

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

MANDATARIA:

MANDANTE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

**LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI, TRATTA NAPOLI-CANCELLO,
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE,
NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014**

RELAZIONE

GA - GALLERIE

GA04 - GALLERIA ARTIFICIALE RACCORDO INDUSTRIALE (OPERA DI SCAVALCO)

Relazione di calcolo GA

APPALTATORE	PROGETTAZIONE
DIRETTORE TECNICO Ing. M. PANISI	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Ing. A. CHECCHI

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

I	F	1	M	0	0	E	Z	Z	C	L	G	A	0	4	0	0	0	0	1	C	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	E. Superbo	14/06/18	C. Nardone	15/06/18	A. Bellocchio	15/06/18	G. Cassani	30/06/2018
B	EMISSIONE PER RdV	E. Superbo	10/09/18	C. Nardone	11/09/18	A. Bellocchio	11/09/18	G. Cassani	12/09/18
C	EMISSIONE PER RdV	E. Superbo	10/09/18	C. Nardone	11/09/18	A. Bellocchio	11/09/18	G. Cassani	
									04/10/18

File: IF1M.0.0.E.ZZ.CL.GA.04.0.0.001-C

n. Elab.:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SYSTRA S.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C	2 di 92

1	PREMESSA.....	7
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA	8
2.1	STRUTTURA SCATOLARE	8
2.2	MURI DI SOSTEGNO	10
2.3	FASI COSTRUTTIVE.....	11
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	13
4	MATERIALI	14
4.1	CALCESTRUZZO.....	14
4.2	ACCIAIO C.A.....	14
4.3	COPRIFERRI.....	14
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	15
6	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	16
7	CRITERI GENERALI DI VERIFICA.....	18
7.1	VERIFICHE SLE.....	18
7.1.1	Verifica tensioni di esercizio.....	18
7.1.2	Verifica a fessurazione.....	18
7.2	VERIFICHE SLU.....	19
7.2.1	Verifica a Pressoflessione	19
7.2.2	Verifica a Taglio	19
7.3	VERIFICA A CARICO LIMITE.....	19
8	ANALISI STRUTTURA SCATOLARE	20

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 3 di 92

8.1	ANALISI DEI CARICHI	20
8.1.1	<i>Peso Proprio della struttura.....</i>	20
8.1.2	<i>Carichi permanenti portati</i>	20
8.1.2.1	<i>Ricoprimento soletta di copertura.....</i>	20
8.1.2.2	<i>Ricoprimento soletta di fondazione</i>	20
8.1.3	<i>Spinta delle terre</i>	20
8.1.4	<i>Spinta idrostatica</i>	21
8.1.5	<i>Carichi variabili.....</i>	21
8.1.5.1	<i>Carichi ferroviari.....</i>	21
8.1.5.2	<i>Carichi stradali.....</i>	23
8.1.6	<i>Ritiro.....</i>	27
8.1.7	<i>Azioni termiche.....</i>	27
8.1.8	<i>Azione sismica.....</i>	27
8.1.8.1	<i>Forze inerziali.....</i>	27
8.1.8.2	<i>Spinta sismica terreno</i>	28
8.2	COMBINAZIONE DEI CARICHI.....	29
8.2.1	<i>Generalita'</i>	29
8.2.2	<i>Combinazioni per la verifica SLU</i>	29
8.2.3	<i>Combinazioni per la verifica SLV sismica</i>	30
8.2.4	<i>Combinazioni per la verifica SLE</i>	30
8.2.5	<i>Combinazioni Di Progetto.....</i>	31
8.3	MODELLO DI CALCOLO	33

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 4 di 92	

8.3.1	<i>Generalità</i>	33
8.3.2	<i>Geometria di calcolo</i>	33
8.3.3	<i>Schema di vincolo</i>	34
8.3.4	<i>Carichi applicati</i>	35
8.4	ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI	42
8.4.1	<i>Combinazione di progetto – SLU</i>	42
8.4.2	<i>Combinazione di progetto – Sisma</i>	45
8.4.3	<i>Combinazione di progetto – SLE_rara</i>	48
9	VERIFICA STRUTTURA SCATOLARE	51
9.1	VERIFICHE SLU	52
9.1.1	<i>Verifica a pressoflessione</i>	52
9.1.2	<i>Verifica a taglio</i>	53
9.2	VERIFICHE SLE	54
9.3	CALCOLO INCIDENZE	58
9.4	VERIFICA A CARICO LIMITE	61
10	ANALISI MURI DI SOSTEGNO	62
10.1	GEOMETRIE	62
10.2	CONTESTO GEOTECNICO	63
10.3	ANALISI DEI CARICHI	64
10.3.1	<i>Carichi permanenti</i>	64
10.3.1.1	<i>Peso proprio della struttura</i>	64
10.3.1.2	<i>Terreno di riempimento</i>	64

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 5 di 92	

10.3.1.3 Spinta idrostatica	64
10.3.2 Carichi variabili.....	64
10.3.2.1 Sovraccarico accidentale.....	64
10.3.3 Azione sismica.....	64
10.4 CALCOLO DELLE SPINTE	65
10.5 COMBINAZIONE DEI CARICHI.....	65
10.5.1 Generalità.....	65
10.5.2 Combinazioni Di Progetto.....	68
10.6 MODELLI DI CALCOLO	69
10.6.1 Muro tipo 1.....	69
10.6.2 Muro tipo 2.....	70
11 VERIFICHE MURO DI SOSTEGNO – TIPO 1.....	71
11.1 STABILITA' LOCALE MURO TIPO 1	71
11.2 STABILITA' GLOBALE MURO TIPO 1.....	72
11.3 VERIFICHE STRUTTURALI MURO TIPO 1.....	73
11.3.1 Analisi delle sollecitazioni	73
11.3.1.1 Muro	73
11.3.1.2 Fondazione	76
11.3.2 Verifiche SLU.....	77
11.3.2.1 Muro	77
11.3.2.2 Fondazione	77
11.3.3 Verifiche SLE	78

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 6 di 92

11.3.3.1 Muro	78
11.3.3.2 Fondazione	79
11.4 CALCOLO INCIDENZE	80
12 VERIFICHE MURO DI SOSTEGNO – TIPO 2	82
12.1 STABILITA' LOCALE MURO TIPO 2	82
12.2 STABILITA' GLOBALE MURO TIPO 2	83
12.3 VERIFICHE STRUTTURALI MURO TIPO 2	84
12.3.1 Analisi delle sollecitazioni	84
12.3.1.1 Muro	84
12.3.1.2 Fondazione	87
12.3.2 Verifiche SLU	88
12.3.2.1 Muro	88
12.3.2.2 Fondazione	88
12.3.3 Verifiche SLE	89
12.3.3.1 Muro	89
12.3.3.2 Fondazione	90
12.4 CALCOLO INCIDENZE	91

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 7 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

1 PREMESSA

Nella presente relazione sono presentate le analisi e le verifiche strutturali della Galleria Artificiale "GA04" prevista in corrispondenza dell'interferenza con la Viabilità al km 0+265.7 e dei muri di sostegno ad altezza variabile collocati agli imbocchi della stessa.

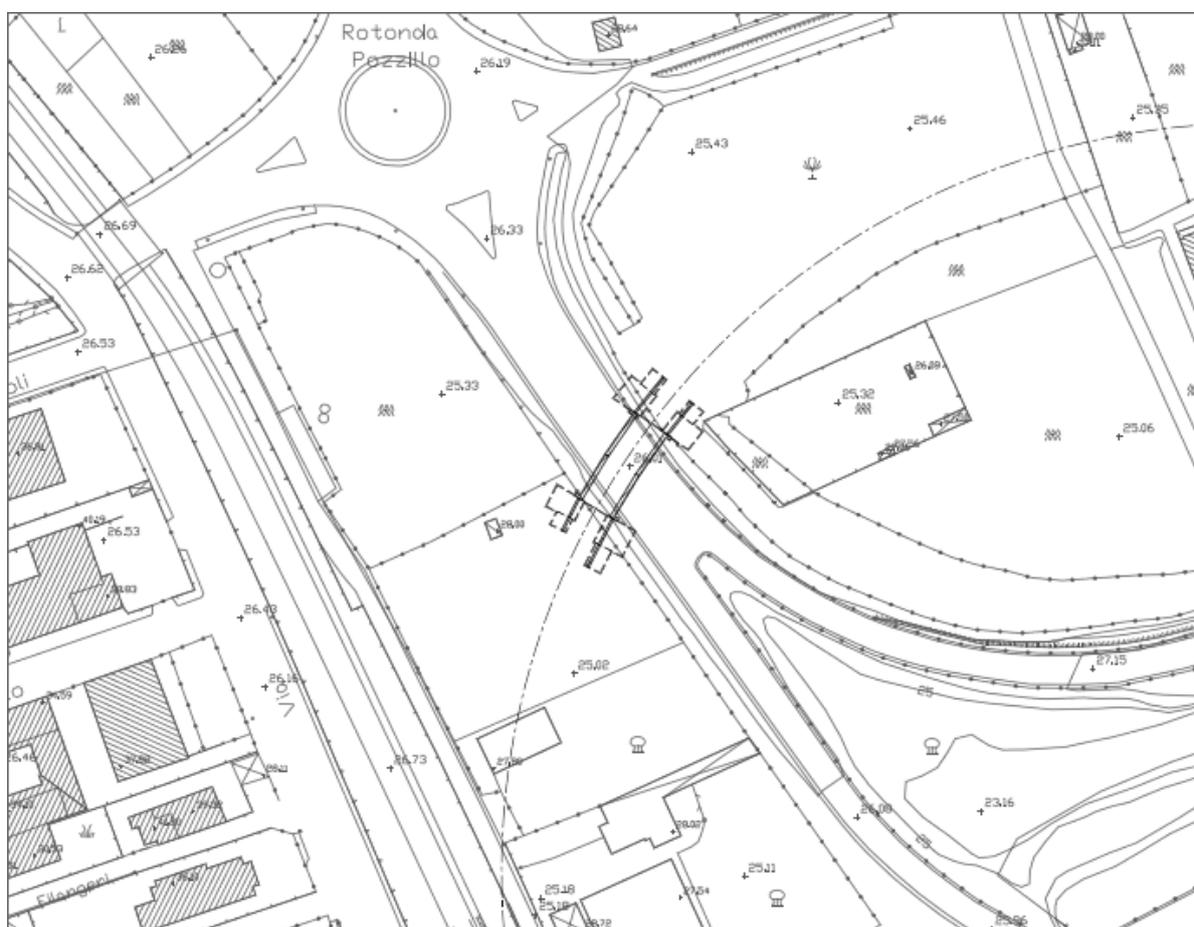


Figura 1 – Planimetria generale

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 8 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

2.1 STRUTTURA SCATOLARE

L'opera principale è costituita da uno scatolare gettato in opera a sezione rettangolare di dimensioni interne 6.50 m x 6.20 m. La lunghezza dello scatolare è pari a circa 20.00 m. La geometria degli elementi strutturali è la seguente:

Elemento	Spessore [m]
Soletta superiore (di copertura)	0.70
Soletta inferiore (di fondazione)	0.80
Piedritti laterali	0.70

Tabella 1 – Geometria

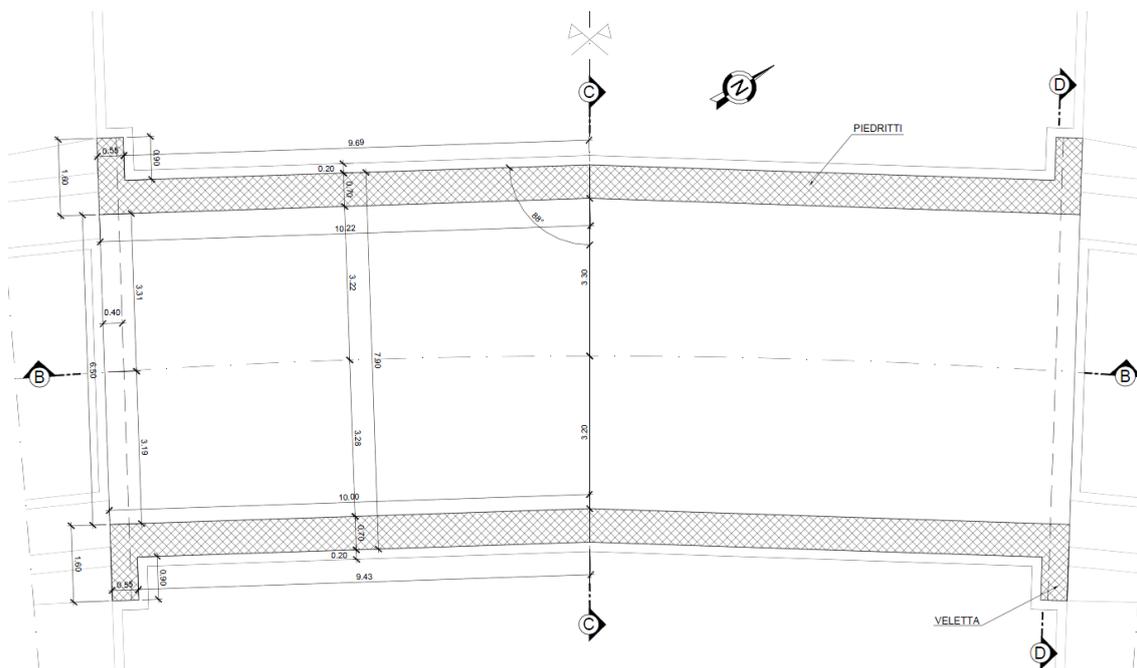


Figura 2 – Pianta

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 9 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

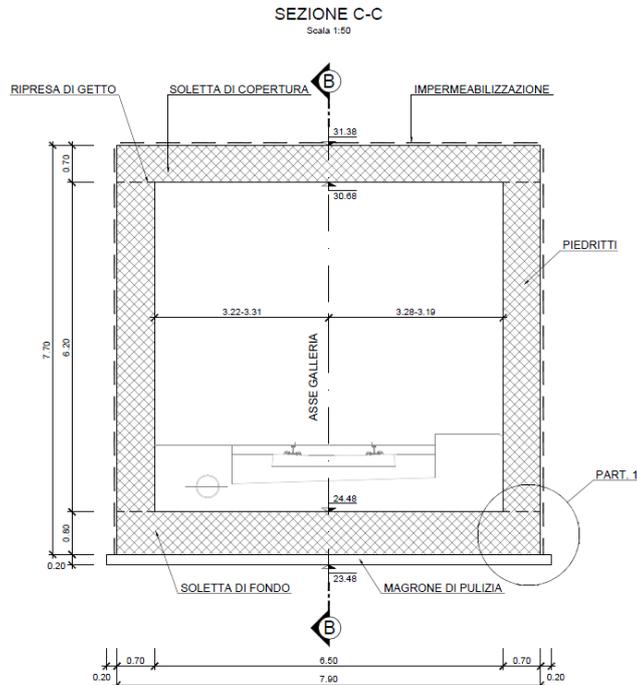


Figura 3 – Sezione trasversale

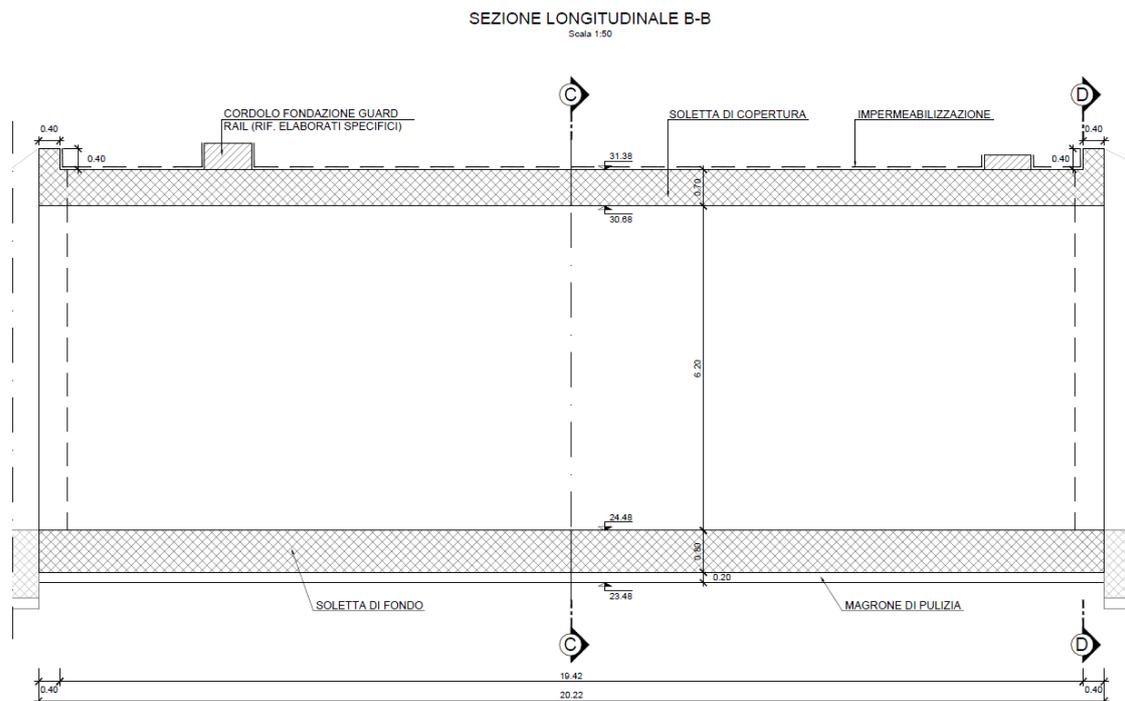


Figura 4 – Sezione longitudinale

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 10 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

