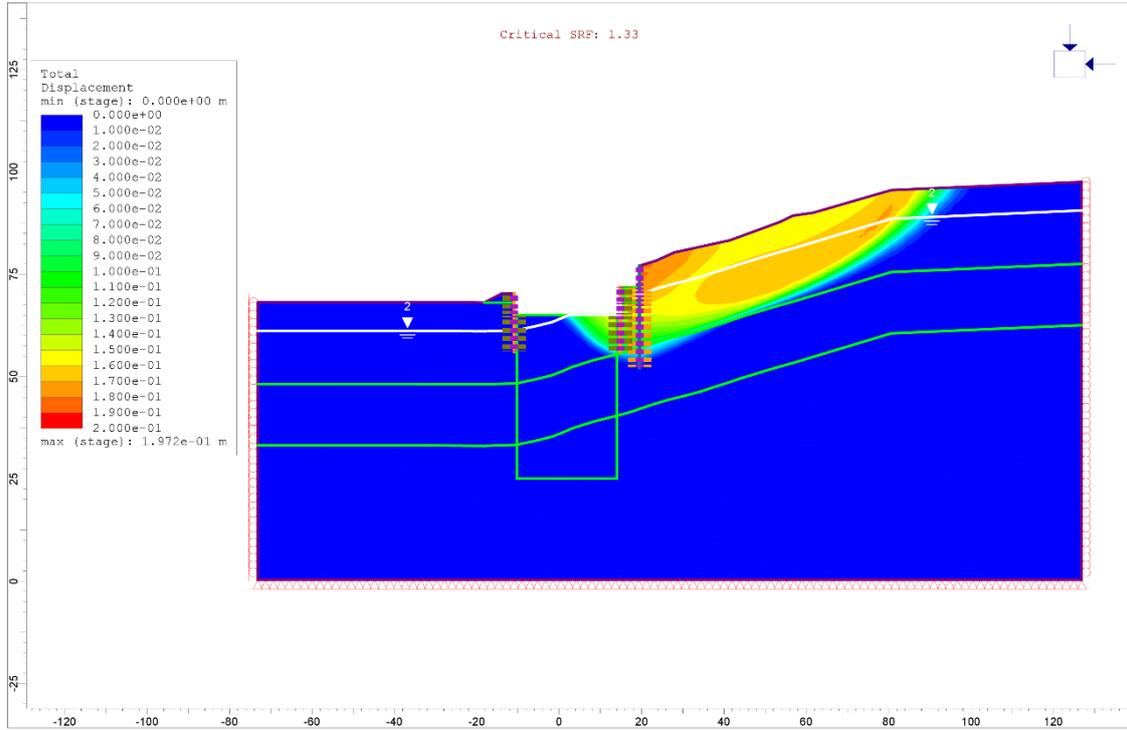


Figura 9.11. Fase 4: analisi di stabilità con scavi aperti.

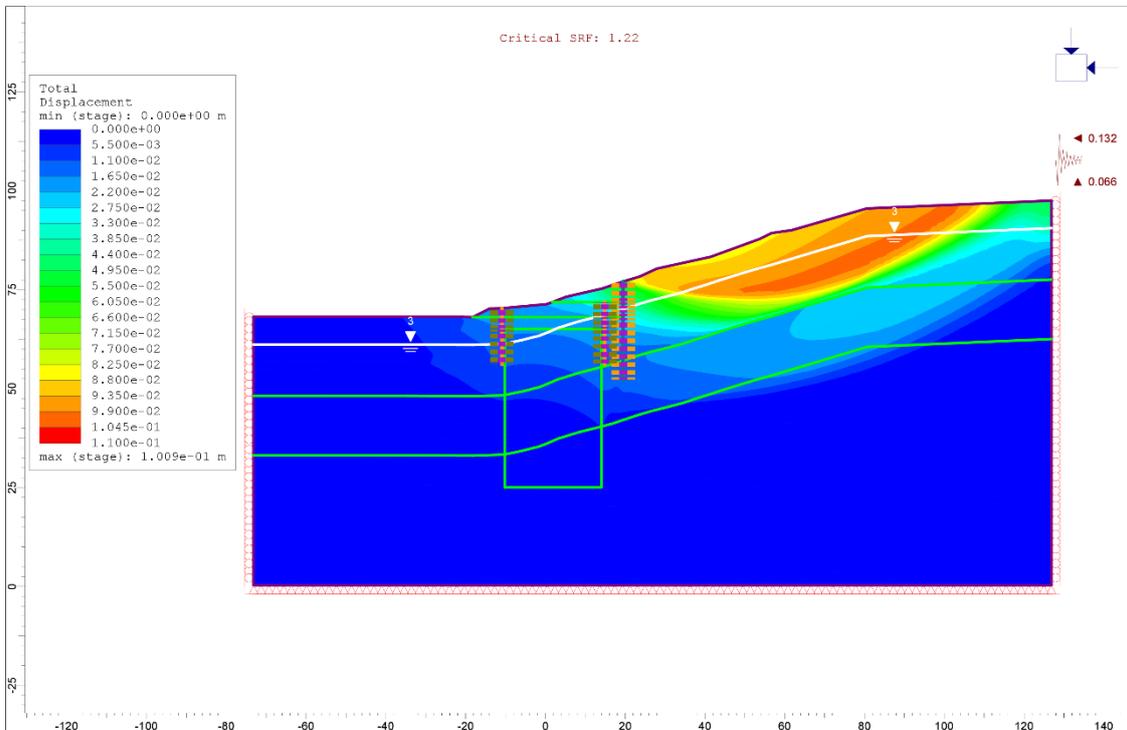


Figura 9.12. Fase 6: analisi di stabilità in presenza dell'azione sismica.

APPALTATORE: Consorzio HirpiniaAV Soci salini impregilo ASTALDI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria ROKSOIL Mandanti NETENGINEERING Alpina						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 33 di 82

10 SEZIONE DI CALCOLO IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI SOSTEGNO OS2

La Figura 10.1 riporta il modello di calcolo implementato in RS2 per la sezione 2-2 (vedasi Figura 5.1). Il particolare del modello con attivati gli interventi è rappresentato nella Figura 10.2. Si possono notare la paratia OS2 (oggetto di analisi in questo paragrafo), il plinto e la fondazione profonda della pila P4.

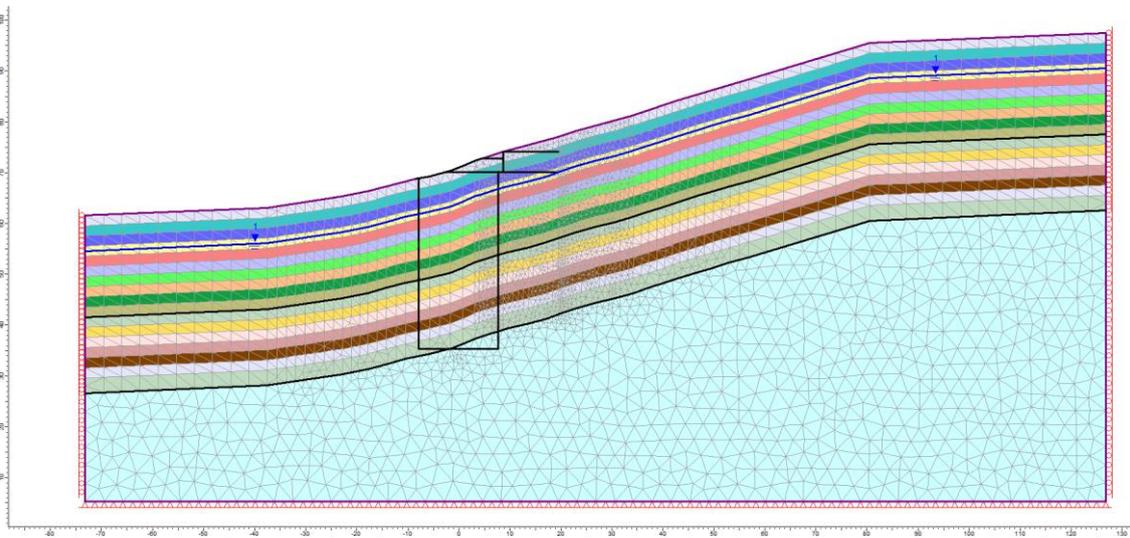


Figura 10.1. Modello di calcolo implementato nel software RS2 (sezione 2-2).

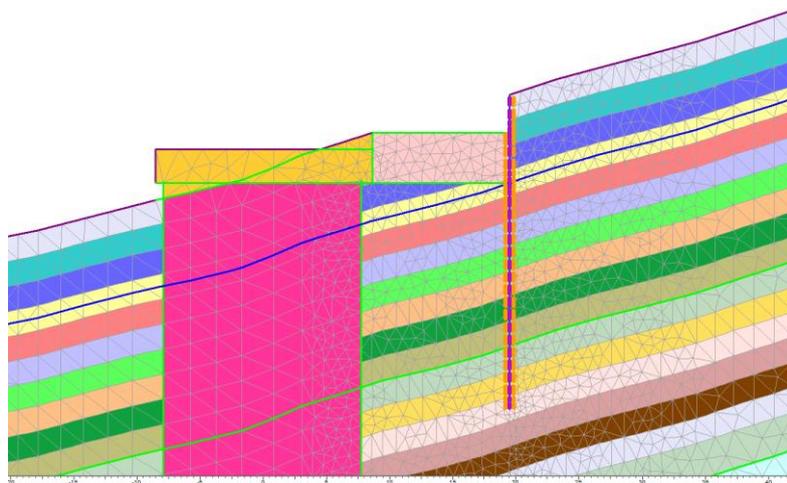


Figura 10.2. Particolare della zona del modello RS2 in cui sono presenti gli interventi.

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 							<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0202 000</td> <td>B</td> <td>34 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	34 di 82													

10.1 DATI DI INPUT DEL MODELLO E LIVELLI PIEZOMETRICI

La stratigrafia e i parametri geotecnici adottati sono i medesimi di quelli indicati nel paragrafo 9 riguardante l'analisi della paratia OS1. Lo stesso vale per il valore del coefficiente di spinta a riposo.

I terreni sono stati considerati con comportamento drenato in tutte le fasi di calcolo tranne che nella fase in cui è applicata l'azione sismica.

Nella Figura 10.3 è rappresentato il modello con variazione lineare con la profondità del modulo operativo.

La falda in questo caso interessa lo scavo in modo molto limitato in quanto questo ultimo si trova, nella sezione esaminata, sempre al di sopra di essa.

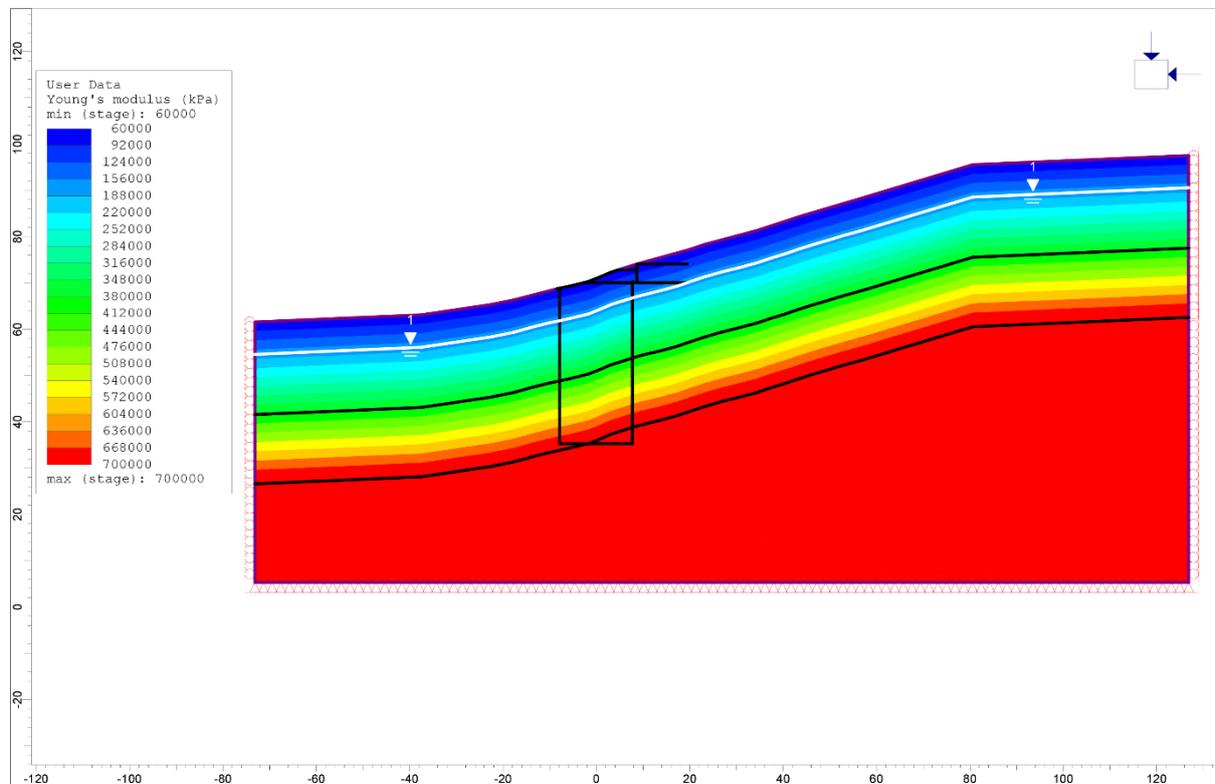


Figura 10.3. Variazione lineare con la profondità del modulo operativo nel modello RS2.

La palificata (lunghezza complessiva di 25 m) è stata modellata con elementi “structural interface” costituiti da elementi liner (o beam) e da un'interfaccia con il terreno da entrambi i lati dell'elemento.

Alla palificata è stato assegnato un modello costitutivo di tipo elastico lineare. Le proprietà delle interfacce e della palificata sono indicate nella Tabella 12. Gli effettivi valori di rigidità assiale EA e flessionale EI assegnati nel modello RS2 sono stati scalati per l'interasse longitudinale. I valori delle sollecitazioni relativi al singolo palo saranno poi ottenuti andando a moltiplicare i valori calcolati da RS2 per l'interasse longitudinale tra i pali.

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA						
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 							
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA IF28</td> <td style="text-align: center;">LOTTO 01</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO VI0202 000</td> <td style="text-align: center;">REV. B</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO 35 di 82</td> </tr> </table>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 35 di 82
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 35 di 82		

Elemento	Descrizione	Valore
Liner	Diametro	1.2 m
	Interasse	1.4 m
	Modulo elastico (C25/30)	31447 MPa
	Rapporto di poisson	0.2
	Altezza complessiva	25 m
Interfaccia	Rigidezza normale	1 GPa/m
	Rigidezza di taglio	0.1 GPa/m
	Coesione	0 kPa
	Angolo di attrito	2/3 Φ
	Resistenza a trazione	0 kPa

Tabella 12: Proprietà assunte in RS2 per gli elementi strutturali.

In sommità alla palificata è prevista la realizzazione di un cordolo di collegamento avente altezza di 1.0 m e base di 1.4 m.

La zona in cui sono presenti i diaframmi di fondazione della pila P4 (profondità fino a 35 m) sono stati modellati nel modello FEM con una legge costitutiva di tipo elastico lineare in quanto tale zona risulta avere caratteristiche di resistenza e deformabilità molto più elevate del terreno circostante (zona evidenziata nel rettangolo nella Figura 10.1 e Figura 10.3). La rappresentazione di tale zona ha avuto l'obiettivo di considerare in modo semplificato la presenza della struttura a valle.

Le modalità di analisi con i parametri caratteristici M1 e con i parametri fattorizzati M2 sono le stesse di quelle descritte al paragrafo 9 relativo all'analisi della paratia di pali OS1.

10.2 DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO

Le fasi di calcolo considerate nelle elaborazioni sono le seguenti:

- *fase 0 – fase geostatica iniziale*
 - tutte le unità geotecniche in condizioni drenate;
- *fase 1 – realizzazione della paratia di pali $\Phi 1200/1.4$ m*
- *fase 2 – scavo a -7.0 m*
- *fase 3 – realizzazione fondazione pila P4 con relativo plinto e successivo reinterro (condizione di lungo termine)*
- *fase 4 – applicazione dell'azione sismica:*
 - tutte le unità geotecniche in condizioni non drenate.

10.3 SINTESI RISULTATI ALLO SLE

Nel seguito vengono riportati i risultati delle elaborazioni in termini di:

- deformata della paratia per la condizione di lungo termine.
- sollecitazioni sugli elementi strutturali.

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA IF28 LOTTO 01 CODIFICA E ZZ CL DOCUMENTO VI0202 000 REV. B FOGLIO 36 di 82

10.3.1 Deformata della paratia

Di seguito si riportano le mappe degli spostamenti per gli SLE relativi alla fase di lungo termine. Gli spostamenti si ritengono compatibili con la funzionalità dell'opera.

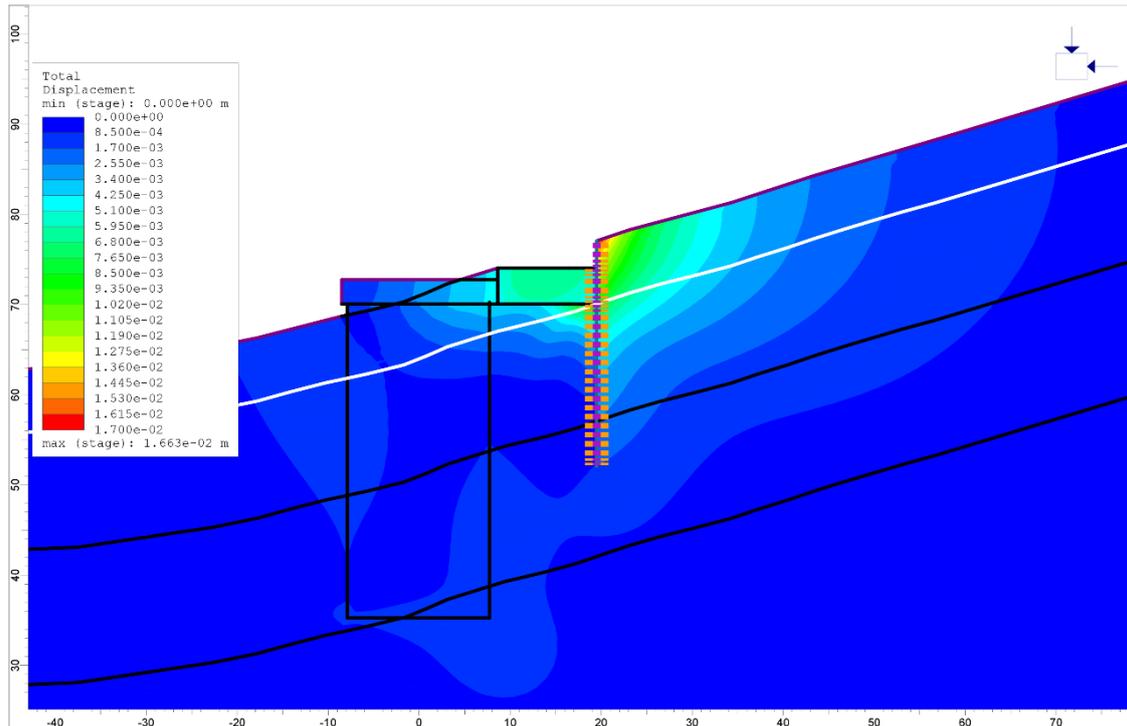


Figura 10.4. Fase 3: SLE rara – Deformazioni.