2.2 MURI DI SOSTEGNO

In corrispondenza dei due imbocchi dello scatolare sono previsti dei muri di contenimento in c.a. In dettaglio si distinguono n°2 tipologie di muri:

Tipologia	H _{muro} [m]	S _{muro} [m]	L _{fond} [m]	S _{fond} [m]
1	1.04÷3.87	0.40÷0.79	3.30	0.90
2	3.87÷7.30	0.40÷1.13	6.20	1.30

Tabella 2 – Tipologie muri di sostegno

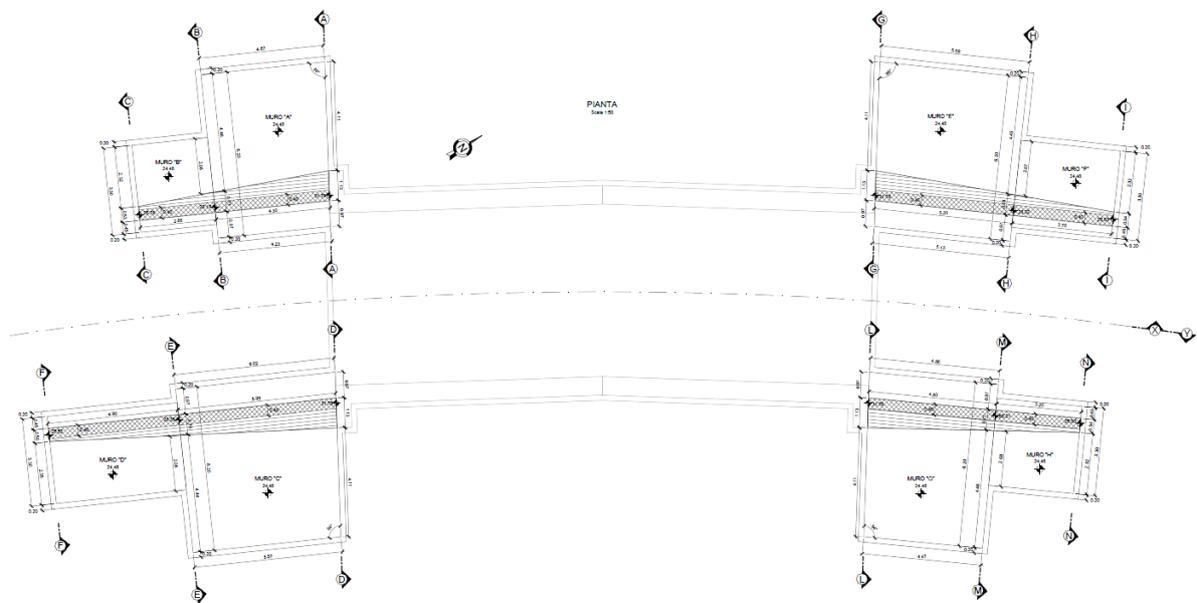


Figura 5 – Pianta

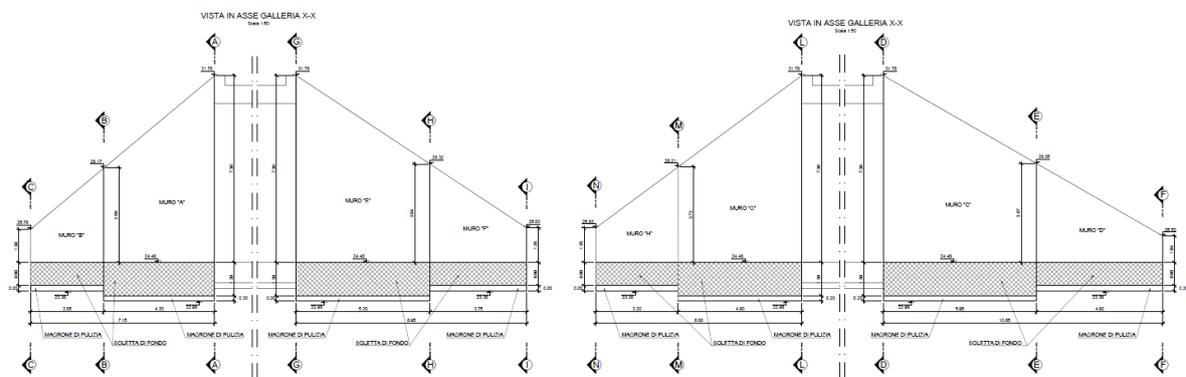


Figura 6 – Prospetti

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGIO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 11 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

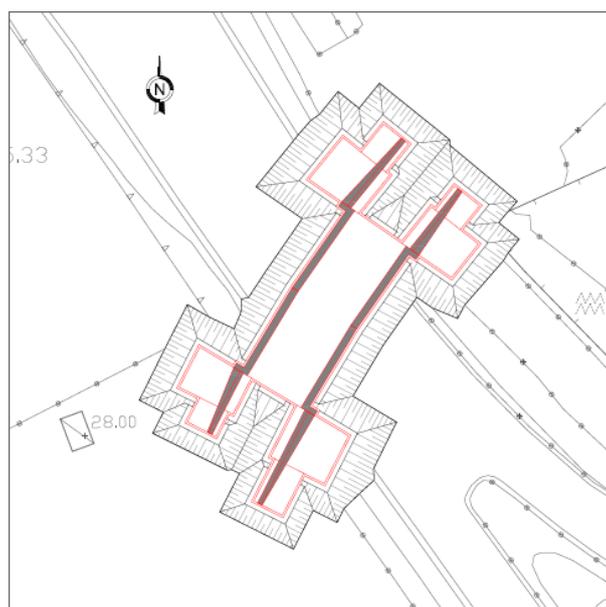
2.3 FASI COSTRUTTIVE

Di seguito sono sinteticamente presentate le fasi costruttive dell'opera.

- FASE 1 - Realizzazione sbancamenti:

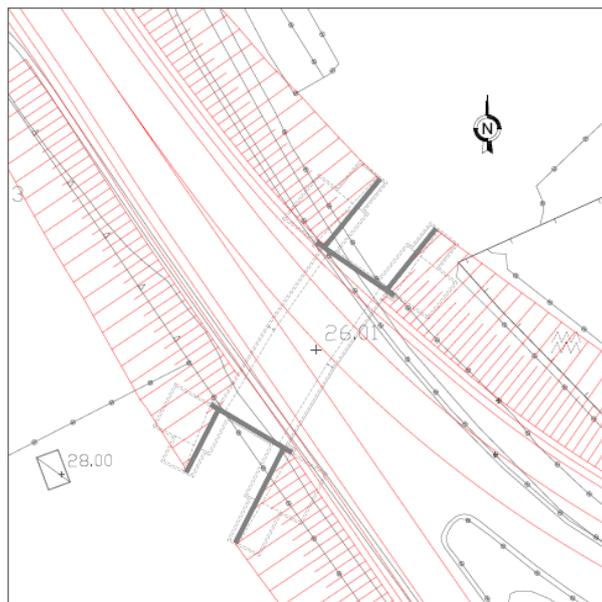


- FASE 2 – Getto galleria artificiale e muri di sostegno:



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGIO S.p.A.	<p style="text-align: center;">LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</p> <p style="text-align: center;">IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</p>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.												
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.04.00.001</td> <td>C</td> <td>12 di 92</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C	12 di 92
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C	12 di 92								

- FASE 3 – Rinterro e realizzazione NV05:



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<p style="text-align: center;">LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</p>												
<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<p style="text-align: center;">IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</p>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">PROGETTO</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.04.00.001</td> <td>C</td> <td>13 di 92</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C	13 di 92
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C	13 di 92								
<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA													

3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Si riporta di seguito l'elenco dei documenti considerati in sede di progettazione.

- D.M. 14 gennaio 2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare 2 febbraio 2009,n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- UNI EN 1992-1-1 "Progettazione delle strutture di calcestruzzo;
- UNI EN 206-1-2001: Calcestruzzo. "Specificazione, prestazione, produzione e conformità";
- Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto-binario - "RFI DTC INC PO SP IFS 001 A";
- Istruzioni tecniche per la progettazione di manufatti sotto-binario da costruire in zona sismica -"RFI DTC ICI PO SP INF 004 A";
- Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie – "RFI DTC INC CS SP IFS 001 A 29122011".

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 14 di 92

4 MATERIALI

4.1 CALCESTRUZZO

Calcestruzzo C30/37

Resistenza cilindrica caratteristica $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

Resistenza di calcolo a compressione semplice $f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.50 = 17.0 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a trazione media $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.90 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a trazione di calcolo $f_{ctd} = 0.70 \cdot f_{ctm} / 1.50 = 1.35 \text{ N/mm}^2$

Modulo elastico $E_{cm} = 32837 \text{ N/mm}^2$

Modulo di Poisson $\nu = 0.20$

Coefficiente di dilatazione termica $0.00001 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

4.2 ACCIAIO C.A.

Acciaio in barre ad aderenza migliorata B450 C

Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica di calcolo $f_{yd} = f_{yk} / 1.15 = 391.3 \text{ N/mm}^2$

Modulo elastico $E_s = 210000 \text{ N/mm}^2$

4.3 COPRIFERRI

Di seguito sono elencati i valori di copriferro netto da considerare nei riguardi dell'armatura strutturale più esterna.

$c = 40\text{mm}$

Per i muri di contenimento si considera lo stesso valore di copriferro utilizzato per lo scatolare.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. PAGINA C 15 di 92

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

In corrispondenza dell'opera in esame, la successione stratigrafica evidenzia la presenza di piroclastiti rimaneggiate sabbiose limose "DI" dalla quota +23.42 mslm.

Considerando che le quote di fondo scavo per le strutture in esame (struttura scatolare e muri di sostegno) sono pari a +23.48 mslm e +22.98 mslm, le strutture risultano quindi fondate sullo strato "DI" per il quale si possono assumere le seguenti caratteristiche geotecniche di progetto:

$\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c = 0 \text{ MPa}$	coesione drenata
$\Phi = 32^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$E_0 = 200 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$E_{op} = 40 \text{ MPa} (E_0/5)$	modulo di deformazione elastico di calcolo

Per il terreno di rinterro/riempimento da utilizzare a tergo delle strutture in elevazione si assume:

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c = 0 \text{ MPa}$	coesione drenata
$\Phi = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio

In corrispondenza dell'opera in esame, la falda è rilevata alla quota +20.65 mslm, quindi al di sotto del piano di posa delle fondazioni. Ai fini del calcolo dello scatolare, si considera l'evento di risalita della falda ad una quota di progetto pari a +25.48 mslm (+2.00 m dal piano di fondo scavo). Si assume un peso specifico dell'acqua pari a 10 kN/m^3 .

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 16 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Il valore dell'accelerazione orizzontale massima in condizioni sismiche è definito in accordo alla normativa DM2008.

Ai fini del calcolo dell'azione sismica si è fatto riferimento ad una Vita di Riferimento $VR = 112.5$ anni ($VR = VN \cdot CU$), risultando per l'opera in progetto una vita nominale $VN \geq 75$ anni ed una classe d'uso $Cu = III$.

Al fine della valutazione dei parametri di pericolosità sismica, si è fatto riferimento ai dati riguardanti il comune di Acerra (NA):

Parametri sismici

	T_R [anni]	a_g [m/s ²]	F_0 [...]	T_C^* [s]
SLO	68	0.706	2.349	0.325
SLD	114	0.901	2.360	0.337
SLV	1073	2.124	2.466	0.363
SLC	2203	2.614	2.555	0.367

ID Punto 1 = 32758
 ID Punto 2 = 32759
 ID Punto 3 = 32537
 ID Punto 4 = 32536
 Dati sismici rilevati correttamente.

Figura 7 - Tabella parametrici sismici

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 17 di 92	

Si è assunto pertanto:

$$a_g / g = 2.124/9.81 = 0.216 \text{ g}$$

$$F_o = 2.466$$

$$T_c = 0.363 \text{ s}$$

A seguito di tale assunzione si ha, allo stato limite ultimo SLV in funzione della Latitudine e Longitudine del sito in esame, un valore dell'accelerazione pari ad $a_g = 0.216 \text{ g}$.

Facendo riferimento al paragrafo 3.2.2 del DM2008, nella presente progettazione come categoria di sottosuolo è considerata la categoria "C", definita Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$, $70 < c_u < 250 \text{ kPa}$).

Per quanto riguarda invece le condizioni topografiche si è fatto riferimento alla categoria topografica T1, relativa a "superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.						
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 18 di 92		

7 CRITERI GENERALI DI VERIFICA

La verifica dei vari elementi strutturali è condotta tenendo conto delle condizioni più gravose che s'individuano dall'involuppo delle sollecitazioni agenti nelle diverse combinazioni di carico.

7.1 VERIFICHE SLE

7.1.1 Verifica tensioni di esercizio

Per il calcestruzzo si considerano i seguenti limiti:

- Combinazione SLE-QP: $0.40 \cdot f_{ck}$
 - $\sigma_{cmax} = 12.00 \text{ N/mm}^2$
- Combinazione SLE-Rara: $0.55 \cdot f_{ck}$
 - $\sigma_{cmax} = 16.50 \text{ N/mm}^2$

Per l'acciaio si considerano i seguenti limiti:

- Combinazione SLE-Rara: $0.75 \cdot f_{yk}$
 - $\sigma_{smax} = 337.5 \text{ N/mm}^2$

7.1.2 Verifica a fessurazione

La verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure è effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara) – "SLE-Rara".

Sulla base delle prescrizioni fornite dalle specifiche RFI (Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario – Requisiti concernenti la fessurazione per strutture in c.a., c.a.p. e miste acciaio-calcestruzzo), si assume come valore limite:

$$w_d < w_{lim} (= w_1 = 0.2\text{mm})$$

valido per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno. Tale valore limite è considerato sia per le superfici di estradosso che per quelle d'intradosso.

Il valore di calcolo dell'apertura di fessura (w_d), da confrontare con i valori limite, si valuta con l'espressione indicata nella Circolare n.617/09 (formula C4.1.15):

$$w_d = \epsilon_{sm} \cdot \Delta_{smax}$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. PAGINA C 19 di 92

dove ε_{sm} è la deformazione media delle barre d'armatura e Δ_{smax} è la distanza massima tra le fessure.

7.2 VERIFICHE SLU

7.2.1 Verifica a Pressoflessione

La verifica consiste nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

$$M_{Ed} / M_{Rd} \leq 1$$

Il valore di calcolo del momento resistente è valutato sulla base del valore N_{Ed} .

7.2.2 Verifica a Taglio

La verifica consiste nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

$$V_{Ed} / V_{Rd} \leq 1$$

Per quanto riguarda la determinazione della resistenza a taglio della sezione dotata di specifica armatura a taglio, si fa riferimento al metodo del traliccio ad inclinazione variabile, in accordo a quanto prescritto al punto 4.1.2.1.3 delle DM2008, considerando ai fini delle verifiche, un angolo θ di inclinazione delle bielle compresse del traliccio resistente tale da rispettare la condizione:

$$1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2.5 \quad \text{cioè } 45^\circ \geq \theta \geq 21.8^\circ$$

7.3 VERIFICA A CARICO LIMITE

Per la valutazione del carico limite delle fondazioni dirette si utilizza il criterio di Brinch-Hansen.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO											
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA						
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C	20 di 92						

8 ANALISI STRUTTURA SCATOLARE

8.1 ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi, sia verticali sia orizzontali, utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni della struttura in esame. Le condizioni di carico descritte di seguito saranno combinate secondo normativa al fine di massimizzare le sollecitazioni interne alla struttura.

8.1.1 Peso Proprio della struttura

Per il calcestruzzo armato è adottato un peso di volume pari a 25 kN/m^3 .