10.3.2 SLE, Sollecitazioni paratia

Le sollecitazioni di momento flettente e sforzo normale sulla paratia OS2, relative alla fase di lungo termine, sono diagrammate in funzione della profondità nelle seguenti figure, mentre nella tabella seguente è riportata una sintesi delle sollecitazioni massime. Il segno negativo dello sforzo normale indica compressione.

	N° comb.	N	M
(Nmax, M)	1	1.9	-20.0
(Nmin, M)	2	-291.3	-11.5
(N, Mmax)	3	-253.8	15.3
(N, Mmin)	4	-179.5	-521.6

Tabella 13: SLE: Sollecitazioni flessionali e assiali pali paratia OS2.

APPALTATORE: Consorzio HirpiniaAV Soci salini impregilo ASTALDI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria ROKSOIL Mandanti NETENGINEERING Alpina	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	
COMMESSA IF28 LOTTO 01 CODIFICA E ZZ CL DOCUMENTO VI0202 000 REV. B FOGLIO 37 di 82	

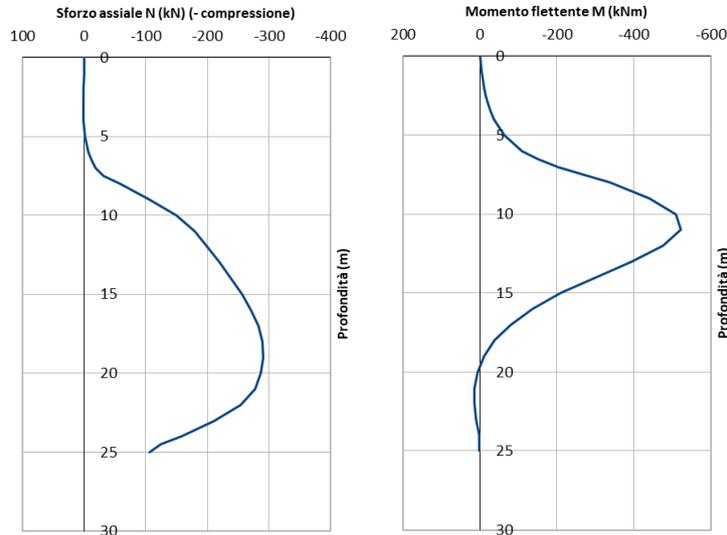


Figura 10.5. SLE: diagrammi delle sollecitazioni pali paratia OS2 (lungo termine).

10.4 SINTESI DEI RISULTATI PER GLI STATI LIMITE STRUTTURALI (STR)

10.4.1 SLU, A1+M1+R1/SLV – Sollecitazioni pali

Nella Tabella 14 si riassumono i valori massimi di azione tagliante e flettente sul singolo palo, mentre nella Figura 10.6 sono riportati i risultati delle elaborazioni in termini di:

- Azione flettente (SLU in approccio 1 – Combinazione 1 + sismica SLV);
- Azione tagliante (SLU in approccio 1 – Combinazione 1 + sismica SLV).

		Paratia pali - $\phi=1200\text{mm}$ - $i=1.4\text{m}$					
		Nmax (kN)	Nmin (kN)	Mmax (kNm)	Mmin (kNm)	Vmax (kN)	Vmin (kN)
A1+M1 SLU	Scavo provvisionale Fase 2	75.7	-50.5	2.3	-635.1	112.4	-172.5
A1+M1 SLU	Lungo termine Fase 3	2.5	-378.7	19.8	-678.1	123.6	-168.9
SLV	Sisma Fase 4	21.0	-118.7	69.3	-711.9	130.0	-185.6

Tabella 14: SLU – SLV: Sollecitazioni agenti sul singolo palo paratia OS2.

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0202 000</td> <td>B</td> <td>38 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	38 di 82
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	38 di 82													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST																		

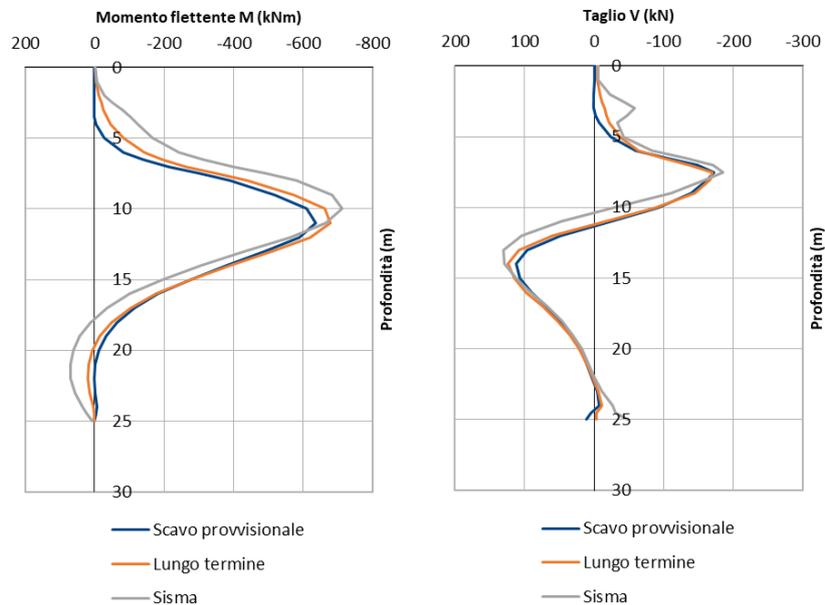


Figura 10.6. SLU – SLV: Azione flettente e tagliante pali paratia OS2.

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	
COMMESSA IF28 LOTTO 01 CODIFICA E ZZ CL DOCUMENTO VI0202 000 REV. B FOGLIO 39 di 82	

10.5 VERIFICHE ALLO SLU ED ALLO SLE DI TIPO STR

Di seguito si riportano le verifiche strutturali dei pali costituenti l'opera OS2 per la combinazione più gravosa a SLU-SLV ed a SLE.

geometria					sollecitazioni e risultati	
sezione trasversale					SLE	SLU
D	c	d	passo	interferro	M _{Ek}	M _{Ed}
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	-521.6 [kNm]	711.9 [kNm]
120	7.5	110.0	11.2	8.6	N _{Ek}	N _{Ed}
armatura longitudinale					momento di cracking	
n _{barre}	φ	r _i	A _{sl}	c _i	M _{cr}	M _{Rd}
	[mm]	[cm]	[cm ²]	[cm]	489.4 [kNm]	2441.7 [kNm]
28	26	50.00	148.66	10.00	quota asse neutro	FS
armatura a taglio					y _n	3.43
Tipo	φ	p	A _{sw}		tensioni e fessure	
	[mm]	[cm]	[cm ²]		σ _{c,min}	-4.1 [MPa]
spirale	12	15	2.26		σ _{s,min}	-46.2 [MPa]
					σ _{s,max}	100.5 [MPa]
					k ₂	0.5
					ε _{sm-ε_{cm}}	0.28 [%]
					S _{r,max}	49.9 [cm]
					w _k	0.14 [mm]
					prezzo-flessione	
					VR _d	
					VR _d	414.0 [kN]
					taglio	
					VR _{ds}	424.4 [kN]
					VR _{dmax}	3226.8 [kN]
					θ	45.0 [°]
					sezione duttile	
					a _l	77.2 [cm]

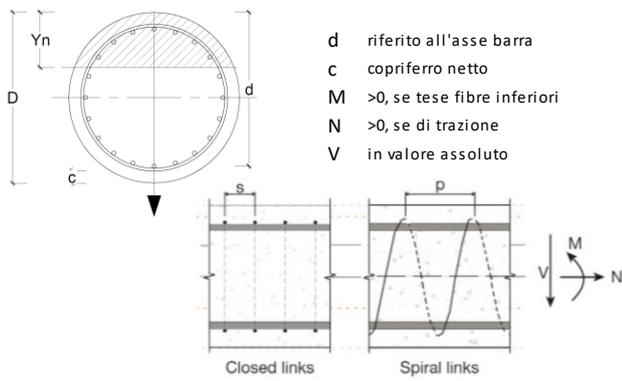
materiali				legenda	
calcestruzzo		acciaio			
R _{ck}	30 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]		d riferito all'asse barra c copriferro netto M >0, se tese fibre inferiori N >0, se di trazione V in valore assoluto
f _{ck}	24.9 [MPa]	γ _s	1.15		
γ _c	1.5	f _{yd}	391.3 [MPa]		
α _{cc}	0.85	E _s	200000 [MPa]		
f _{cd}	14.1 [MPa]	ε _{uk}	75 [%]		
v	0.5	valori limite			
ε _{c2}	2.0 [%]	0,45 f _{ck}	11.2 [MPa]		
ε _{cu2}	3.5 [%]	0,75 f _{yk}	337.5 [MPa]		
α _e	15.0	w _{k,lim}	0.2 [mm]		
k _t	0.4				
k ₁	0.8				
k ₃	3.4				
k ₄	0.425				

Figura 10.7. Verifiche allo SLU ed allo SLE di tipo STR pali paratia OS2.

Nella seguente tabella si riassume l'armatura longitudinale e trasversale prevista.

	Lunghezza gabbia [m]	Armatura longitudinale	Armatura trasversale
GABBIA 2	25.0	28φ26	Spirale φ12/150mm

Tabella 15: Armatura longitudinale e trasversale paratia OS2.

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 40 di 82

10.6 VERIFICA ALLO SLU DI TIPO GEO

10.6.1 Verifica di stabilità globale

Per le combinazioni finalizzate al dimensionamento geotecnico (Approccio 1 – Combinazione 2) è stata verificata la convergenza dell'elaborazione.

10.6.2 Verifica delle spinte a valle della paratia

La verifica delle spinte a valle della paratia è stata condotta in accordo all'Approccio 1, Combinazione 2 (A2+M2+R1).

Nella Figura 10.8 si riporta il diagramma delle spinte efficaci mobilitate nella di massimo scavo (Fase 2), mentre nella Figura 10.9 si riporta il diagramma delle spinte totali in condizioni sismiche (Fase 4). In particolare per il caso in condizioni drenate (Fase 2) la spinta moltiplicata per il coefficiente $\gamma_F = 1.0$, deve essere inferiore alla resistenza del terreno corrispondente alla spinta passiva divisa per il coefficiente di resistenza $\gamma_R = 1.0$; la spinta passiva è valutata in accordo alla teoria di Caquot-Karisel. Nel caso sismico la verifica è effettuata in termini di tensioni totali.

I risultati di tale verifica sono sintetizzati nella Tabella 16.

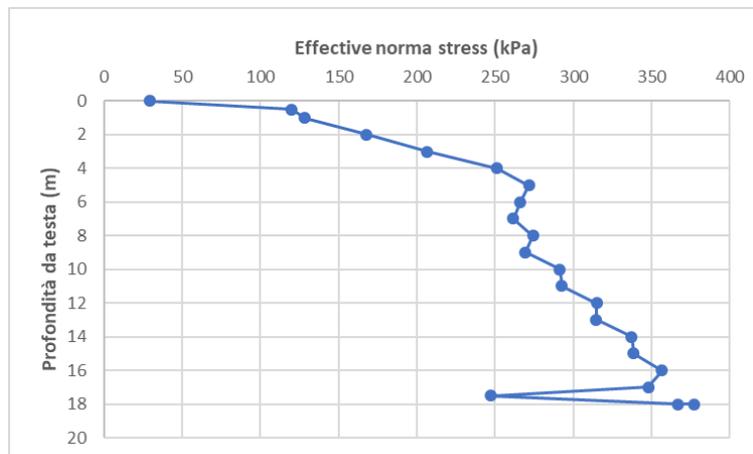


Figura 10.8. Spinta mobilitata in fase 2.

APPALTATORE: Consorzio HirpiniaAV Soci salini impregio ASTALDI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria ROKSOIL Mandanti NETENGINEERING Alpina	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA IF28 LOTTO 01 CODIFICA E ZZ CL DOCUMENTO VI0202 000 REV. B FOGLIO 41 di 82

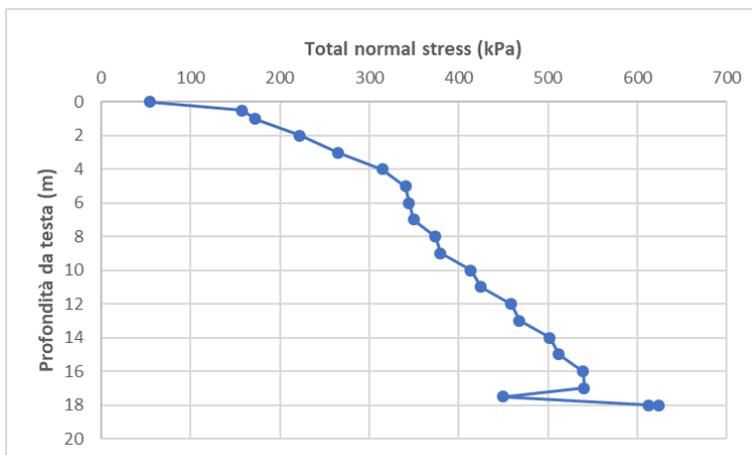


Figura 10.9. Spinta mobilitata in fase 4.

Fase	Spinta passiva [kN/m]		Spinta mobilitata a valle [kN/m]
2	5730	>	4857
4	9272	>	6918

Tabella 16: Verifica delle spinte a valle della paratia.

10.7 ANALISI DI STABILITÀ VERSANTE

Eseguite in precedenza le analisi e le verifiche inerenti le opere in progetto, in questo paragrafo si analizza la stabilità complessiva del versante oggetto di intervento valutata lungo la sezione trasversale assunta (sezione 2-2). Il paragrafo 6.3.4 delle NTC08 indica che le analisi nel caso dei pendii debbano essere eseguite con i valori caratteristici dei parametri (M1).

Utilizzando lo Shear Strength Reduction (SSR) method (disponibile in RS2), per il calcolo del fattore di sicurezza della porzione di versante investigata, sono stati determinati i fattori di sicurezza rispettivamente nelle seguenti condizioni:

- prima dell'esecuzione dell'intervento (fase 0) → $F_s = 1.54$;
- durante gli scavi ancora aperti (fase 2) → $F_s = 1.36$;
- a lungo termine (opere terminate – fase 3) → $F_s = 1.76$;
- in presenza di sisma (analisi pseudostatica con i coefficienti sismici relativi ai pendii indicati nella Tabella 2 – fase 4) → $F_s = 1.10$.

Dall'analisi dei risultati si evince che come era prevedibile la condizione più gravosa si verifica nella fase 2 in cui gli scavi sono completamente aperti. La sicurezza viene però incrementata una volta conclusi gli interventi in progetto.

Nella Figura 10.10 è mostrato il risultato del calcolo del fattore di sicurezza nella condizione di scavi aperti mentre nella Figura 10.11 è raffigurata la situazione nella fase sismica.

APPALTATORE: Consorzio HirpiniaAV Soci salini impregilo ASTALDI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL Mandanti NETENGINEERING Alpina													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0202 000</td> <td>B</td> <td>42 di 82</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	42 di 82
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	42 di 82								

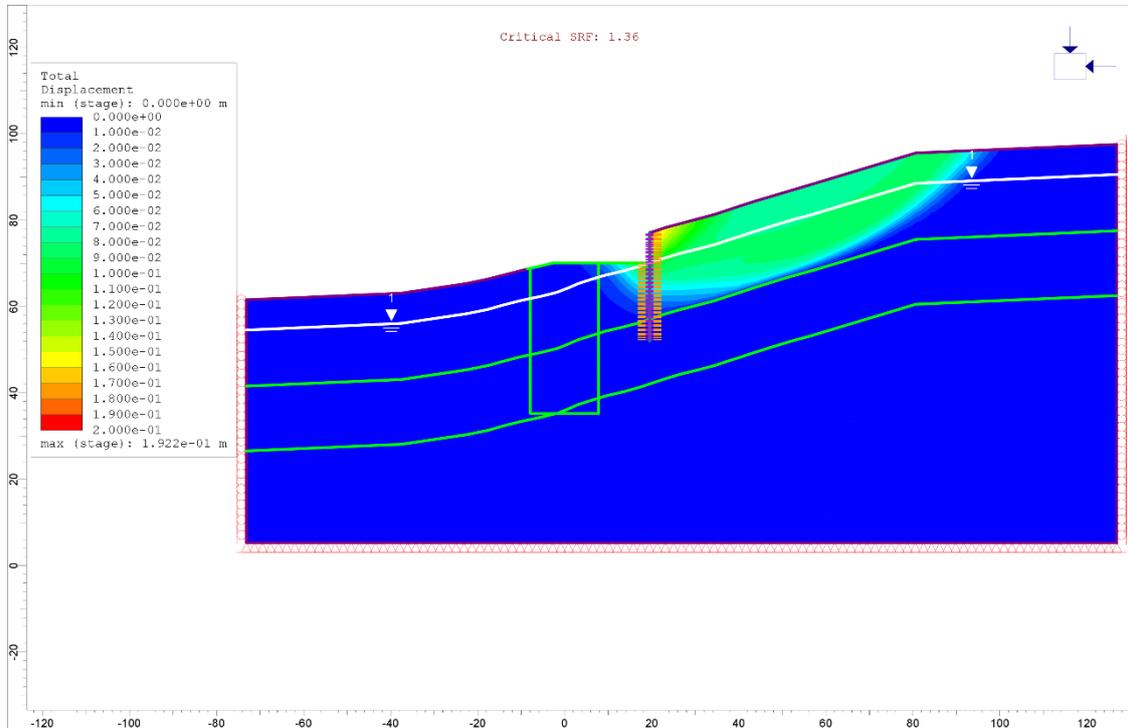


Figura 10.10. Fase 2: analisi di stabilità con scavi aperti.

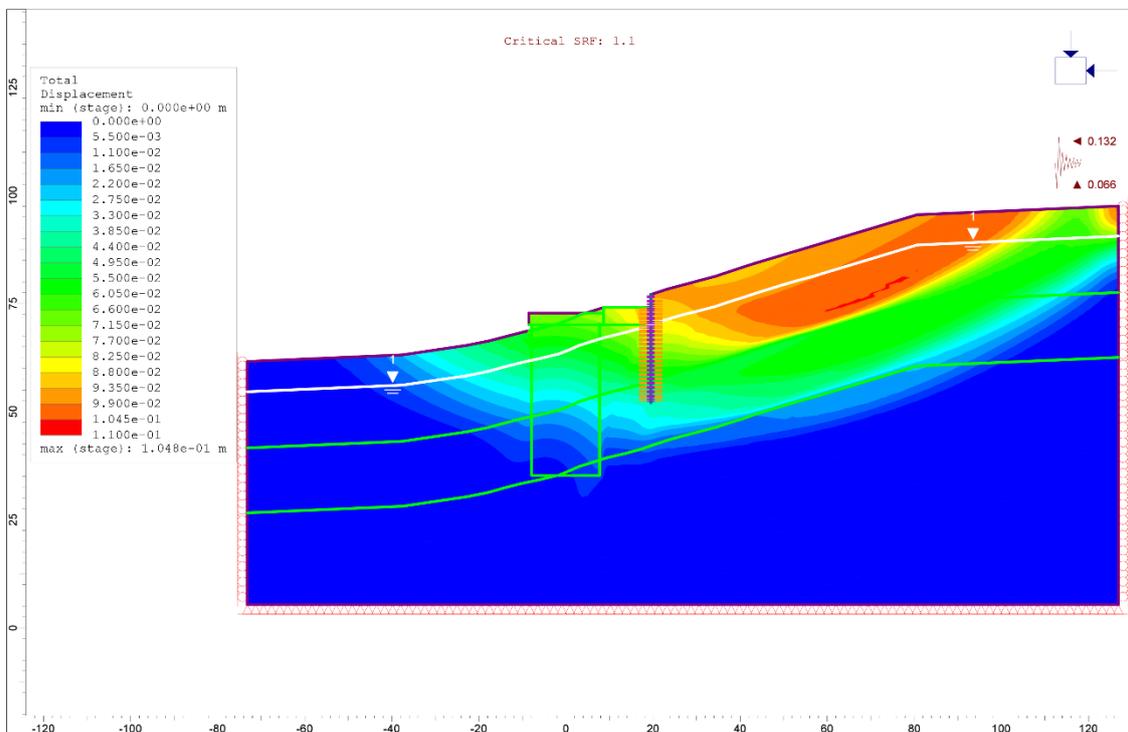


Figura 10.11. Fase 4: analisi di stabilità in presenza dell'azione sismica.

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VI0202 000</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">43 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	43 di 82
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	43 di 82													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST																		

11 SEZIONE DI CALCOLO IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI SOSTEGNO OS3-OS4

La Figura 11.1 riporta il modello di calcolo implementato in RS2 per la sezione 3-3 (vedasi Figura 5.1). Il particolare del modello con attivati gli interventi è rappresentato nella Figura 11.2. Si possono notare la paratia OS3 più a valle e la paratia OS4 a monte ed il muro ad "U" fondato su pali.

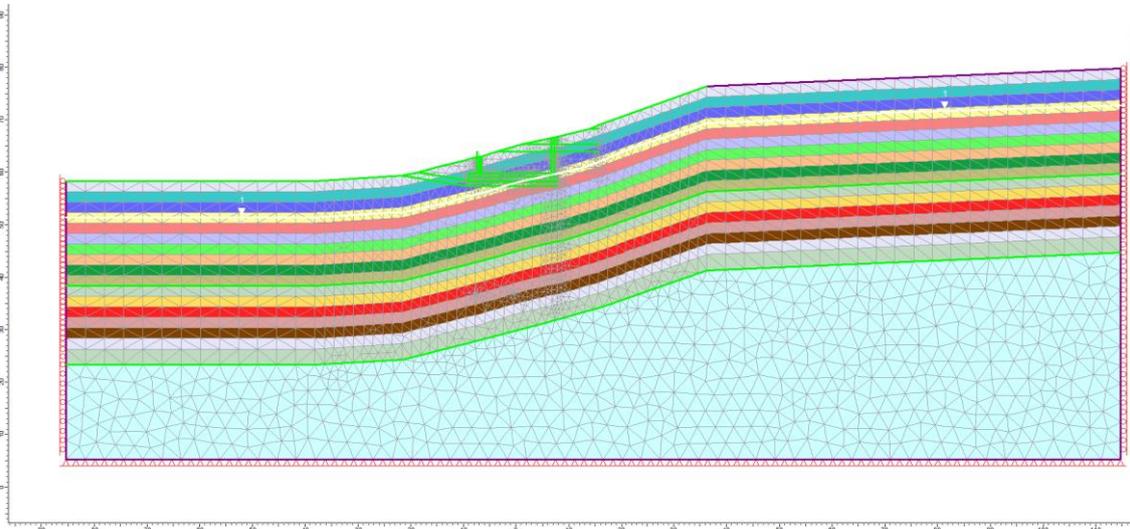


Figura 11.1. Modello di calcolo implementato nel software RS2 (sezione 3-3).

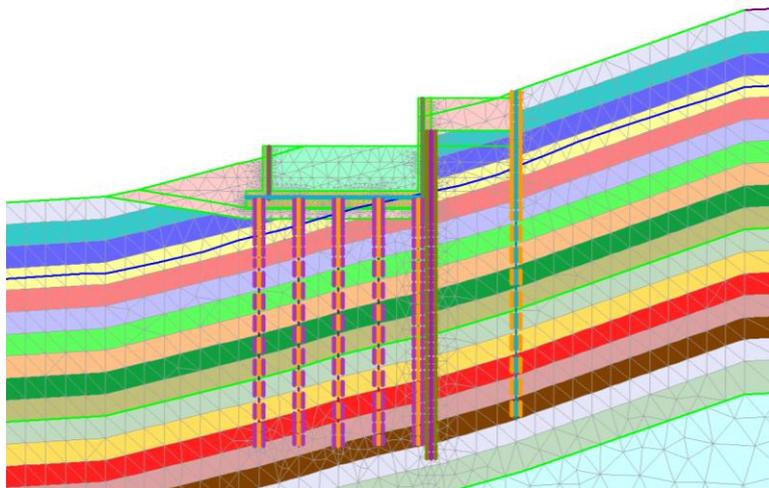


Figura 11.2. Particolare della zona del modello RS2 in cui sono presenti gli interventi.

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0202 000</td> <td>B</td> <td>44 di 82</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	44 di 82
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	44 di 82								

11.1 DATI DI INPUT DEL MODELLO E LIVELLI PIEZOMETRICI

La stratigrafia e i parametri geotecnici adottati sono i medesimi di quelli indicati nel paragrafo 9 riguardante l'analisi della paratia OS1. Lo stesso vale per il valore del coefficiente di spinta a riposo.

I terreni sono stati considerati con comportamento drenato in tutte le fasi di calcolo tranne che nella fase in cui è applicata l'azione sismica.

Nella Figura 11.3 è rappresentato il modello con variazione lineare con la profondità del modulo operativo.

La falda è posta come per le altre sezioni analizzate a 7 m dal piano campagna.

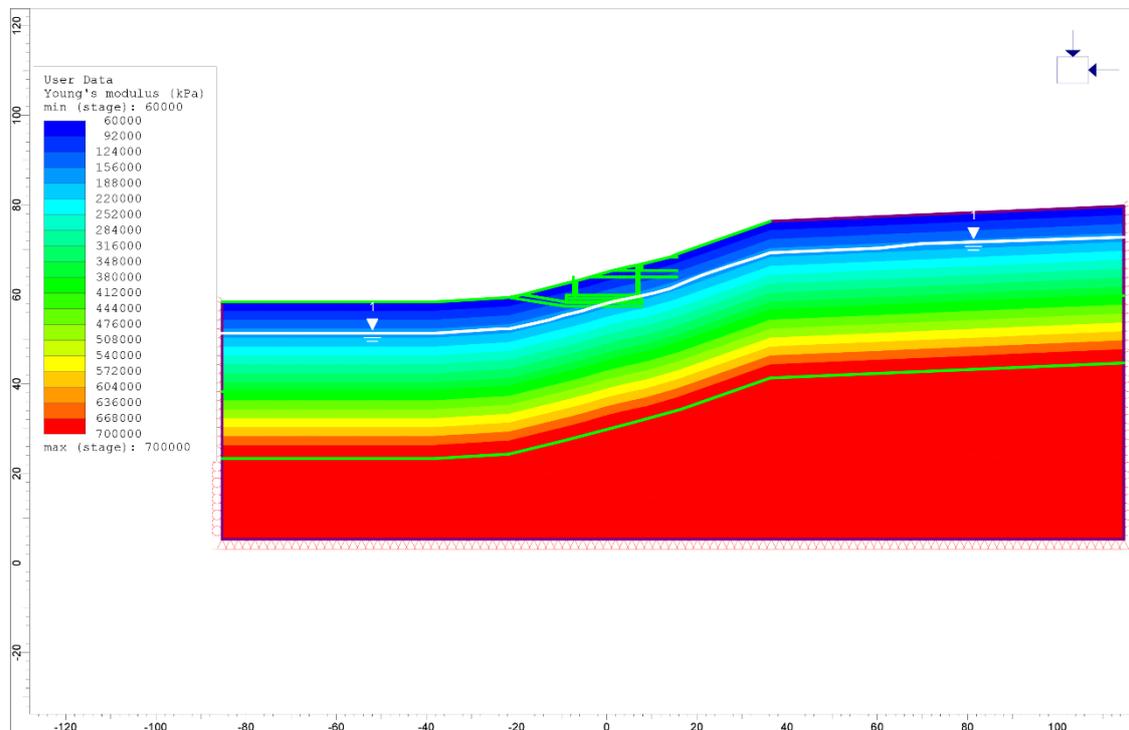


Figura 11.3. Variazione lineare con la profondità del modulo operativo nel modello RS2.

Le due paratie di pali OS3 ed OS4 (entrambe di lunghezza complessiva di 30 m) sono state modellate con elementi "structural interface" costituiti da elementi liner (o beam) e da un'interfaccia con il terreno da entrambi i lati dell'elemento.

Alle palificate è stato assegnato un modello costitutivo di tipo elastico lineare. Le proprietà delle interfacce e della palificata sono indicate nella Tabella 17. Gli effettivi valori di rigidità assiale EA e flessionale EI assegnati nel modello RS2 sono stati scalati per l'interasse longitudinale. I valori delle sollecitazioni relativi al singolo palo saranno poi ottenuti andando a moltiplicare i valori calcolati da RS2 per l'interasse longitudinale tra i pali.

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0202 000</td> <td>B</td> <td>45 di 82</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	45 di 82
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	45 di 82								

Elemento	Descrizione	Valore
Liner costituenti la paratia OS3	Diametro	1.2 m
	Interasse	1.4 m
	Modulo elastico (C25/30)	31447 MPa
	Rapporto di poisson	0.2
	Altezza complessiva	30 m
Liner costituenti la paratia OS4	Diametro	1.5 m
	Interasse	1.7 m
	Modulo elastico (C25/30)	31447 MPa
	Rapporto di poisson	0.2
	Altezza complessiva	30 m
Interfaccia	Rigidezza normale	1.0 GPa/m
	Rigidezza di taglio	0.1 GPa/m
	Coesione	0 kPa
	Angolo di attrito	2/3 Φ
	Resistenza a trazione	0 kPa

Tabella 17: Proprietà assunte in RS2 per gli elementi strutturali relativi alle paratie OS3 ed OS4.

In sommità alla palificata OS3 è prevista la realizzazione di un cordolo di collegamento avente base di 1.4 m e altezza di 1.0 m mentre per la paratia OS4 un cordolo di dimensioni 1.7 x 1.0 m.

Immediatamente a valle della paratia OS3 è stato posizionato nel modello RS2 il muro ad “U” fondato su pali aventi le caratteristiche riassunte nella Tabella 18. Il dettaglio del modello del muro ad “U” con l’indicazione delle dimensioni geometriche assunte è mostrato nella Figura 11.4.

Elemento	Descrizione	Valore
Elementi piani per il muro ad “U”	Modulo elastico (C28/35)	32588 MPa
	Rapporto di poisson	0.2
Liner costituenti i pali di fondazione	Diametro	1.2 m
	Interasse	3.6 m
	Modulo elastico (C25/30)	31447 MPa
	Rapporto di poisson	0.2
	Lunghezza complessiva	22 m
Interfaccia	Rigidezza normale	1.0 GPa/m
	Rigidezza di taglio	0.1 GPa/m
	Coesione	0 kPa
	Angolo di attrito	2/3 Φ
	Resistenza a trazione	0 kPa

Tabella 18: Proprietà assunte in RS2 per gli elementi strutturali relativi al muro di sostegno ad “U” ed ai pali di fondazione.

APPALTATORE: Consorzio HirpiniaAV Soci salini impreglio ASTALDI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria ROKSOIL Mandanti NETENGINEERING Alpina	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA IF28 LOTTO 01 CODIFICA E ZZ CL DOCUMENTO VI0202 000 REV. B FOGLIO 46 di 82

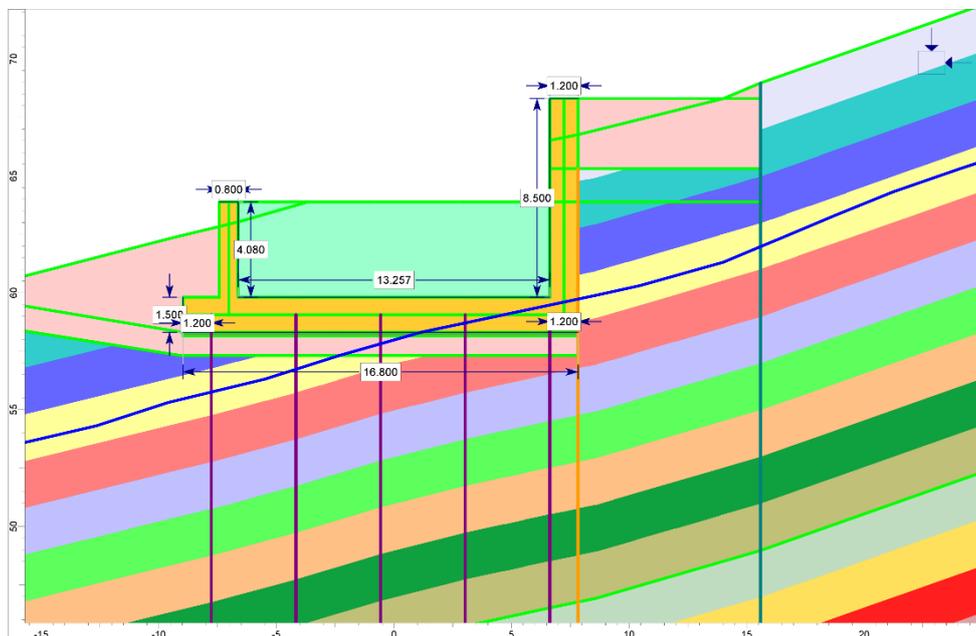


Figura 11.4. Dettaglio del modello del muro ad “U” fondato su pali implementato in RS2 (sezione 3-3).

Le modalità di analisi con i parametri caratteristici M1 e con i parametri fattorizzati M2 sono le stesse di quelle descritte al paragrafo 9 relativo all’analisi della paratia di pali OS1. Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori dei coefficienti di spinta attiva calcolati con Mononobe-Okabe essendo diversi da quelli delle analisi precedenti in quanto il coefficiente sismico orizzontale per le paratie in questione assume un altro valore (vedasi Tabella 2).

angolo di resistenza al taglio del terreno (φ^*_k)	23 [°]
angolo di attrito terreno/calcestruzzo (δ_k)	0 [°]
coesione efficace (c^*_k)	20 [kN/m ²]
angolo di inclinazione della superficie di spinta (ψ)	90 [°]
inclinazione terreno a monte (i)	17 [°]
inclinazione della superficie di scorrimento	0 [°]
coefficiente sismico orizzontale (k_h)	0.155 [g]
coefficiente sismico verticale (k_v)	± 0 [g]
coefficienti di spinta attiva (K_{AE}) (Mononobe-Okabe, 1926)	
$K_A =$	0.5819 statico
$K_{AE} =$	0.9628 con sisma

Tabella 19: Parametri caratteristici M1: Coefficienti di spinta attiva calcolati con la formulazione di Mononobe-Okabe.

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 47 di 82

angolo di resistenza al taglio del terreno (ϕ'_k)	18.76 [°]
angolo di attrito terreno/calcestruzzo (δ_k)	0 [°]
coesione efficace (c'_k)	16 [kN/m ²]
angolo di inclinazione della superficie di spinta (ψ)	90 [°]
inclinazione terreno a monte (i)	17 [°]
inclinazione della superficie di scorrimento	0 [°]
coefficiente sismico orizzontale (k_h)	0.179 [g]
coefficiente sismico verticale (k_v)	± 0 [g]
coefficienti di spinta attiva (K_{AE}) (<i>Mononobe-Okabe, 1926</i>)	
$K_A =$	0.7390 statico
$K_{AE} =$	0.9938 con sisma

Tabella 20: Parametri fattorizzati M2: Coefficienti di spinta attiva calcolati con la formulazione di Mononobe-Okabe.

11.2 DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO

Le fasi di calcolo considerate nelle elaborazioni sono le seguenti:

- *fase 0 – fase geostatica iniziale*
 - tutte le unità geotecniche in condizioni drenate;
- *fase 1 – realizzazione della paratia di pali $\Phi 1500/1.7$ m (OS4)*
- *fase 2 – scavo a -3.7 m*
- *fase 3 – realizzazione della paratia di pali $\Phi 1200/1.4$ m (OS3)*
- *fase 4 – scavo a -1.45 m da sommità paratia OS3*
 - falda lato terra a -7.0m da piano campagna e lato scavo coincidente con il fondo scavo -8.0 m da sommità paratia OS3;
- *fase 5 – scavo a -2.85 m da sommità paratia OS3*
- *fase 6 – scavo a -4.25 m da sommità paratia OS3*
- *fase 7 – scavo a -5.50 m da sommità paratia OS3*
- *fase 8 – scavo a -8.0 m da sommità paratia OS3*
 - falda lato terra a -7.0m da piano campagna e lato scavo coincidente con il fondo scavo -8.0 m;
- *fase 9 – applicazione carico di cantiere da 20 kPa a monte della paratia;*
- *fase 10 – realizzazione muro ad "U" con attivazione dei pali di fondazione ed esecuzione dei reinterri*
 - falda riportata a -7.0m da piano campagna sia lato terra che lato scavo
- *fase 11 – condizione di lungo termine*
 - applicazione carico di cantiere da 20 kPa a monte del muro ad "U"
 - applicazione del carico ferroviario LM 71.
- *fase 12 – applicazione dell'azione sismica:*

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 48 di 82

- tutte le unità geotecniche in condizioni non drenate;
- carico ferroviario LM 71 ridotto ($\psi_2 = 0.2$).

11.3 SINTESI RISULTATI ALLO SLE

Nel seguito vengono riportati i risultati delle elaborazioni in termini di:

- deformata della paratia per la condizione di lungo termine.
- sollecitazioni sugli elementi strutturali.

11.3.1 Deformata delle paratie

Di seguito si riportano le mappe degli spostamenti per gli SLE relativi alla fase di lungo termine. Gli spostamenti si ritengono compatibili con la funzionalità delle opere.