8.1.2 Carichi permanenti portati

8.1.2.1 Ricoprimento soletta di copertura

Per tener conto della presenza del corpo stradale sopra la soletta di copertura, è previsto un carico uniformemente distribuito valutato considerando il massimo spessore di ricoprimento presente lungo lo sviluppo dello scatolare in esame:

$$g_{\text{ricop-cop}} = \gamma_{\text{rifinitura stradale}} \cdot h_{\text{ricoprimento}} = 24 \text{ kN/m}^3 \cdot 0.70 \text{ m} = 16.8 \text{ kN/m}^2$$

8.1.2.2 Ricoprimento soletta di fondazione

Per tener conto della presenza della massicciata ferroviaria sulla soletta di fondazione (ballast + armamento), è previsto un carico uniformemente distribuito pari a:

$$g_{\text{ricop-fond}} = \gamma_{\text{massicciata}} \cdot h_{\text{ricoprimento}} = 20 \text{ kN/m}^3 \cdot 1.10 \text{ m} = 22.0 \text{ kN/m}^2$$

8.1.3 Spinta delle terre

Il terreno a tergo delle strutture esercita una spinta orizzontale proporzionale al carico verticale cui esso è soggetto. L'interazione terreno-struttura è tale da consentire che si sviluppi un regime di spinta a riposo. Il coefficiente di spinta vale quindi:

$$k_0 = 1 - \sin\Phi = 0.426$$

Nel calcolo, cautelativamente, si considerata una quota del piano campagna pari a 32.08 mslm (+0.70m dall'estradosso della soletta di copertura).

La spinta del terreno sulla struttura, ad andamento trapezoidale, risulta quindi pari a:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C	21 di 92

	Quota di riferimento (mslm)	32.08
	Coeff. Spinta K0	0.426
	Peso specifico (kN/m ³)	19
Livello	z (mslm)	pt (kN/m²)
Soletta di copertura (asse)	31.03	8.5
Soletta di fondazione (asse)	24.08	64.8

Tabella 3 – Spinta statica terreno

8.1.4 Spinta idrostatica

Per tenere conto della spinta idrostatica agente sui piedritti e della sottospinta idraulica agente sulla soletta fondazione, sono stati considerati i seguenti carichi, considerando la quota di progetto della falda indicata nel capitolo 5.

La spinta dell'acqua sulla struttura risulta quindi pari a:

	Quota di riferimento (mslm)	25.48
	Coeff. Spinta	1.000
	Peso specifico (kN/m ³)	10
Livello	z (mslm)	pw (kN/m²)
Soletta di copertura (asse)	31.03	0.0
Soletta di fondazione (asse)	24.08	14.0
Soletta di fondazione (estradosso)	23.68	18.0

Tabella 4 – Spinta idrostatica

8.1.5 Carichi variabili

8.1.5.1 Carichi ferroviari

Sulla soletta di fondazione agisce il carico ferroviario rappresentato dal treno LM71 definito dalla normativa. Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast. Il valore finale da considerare nell'analisi è valutato in corrispondenza dell'asse della soletta di fondazione.

In senso trasversale allo scatolare, la larghezza di diffusione, in corrispondenza del piano medio della fondazione, è pari a circa: $1.5 \text{ m} + 2 \cdot 1.7 \text{ m} \approx 5.0 \text{ m}$ (vedi Figura 9).

In senso longitudinale si assume che il carico si distribuisce sull'intero ingombro dei suoi assi pari a 6.4 m, considerando anche che le analisi si riferiscono ad una porzione unitaria dello scatolare.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C PAGINA 22 di 92

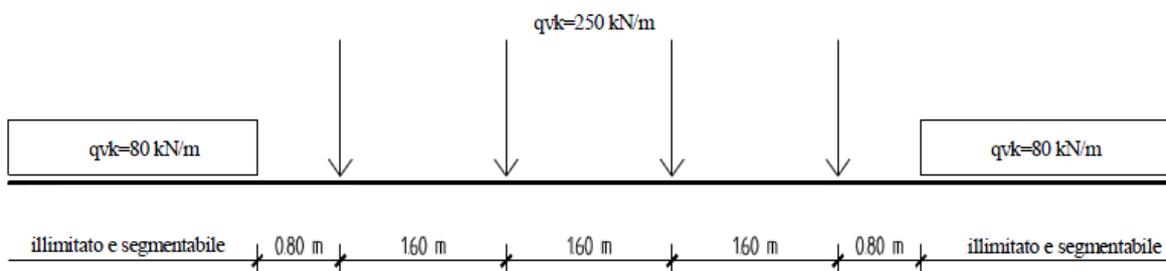


Figura 8 – Modello di carico LM71

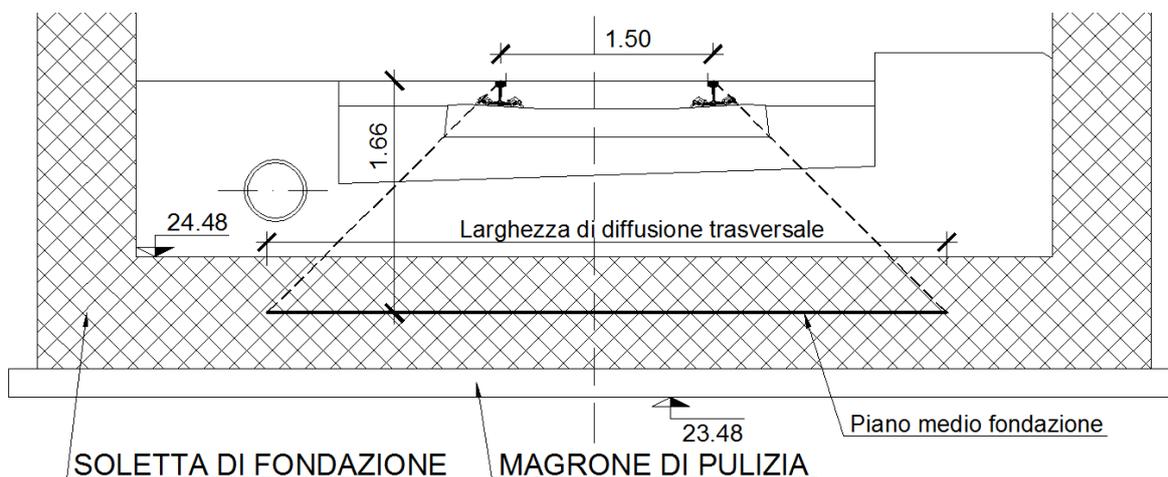


Figura 9 – Distribuzione trasversale del carico treno

Il carico ripartito dovuto al treno, considerando il coefficiente α pari a 1.0, risulta:

$$q_{\text{treno}} = 1.0 \cdot [4 \cdot 250 \text{ kN} / (4 \cdot 1.60 \text{ m})] / 5.00 \text{ m} = 31.25 \text{ kN/m}^2$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. PAGINA C 23 di 92

8.1.5.2 Carichi stradali

- Carico verticale sulla soletta di copertura

Sulla soletta di copertura agisce un carico dovuto alla presenza di una carreggiata stradale disposta ortogonalmente all'asse dello scatolare.

I carichi di riferimento sono descritti nel paragrafo 5.1.3.3 del DM2008. In particolare, il carico di progetto è determinato considerando lo schema di carico 1. Tale schema è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem e da carichi uniformemente distribuiti.

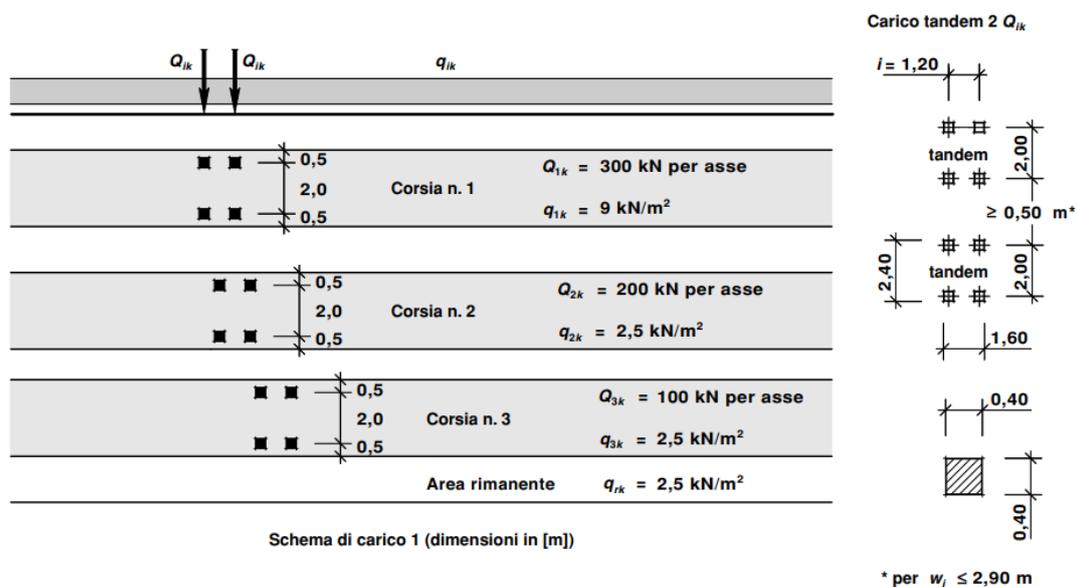


Figura 10 – Schema di carico 1

I carichi concentrati sono pari a 300 kN su corsia n.1 di larghezza convenzionale pari a 3 m.

Per quanto riguarda i carichi uniformemente distribuiti (associati ai carichi tandem) si considera il carico di 9 kN/m² sull'intera soletta.

I carichi tandem sono posti ortogonalmente all'asse dello scatolare e sono ripartiti in direzione longitudinale e trasversale dal piano stradale al piano medio della soletta di copertura. Si assume che la diffusione avvenga con un angolo di 30° attraverso il rilevato stradale e con un angolo di 45° nella soletta. L'effetto dei carichi tandem sulla soletta è pertanto messo in conto attraverso la determinazione di un carico equivalente distribuito cui si somma il carico uniforme di 9 kN/m².

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. PAGINA C 24 di 92

Ai fini del calcolo della ripartizione dei carichi accidentali si assume cautelativamente uno spessore di ricoprimento di 0.30 m.

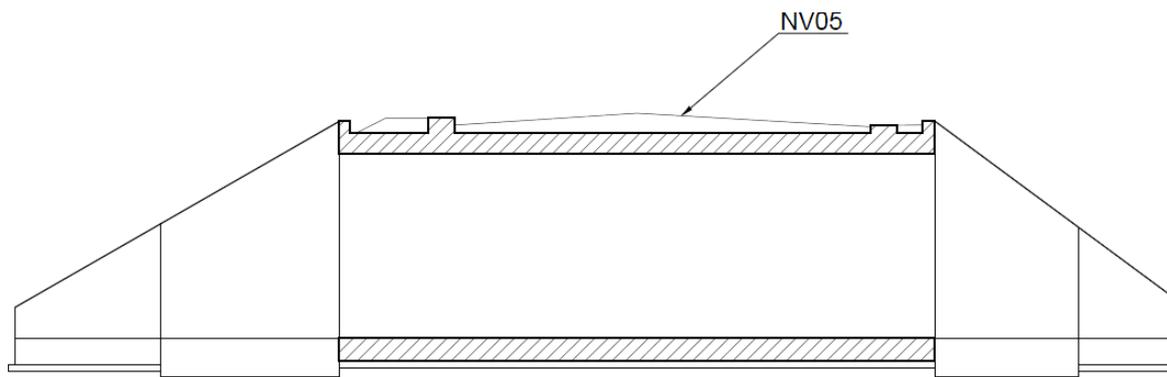


Figura 11 – Profilo longitudinale scatolare con indicazione della strada

In senso trasversale allo scatolare (parallelo all'asse stradale), la larghezza di diffusione del carico tandem è pari a:

$$Ldt = 1.20 \text{ m} + 2 \cdot (\text{tg}30^\circ \cdot 0.30\text{m} + \text{tg}45^\circ \cdot 0.70\text{m}/2) = 2.25 \text{ m}$$

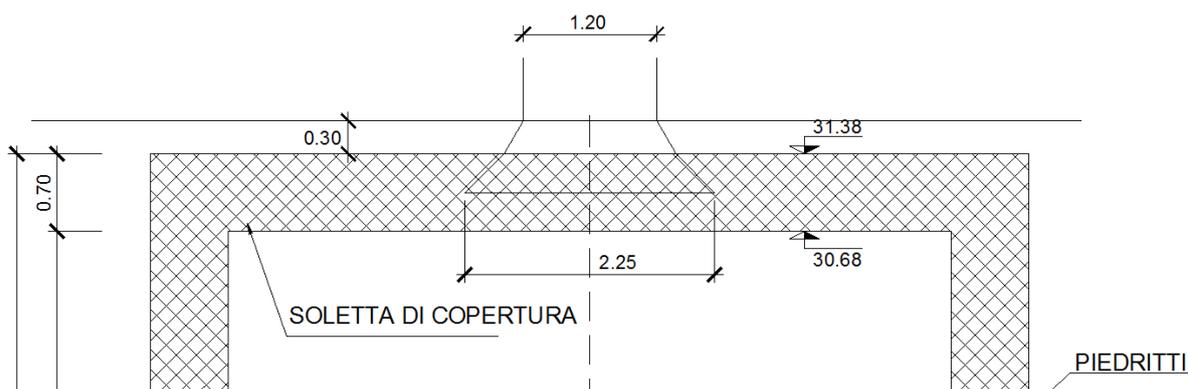


Figura 12 – Distribuzione in senso trasversale allo scatolare

In senso longitudinale allo scatolare (trasversale all'asse stradale), la larghezza di diffusione del carico tandem è cautelativamente assunta pari a:

$$Ldl = 2.00 \text{ m} + 1 \cdot (\text{tg}30^\circ \cdot 0.30\text{m} + \text{tg}45^\circ \cdot 0.70\text{m}/2) = 2.55 \text{ m}$$

Quest'ultimo valore tiene conto della presenza del cordolo che limita la diffusione su una delle due colonne di carico.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. PAGINA C 25 di 92

Avendo definito le larghezze di diffusione, si può valutare l'intensità del carico equivalente a mq indotto dai carichi tandem sulla soletta superiore:

$$q_{v_strada} = 2 \cdot 300 \text{ kN} / (2.25 \text{ m} \cdot 2.55 \text{ m}) = 105 \text{ kN/m}^2$$

cui si sovrappone il carico di 9 kN/m² uniforme su tutta la soletta.

La posizione del carico equivalente al tandem è definita al fine di massimizzare gli effetti flessionali sulla soletta di copertura.

- Carico orizzontale sui piedritti

Nel paragrafo precedente si è analizzato il caso in cui il carico stradale agisce sulla soletta di copertura. Di seguito si riporta la valutazione del carico stradale quando questo è applicato a tergo dello scatolare e quindi comporta una sollecitazione flessionale sui piedritti della struttura.

In accordo al punto C5.1.3.3.7.1 della Circolare 2009, è considerato lo schema di carico 1 in cui per semplicità i carichi tandem possono essere sostituiti da carichi uniformemente distribuiti equivalenti, applicati su una superficie rettangolare larga 3.00 m e lunga 2.20 m. Anche in questo caso è considerata la diffusione del carico in direzione trasversale e longitudinale allo scatolare. A tale carico si aggiunge il carico uniformemente distribuito di 9 kN/m².