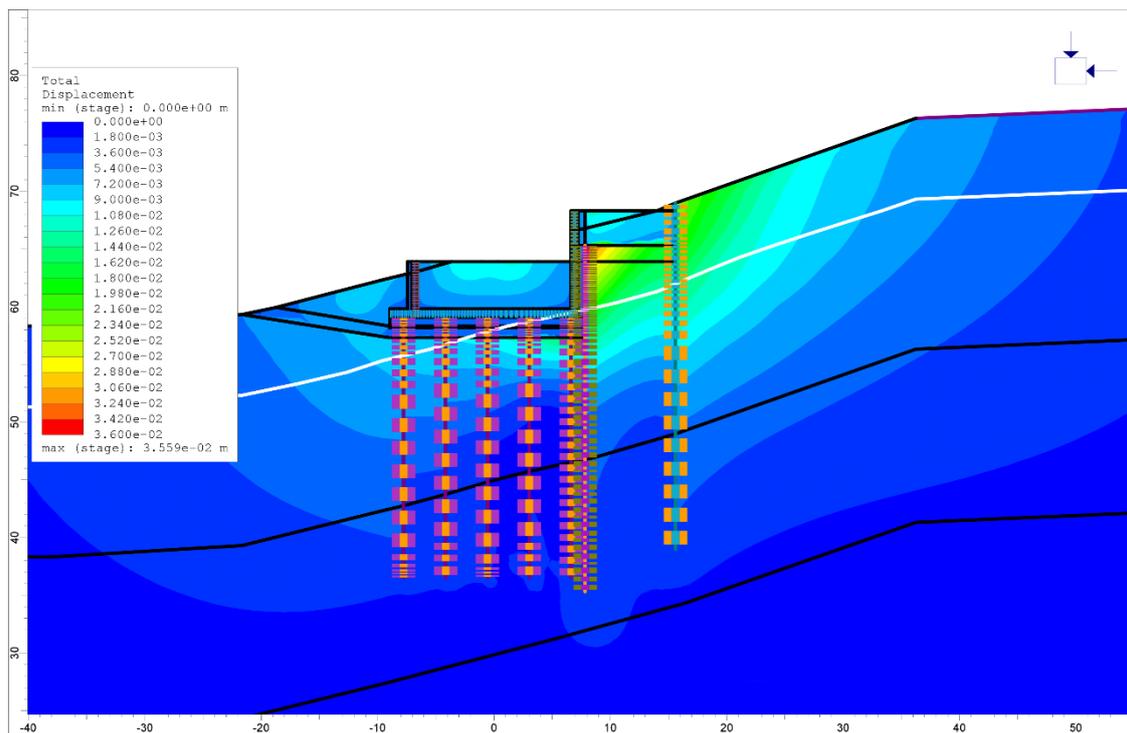


Figura 11.5. Paratia OS3 ed OS4: SLE rara – Deformazioni (lungo termine).

11.3.2 SLE, Sollecitazioni paratie

Le sollecitazioni di momento flettente e sforzo normale sulle paratie OS3 ed OS4, relative alla fase di lungo termine, sono diagrammate in funzione della profondità nelle seguenti figure, mentre nella tabella seguente è riportata una sintesi delle sollecitazioni massime. Il segno negativo dello sforzo normale indica compressione.

APPALTATORE: Consorzio HirpiniaAV Soci salini impregio ASTALDI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria ROKSOIL Mandanti NETENGINEERING Alpina	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	
COMMESSA IF28 LOTTO 01 CODIFICA E ZZ CL DOCUMENTO VI0202 000 REV. B FOGLIO 49 di 82	

	N° comb.	N	M
(Nmax, M)	1	-245.5	-2.7
(Nmin, M)	2	-508.2	-224.1
(N, Mmax)	3	-469.7	159.0
(N, Mmin)	4	-407.3	-727.8

Tabella 21: SLE: Sollecitazioni flessionali e assiali pali paratia OS3.

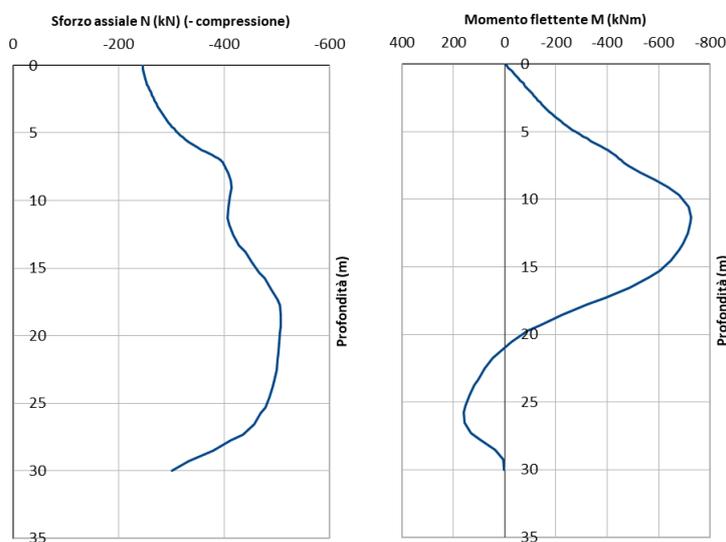


Figura 11.6. SLE: diagrammi delle sollecitazioni pali paratia OS3 (lungo termine).

	N° comb.	N	M
(Nmax, M)	1	0.4	-0.5
(Nmin, M)	2	-466.9	-409.5
(N, Mmax)	3	0.4	-0.5
(N, Mmin)	4	-324.3	-546.4

Tabella 22: SLE: Sollecitazioni flessionali e assiali pali paratia OS4.

APPALTATORE: Consorzio HirpiniaAV Soci salini impregio ASTALDI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria ROKSOIL Mandanti NETENGINEERING Alpina	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	
COMMESSA IF28 LOTTO 01 CODIFICA E ZZ CL DOCUMENTO VI0202 000 REV. B FOGLIO 50 di 82	

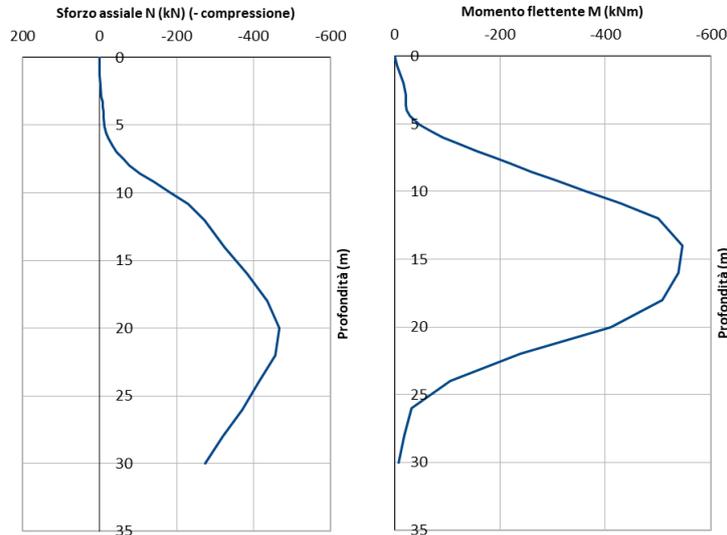


Figura 11.7. SLE: diagrammi delle sollecitazioni pali paratia OS4 (lungo termine).

11.4 SINTESI DEI RISULTATI PER GLI STATI LIMITE STRUTTURALI (STR)

11.4.1 SLU, A1+M1+R1/SLV – Sollecitazioni pali

Nelle tabelle seguenti si riassumono i valori massimi di azione tagliante e flettente sul singolo palo, mentre nelle figure sono riportati i risultati delle elaborazioni in termini di:

- Azione flettente (SLU in approccio 1 – Combinazione 1 + sismica SLV);
- Azione tagliante (SLU in approccio 1 – Combinazione 1 + sismica SLV).

		Paratia pali - $\phi=1200\text{mm}$ - $i=1.4\text{m}$					
		Nmax (kN)	Nmin (kN)	Mmax (kNm)	Mmin (kNm)	Vmax (kN)	Vmin (kN)
A1+M1 SLU	Scavo provvisorio Fase 9	232.3	-88.0	30.9	-1003.8	192.6	-234.0
A1+M1 SLU	Lungo termine Fase 11	-318.7	-663.7	207.3	-987.6	180.8	-145.6
SLV	Sisma Fase 12	690.0	-57.3	41.2	-1010.7	161.1	-246.5

Tabella 23: SLU – SLV: Sollecitazioni agenti sul singolo palo paratia OS3.

APPALTATORE: Consorzio HirpiniaAV Soci salini impregilo ASTALDI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria ROKSOIL Mandanti NETENGINEERING Alpina	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	
COMMESSA IF28 LOTTO 01 CODIFICA E ZZ CL DOCUMENTO VI0202 000 REV. B FOGLIO 51 di 82	

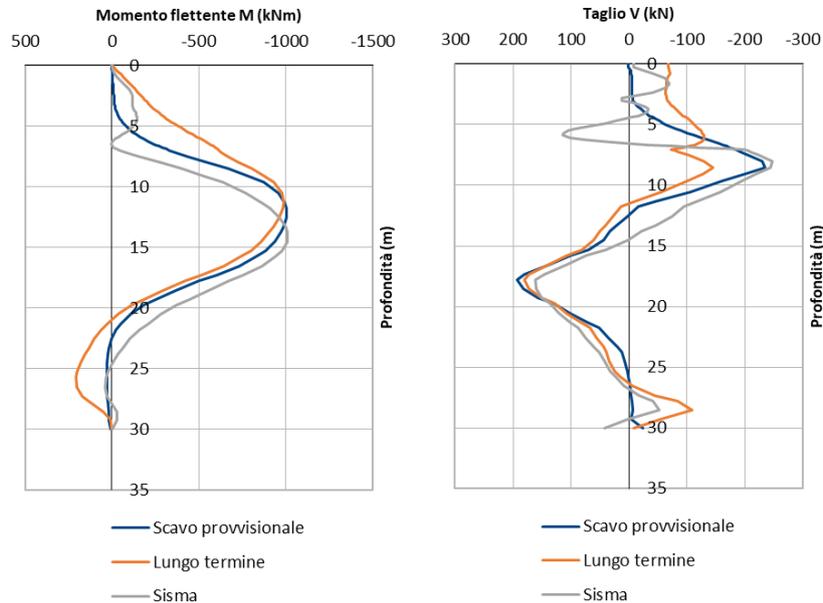


Figura 11.8. SLU – SLV: Azione flettente e tagliante palo paratia OS3.

		Paratia pali - $\varphi=1500\text{mm}$ - $i=1.7\text{m}$					
		Nmax (kN)	Nmin (kN)	Mmax (kNm)	Mmin (kNm)	Vmax (kN)	Vmin (kN)
A1+M1 SLU	Scavo provvisionale paratia OS4 Fase 2	321.1	-52.7	18.7	-382.9	55.2	-182.8
A1+M1 SLU	Scavo provvisionale paratia OS3 Fase 9	118.1	-51.5	1.71	-772.5	110.1	-106.2
A1+M1 SLU	Lungo termine Fase 11	0.3	-615.0	-0.6	-726.2	115.3	-98.7
SLV	Sisma Fase 12	832.3	-0.1	210.8	-1484.2	280.3	-186.4

Tabella 24: SLU – SLV: Sollecitazioni agenti sul singolo palo paratia OS4.

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0202 000</td> <td>B</td> <td>52 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	52 di 82
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	52 di 82													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST																		

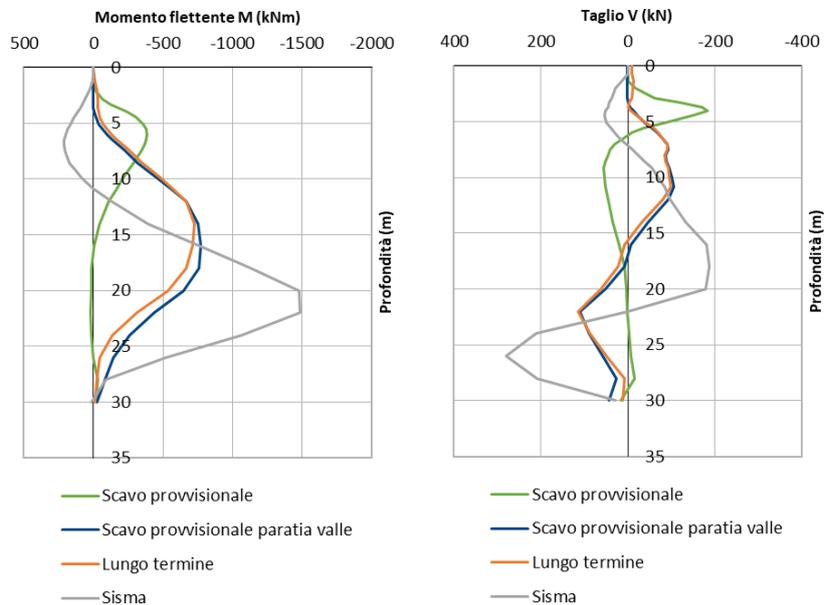


Figura 11.9. SLU – SLV: Azione flettente e tagliante palo paratia OS4.

APPALTATORE: Consorzio HirpiniaAV Soci salini impregilo ASTALDI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria ROKSOIL Mandanti NETENGINEERING Alpina	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	
COMMESSA IF28 LOTTO 01 CODIFICA E ZZ CL DOCUMENTO VI0202 000 REV. B FOGLIO 53 di 82	

11.5 VERIFICHE ALLO SLU ED ALLO SLE DI TIPO STR

Di seguito si riportano le verifiche strutturali dei pali costituenti le opere OS3 ed OS4 per la combinazione più gravosa a SLU-SLV ed a SLE.

geometria					sollecitazioni e risultati	
sezione trasversale					SLE	SLU
D	c	d	passo	interferro	M _{Ek}	M _{Ed}
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	-727.8 [kNm]	1010.7 [kNm]
120	7.5	110.0	11.2	8.6	N _{Ek}	N _{Ed}
armatura longitudinale					momento di cracking	
n _{barre}	φ	r _i	A _{sl}	c _i	M _{cr}	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	[cm]	525.7 [kNm]	
28	26	50.00	148.66	10.00	quota asse neutro	
armatura a taglio					y _n	
Tipo	φ	p	A _{sw}		43.72 [cm]	
	[mm]	[cm]	[cm ²]		tensioni e fessure	
spirale	12	15	2.26		σ _{c,min}	-5.7 [MPa]
					σ _{s,min}	-65.5 [MPa]
					σ _{s,max}	128.8 [MPa]
					k ₂	0.5
					ε _{sm-ε_{cm}}	0.36 [%]
					S _{r,max}	49.9 [cm]
					w _k	0.18 [mm]
					prezzo-flessione	
					M _{Rd}	2237.6 [kNm]
					FS	2.21
					taglio	
					V _{Rdc}	330.0 [kN]
					non serve armatura a taglio	
					V _{Rds}	424.4 [kN]
					V _{Rdmax}	3226.8 [kN]
					θ	45.0 [°]
					sezione duttile	
					a _i	77.2 [cm]

materiali				legenda	
calcestruzzo		acciaio			
R _{ck}	30 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]		
f _{ck}	24.9 [MPa]	γ _s	1.15		
γ _c	1.5	f _{yd}	391.3 [MPa]		
α _{cc}	0.85	E _s	200000 [MPa]		
f _{cd}	14.1 [MPa]	ε _{uk}	75 [%]		
v	0.5	valori limite			
ε _{c2}	2.0 [%]	0,45 f _{ck}	11.2 [MPa]		
ε _{cu2}	3.5 [%]	0,75 f _{yk}	337.5 [MPa]		
α _e	15.0	w _{k,lim}	0.2 [mm]		
k _t	0.4				
k ₁	0.8				
k ₃	3.4				
k ₄	0.425				

Figura 11.10. Verifiche allo SLU ed allo SLE di tipo STR palo paratia OS3.

APPALTATORE: Consorzio HirpiniaAV Soci salini impreglio ASTALDI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria ROKSOIL Mandanti NETENGINEERING Alpina	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	
COMMESSA IF28 LOTTO 01 CODIFICA E ZZ CL DOCUMENTO VI0202 000 REV. B FOGLIO 54 di 82	

geometria					sollecitazioni e risultati	
sezione trasversale					SLE	SLU
D	c	d	passo	interferro	M _{Ek}	M _{Ed}
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	-546.4 [kNm]	1484.2 [kNm]
150	7.5	140.0	14.6	12.0	N _{Ek}	N _{Ed}
armatura longitudinale					momento di cracking	
n _{barre}	φ	r _i	A _{sl}	c _i	M _{cr}	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	[cm]	904.5 [kNm]	
28	26	65.00	148.66	10.00	quota asse neutro	
armatura a taglio					y _n	
Tipo	φ	p	A _{sw}		51.84 [cm]	
	[mm]	[cm]	[cm ²]		tensioni e fessure	
spirale	12	15	2.26		σ _{c,min}	-2.6 [MPa]
					σ _{s,min}	-31.4 [MPa]
					σ _{s,max}	66.1 [MPa]
					presto-flessione	
					k ₂	0.5
					ε _{sm-ε_{cm}}	- [%]
					S _{r,max}	- [cm]
					W _k	- [mm]
					taglio	
					V _{Rdc}	440.5 [kN]
					non serve armatura a taglio	
					V _{Rds}	540.3 [kN]
					V _{Rdmax}	5133.6 [kN]
					θ	45.0 [°]
					sezione duttile	
					a _l	98.4 [cm]

materiali				legenda	
calcestruzzo		acciaio			
R _{ck}	30 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]		d riferito all'asse barra c copriferro netto M >0, se tese fibre inferiori N >0, se di trazione V in valore assoluto
f _{ck}	24.9 [MPa]	γ _s	1.15		
γ _c	1.5	f _{yd}	391.3 [MPa]		
α _{cc}	0.85	E _s	200000 [MPa]		
f _{cd}	14.1 [MPa]	ε _{uk}	75 [%]		
v	0.5	valori limite			
ε _{c2}	2.0 [%]	0,45 f _{ck}	11.2 [MPa]		
ε _{cu2}	3.5 [%]	0,75 f _{yk}	337.5 [MPa]		
α _e	15.0	W _{k,lim}	0.2 [mm]		
k _t	0.4				
k ₁	0.8				
k ₃	3.4				
k ₄	0.425				

Figura 11.11. Verifiche allo SLU ed allo SLE di tipo STR palo paratia OS4.

Nella seguente tabella si riassume l'armatura longitudinale e trasversale prevista.

	Lunghezza gabbia [m]	Armatura longitudinale	Armatura trasversale
GABBIA 3	30.0	28φ26	Spirale φ12/150mm
GABBIA 4	30.0	28φ26	Spirale φ12/150mm

Tabella 25: Armatura longitudinale e trasversale paratie OS3 ed OS4.

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0202 000</td> <td>B</td> <td>55 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	55 di 82
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	55 di 82													

11.6 VERIFICA ALLO SLU DI TIPO GEO

11.6.1 Verifica di stabilità globale

Per le combinazioni finalizzate al dimensionamento geotecnico (Approccio 1 – Combinazione 2) è stata verificata la convergenza dell'elaborazione.

11.6.2 Verifica delle spinte a valle della paratia

La verifica delle spinte a valle delle paratie è stata condotta in accordo all'Approccio 1, Combinazione 2 (A2+M2+R1).

Nelle figure seguenti si riportano il diagramma delle spinte efficaci mobilitate nella di massimo scavo (Fase 9 per la paratia OS3 e Fase 2 per la paratia OS4), mentre si riportano i diagrammi delle spinte totali per le condizioni sismiche (Fase 12). In particolare per il caso in condizioni drenate (Fase 2 e 9) la spinta moltiplicata per il coefficiente $\gamma_F = 1.0$, deve essere inferiore alla resistenza del terreno corrispondente alla spinta passiva divisa per il coefficiente di resistenza $\gamma_R = 1.0$; la spinta passiva è valutata in accordo alla teoria di Caquot-Karisel. Nel caso sismico la verifica è effettuata in termini di tensioni totali.