La larghezza di diffusione del carico tandem in direzione trasversale allo scatolare (parallelo all'asse stradale) è pari a (vedi Figura 13):

$$L_{dt_sup} \text{ (soletta di copertura)} = 2.60 \text{ m}$$

$$L_{dt_inf} \text{ (soletta di fondazione)} = 6.60 \text{ m}$$

La larghezza di diffusione del carico tandem in direzione longitudinale allo scatolare (trasversale all'asse stradale) è pari a (vedi Figura 14):

$$L_{dl_sup} \text{ (soletta di copertura)} = 3.40 \text{ m}$$

$$L_{dl_inf} \text{ (soletta di fondazione)} = 7.40 \text{ m}$$

Il diagramma di spinta applicato ai piedritti varia linearmente tra i valori calcolati in asse soletta di copertura e in asse soletta di fondazione:

$$q_{h_strada} \text{ (soletta di copertura)} = [9 \text{ kN/m}^2 + (2 \cdot 300 \text{ kN} / (2.60 \text{ m} \cdot 3.40 \text{ m}))] \cdot 0.426 = 32.7 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{h_strada} \text{ (soletta di fondazione)} = [9 \text{ kN/m}^2 + (2 \cdot 300 \text{ kN} / (6.60 \text{ m} \cdot 7.40 \text{ m}))] \cdot 0.426 = 9.1 \text{ kN/m}^2$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 26 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

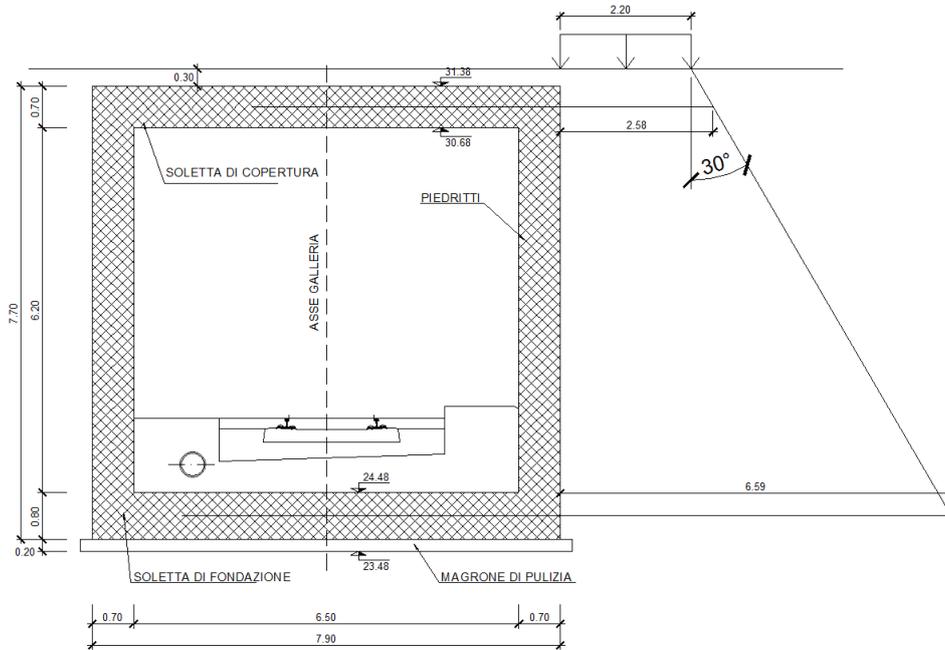


Figura 13 – Diffusione carico stradale in senso trasversale

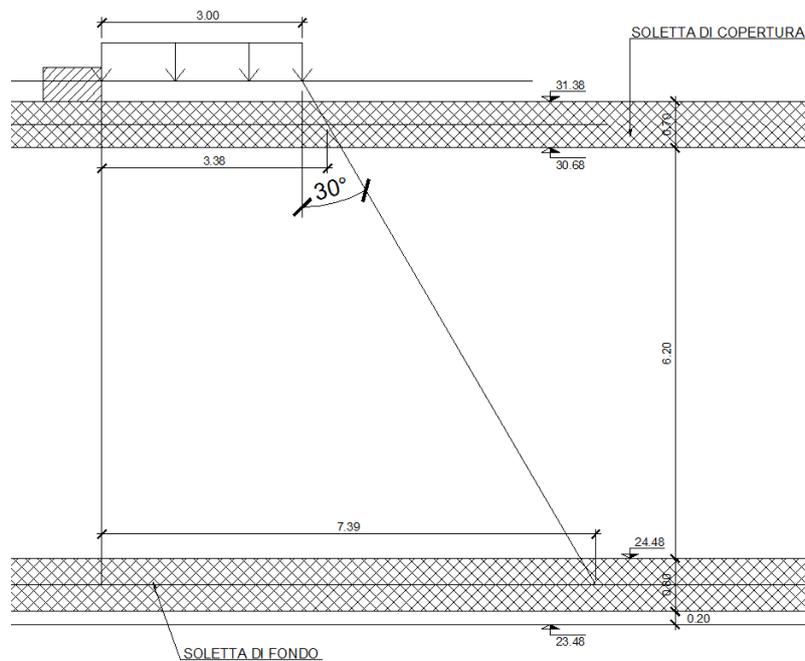


Figura 14 – Diffusione carico stradale in senso longitudinale

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C	27 di 92

8.1.6 Ritiro

Si considera soggetta a fenomeni di ritiro la sola soletta superiore di copertura. Questo effetto è considerato attraverso una variazione termica uniforme pari a $\Delta_{t_ritiro} = -10.0 \text{ }^\circ\text{C}$.

8.1.7 Azioni termiche

Nell'analisi sono considerati gli effetti dovuti alle variazioni termiche sulla soletta di copertura. In particolare, è considerata una variazione termica uniforme di $\Delta_{t_termico-1} = -15^\circ\text{C}$ ed una variazione termica lineare tra estradosso e intradosso pari a $\Delta_{t_termico-2} = +/-5^\circ\text{C}$.

8.1.8 Azione sismica

8.1.8.1 Forze inerziali

La struttura in esame è anche verificata con riferimento allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV). Per il calcolo dell'azione sismica si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Le forze sismiche sono ricavate dalle seguenti espressioni:

$$\text{Forza sismica orizzontale: } F_h = k_h \cdot P$$

$$\text{Forza sismica verticale: } F_v = k_v \cdot P$$

Dove P rappresenta il carico statico mentre i valori dei coefficienti sismici sono valutati mediante:

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

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

Per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore 1.

L'accelerazione massima si valutata con la relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

$$S_S = 1.70 - 0.60 \cdot F_o \cdot a_g / g = 1.38 \text{ (Coefficiente di amplificazione stratigrafico);}$$

$$S_T = 1.00 \text{ (Coefficiente di amplificazione topografico).}$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 28 di 92

ne deriva che:

$$a_{\max} = 1.38 \cdot 1.00 \cdot 2.119 = 2.924 \text{ m/s}^2$$

$$k_h = a_{\max}/g = 0.298 \text{ g (2.924 m/s}^2\text{)}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = 0.149 \text{ g (1.462 m/s}^2\text{)}$$

La forza inerziale relativa la peso proprio della struttura è calcolata in automatico dal software attraverso l'applicazione dell'accelerazione di calcolo orizzontale e verticale.

8.1.8.2 Spinta sismica terreno

L'incremento dinamico di spinta del terreno sotto l'azione sismica viene determinato con il metodo di Wood:

$$\Delta p_{t_E} = k_h \cdot \gamma \cdot H^2 = 0.298 \cdot 19.0 \text{ kN/m}^3 \cdot (7.70 \text{ m})^2 = 335.7 \text{ kN/m}$$

dove H è l'altezza sulla quale agisce la spinta.

Si assume che tale incremento sia applicato a metà altezza H del muro.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA			IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C	29 di 92

8.2 COMBINAZIONE DEI CARICHI

8.2.1 Generalita'

Le combinazioni di carico, utilizzate per condurre le verifiche agli stati limite ultimi e agli stati limite di esercizio, sono originate in ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa.

8.2.2 Combinazioni per la verifica SLU

Trattandosi di opere interrate, le verifiche sono condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 1":

combinazione 1: (A1+M1+R1) -> STR (verifiche degli elementi strutturali)

combinazione 2: (A2+M2+R2) -> GEO (carico limite)

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale (SLU):

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

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza sono assunti coerentemente alla tabella seguente:

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

Figura 15 - Coefficienti parziali di sicurezza

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 30 di 92

8.2.3 Combinazioni per la verifica SLV sismica

Per la condizione sismica SLV, le combinazioni per gli stati limite ultimi da prendere in considerazione sono:

- Combinazione sismica (SLV), connessa all'azione sismica E:

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

La non contemporaneità della massima azione verticale e orizzontale è tenuta in conto attraverso la parzializzazione (al 30%) dell'azione considerata secondaria nello scenario previsto.

8.2.4 Combinazioni per la verifica SLE

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio, si definiscono le seguenti combinazioni:

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

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

- Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) a lungo termine:

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

I valori dei coefficienti di combinazione sono assunti coerentemente alla tabella seguente:

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr ₁	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr ₂	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr ₃	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr ₄	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F _{wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T _k	0,60	0,60	0,50

Figura 16 - Coefficienti di combinazione delle azioni

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL GA.04.00.001 C 31 di 92	

8.2.5 Combinazioni Di Progetto

Di seguito sono presentate le combinazioni dei carichi ritenute più significative e quindi considerate nell'analisi numerica della struttura.

n°	Tipo	Carico	Nome
1	G1	Peso proprio	PP
2	G2	Ricoprimento soletta di copertura	Ricop_Cop
3	G2	Ricoprimento soletta di fondazione	Ricop_Fond
4	G1	Spinta terreno da sinistra	SpintaTerrSX
5	G1	Spinta terreno da destra	SpintaTerrDX
6	G1	Spinta idrostatica	SpintaAcqua
7	Q	Carico ferroviario su fondazione	CaricoTreno
8	Q	Carico stradale su copertura	CaricoStradaV
9	Q	Carico stradale su piedritti (da sinistra)	CaricoStradaH_sx
10	Q	Ritiro soletta	Ritiro
11	Q	Azioni termiche	Termica
12	E	Azione sismica - Forza Inerziale Orizz. (da sinistra)	SismalneH_sx
13	E	Azione sismica - Sovrappinta terreno (da sinistra)	SismaTerH_sx
14	E	Azione sismica - Forza Inerziale Vert. (verso il basso)	SismalneV+
15	E	Azione sismica - Forza Inerziale Vert. (verso l'alto)	SismalneV-

Tabella 5 – Riepilogo condizioni di carico elementari

Carico	SLU 1			SLU 2			SLU 3			SLU 4			SLU 5			SLU 6		
	γ	ψ_0	$\gamma^*\psi$															
PP	1.35	1.00	1.35															
Ricop_Cop	1.50	1.00	1.50															
Ricop_Fond	1.50	1.00	1.50															
SpintaTerrSX	1.35	1.00	1.35															
SpintaTerrDX	1.35	1.00	1.35	1.35	0.50	0.68												
SpintaAcqua	1.35	1.00	1.35															
CaricoTreno	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	1.00	1.45	1.45	1.00	1.45	1.45	0.80	1.16
CaricoStradaV	1.45	1.00	1.45	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.80	1.16	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00
CaricoStradaH_sx	1.45	0.00	0.00	1.45	1.00	1.45	1.45	1.00	1.45	1.45	0.00	0.00	1.45	0.80	1.16	1.45	1.00	1.45
Ritiro	1.20	1.00	1.20	1.20	1.00	1.20	1.20	0.60	0.72	1.20	1.00	1.20	1.20	1.00	1.20	1.20	1.00	1.20
Termica	1.20	0.60	0.72	1.20	0.60	0.72	1.20	1.00	1.20	1.20	0.60	0.72	1.20	0.60	0.72	1.20	0.60	0.72
SismalneH_sx	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SismaTerH_sx	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SismalneV+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SismalneV-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 6 – Combinazioni di progetto – SLU

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C	32 di 92

Carico	SLE_rara 1			SLE_rara 2			SLE_rara 3			SLE_rara 4			SLE_rara 5			SLE_rara 6		
	γ	ψ_0	$\gamma^*\psi$															
PP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ricop_Cop	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ricop_Fond	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SpintaTerrSX	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SpintaTerrDX	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50
SpintaAcqua	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
CaricoTreno	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80	0.80
CaricoStradaV	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.80	0.80	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
CaricoStradaH_sx	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.80	0.80	1.00	1.00	1.00
Ritiro	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	0.60	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Termica	1.00	0.60	0.60	1.00	0.60	0.60	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	0.60	1.00	0.60	0.60	1.00	0.60	0.60
SismalneH_sx	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SismaTerH_sx	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SismalneV+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SismalneV-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 7 – Combinazioni di progetto – SLE_rara

Carico	Sisma 1			Sisma 2			Sisma 3			Sisma 4								
	γ	ψ_2	$\gamma^*\psi$															
PP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00						
Ricop_Cop	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00						
Ricop_Fond	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00						
SpintaTerrSX	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00						
SpintaTerrDX	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00						
SpintaAcqua	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00						
CaricoTreno	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00						
CaricoStradaV	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00						
CaricoStradaH_sx	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00						
Ritiro	1.00	0.50	0.50	1.00	0.50	0.50	1.00	0.50	0.50	1.00	0.50	0.50						
Termica	1.00	0.50	0.50	1.00	0.50	0.50	1.00	0.50	0.50	1.00	0.50	0.50						
SismalneH_sx	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.30	1.00	0.30	0.30	1.00	0.30						
SismaTerH_sx	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.30	1.00	0.30	0.30	1.00	0.30						
SismalneV+	0.30	1.00	0.30	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00						
SismalneV-	0.00	1.00	0.00	0.30	1.00	0.30	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00						

Tabella 8 – Combinazioni di progetto – Sisma

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 33 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

8.3 MODELLO DI CALCOLO

8.3.1 Generalità

Per il dimensionamento e la verifica della struttura in esame, si analizza una sezione trasversale di calcolo tipologica. L'analisi strutturale è condotta con il codice di calcolo agli elementi finiti SAP2000. Viene eseguita un'analisi piana per metro lineare di struttura.

La struttura è modellata con riferimento alla linea d'asse, per mezzo di elementi beam ai quali sono assegnate le caratteristiche geometriche ed inerziali reali.

Considerata la presenza di vincoli "molle" reagenti solo a compressione, le analisi sono eseguite in modalità statica non lineare.

8.3.2 Geometria di calcolo

Nelle figure seguenti si riporta la geometria considerata per il calcolo.

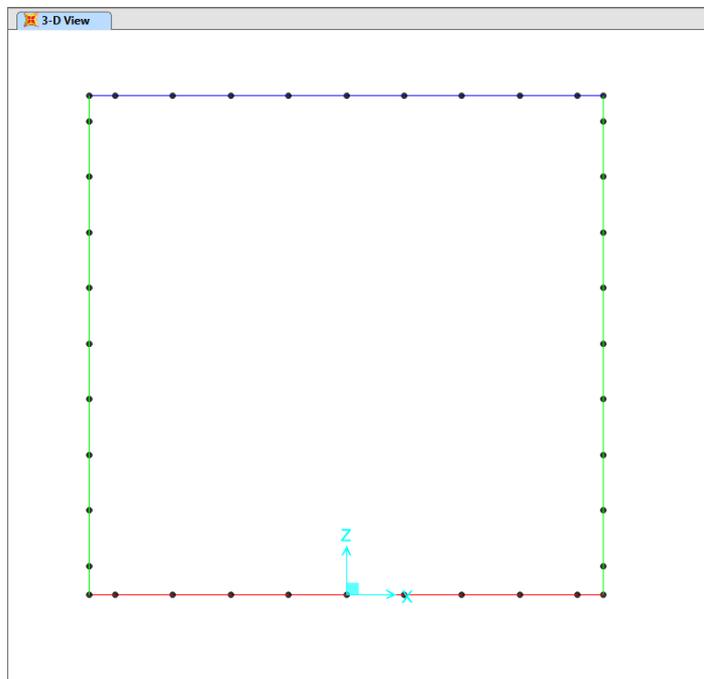


Figura 17 – Modello SAP – vista 2D

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGIO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C PAGINA 34 di 92

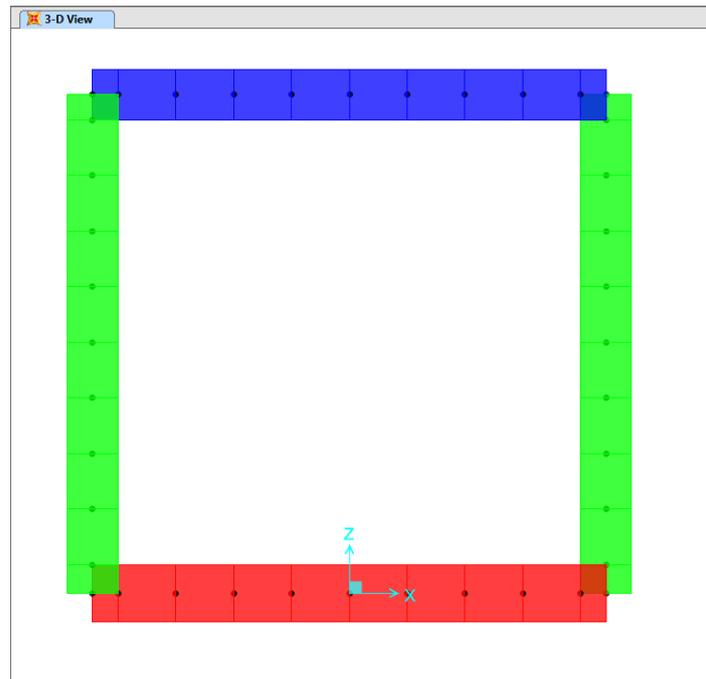


Figura 18 – Modello SAP – vista 2D estrusa

8.3.3 Schema di vincolo

L'interazione terreno-struttura è schematizzata attraverso l'applicazione di un sistema di molle agli elementi della soletta di fondazione.

Il valore della costante di sottofondo è determinato attraverso la formulazione di Bowles.

$$k = \frac{E}{(1-\nu^2)BI_w}$$

utilizzando il modulo di deformazione elastico di calcolo E_{op} .

Nel caso specifico:

E	[kN/m ²]	40000
ν	[-]	0.3
B	[m]	7.9
L	[m]	20.0
L/B	[-]	2.5
lw	[-]	1.41
k	[kN/m ²]/m	3946

Figura 19 – Valore teorico della costante di sottofondo

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGIO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	

Tali molle sono caratterizzate da un comportamento a sola compressione quindi sono eseguite analisi statiche di tipo non lineare.

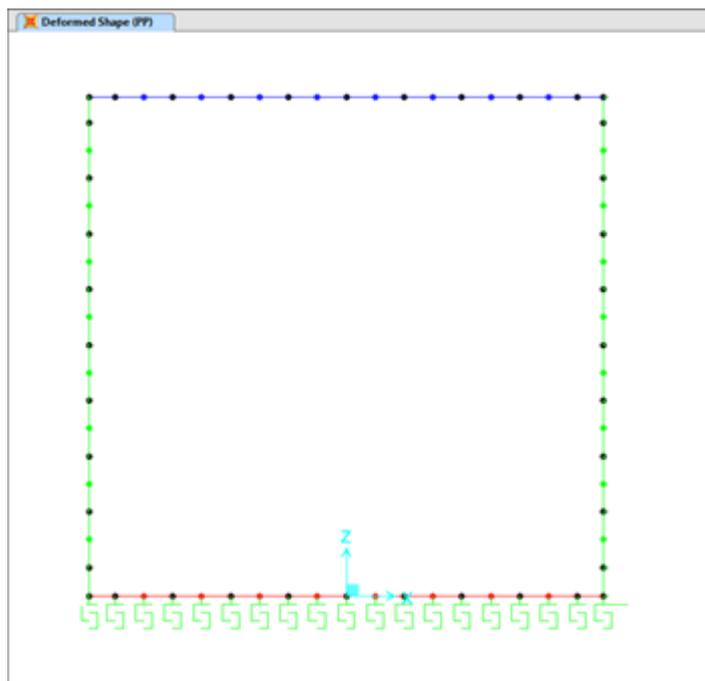


Figura 20 – Modello SAP – vista con schema di vincolo

8.3.4 Carichi applicati

Weight and Mass

Weight per Unit Volume

Mass per Unit Volume

Figura 21 – Peso proprio della struttura - g_{pp}

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 36 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

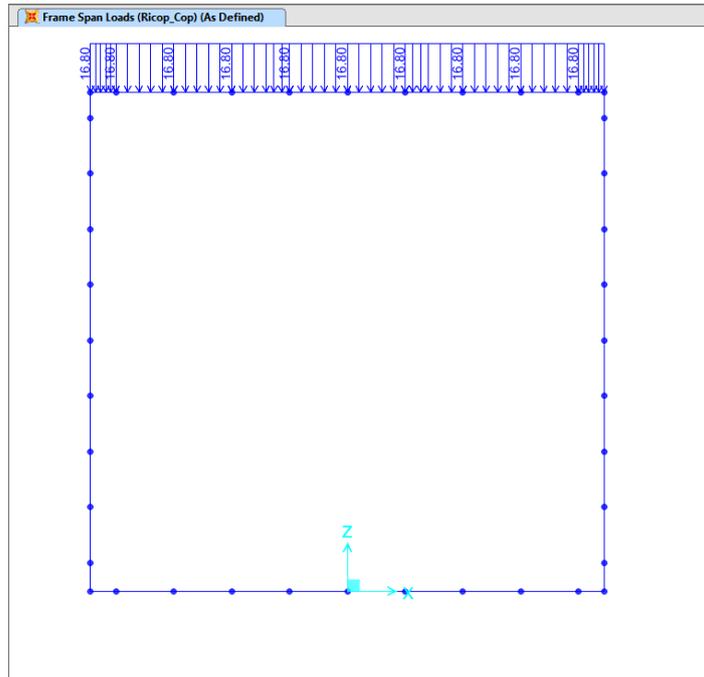


Figura 22 – Ricoprimento soletta di copertura - $g_{ricop-cop}$

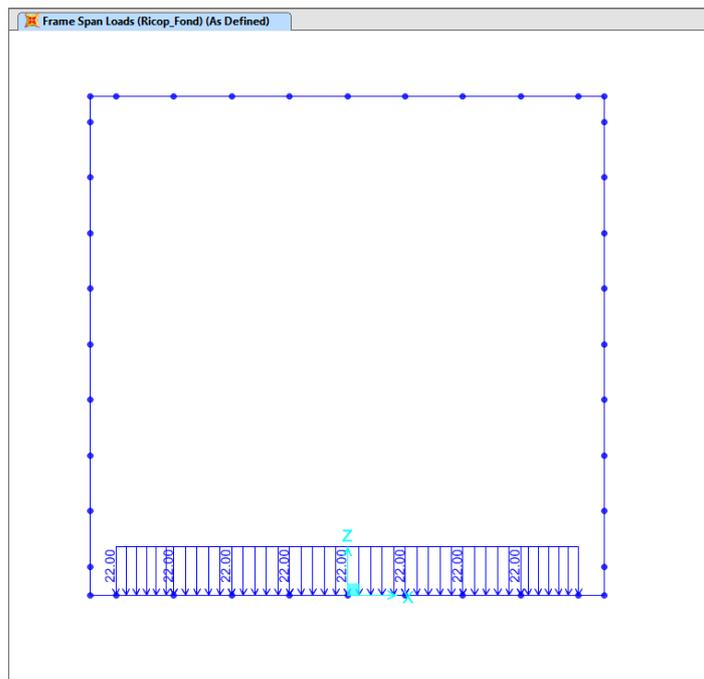


Figura 23 – Ricoprimento soletta di fondazione - $g_{ricop-fond}$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 37 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

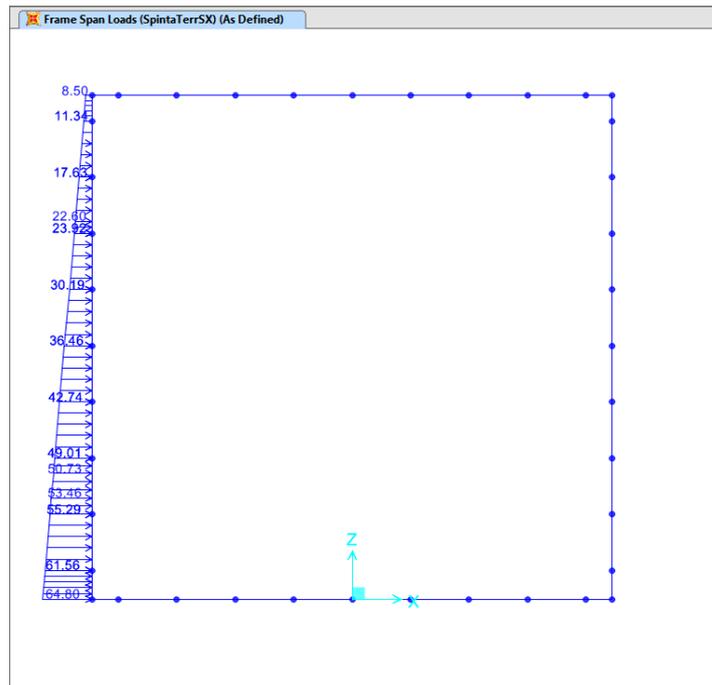


Figura 24 – Spinta terreno da sinistra – pt_sx

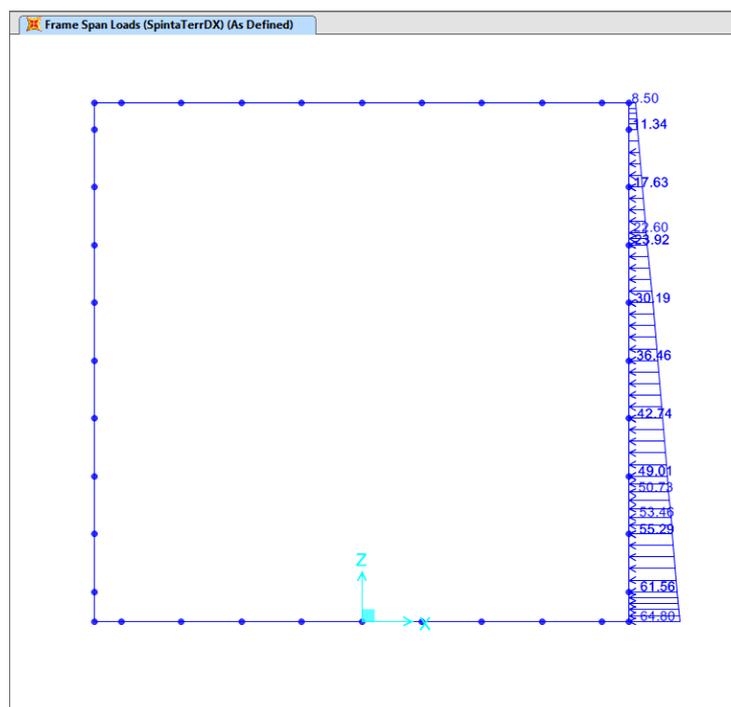


Figura 25 – Spinta terreno da destra – pt_dx

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 38 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

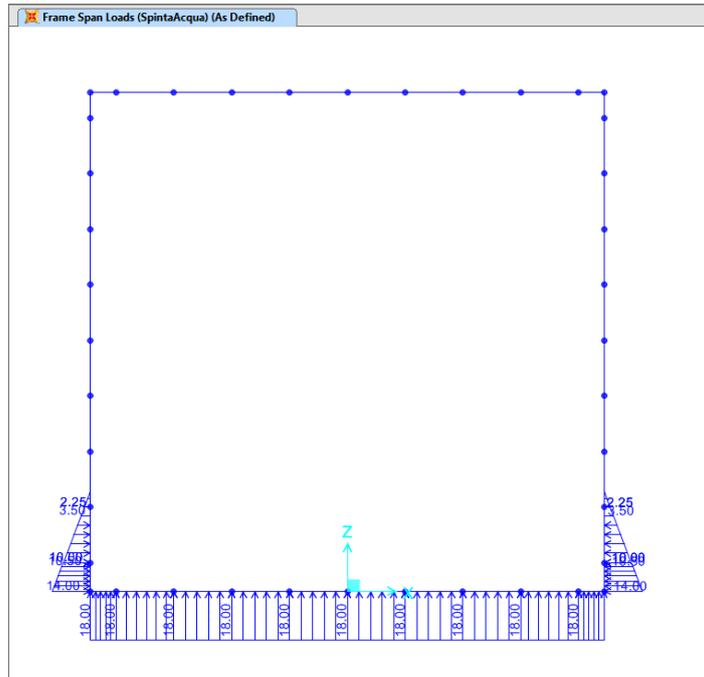


Figura 26 – Spinta idrostatica – pw

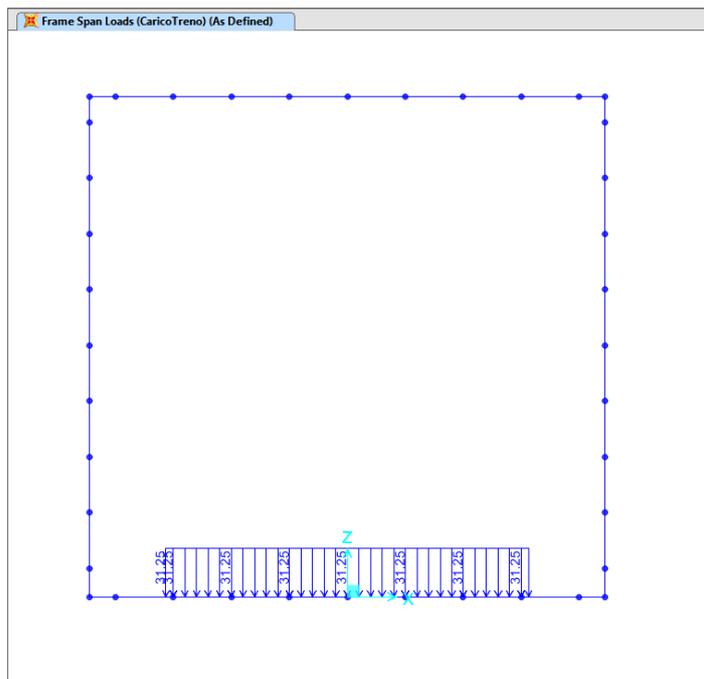


Figura 27 – Carico ferroviario sulla fondazione – qtreno

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGIO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 39 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

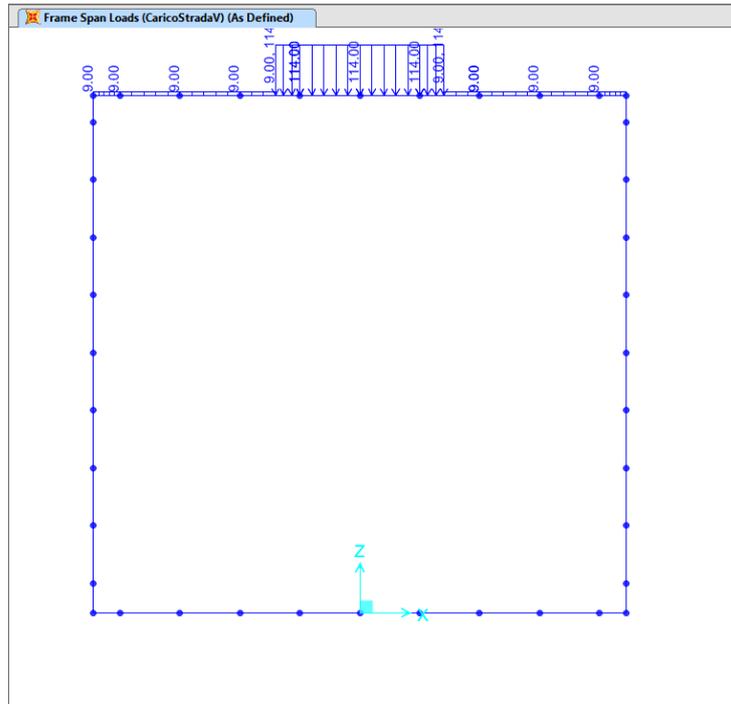


Figura 28 – Carico stradale sulla copertura – qvstrada

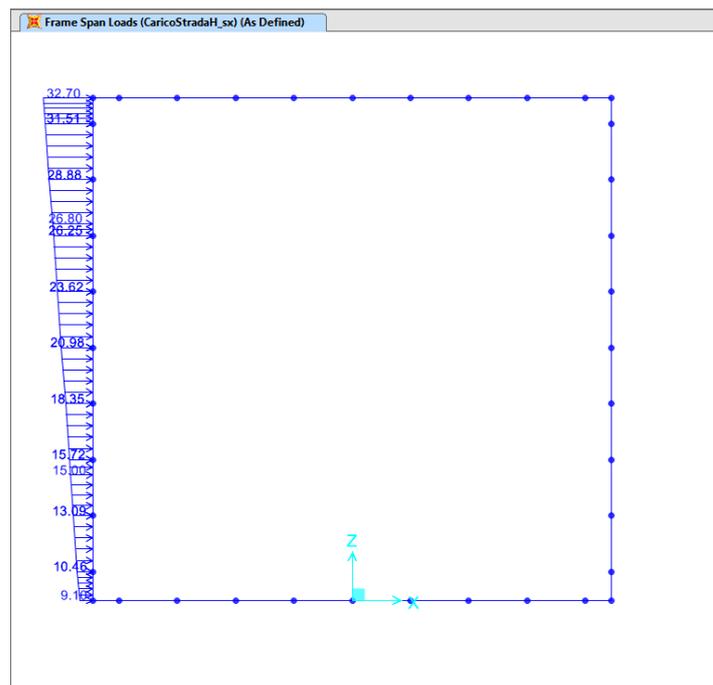


Figura 29 – Carico stradale sui piedritti – qhstrada

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 40 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