I risultati di tale verifica sono sintetizzati nelle tabelle seguenti poste dopo le figure.

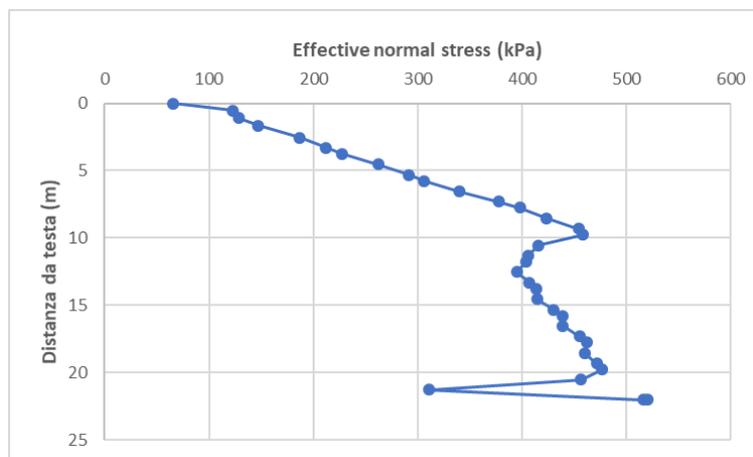


Figura 11.12. Paratia OS3: spinta mobilitata in fase 9.

APPALTATORE: Consorzio HirpiniaAV Soci salini impreglio ASTALDI		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria ROKSOIL Mandanti NETENGINEERING Alpina							
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 56 di 82

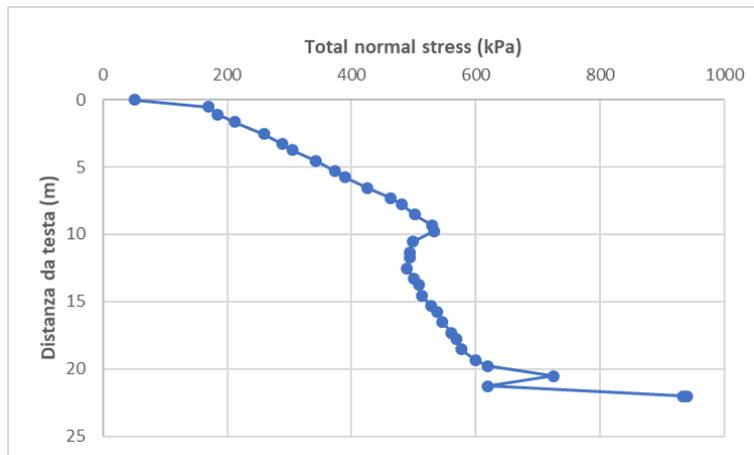


Figura 11.13. Paratia OS3: spinta mobilitata in fase 12.

Fase	Spinta passiva [kN/m]		Spinta mobilitata a valle [kN/m]
9	8729	>	7966
11	13077	>	10321

Tabella 26: Verifica delle spinte a valle della paratia OS3.

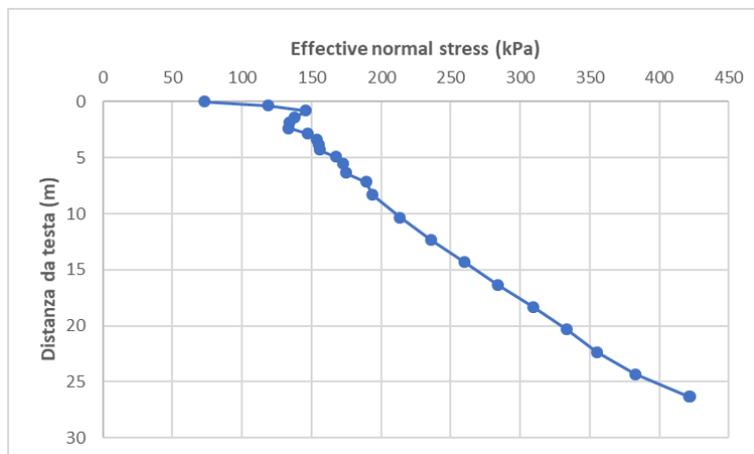


Figura 11.14. Paratia OS4: spinta mobilitata in fase 2.

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0202 000</td> <td>B</td> <td>57 di 82</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	57 di 82
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	57 di 82								

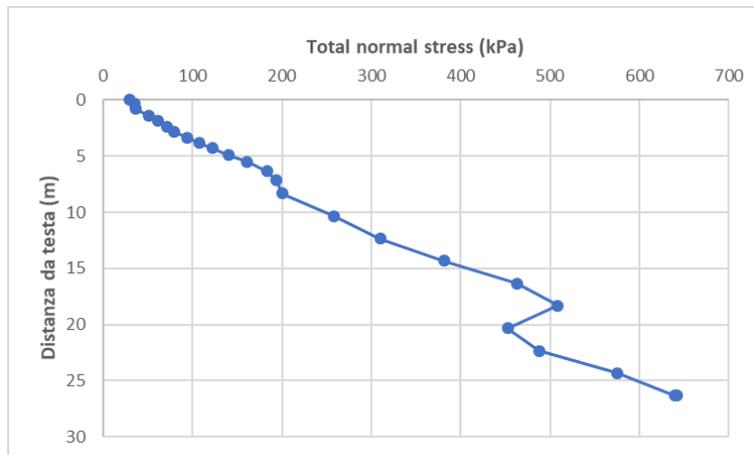


Figura 11.15. Paratia OS4: spinta mobilitata in fase 12.

Fase	Spinta passiva [kN/m]		Spinta mobilitata a valle [kN/m]
2	13098	>	6684
11	16005	>	8715

Tabella 27: Verifica delle spinte a valle della paratia OS4.

11.7 ANALISI DI STABILITÀ VERSANTE

Come fatto in precedenza per le altre sezioni, in questo paragrafo si analizza la stabilità complessiva del versante oggetto di intervento valutata lungo la sezione trasversale assunta. Il paragrafo 6.3.4 delle NTC08 indica che le analisi nel caso dei pendii debbano essere eseguite con i valori caratteristici dei parametri (M1).

In questo caso oltre alla sezione 3-3, con la quale sono stati eseguiti i calcoli e le verifiche nei paragrafi precedenti, è stata considerata anche la sezione 4-4 (vedasi Figura 5.1). Questa ultima è di interesse perché è disposta lungo la direzione di massima pendenza del versante. Entrambi le sezioni passano per le opere OS3 ed OS4 analizzate in questo capitolo.

Utilizzando lo Shear Strength Reduction (SSR) method (disponibile in RS2), per il calcolo del fattore di sicurezza della porzione di versante investigata, sono stati determinati i fattori di sicurezza rispettivamente nelle seguenti condizioni:

- **Sezione 3-3:**
 - prima dell'esecuzione dell'intervento (fase 0) → $F_s = 2.00$;
 - durante gli scavi ancora aperti (fase 9) → $F_s = 1.36$;
 - a lungo termine (opere terminate – fase 11) → $F_s = 2.36$;
 - in presenza di sisma (analisi pseudostatica con i coefficienti sismici relativi ai pendii indicati nella Tabella 2 – fase 12) → $F_s = 1.39$.
- **Sezione 4-4:**
 - prima dell'esecuzione dell'intervento → $F_s = 1.32$;
 - durante gli scavi ancora aperti → $F_s = 1.21$;
 - a lungo termine (opere terminate) → $F_s = 1.59$;

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0202 000</td> <td>B</td> <td>58 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	58 di 82
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	58 di 82													

- in presenza di sisma (analisi pseudostatica con i coefficienti sismici relativi ai pendii indicati nella Tabella 2) → $F_s = 1.01$.

Dall'analisi dei risultati si evince che come era prevedibile la condizione più gravosa si verifica nella fase in cui gli scavi sono completamente aperti. La sicurezza viene però incrementata una volta conclusi gli interventi in progetto. Nelle figure seguenti sono mostrati i risultati del calcolo del fattore di sicurezza nella condizione di scavi aperti e nella fase sismica per entrambi le sezioni analizzate.

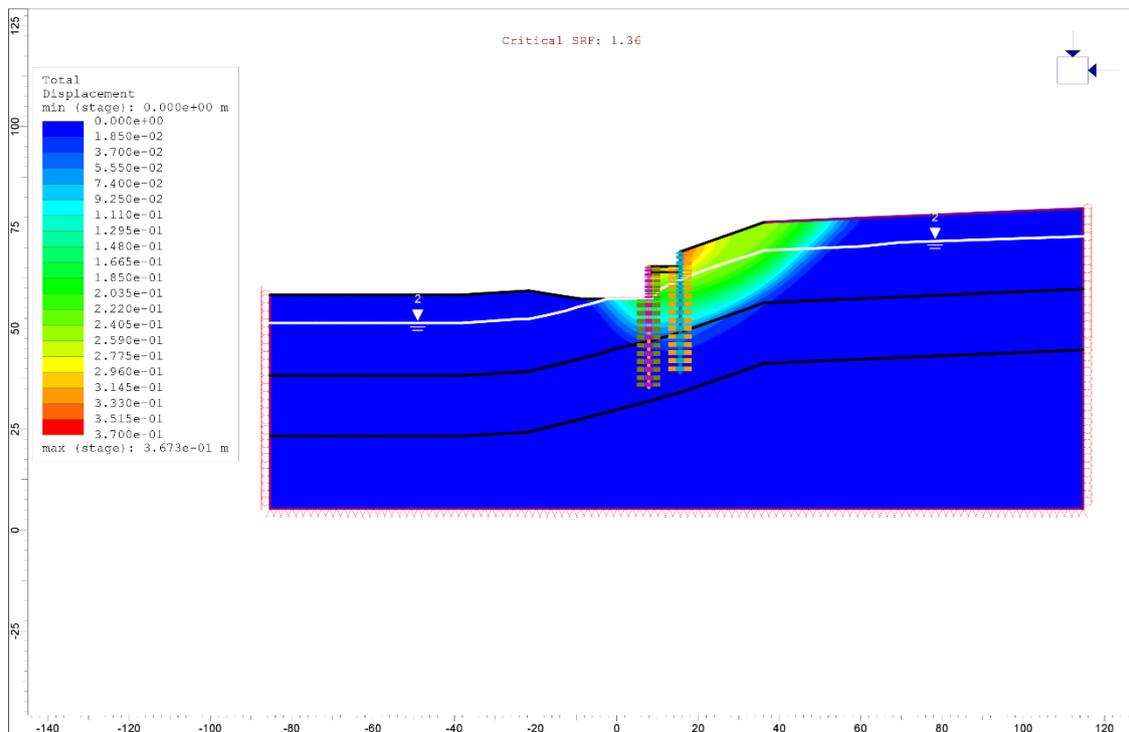


Figura 11.16. Sezione 3-3: analisi di stabilità con scavi aperti.

APPALTATORE:

Consorzio



Soci



PROGETTAZIONE:

Mandataria



Mandanti



ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E
PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST

COMMESSA
IF28

LOTTO
01

CODIFICA
E ZZ CL

DOCUMENTO
VI0202 000

REV.
B

FOGLIO
59 di 82

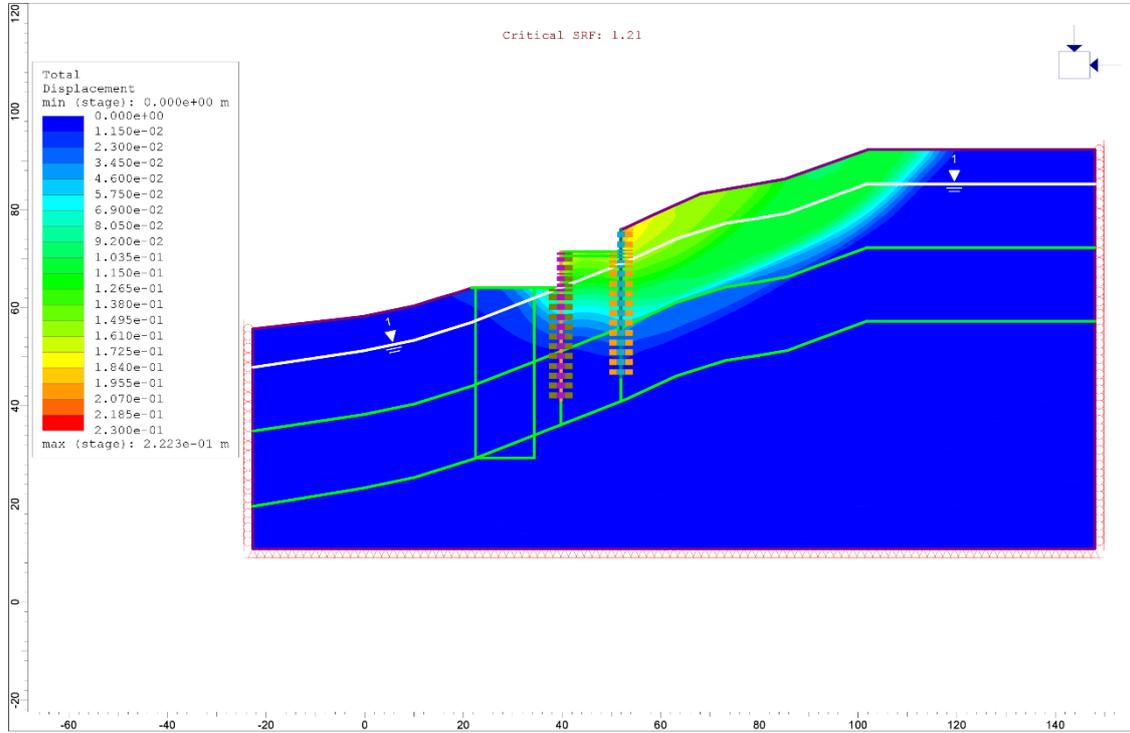


Figura 11.17. Sezione 4-4: analisi di stabilità con scavi aperti.

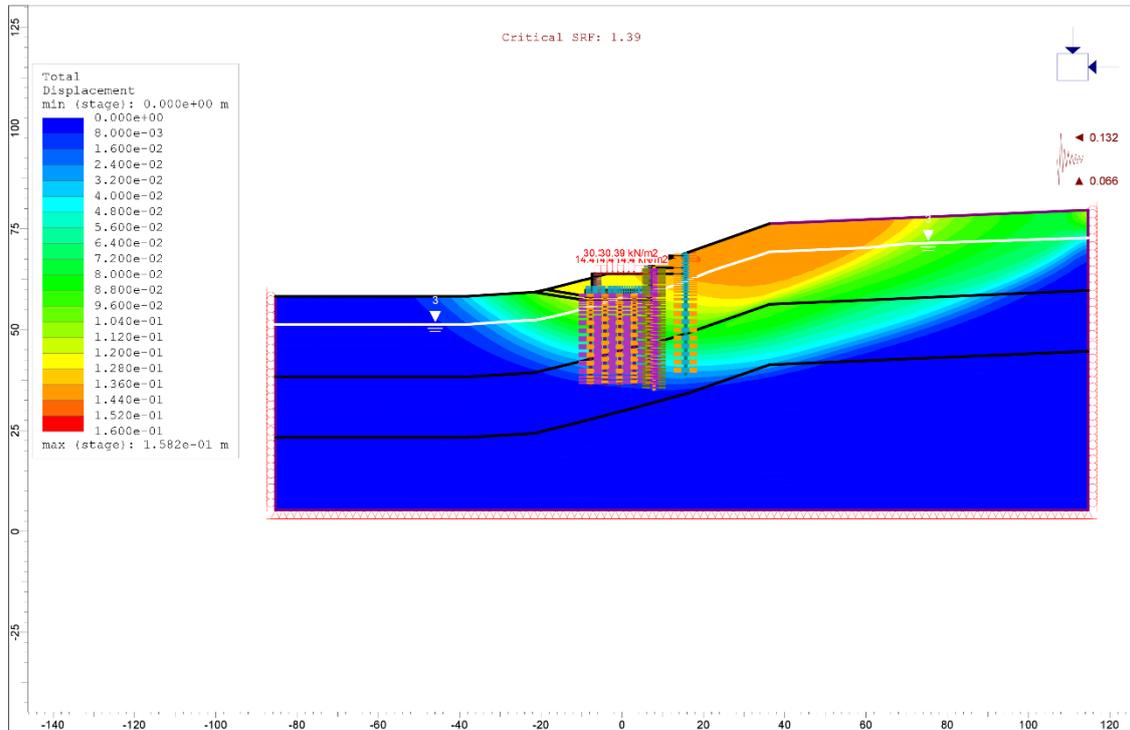


Figura 11.18. Sezione 3-3: analisi di stabilità in presenza dell'azione sismica.

APPALTATORE: Consorzio HirpiniaAV Soci salini impregilo ASTALDI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria ROKSOIL Mandanti NETENGINEERING Alpina						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 60 di 82

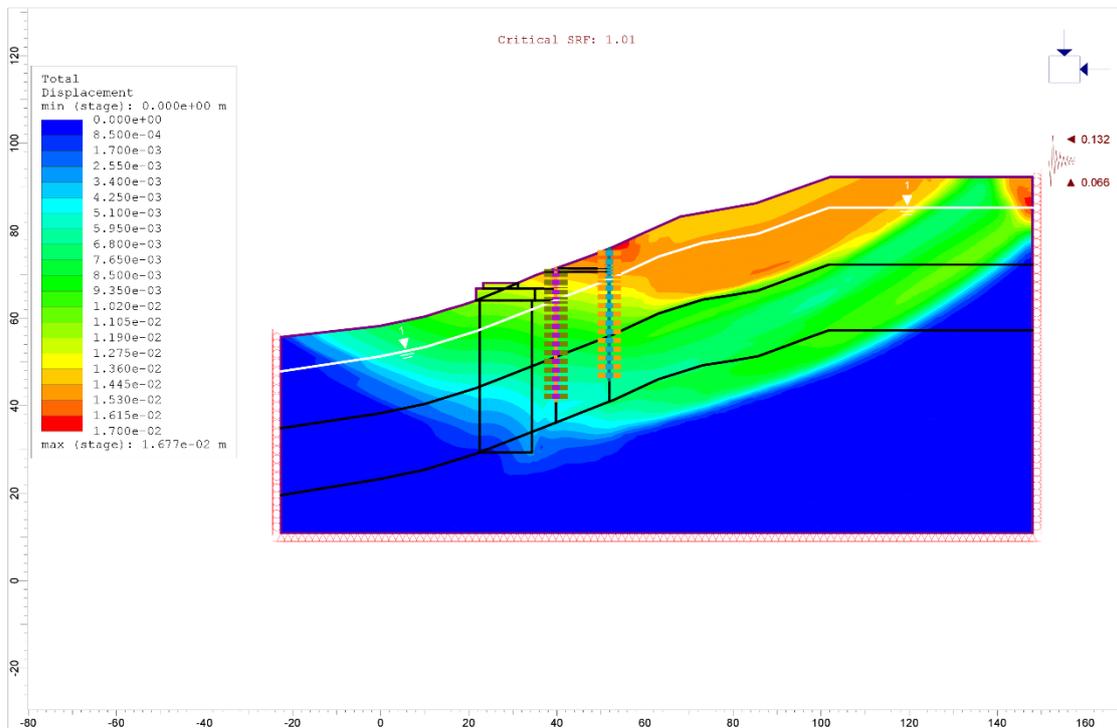


Figura 11.19. Sezione 4-4: analisi di stabilità in presenza dell'azione sismica.