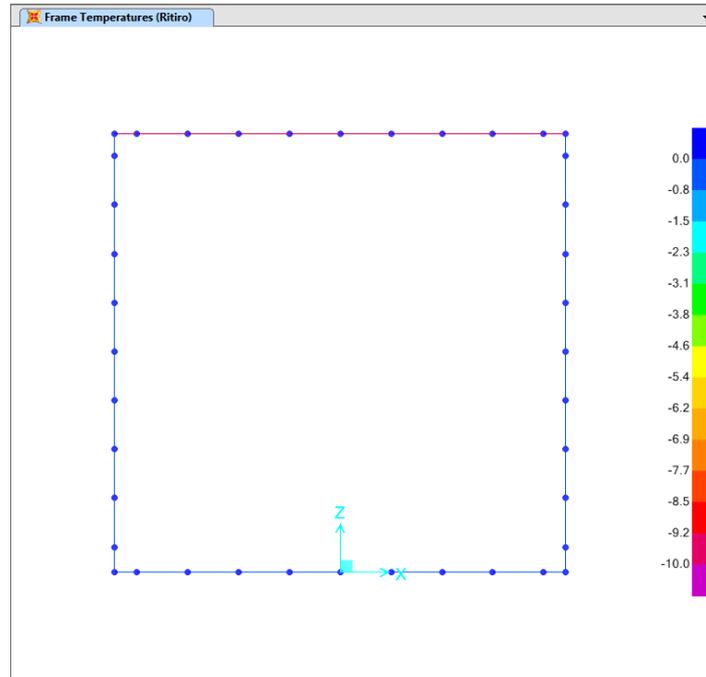


Figura 30 – Ritiro

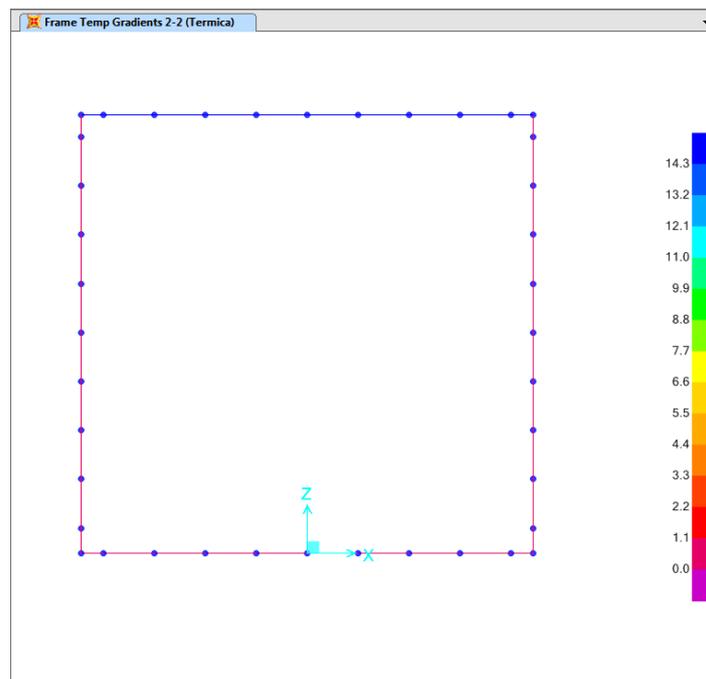


Figura 31 – Azione termica

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 41 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

Loads Applied		
Load Type	Load Name	Scale Factor
Accel	UX	2.924
Accel	UX	2.924

Figura 32 – Azione sismica – Accelerazione orizzontale per forza inerziale

Loads Applied		
Load Type	Load Name	Scale Factor
Accel	UZ	1.462
Accel	UZ	1.462

Figura 33 – Azione sismica – Accelerazione verticale per forza inerziale

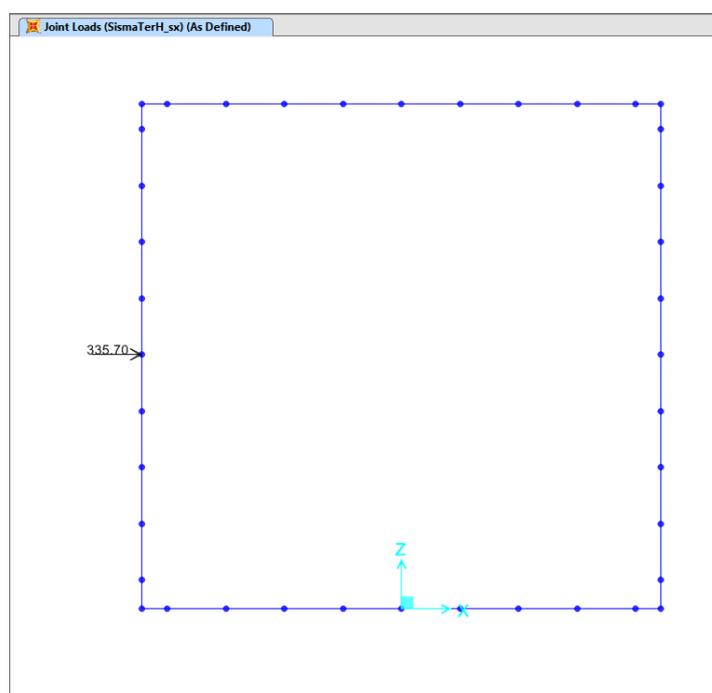


Figura 34 – Azione sismica – Spinta sismica terreno

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 42 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

8.4 ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI

8.4.1 Combinazione di progetto – SLU

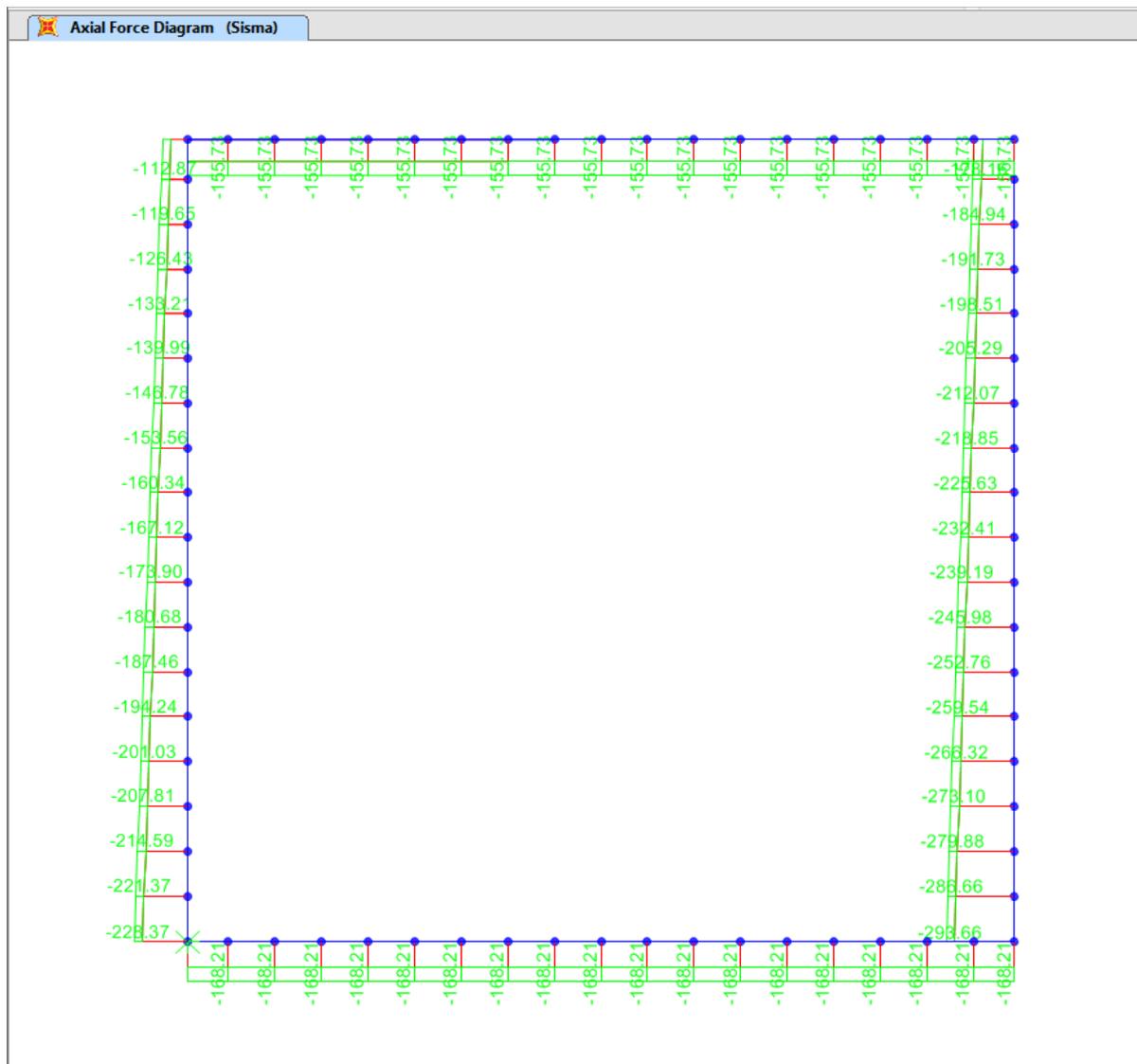


Figura 35 – SLU – Involuppo sforzo normale

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.		<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO			
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 43 di 92

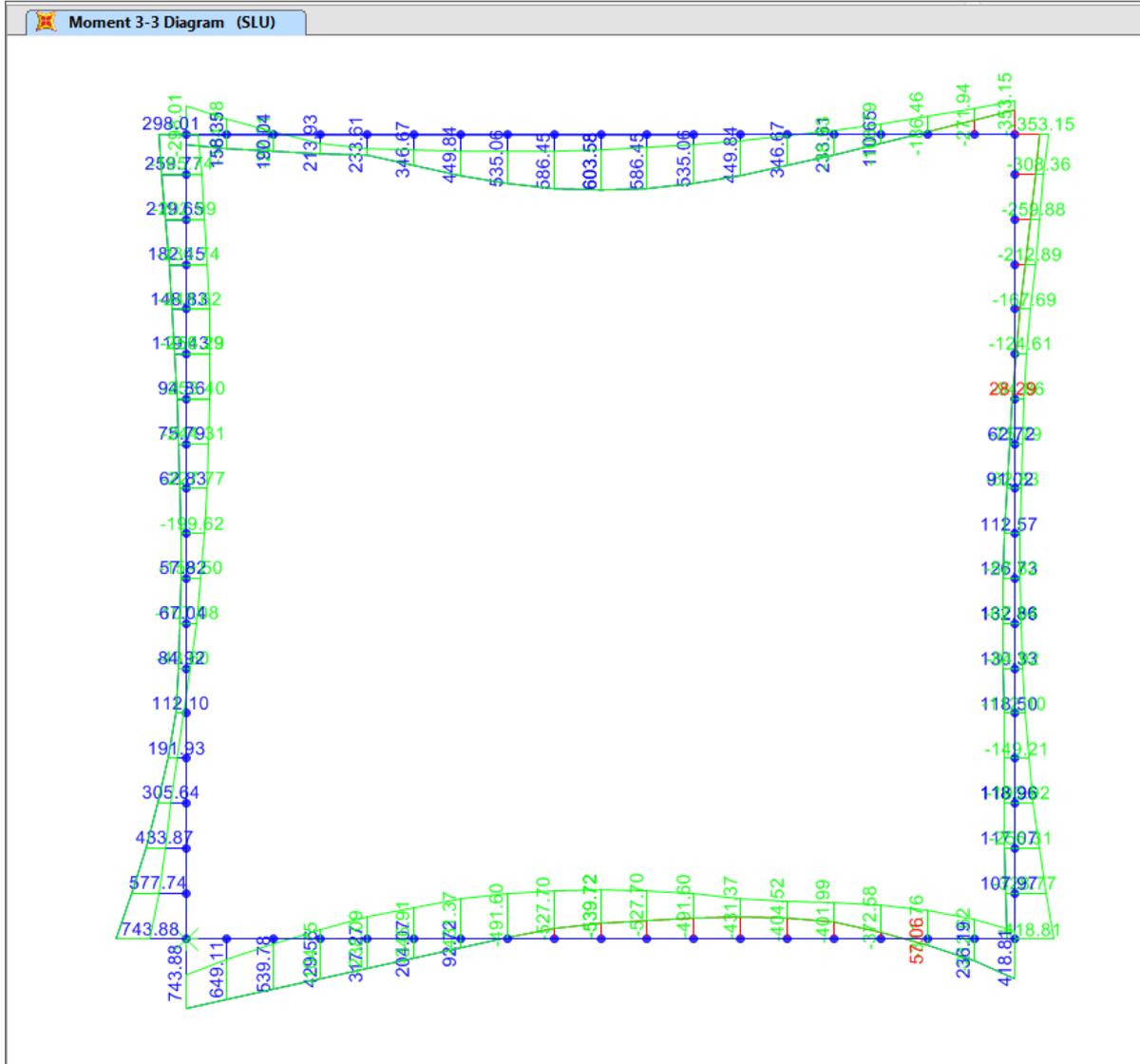


Figura 36 – SLU – Involuppo momento flettente

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 44 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

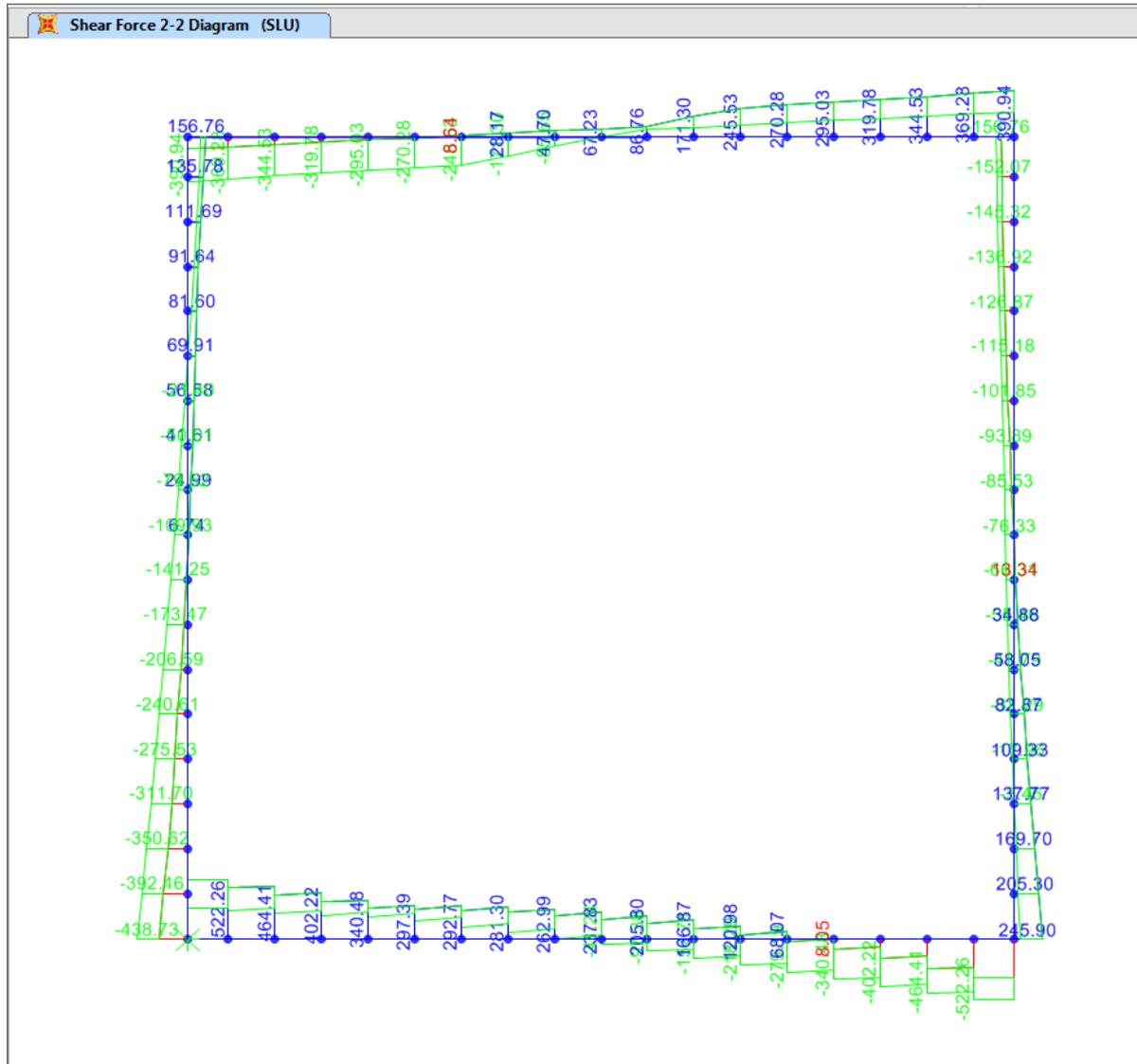


Figura 37 – SLU – Involuppo sforzo di taglio

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 45 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