Nei paragrafi seguenti saranno illustrate le verifiche inerenti il muro ad “U” e la relativa fondazione su pali.

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VI0202 000</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">61 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	61 di 82
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	61 di 82													

12 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA STRUTTURALE MURO A “U”

12.1 DATI DI INPUT DEL MODELLO

I parametri utilizzati per il muro ad “U” e per i pali di fondazione sono descritti nel dettaglio nella Tabella 18 precedente. Sempre nel paragrafo in cui è presente la Tabella 18 è stata descritta la modalità di modellazione delle strutture in questione. La sezione del versante di riferimento è la 3-3 (vedasi Figura 5.1).

Particolare attenzione è stata rivolta nella valutazione dell'azione sismica da applicare nel modello RS2 per valutare correttamente le sollecitazioni in accordo a quanto contenuto nelle NTC08. A tale proposito, nel modello con parametri caratteristici M1 è stato applicato, sulla parete di monte del muro ad “U”, un incremento di spinta (valutato sempre con Mononobe-Okabe) tale da considerare un coefficiente sismico pari a quello indicato nella Tabella 2 per i muri di sostegno. Oltre all'incremento di spinta dinamica legata al terreno a tergo dell'opera, sono state prese in conto anche le forze legate all'inerzia del muro stesso, del riempimento e del ballast al suo interno ed ai carichi ferroviari.

12.2 DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO

Per l'analisi dell'opera in questione le fasi di interesse solo le ultime tre già indicate in presenza per la sezione 3-3. Per motivi di chiarezza vengono qui di seguito nuovamente elencate:

- *fase 0 – fase geostatica iniziale*
 - tutte le unità geotecniche in condizioni drenate;
- *fase 1 – realizzazione della paratia di pali $\Phi 1500/1.7$ m (OS4)*
- *fase 2 – scavo a -3.7 m*
- *fase 3 – realizzazione della paratia di pali $\Phi 1200/1.4$ m (OS3)*
- *fase 4 – scavo a -1.45 m da sommità paratia OS3*
 - falda lato terra a -7.0m da piano campagna e lato scavo coincidente con il fondo scavo -8.0 m da sommità paratia OS3;
- *fase 5 – scavo a -2.85 m da sommità paratia OS3*
- *fase 6 – scavo a -4.25 m da sommità paratia OS3*
- *fase 7 – scavo a -5.50 m da sommità paratia OS3*
- *fase 8 – scavo a -8.0 m da sommità paratia OS3*
 - falda lato terra a -7.0m da piano campagna e lato scavo coincidente con il fondo scavo -8.0 m;
- *fase 9 – applicazione carico di cantiere da 20 kPa a monte della paratia;*
- *fase 10 – realizzazione muro ad “U” con attivazione dei pali di fondazione ed esecuzione dei reinterri*
 - falda riportata a -7.0m da piano campagna sia lato terra che lato scavo
- *fase 11 – condizione di lungo termine*
 - applicazione carico di cantiere da 20 kPa a monte del muro ad “U”
 - applicazione del carico ferroviario LM 71.

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 62 di 82

- fase 12 – applicazione dell'azione sismica:
 - tutte le unità geotecniche in condizioni non drenate;
 - carico ferroviario LM 71 ridotto ($\psi_2 = 0.2$).

12.3 SINTESI RISULTATI ALLO SLE

Nel seguito vengono riportati i risultati delle elaborazioni in termini di:

- deformata del muro ad “U” per la condizione di lungo termine.
- sollecitazioni sugli elementi strutturali.

12.3.1 Deformata del muro ad “U”

Di seguito si riportano le mappe degli spostamenti per gli SLE relativi alla fase di lungo termine. Gli spostamenti si ritengono compatibili con la funzionalità delle opere. Nella figura si può notare all'interno del muro ad “U” i carichi ferroviari LM 71 (interasse di 4 m) ed il carico relativo al ballast. A monte dell'opera è stato considerato anche un carico stradale applicato su una larghezza di 4.0 m.

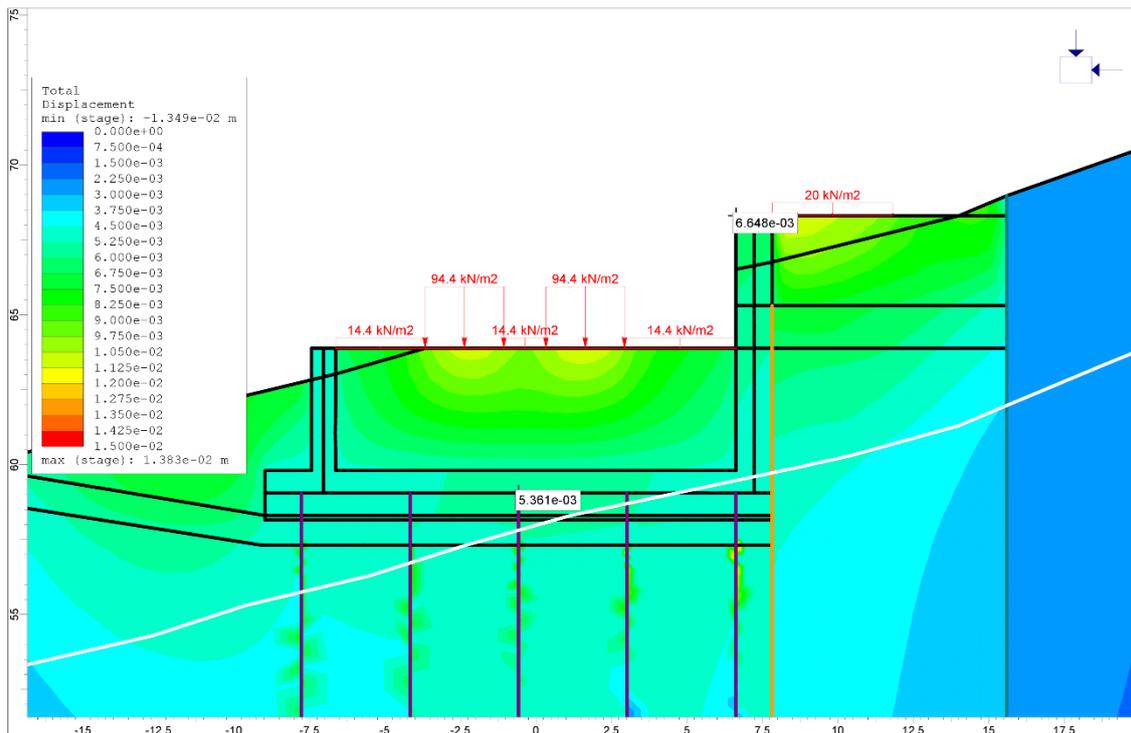


Figura 12.1. Muro ad “U”: SLE rara – Deformazioni (lungo termine).

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST					
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 63 di 82

12.3.1 SLE, Sollecitazioni

Le sollecitazioni di momento flettente e sforzo normale per la parete di monte, di valle e per la platea di fondazione (relative alla fase di lungo termine) sono diagrammate nelle figure seguenti. I valori massimi e minimi sono poi riassunti nelle tabelle.

	N° comb.	N	M
(Nmax, M)	1	-2.5	0.1
(Nmin, M)	2	-143.0	-88.1
(N, Mmax)	3	-13.8	1.74
(N, Mmin)	4	-120.0	-102.0

Tabella 28: SLE: Sollecitazioni flessionali e assiali parete di valle.

	N° comb.	N	M
(Nmax, M)	1	21.4	138.0
(Nmin, M)	2	-102.0	227.0
(N, Mmax)	3	4.9	278.0
(N, Mmin)	4	-22.3	-5.7

Tabella 29: SLE: Sollecitazioni flessionali e assiali parete di monte.

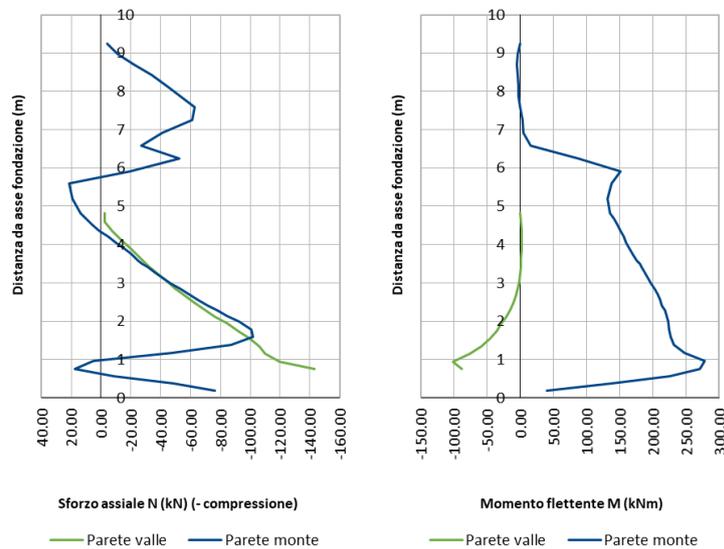


Figura 12.2. SLE: diagrammi delle sollecitazioni parete di valle e di monte (lungo termine).

APPALTATORE: Consorzio HirpiniaAV Soci salini impregilo ASTALDI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria ROKSOIL Mandanti NETENGINEERING Alpina	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	
COMMESSA IF28 LOTTO 01 CODIFICA E ZZ CL DOCUMENTO VI0202 000 REV. B FOGLIO 64 di 82	

	N° comb.	N	M
(Nmax, M)	1	113.0	-388.0
(Nmin, M)	2	-335.0	112.0
(N, Mmax)	3	4.2	520.0
(N, Mmin)	4	113.0	-388.0

Tabella 30: SLE: Sollecitazioni flessionali e assiali platea di fondazione.

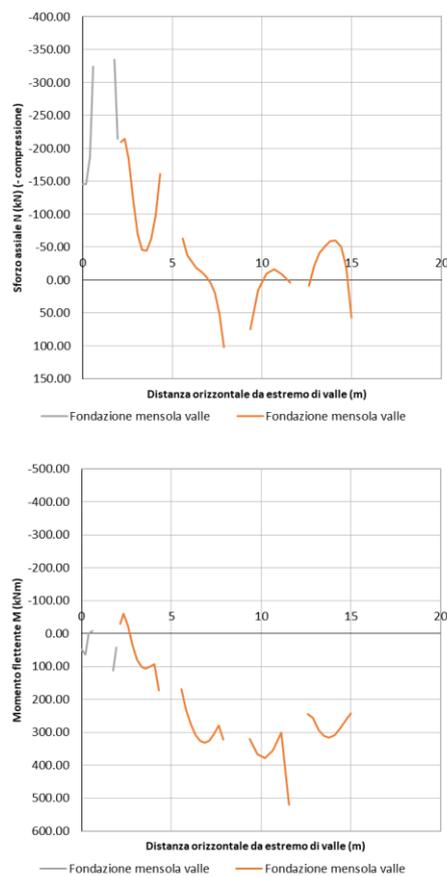


Figura 12.3. SLE: diagrammi delle sollecitazioni platea di fondazione (lungo termine).

Per quanto riguarda la platea di fondazione è bene ricordare che i pali hanno diametro 1.2 m e sono disposti ad interasse di 3.6 m. Per tale ragione nella figura precedente i diagrammi sono interrotti proprio in corrispondenza del diametro esterno dei pali.

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	
COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF28 01 E ZZ CL VI0202 000 B 65 di 82	

12.4 SINTESI DEI RISULTATI PER GLI STATI LIMITE STRUTTURALI (STR)

12.4.1 SLU, A1+M1+R1/SLV – Sollecitazioni muro ad "U"

Nelle tabelle seguenti si riassumono i valori massimi di azione tagliante e flettente valutati nella combinazione SLU ed in quella SLV.

		Muro ad "U"					
		Nmax (kN)	Nmin (kN)	Mmax (kNm)	Mmin (kNm)	Vmax (kN)	Vmin (kN)
A1+M1 SLU	Lungo termine	-3.3	-188.5	2.3	-139.1	90.9	-200.2
SLV	Sisma	0.4	-106.0	2.6	-34.9	33.2	-50.0

Tabella 31: SLU – SLV: Sollecitazioni parete di valle del muro ad "U".

		Muro ad "U"					
		Nmax (kN)	Nmin (kN)	Mmax (kNm)	Mmin (kNm)	Vmax (kN)	Vmin (kN)
A1+M1 SLU	Lungo termine	26.1	-136.5	375.7	-8.4	261.3	-297.7
SLV	Sisma	1230.0	-725.0	2230.0	-218.0	911.0	-3420.0

Tabella 32: SLU – SLV: Sollecitazioni parete di monte del muro ad "U".

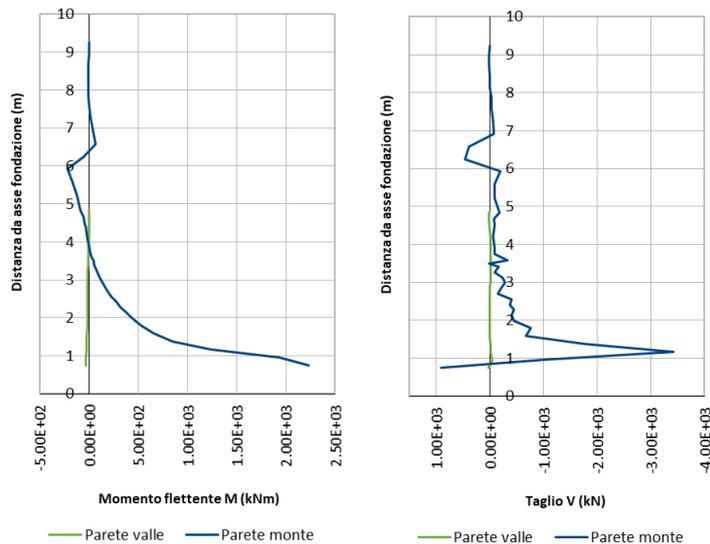


Figura 12.4. SLV: Azione flettente e tagliante parete di valle e di monte del muro ad "U".

APPALTATORE: Consorzio HirpiniaAV Soci salini impregilo ASTALDI		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: Mandataria ROKSOIL Mandanti NET ENGINEERING Alpina						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST						
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	66 di 82	

		Muro ad “U”					
		Nmax (kN)	Nmin (kN)	Mmax (kNm)	Mmin (kNm)	Vmax (kN)	Vmin (kN)
A1+M1 SLU	Lungo termine	163.8	-430.3	694.2	-88.0	1264.9	-1690.0
SLV	Sisma	910.0	-1070.0	2070.0	-133.0	3420.0	-149.0

Tabella 33: SLU – SLV: Sollecitazioni platea di fondazione del muro ad “U”.

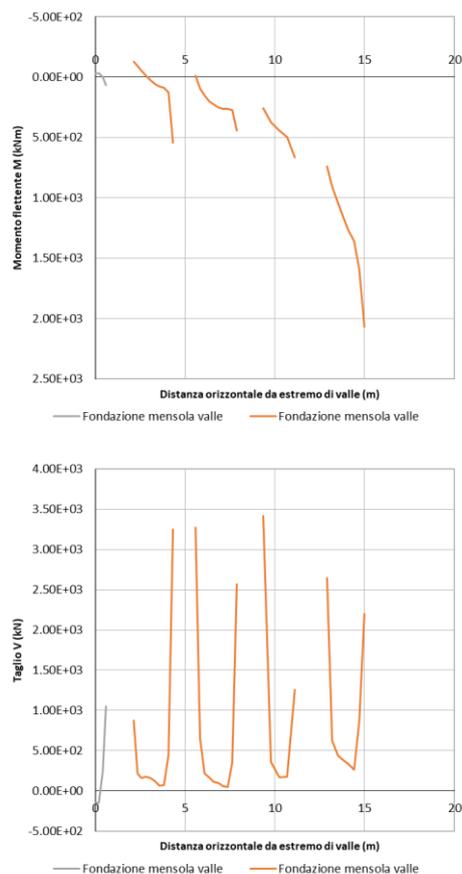


Figura 12.5. SLV: Azione flettente e tagliante platea di fondazione del muro ad “U”.

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	

12.5 VERIFICHE ALLO SLU ED ALLO SLE DI TIPO STR

Di seguito si riportano le verifiche strutturali del muro ad "U" per la combinazione più gravosa a SLU-SLV ed a SLE.

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	80	7.5	71.5	64.4
armatura longitudinale				
nbarre	φ	d	Asl	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
5	20	8.5	15.71	
5.0	20	71.5	15.71	
armatura a taglio				
nbracci	φ	s	α	Asw
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
2.5	12	40	90	2.83

sollecitazioni e risultati		
SLE	SLU	
MEk -102 [kNm]	MEd 139.1 [kNm]	
NEk -120 [kN]	NEd 0.4 [kN]	
tensioni e fessure	VEd 200.20 [kN]	
Mdec -16.7 [kNm]	presso-flessione	
Mcr -294.5 [kNm]	MRd 436.6 [kNm]	⇒
	FS 3.14	
yn 18.48 [cm]	taglio	
σc,min -1.8 [MPa]	VRdc 254.9 [kN]	
σs,min -16.2 [MPa]	non serve armatura a taglio	
σs,max 62.3 [MPa]		
	VRds 308.3 [kN]	
k2 0.5	VRdmax 2432.4 [kN]	⇐
εsm-εcm - [%]	θ 30.0 [°]	
Sr,max - [cm]	sezione duttile	
Wk - [mm]	al 71.5 [cm]	

materiali			
calcestruzzo		acciaio	
Rck	35 [MPa]	fyk	450 [MPa]
fck	29.1 [MPa]	γs	1.15
γc	1.5	fyd	391.3 [MPa]
αcc	0.85	Es	200000 [MPa]
fcd	16.5 [MPa]	εuk	75 [%]
v	0.530		
εc2	2.0 [%]		
εcu2	3.5 [%]		
αe	15.0		
kt	0.4	valori limite	
k1	0.8	0,45 fck	13.1 [MPa]
k3	3.4	0,75 fyk	337.5 [MPa]
k4	0.425	Wk,lim	0.2 [mm]

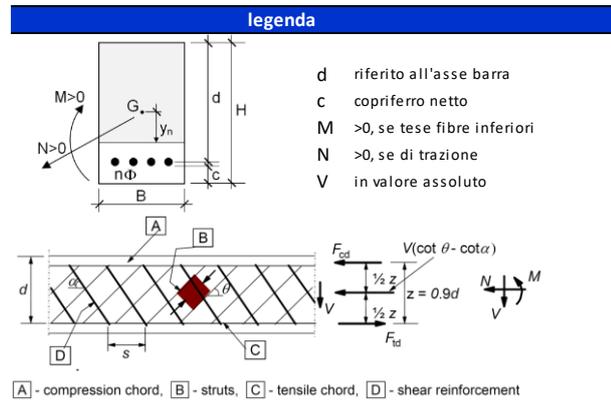


Figura 12.6. Verifiche allo SLU ed allo SLE di tipo STR parete di valle.