8.4.2 Combinazione di progetto – Sisma

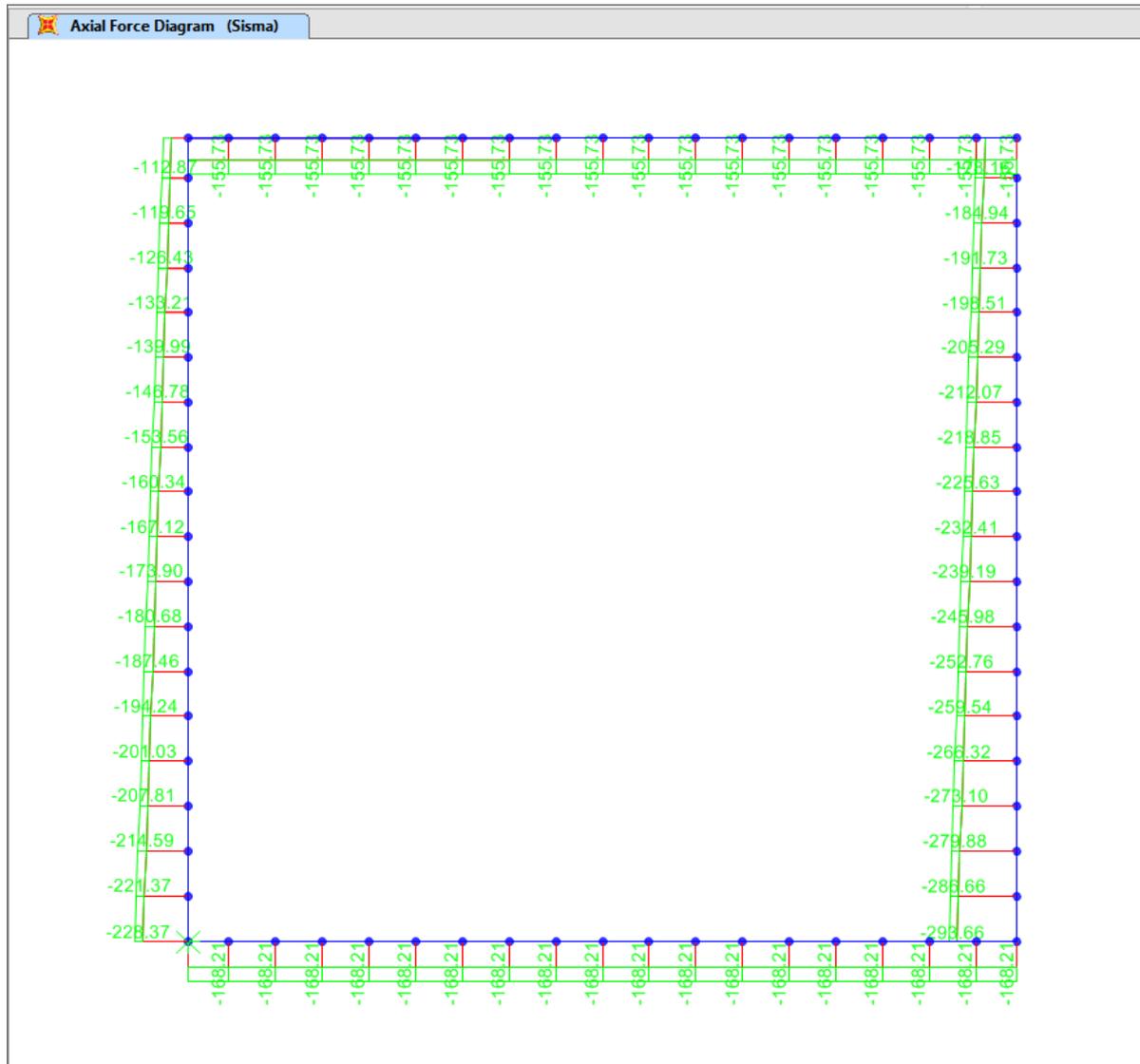


Figura 38 – Sisma – Involuppo sforzo normale

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO GA04 – Relazione di calcolo GA	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 46 di 92

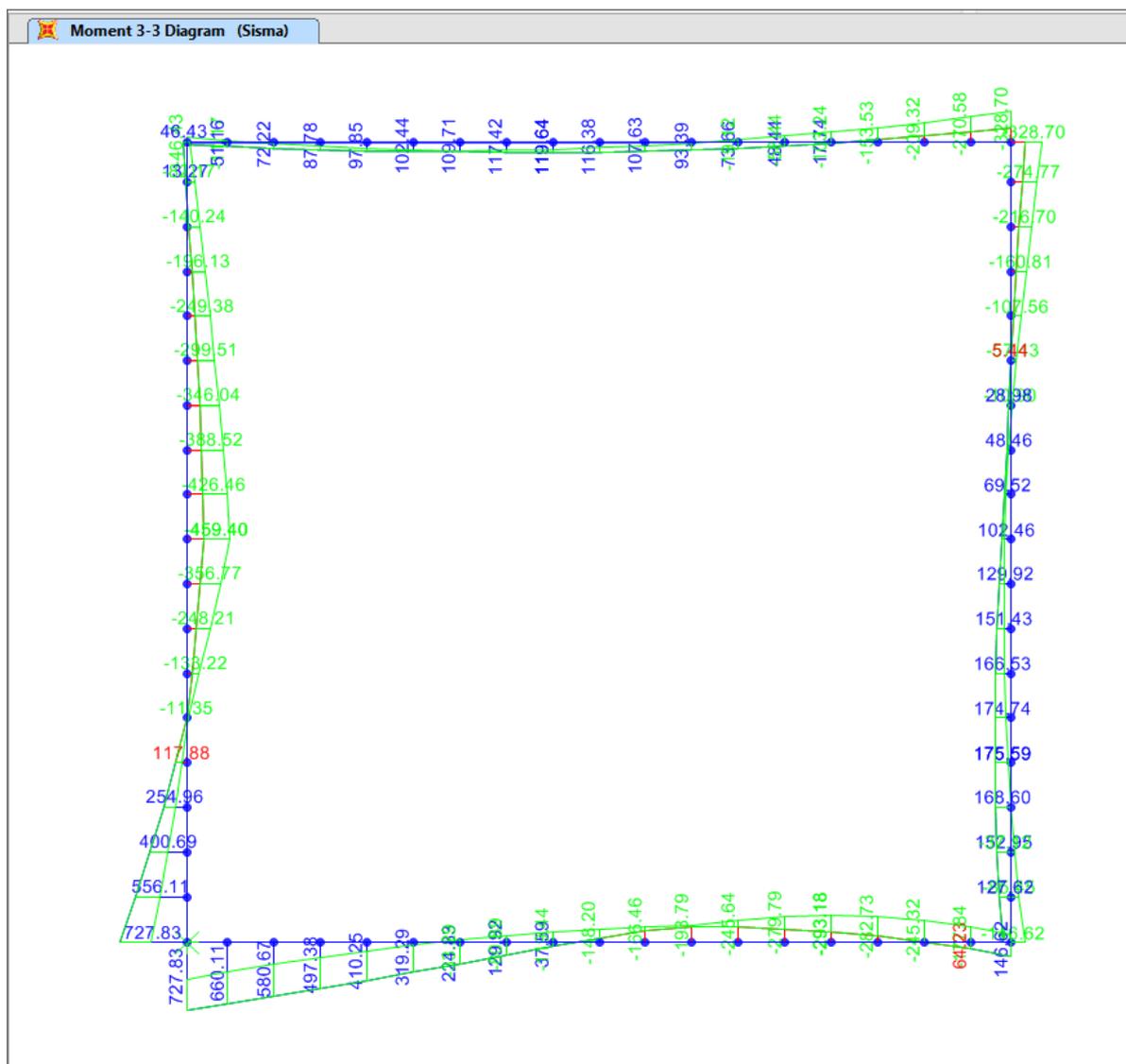


Figura 39 – Sisma – Involuppo momento flettente

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO GA04 – Relazione di calcolo GA	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 47 di 92

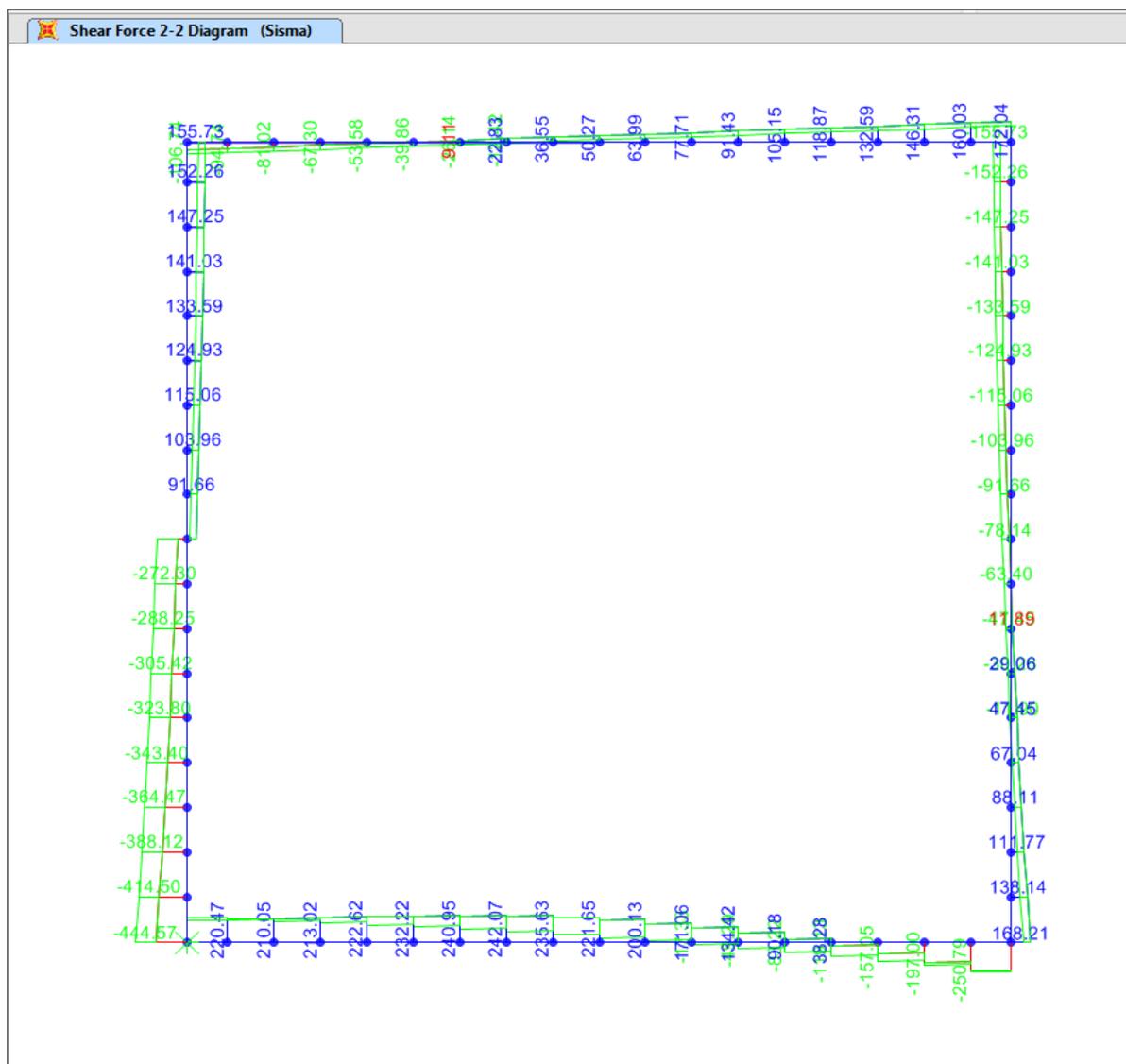


Figura 40 – Sisma – Involuppo sforzo di taglio

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C PAGINA 48 di 92

8.4.3 Combinazione di progetto – SLE_rara

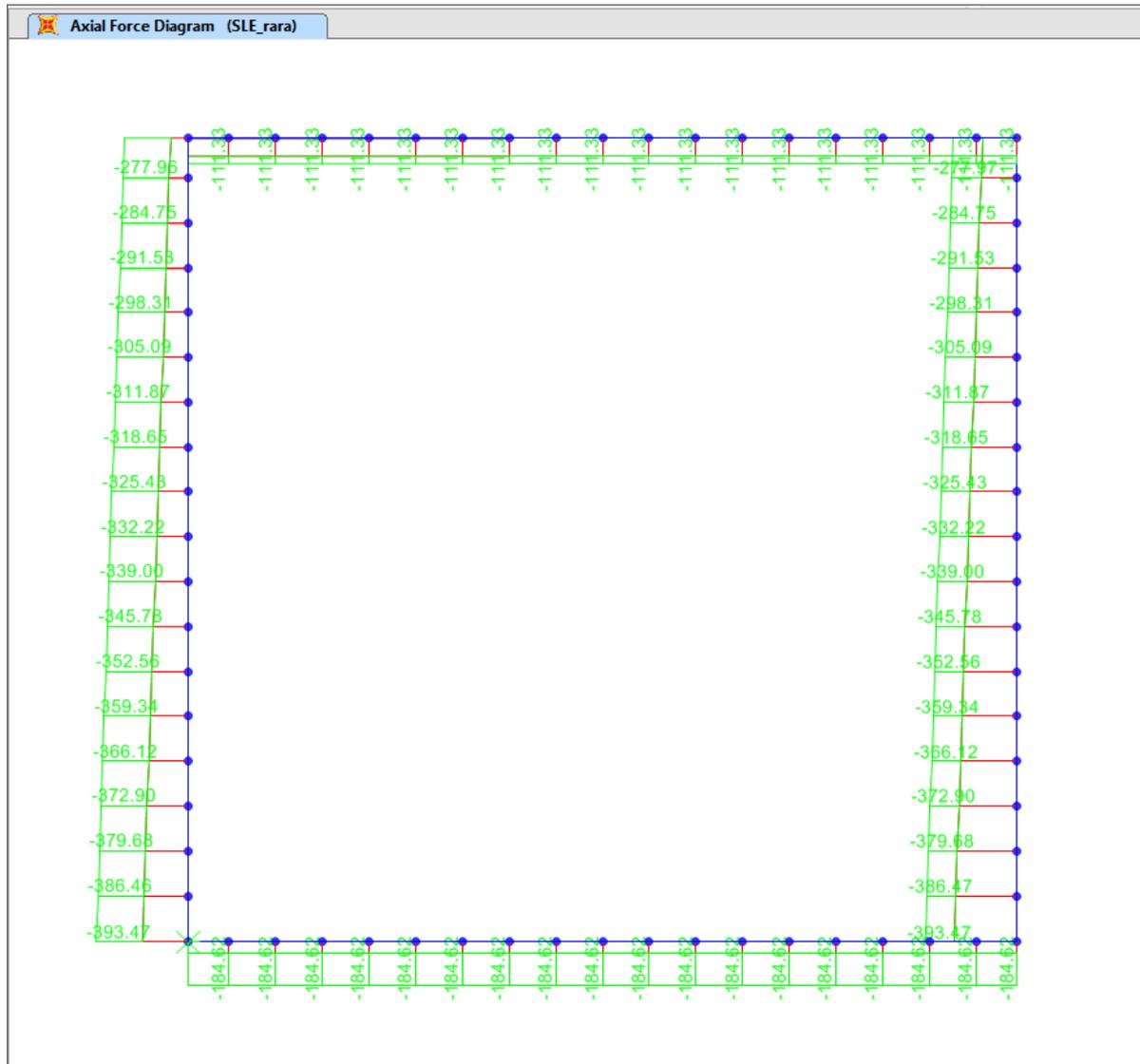


Figura 41 – SLE_rara – Inviluppo sforzo normale

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 49 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