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	
COMMESSA IF28 LOTTO 01 CODIFICA E ZZ CL DOCUMENTO VI0202 000 REV. B FOGLIO 68 di 82	

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	120	7.0	111.5	100.4
armatura longitudinale				
nbarre	φ	d	Asl	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
5	24	8.5	22.62	
10.0	30	111.5	70.69	
armatura a taglio				
nbracci	φ	s	α	Asw
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
5	14	10	90	7.70

sollecitazioni e risultati	
SLE	SLU
MEk 280 [kNm]	MEd 2230 [kNm]
NEk -48.3 [kN]	NEd 1230 [kN]
tensioni e fessure	VEd 3420.00 [kN]
Mdec 10.0 [kNm]	presso-flessione
Mcr 741.6 [kNm]	MRd 2268.2 [kNm]
	FS 1.02
yn -20.15 [cm]	taglio
σc,min -1.4 [MPa]	VRdc 331.6 [kN]
σs,min -16.1 [MPa]	predisporre armatura a taglio
σs,max 36.8 [MPa]	
	VRds 5234.9 [kN]
k2 0.5	VRdmax 3793.1 [kN]
εsm-εcm - [%]	θ 30.0 [°]
Sr,max - [cm]	sezione duttile
Wk - [mm]	al 86.9 [cm]

materiali			
calcestruzzo		acciaio	
Rck	35 [MPa]	fyk	450 [MPa]
fck	29.1 [MPa]	γs	1.15
γc	1.5	fyd	391.3 [MPa]
αcc	0.85	Es	200000 [MPa]
fcd	16.5 [MPa]	εuk	75 [%]
v	0.530		
εc2	2.0 [%]		
εcu2	3.5 [%]		
αe	15.0		
kt	0.4		
		valori limite	
k1	0.8	0,45 fck	13.1 [MPa]
k3	3.4	0,75 fyk	337.5 [MPa]
k4	0.425	wk,lim	0.2 [mm]

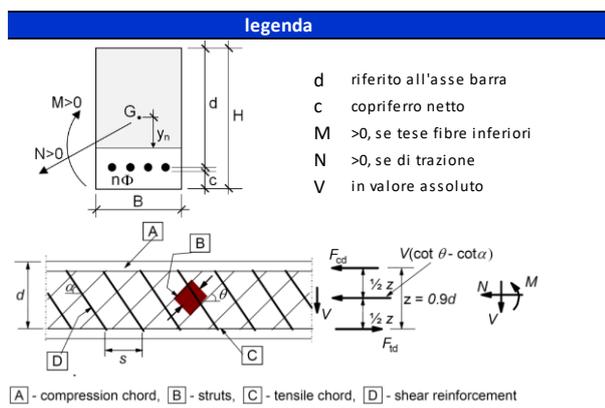


Figura 12.7. Verifiche allo SLU ed allo SLE di tipo STR parete di monte (sezione di incastro).

APPALTATORE: Consorzio HirpiniaAV Soci salini impregilo ASTALDI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria ROKSOIL Mandanti NETENGINEERING Alpina	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	
COMMESSA IF28 LOTTO 01 CODIFICA E ZZ CL DOCUMENTO VI0202 000 REV. B FOGLIO 69 di 82	

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	120	7.3	111.5	100.4
armatura longitudinale				
nbarre	φ	d	Asl	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
5	24	8.5	22.62	
5.0	24	111.5	22.62	
armatura a taglio				
nbracci	φ	s	α	Asw
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
5	14	20	90	7.70

sollecitazioni e risultati	
SLE	SLU
MEk [kNm]	MEd 441 [kNm]
NEk [kN]	NEd 0 [kN]
tensioni e fessure	
Mdec 0.0 [kNm]	VEd 449.00 [kN]
Mcr -633.1 [kNm]	presso-flessione
	MRd 966.1 [kNm]
	FS 2.19
yn 37.45 [cm]	taglio
σc,min 0.0 [MPa]	VRdc 357.2 [kN]
σs,min 0.0 [MPa]	predisporre armatura a taglio
σs,max 0.0 [MPa]	
	VRds 1511.2 [kN]
k2 0.5	VRdmax 4379.9 [kN]
εsm-εcm - [‰]	θ 45.0 [°]
Sr,max - [cm]	sezione duttile
Wk - [mm]	al 50.2 [cm]

materiali			
calcestruzzo		acciaio	
Rck	35 [MPa]	fyk	450 [MPa]
fck	29.1 [MPa]	γs	1.15
γc	1.5	fyd	391.3 [MPa]
αcc	0.85	Es	200000 [MPa]
fcd	16.5 [MPa]	εuk	75 [%]
v	0.530		
εc2	2.0 [%]		
εcu2	3.5 [%]		
αe	15.0		
kt	0.4		
k1	0.8	valori limite	
k3	3.4	0,45 fck	13.1 [MPa]
k4	0.425	0,75 fyk	337.5 [MPa]
		Wk,lim	0.2 [mm]

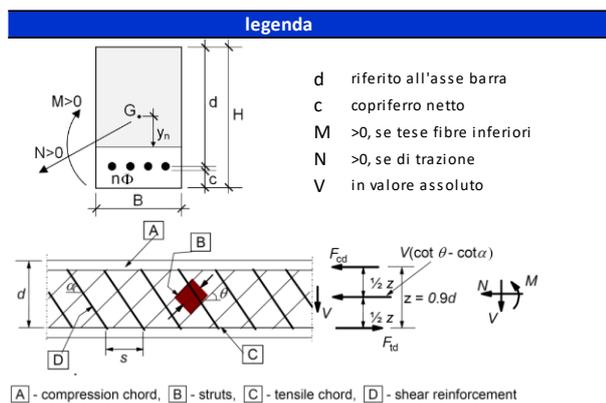


Figura 12.8. Verifiche allo SLU ed allo SLE di tipo STR parete di monte (sezione posta a circa 1.5 m dall'estradosso della fondazione).

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF28 01 E ZZ CL VI0202 000 B 70 di 82

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	150	7.2	141.5	127.4
armatura longitudinale				
nbarre	φ	d	Asl	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
10	26	8.5	53.09	
10.0	26	141.5	53.09	
armatura a taglio				
nbracci	φ	s	α	Asw
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
5	16	20	90	10.05
	20	40x40	nella fondazione	
			fi 16/20 nelle pareti sui due lati ripartitori	

sollecitazioni e risultati		
SLE	SLU	
MEk -388 [kNm]	MEd 2070 [kNm]	
NEk 113 [kN]	NEd 910 [kN]	
	VEd 3420.00 [kN]	
tensioni e fessure	presso-flessione	
Mdec - [kNm]	MRd 2213.4 [kNm]	
Mcr -1061.3 [kNm]	FS 1.07	
	taglio	
yn 45.46 [cm]	VRd 389.3 [kN]	
σc,min -1.2 [MPa]	predisporre armatura a taglio	
σs,min -12.4 [MPa]	VRds 4338.5 [kN]	
σs,max 65.9 [MPa]	VRdmax 4813.7 [kN]	
	θ 30.0 [°]	
k2 0.5	sezione ductile	
εsm-εcm - [%o]	al 110.3 [cm]	
Sr,max - [cm]		
Wk - [mm]		

materiali	
calcestruzzo	acciaio
Rck 35 [MPa]	fyk 450 [MPa]
fck 29.1 [MPa]	γs 1.15
γc 1.5	fyd 391.3 [MPa]
αcc 0.85	Es 200000 [MPa]
fcd 16.5 [MPa]	εuk 75 [%o]
v 0.530	
εc2 2.0 [%o]	
εcu2 3.5 [%o]	
αe 15.0	
kt 0.4	
k1 0.8	valori limite
k3 3.4	0,45 fck 13.1 [MPa]
k4 0.425	0,75 fyk 337.5 [MPa]
	Wk,lim 0.2 [mm]

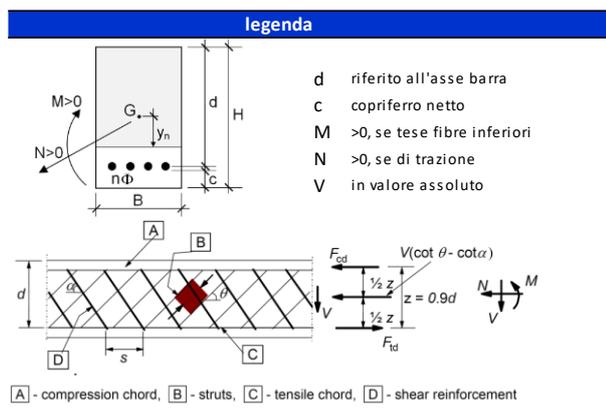


Figura 12.9. Verifiche allo SLU ed allo SLE di tipo STR platea di fondazione.

Nella seguente tabella si riassume l'armatura longitudinale e trasversale prevista.

	Armatura direzione principale	Armatura trasversale	Armatura direzione secondaria
Parete di valle	Φ20/200mm monte Φ20/200mm valle	Φ12/400mm a 2.5 bracci	Φ16/200mm monte Φ16/200mm valle
Parete di monte zona incastro	Φ30/100mm monte Φ24/200mm valle	Φ14/100mm a 5 bracci	Φ16/200mm monte Φ16/200mm valle
Parete di monte zona dopo i primi 2 m dall'estradosso della platea	Φ24/100mm monte Φ24/200mm valle	Φ14/200 mm a 5 bracci	Φ16/200mm monte Φ16/200mm valle
platea di fondazione	Φ26/100mm monte Φ26/100mm inf.	Φ16/200 mm a 5 bracci	Φ26/100mm sup. Φ26/100mm inf.

Tabella 34: Armatura longitudinale e trasversale del muro ad "U"

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VI0202 000</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">71 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	71 di 82
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	71 di 82													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST																		

12.6 VERIFICA ALLO SLU DI TIPO GEO

Per le combinazioni finalizzate al dimensionamento geotecnico è stata verificata la convergenza dell'elaborazione.

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0202 000</td> <td>B</td> <td>72 di 82</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	72 di 82
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	72 di 82													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST																		

13 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA FONDAZIONI MURO A “U”

Ai fini del progetto delle fondazioni, sono stati considerati sia gli stati limite di esercizio (SLE) sia gli stati limite ultimi (SLU).

In generale, le analisi degli stati limite di esercizio (SLE) sono utilizzate per ottenere informazioni circa gli spostamenti attesi sotto i carichi di esercizio e per verificarne l'ammissibilità nei confronti della funzionalità dell'opera.

Le analisi agli stati limite ultimi (SLU) sono impiegate per le verifiche di resistenza degli elementi strutturali e per le verifiche geotecniche.

13.1 DATI DI INPUT DEL MODELLO

I parametri utilizzati e le ipotesi fatte sono stati ampiamente descritti nei capitoli inerenti le paratie OS3 ed OS4 ed il muro ad “U” analizzati lungo la sezione 3-3. È bene ricordare che i pali oggetto di analisi hanno un diametro di 1.2 m, un interasse di 3.6 m ed una lunghezza di 22 m.

13.2 DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO

Per l'analisi dell'opera in questione le fasi di calcolo di interesse solo le ultime tre già indicate in presenza per la sezione 3-3 e quindi la fase di realizzazione dell'opera (fase 10), quella di lungo termine (fase 11) ed infine quella in presenza di sisma (fase 12).

13.3 SINTESI RISULTATI ALLO SLE

Nel seguito vengono riportati i risultati delle elaborazioni in termini di:

- spostamenti per la condizione di lungo termine.
- sollecitazioni sugli elementi strutturali.

13.3.1 Spostamenti

Di seguito si riportano le mappe degli spostamenti per gli SLE relativi alla fase di lungo termine. Gli spostamenti sono quelli valutati a partire dalla fase 10 in cui è stata realizzata (attivata) l'opera.

Nella successiva figura sono poi riportati i valori di spostamento verticale (cedimenti) originatesi in seguito all'applicazione dei carichi ferroviari di esercizio. I cedimenti al livello della fondazione sono inferiori al millimetro. Gli spostamenti orizzontali sono trascurabili.

Infine si può concludere che i valori di spostamento ottenuti possono ritenersi compatibili con la funzionalità dell'opera.

APPALTATORE: Consorzio Soci 		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 							
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 73 di 82

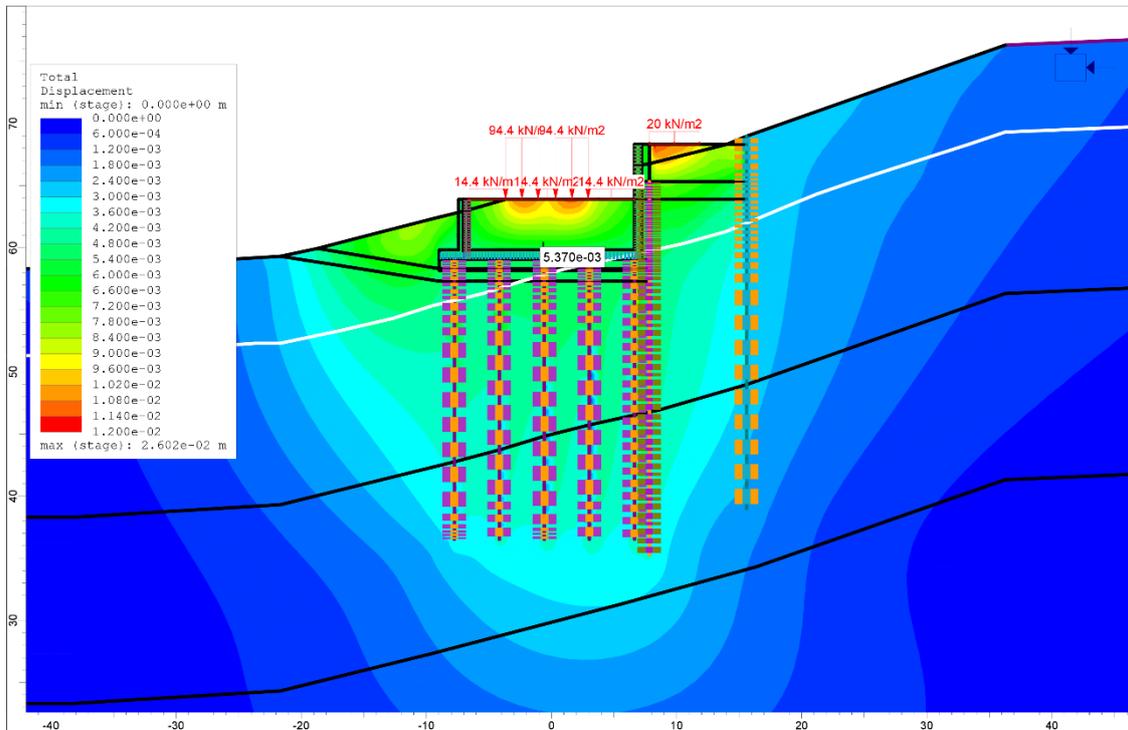


Figura 13.1. SLE – Deformazioni (lungo termine).

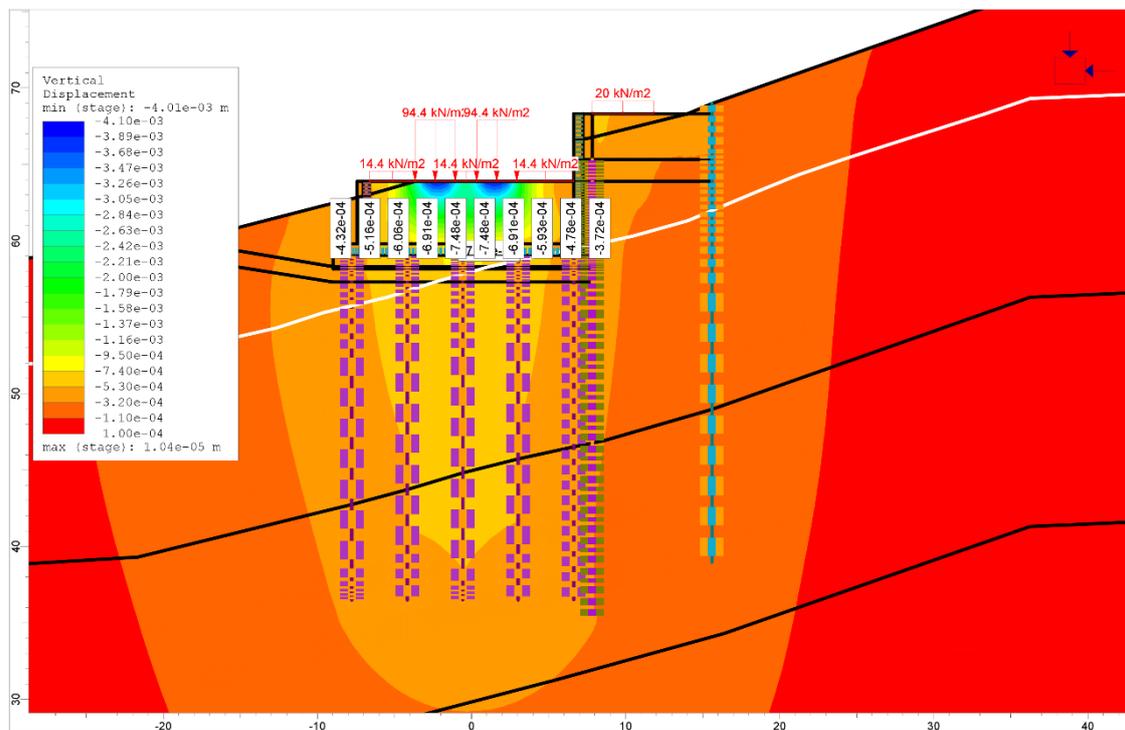


Figura 13.2. SLE – spostamenti verticali (cedimenti) in seguito all'applicazione dei carichi di esercizio.

APPALTATORE: Consorzio Soci 	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 74 di 82

13.3.2 SLE, Sollecitazioni

Le sollecitazioni di momento flettente e sforzo normale nei pali di fondazione (relative alla fase di lungo termine) sono diagrammate nelle figure seguenti. I valori massimi e minimi sono poi riassunti nelle tabelle. I pali di fondazione sono numerati a partire da valle salendo verso monte.

	N° comb.	N	M
(Nmax, M)	1	-584.3	1.3
(Nmin, M)	2	-2005.5	-25.7
(N, Mmax)	3	-894.3	87.7
(N, Mmin)	4	-1847.3	-271.2

Tabella 35: SLE: Sollecitazioni flessionali e assiali pali di fondazione.

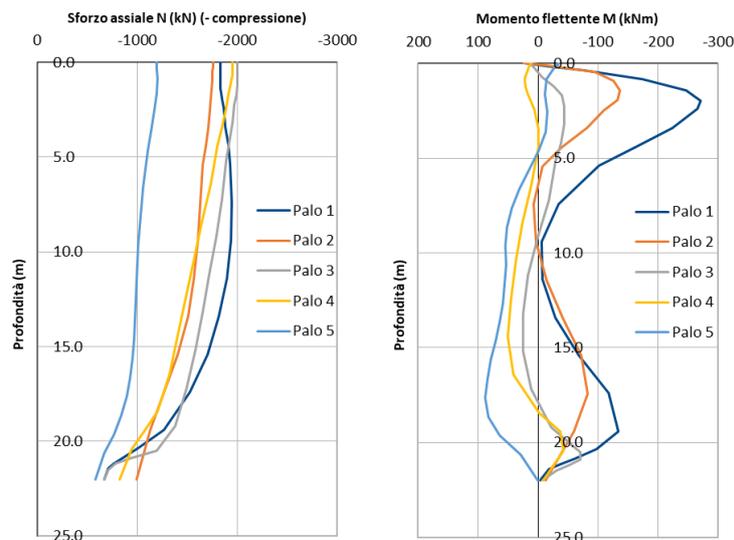


Figura 13.3. SLE: diagrammi delle sollecitazioni pali di fondazione(lungo termine).

13.4 SINTESI DEI RISULTATI PER GLI STATI LIMITE STRUTTURALI (STR)

13.4.1 SLU, A1+M1+R1/SLV – Sollecitazioni pali di fondazione

Nelle tabelle seguenti si riassumono i valori massimi di azione tagliante e flettente valutati nella combinazione SLU ed in quella SLV. Per quanto riguarda la combinazione sismica, le sollecitazioni indicate nella tabella sono la risultante delle sollecitazioni derivanti dall'analisi FEM (in direzione X) e le sollecitazioni legate all'inerzia della fondazione, dei riempimenti e dei carichi applicati (ridotte al 30%) nella direzione ortogonale al modello (altra direzione in pianta).

APPALTATORE: Consorzio Soci 		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti 							
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 75 di 82

		Pali di fondazione					
		Nmax (kN)	Nmin (kN)	Mmax (kNm)	Mmin (kNm)	Vmax (kN)	Vmin (kN)
A1+M1 SLU	Lungo termine	-771.0	-2678.6	114.3	-358.1	127.8	-350.4
SLV	Sisma +30%Y	-464.7	-2492.1	452.7	2034.2	444.4	1699.6

Tabella 36: SLU – SLV: Sollecitazioni pali di fondazione.

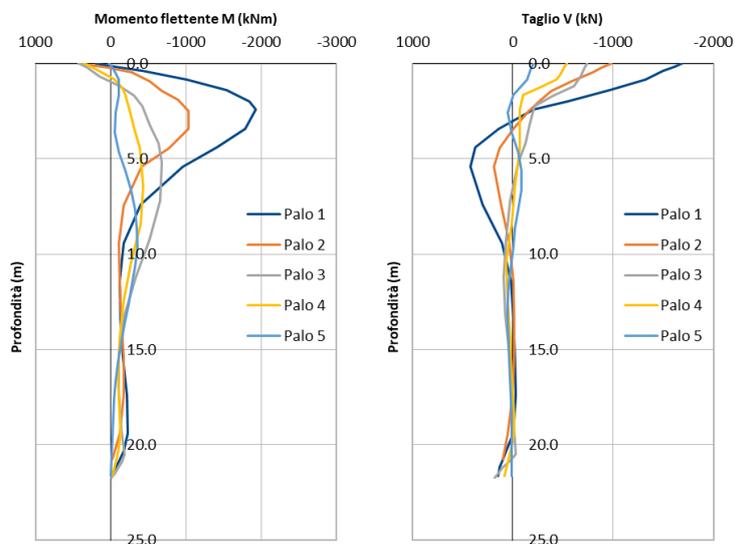


Figura 13.4. Sisma X: Azione flettente e tagliante pali di fondazione.

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0202 000</td> <td>B</td> <td>77 di 82</td> </tr> </table>					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO												
IF28	01	E ZZ CL	VI0202 000	B	77 di 82												
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A “U” RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST																	

13.6 VERIFICA ALLO SLU DI TIPO GEO DEI PALI

Le verifiche sono effettuate in accordo all'Approccio 2: A1+M1+R3.

13.6.1 Pali soggetti a carichi assiali

Utilizzando le raccomandazioni AGI del 1984 è stata determinata la portata totale del singolo palo per le combinazioni SLU-SLV. La stratigrafia considerata è riassunta nella seguente tabella ed è importante osservare che il secondo ed il terzo strato sono stati considerati come facenti parte della cosiddetta “formazione di substrato” (vedasi documento *IF2801EZZRBVI0003001*). Si è considerato il piano di posa della fondazione e quindi la testa dei pali a circa 4.5 m da piano campagna.

Profondità (m)		Strato	γ_{tot}	Cu_{media}
Da	a	No.	kN/m ³	(kPa)
0	15.5	1	21	120
15.5	30.5	2	22	300
> 30.5		3	22	400

Tabella 38: SLU – SLV: Stratigrafia assunta nella valutazione della portata totale del singolo palo.

Nelle tabelle che seguono sono riportati i risultati della valutazione della portata totale del singolo palo e le relative verifiche per le varie combinazioni. In ogni tabella, nella parte in alto, è indicata la lunghezza del palo necessaria per sopportare il carico applicato: nel caso in esame il valore massimo è 18 m che risulta accettabile in quanto si è previsto di realizzare pali aventi lunghezza di 22 m. La lunghezza assunta consente inoltre di garantire un adeguato immersione nella “formazione di substrato”.

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA IF28 LOTTO 01 CODIFICA E ZZ CL DOCUMENTO VI0202 000 REV. B FOGLIO 78 di 82

SLU A1+M1+R3 - compressione						
	Palo	γ_b	γ_s	γ_t	γ_{st}	ξ
	1.30	1.35	1.15	1.30	1.25	1.60
					N_{max} (KN)	L_{pali,tot} (m)
					2678.6	18.00
Combinazione SLU A1+M1+R3 (metodo AGI)						
L palo	Q I-c,k	Q b-c,k	Q I-c,d	Q b-c,d	ΔW_{palo}	Q _{c,d}
m	kN	kN	kN	kN	kN	kN
1.0	181.0	330.5	98.35	153.02	22.05	229.31
2.0	361.9	661.1	196.69	306.04	44.11	458.63
3.0	542.9	991.6	295.04	459.07	66.16	687.94
4.0	723.8	1322.1	393.38	612.09	88.22	917.25
5.0	904.8	1334.5	491.73	617.85	110.27	999.30
6.0	1085.7	1347.0	590.07	623.61	132.32	1081.36
7.0	1266.7	1359.4	688.42	629.37	154.38	1163.41
8.0	1447.6	1371.9	786.76	635.13	176.43	1245.46
9.0	1628.6	1384.3	885.11	640.88	198.49	1327.51
10.0	1809.6	1396.8	983.46	646.64	220.54	1409.56
11.0	1990.5	1409.2	1081.80	652.40	242.59	1491.61
12.0	2171.5	1421.6	1180.15	658.16	264.65	1573.66
13.0	2352.4	1434.1	1278.49	663.92	286.70	1655.71
14.0	2533.4	1446.5	1376.84	669.68	308.76	1737.76
15.0	2714.3	1459.0	1475.18	675.44	330.81	1819.82
15.5	2804.8	1465.2	1524.36	678.32	341.84	1860.84
15.5	2804.8	1465.2	1524.36	678.32	341.84	1860.84
16.0	3049.7	1764.1	1657.43	816.71	352.86	2121.28
17.0	3539.4	2361.9	1923.59	1093.49	374.92	2642.16
18.0	4029.1	2959.8	2189.74	1370.27	396.97	3163.04
19.0	4518.9	3557.6	2455.90	1647.05	419.03	3683.92
20.0	5008.6	4155.5	2722.05	1923.82	441.08	4204.80
21.0	5498.3	4155.5	2988.21	1923.82	463.13	4448.90
22.0	5988.0	4155.5	3254.37	1923.82	485.19	4693.00

Tabella 39: SLU-compressione: Portata totale del singolo palo.

APPALTATORE: Consorzio  Soci  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 79 di 82

SLU A1+M1+R3 - trazione					
			Palo	γ_{st}	ξ
			1.00	1.25	1.6
				N_{max} (KN)	$L_{pali, TOT}$ (m)
				-	-
Comb. SLV A1+M1+R3 (metodo AGI)					
L_{palo}	$Q_{l-t,k}$	$Q_{l-t,d}$	ΔW_{palo}	$Q_{t,d}$	
m	kN	kN	kN	kN	
1.0	181.0	90.48	16.96	107.44	
2.0	361.9	180.96	33.93	214.88	
3.0	542.9	271.43	50.89	322.33	
4.0	723.8	361.91	67.86	429.77	
5.0	904.8	452.39	84.82	537.21	
6.0	1085.7	542.87	101.79	644.65	
7.0	1266.7	633.35	118.75	752.10	
8.0	1447.6	723.82	135.72	859.54	
9.0	1628.6	814.30	152.68	966.98	
10.0	1809.6	904.78	169.65	1074.42	
11.0	1990.5	995.26	186.61	1181.87	
12.0	2171.5	1085.73	203.58	1289.31	
13.0	2352.4	1176.21	220.54	1396.75	
14.0	2533.4	1266.69	237.50	1504.19	
15.0	2714.3	1357.17	254.47	1611.64	
15.5	2804.8	1402.41	262.95	1665.36	
15.5	2804.8	1402.41	262.95	1665.36	
16.0	3049.7	1524.84	271.43	1796.27	
17.0	3539.4	1769.70	288.40	2058.10	
18.0	4029.1	2014.56	305.36	2319.93	
19.0	4518.9	2259.43	322.33	2581.75	
20.0	5008.6	2504.29	339.29	2843.58	
21.0	5498.3	2749.15	356.26	3105.41	
22.0	5988.0	2994.02	373.22	3367.24	

Tabella 40: SLU-trazione: Portata totale del singolo palo.

APPALTATORE: Consorzio  Soci  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 80 di 82

SLV A1+M1+R3 - compressione						
	Palo	γ_b	γ_s	γ_t	γ_{st}	ξ
	1.30	1.35	1.15	1.30	1.25	1.6
					N_{max} (KN)	L_{pali,tot} (m)
					2492.1	17.00
Combinazione SLV A1+M1+R3 (metodo AGI)						
L palo	Q I-c,k	Q b-c,k	Q I-c,d	Q b-c,d	ΔW palo	Q c,d
m	kN	kN	kN	kN	kN	kN
1.0	181.0	330.5	98.35	153.02	22.05	229.31
2.0	361.9	661.1	196.69	306.04	44.11	458.63
3.0	542.9	991.6	295.04	459.07	66.16	687.94
4.0	723.8	1322.1	393.38	612.09	88.22	917.25
5.0	904.8	1334.5	491.73	617.85	110.27	999.30
6.0	1085.7	1347.0	590.07	623.61	132.32	1081.36
7.0	1266.7	1359.4	688.42	629.37	154.38	1163.41
8.0	1447.6	1371.9	786.76	635.13	176.43	1245.46
9.0	1628.6	1384.3	885.11	640.88	198.49	1327.51
10.0	1809.6	1396.8	983.46	646.64	220.54	1409.56
11.0	1990.5	1409.2	1081.80	652.40	242.59	1491.61
12.0	2171.5	1421.6	1180.15	658.16	264.65	1573.66
13.0	2352.4	1434.1	1278.49	663.92	286.70	1655.71
14.0	2533.4	1446.5	1376.84	669.68	308.76	1737.76
15.0	2714.3	1459.0	1475.18	675.44	330.81	1819.82
15.5	2804.8	1465.2	1524.36	678.32	341.84	1860.84
15.5	2804.8	1465.2	1524.36	678.32	341.84	1860.84
16.0	3049.7	1764.1	1657.43	816.71	352.86	2121.28
17.0	3539.4	2361.9	1923.59	1093.49	374.92	2642.16
18.0	4029.1	2959.8	2189.74	1370.27	396.97	3163.04
19.0	4518.9	3557.6	2455.90	1647.05	419.03	3683.92
20.0	5008.6	4155.5	2722.05	1923.82	441.08	4204.80
21.0	5498.3	4155.5	2988.21	1923.82	463.13	4448.90
22.0	5988.0	4155.5	3254.37	1923.82	485.19	4693.00

Tabella 41: SLV-compressione: Portata totale del singolo palo.

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	

SLV A1+M1+R3 trazione					
			Palo	γ_{st}	ξ
			1.00	1.25	1.6
				N_{min} (KN)	$L_{pali,TOT}$ (m)
				-	n.a.
Comb. SLV A1+M1+R3 (metodo AGI)					
L_{palo}	$Q_{I-t,k}$	$Q_{I-t,d}$	W_{palo}	$Q_{t,d}$	
m	kN	kN	kN	kN	
1.0	181.0	90.48	17.0	107.44	
2.0	361.9	180.96	33.9	214.88	
3.0	542.9	271.43	50.9	322.33	
4.0	723.8	361.91	67.9	429.77	
5.0	904.8	452.39	84.8	537.21	
6.0	1085.7	542.87	101.8	644.65	
7.0	1266.7	633.35	118.8	752.10	
8.0	1447.6	723.82	135.7	859.54	
9.0	1628.6	814.30	152.7	966.98	
10.0	1809.6	904.78	169.6	1074.42	
11.0	1990.5	995.26	186.6	1181.87	
12.0	2171.5	1085.73	203.6	1289.31	
13.0	2352.4	1176.21	220.5	1396.75	
14.0	2533.4	1266.69	237.5	1504.19	
15.0	2714.3	1357.17	254.5	1611.64	
15.5	2804.8	1402.41	263.0	1665.36	
15.5	2804.8	1402.41	263.0	1665.36	
16.0	3049.7	1524.84	271.4	1796.27	
17.0	3539.4	1769.70	288.4	2058.10	
18.0	4029.1	2014.56	305.4	2319.93	
19.0	4518.9	2259.43	322.3	2581.75	
20.0	5008.6	2504.29	339.3	2843.58	
21.0	5498.3	2749.15	356.3	3105.41	
22.0	5988.0	2994.02	373.2	3367.24	

Tabella 42: SLV-trazione: Portata totale del singolo palo.

13.6.2 Pali soggetti ad azioni trasversali

Avendo effettuato un'analisi di interazione terreno-struttura agli elementi finiti è possibile affermare che in questo caso la verifica di resistenza è superata dalla convergenza del modello.

13.7 VERIFICHE PALI IN GRUPPO

13.7.1 Carichi verticali

Come già affermato in precedenza anche in questo caso la verifica è implicitamente superata dalla convergenza dell'analisi FEM. È possibile osservare che l'interazione mutua terreno-palo si osserva nelle sollecitazioni che sono distribuite in maniera differente a seconda del palo considerato e quindi questo dimostra che l'effetto di gruppo è tenuto in conto dal modello FEM.

APPALTATORE: Consorzio  Soci  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO MURO A "U" RESTROSTANTE SPB E PALIFICATE DI SOSTEGNO VERSANTE OVEST	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0202 000	REV. B	FOGLIO 82 di 82

13.7.2 Carichi orizzontali

Valgono le stesse considerazioni fatte nel paragrafo precedente per le verifiche ai carichi verticali.

13.8 VERIFICHE AGLI SLE GEO

13.8.1 Verifica margine di sicurezza alla portanza laterale

In aggiunta alle verifiche previste dalle NTC 2008 in questo paragrafo viene controllato (vedasi: Manuale di progettazione delle opere civili RFI - Parte II - Sez.2 - Ponti e strutture – par. 2.5.1.9.3) di avere in esercizio un adeguato margine di sicurezza rispetto alla portanza laterale ovvero:

$$R_{c,cal,LAT} / 1.25 > N_{ag} ,$$

dove $R_{c,cal,LAT}$ è la resistenza laterale di calcolo.

I risultati di tale verifica sono riassunti nella tabella seguente. Per la stratigrafia si fa sempre riferimento a quella indicata nella precedente Tabella 38.

Portata totale di pali trivellati (Raccomandazioni A.G.I. '84)					SLE				
D (m)	H _w (m)	Δq (KPa)	Δzp (m)	k	FS _{totale}	FS _{laterale}			
1.2	0	45	4.50	0.6	1.25	1.25			
					N _{max} (KN)	L _{pali,TOT} (m)	L _{pali,LAT} (m)		
					2005.5	8.00	16.00		
Combinazione SLE (metodo AGI)									
L palo	τ _s calcolo	q _{ub} calcolo	R _{c,s,k}	R _{c,b,k}	ΔW palo	Q _{l-amm}	Q _{b-amm}	Q _{amm} totale	Q _{c,s,k} /1.25
m	kPa	kPa	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
1.0	48.0	292.3	181.0	330.5	17.0	144.8	264.4	392.2	127.8
2.0	48.0	584.5	361.9	661.1	33.9	289.5	528.8	784.4	255.6
3.0	48.0	876.8	542.9	991.6	50.9	434.3	793.3	1176.7	383.4
4.0	48.0	1169.0	723.8	1322.1	67.9	579.1	1057.7	1568.9	511.2
5.0	48.0	1180.0	904.8	1334.5	84.8	723.8	1067.6	1706.6	639.0
6.0	48.0	1191.0	1085.7	1347.0	101.8	868.6	1077.6	1844.4	766.8
7.0	48.0	1202.0	1266.7	1359.4	118.8	1013.4	1087.5	1982.1	894.6
8.0	48.0	1213.0	1447.6	1371.9	135.7	1158.1	1097.5	2119.9	1022.4
9.0	48.0	1224.0	1628.6	1384.3	152.7	1302.9	1107.4	2257.6	1150.2
10.0	48.0	1235.0	1809.6	1396.8	169.6	1447.6	1117.4	2395.4	1278.0
11.0	48.0	1246.0	1990.5	1409.2	186.6	1592.4	1127.4	2533.2	1405.8
12.0	48.0	1257.0	2171.5	1421.6	203.6	1737.2	1137.3	2670.9	1533.6
13.0	48.0	1268.0	2352.4	1434.1	220.5	1881.9	1147.3	2808.7	1661.4
14.0	48.0	1279.0	2533.4	1446.5	237.5	2026.7	1157.2	2946.4	1789.2
15.0	48.0	1290.0	2714.3	1459.0	254.5	2171.5	1167.2	3084.2	1917.0
15.5	48.0	1295.5	2804.8	1465.2	263.0	2243.9	1172.1	3153.0	1980.9
15.5	48.0	1295.5	2804.8	1465.2	263.0	2243.9	1172.1	3153.0	1980.9
16.0	129.9	1559.8	3049.7	1764.1	271.4	2439.7	1411.3	3579.6	2168.3
17.0	129.9	2088.4	3539.4	2361.9	288.4	2831.5	1889.6	4432.7	2543.1
18.0	129.9	2617.0	4029.1	2959.8	305.4	3223.3	2367.8	5285.8	2917.9
19.0	129.9	3145.6	4518.9	3557.6	322.3	3615.1	2846.1	6138.9	3292.8
20.0	129.9	3674.2	5008.6	4155.5	339.3	4006.9	3324.4	6991.9	3667.6
21.0	129.9	3674.2	5498.3	4155.5	356.3	4398.6	3324.4	7366.8	4042.4
22.0	129.9	3674.2	5988.0	4155.5	373.2	4790.4	3324.4	7741.6	4417.2

Tabella 43: SLE: Portata totale del singolo palo.