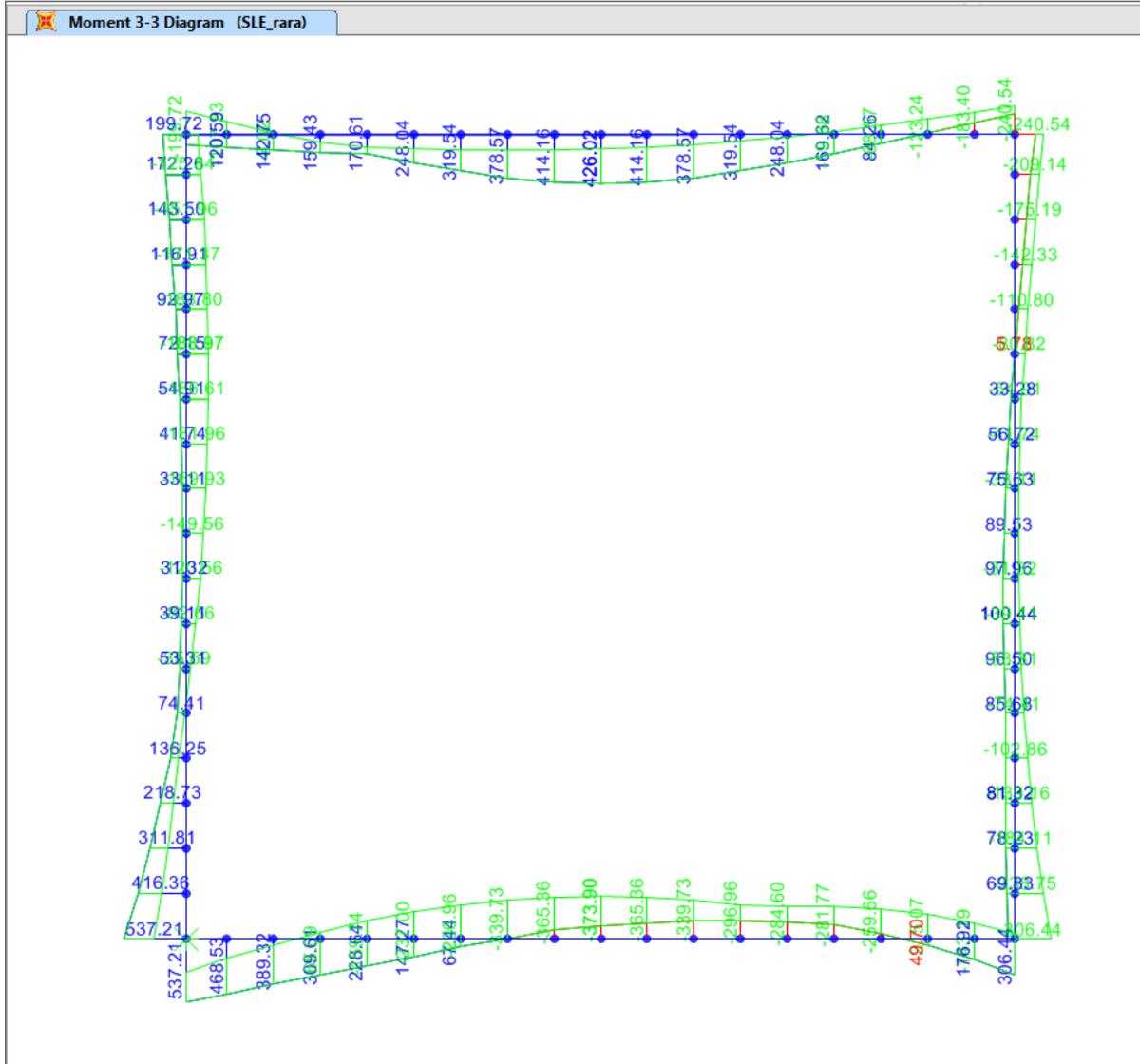


Figura 42 – SLE_rara – Involuppo momento flettente

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001		REV. C

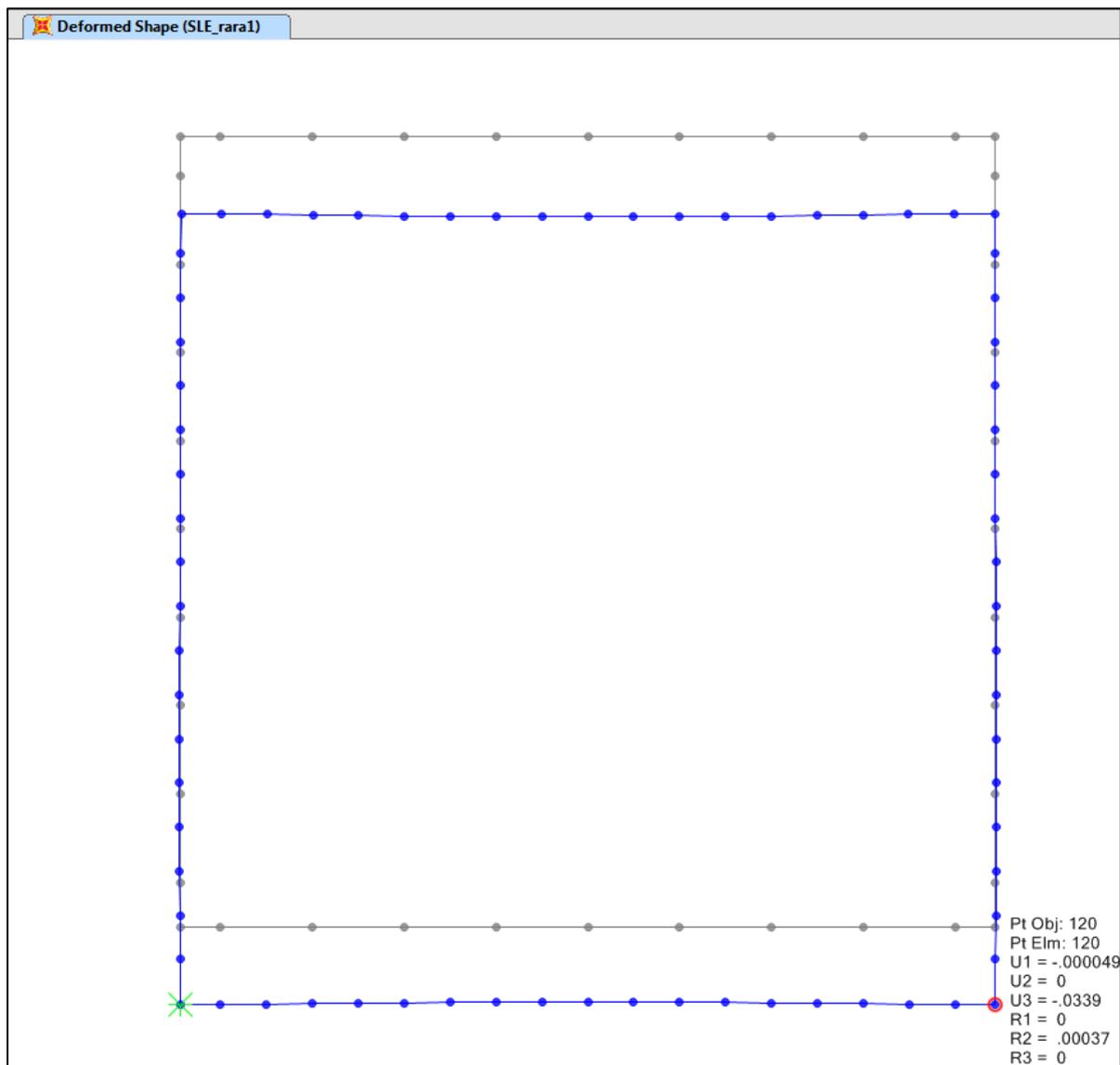


Figura 43 – SLE_rara – Deformazioni – combinazione SLE_rara1

Nella figura precedente è riportata la deformata della struttura allo Stato limite di esercizio (combinazione rara n°1). Gli spostamenti verticali risultano accettabili.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 51 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

9 VERIFICA STRUTTURA SCATOLARE

Di seguito si riportano le verifiche strutturali delle sezioni maggiormente sollecitate.

In corrispondenza dei nodi tra elementi verticali ed elementi orizzontali, le verifiche a flessione sono effettuate a metà tra asse e sezione d'attacco. Le verifiche a taglio, invece, sono eseguite nelle sezioni di attacco.

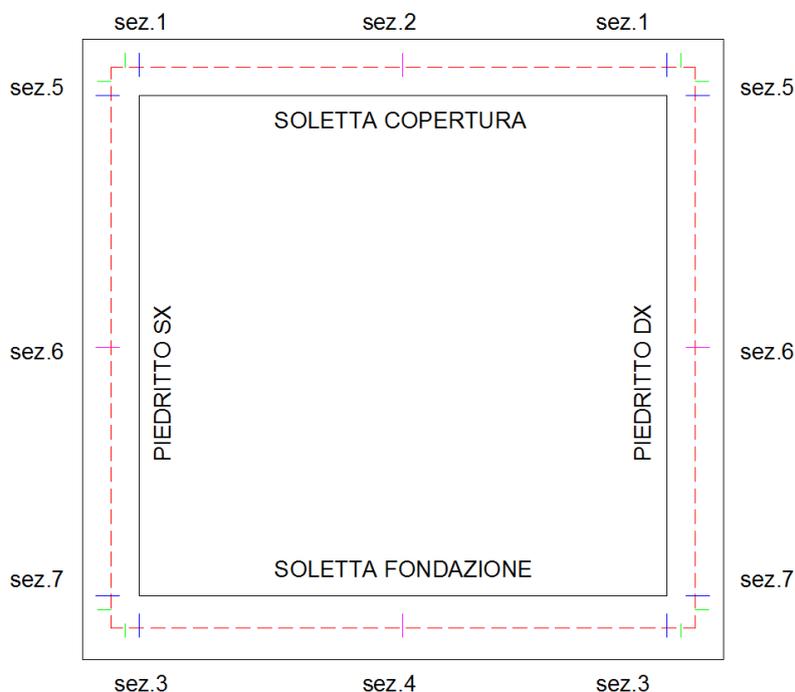


Figura 44 – Sezioni di verifica

Il valore del copriferro netto (ricoprimento sull'armatura più esterna) utilizzato nelle verifiche strutturali SLU e SLE è pari a 40 mm.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.			IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA			
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C	52 di 92			

9.1 VERIFICHE SLU

Per la verifica di resistenza agli stati limite ultimi, per ogni singola sezione analizzata si considerano le massime sollecitazioni tra l'involuppo SLU e l'involuppo Sisma.

L'armatura proposta nelle verifiche tiene anche in considerazione il rispetto dei minimi quantitativi previsti da normativa.

9.1.1 Verifica a pressoflessione

Di seguito sono riportate le verifiche a pressoflessione per gli elementi strutturali che costituiscono lo scatolare in esame.

SEZIONE	h	b	Med	Ned	A _{intradosso}	A _{estradosso}	Mrd	c.u. (Ed/Rd<1)
	[cm]	[cm]	[kNm/m]	[kN/m]	[-]	[-]	[kNm/m]	[-]
1 (incastro)	70	100	-313	96	Φ20/10	Φ20/10	-756	0.41
2 (campata)	70	100	603	96	Φ20/10 + Φ16/20	Φ20/10	960	0.63

Tabella 9 – Verifica SLU - Pressoflessione – soletta copertura

SEZIONE	h	b	Med	Ned	A _{intradosso}	A _{estradosso}	Mrd	c.u. (Ed/Rd<1)
	[cm]	[cm]	[kNm/m]	[kN/m]	[-]	[-]	[kNm/m]	[-]
5 (incastro)	70	100	-331	140	Φ20/10	Φ20/10	-768	0.43
6 (campata)	70	100	459	132	Φ20/10	Φ20/10	766	0.60
7 (incastro)	70	100	-661	190	Φ20/10	Φ20/10	-1101	0.60

Tabella 10 – Verifica SLU - Pressoflessione – piedritti

SEZIONE	h	b	Med	Ned	A _{intradosso}	A _{estradosso}	Mrd	c.u. (Ed/Rd<1)
	[cm]	[cm]	[kNm/m]	[kN/m]	[-]	[-]	[kNm/m]	[-]
3 (incastro)	80	100	702	57	Φ20/10	Φ20/10 + Φ20/20	1251	0.56
4 (campata)	80	100	-540	57	Φ20/10	Φ20/10	-871	0.62

Tabella 11 – Verifica SLU - Pressoflessione – soletta fondazione

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO											
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA						
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C	53 di 92						

9.1.2 Verifica a taglio

Di seguito sono riportate le verifiche a taglio in cui è si è assunto nullo lo sforzo normale.

SEZIONE	h	b	Ved	As	Vrd	c.u. (Ed/Rd<1)
	[cm]	[cm]	[kN/m]	[-]	[kN/m]	[-]
1 (incastro)	70	100	369	Φ16/40x40	697	0.53

Tabella 12 – Verifica SLU - Taglio – soletta copertura

SEZIONE	h	b	Ved	As	Vrd	c.u. (Ed/Rd<1)
	[cm]	[cm]	[kN/m]	[-]	[kN/m]	[-]
5 (incastro)	70	100	152	Φ16/40x40	697	0.22
7 (incastro)	70	100	415	Φ16/40x40	697	0.60

Tabella 13 – Verifica SLU - Taglio – piedritti

SEZIONE	h	b	Ved	As	Vrd	c.u. (Ed/Rd<1)
	[cm]	[cm]	[kN/m]	[-]	[kN/m]	[-]
3 (incastro)	80	100	522	Φ16/40x40	808	0.65

Tabella 14 – Verifica SLU - Taglio – soletta fondazione

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL GA.04.00.001 C 54 di 92	

9.2 VERIFICHE SLE

Nelle tabelle seguenti sono riportate le verifiche tensionali e di fessurazione per le sezioni dove si registrano le massime sollecitazioni nella combinazione SLE_rara.

M	-212.0	kNm
N	80.0	kN
b	1000	mm
h	700	mm
R _{ck}	37	MPa
f _{ck}	30	MPa
f _{ctm}	2.90	MPa
E _{cm}	32837	MPa
E _s	210000	MPa
α _e	15.00	-

σ _s	106.9	MPa
x	196.6	mm

ε _{sm,clt}	0.0001	-
ε _{sm,min}	0.0003	-
ε _{sm}	0.0003	-
Δ _{sm}	385.58	mm
w _m	0.12	mm

M	426.0	kNm
N	80.0	kN
b	1000	mm
h	700	mm
R _{ck}	37	MPa
f _{ck}	30	MPa
f _{ctm}	2.90	MPa
E _{cm}	32837	MPa
E _s	210000	MPa
α _e	15.00	-

σ _s	180.7	MPa
x	209	mm

ε _{sm,clt}	0.0006	-
ε _{sm,min}	0.0005	-
ε _{sm}	0.0006	-
Δ _{sm}	338.19	mm
w _m	0.19	mm

c _{netto}	40	mm
Φ _{staffe}	20	mm
d	630	mm
n _{barre tese}	10	-
Φ _{barre tese}	20	mm
A _Φ	314	mm ²
A _s	3142	mm ²
h _{c,eff}	167.8	mm
A _{c,eff}	167800	mm ²
ρ _{eff}	0.019	-
k _t	0.4	-
k ₁	0.8	-
k ₂	0.5	-
k ₃	3.4	-
k ₄	0.425	-

c _{netto}	40	mm
Φ _{staffe}	20	mm
d	630	mm
n _{barre tese}	15	-
Φ _{barre tese}	20	mm
A _Φ	314	mm ²
A _s	4147	mm ²
h _{c,eff}	163.7	mm
A _{c,eff}	163666.7	mm ²
ρ _{eff}	0.025	-
k _t	0.4	-
k ₁	0.8	-
k ₂	0.5	-
k ₃	3.4	-
k ₄	0.425	-

Tabella 15 – Fessurazione – soletta copertura

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014											
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.												
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.04.00.001</td> <td>C</td> <td>55 di 92</td> </tr> </table>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C	55 di 92								

SEZIONE	h	b	Med	Ned	A _{intradosso}	A _{estradosso}	σ _c	σ _s	w _d	w _{lim}
	[cm]	[cm]	[kNm/m]	[kN/m]	[-]	[-]	[N/m ²]	[N/m ²]	[mm]	[mm]
1 (incastro)	70	100	-212	80	Φ20/10	Φ20/10	3.2	106.9	0.12	0.20
2 (campata)	70	100	426	80	Φ20/10 + Φ16/20	Φ20/10	6.0	180.7	0.19	0.20

Tabella 16 – Verifica SLE_rara - Pressoflessione – soletta copertura

M	-225.0	kNm
N	151.0	kN
b	1000	mm
h	700	mm
R _{ck}	37	MPa
f _{ck}	30	MPa
f _{ctm}	2.90	MPa
E _{cm}	32837	MPa
E _s	210000	MPa
α _e	15.00	-

σ _s	103.9	MPa
x	210.9	mm

ε _{sm,clc}	0.0001	-
ε _{sm,min}	0.0003	-
ε _{sm}	0.0003	-
Δ _{sm}	380.42	mm
w _m	0.11	mm

M	189.0	kNm
N	108.0	kN
b	1000	mm
h	700	mm
R _{ck}	37	MPa
f _{ck}	30	MPa
f _{ctm}	2.90	MPa
E _{cm}	32837	MPa
E _s	210000	MPa
α _e	15.00	-

σ _s	90	MPa
x	206	mm

ε _{sm,clc}	0.0001	-
ε _{sm,min}	0.0003	-
ε _{sm}	0.0003	-
Δ _{sm}	382.19	mm
w _m	0.10	mm

c _{netto}	40	mm
Φ _{staffe}	20	mm
d	630	mm
n _{barre tese}	10	-
Φ _{barre tese}	20	mm
A _Φ	314	mm ²
A _s	3142	mm ²
h _{c,eff}	163.0	mm
A _{c,eff}	163033.3	mm ²
ρ _{eff}	0.019	-
k _t	0.4	-
k ₁	0.8	-
k ₂	0.5	-
k ₃	3.4	-
k ₄	0.425	-

c _{netto}	40	mm
Φ _{staffe}	20	mm
d	630	mm
n _{barre tese}	10	-
Φ _{barre tese}	20	mm
A _Φ	314	mm ²
A _s	3142	mm ²
h _{c,eff}	164.7	mm
A _{c,eff}	164666.7	mm ²
ρ _{eff}	0.019	-
k _t	0.4	-
k ₁	0.8	-
k ₂	0.5	-
k ₃	3.4	-
k ₄	0.425	-

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL GA.04.00.001 C 56 di 92	

M	-477.0	kNm
N	192.0	kN
b	1000	mm
h	700	mm
R _{ck}	37	MPa
f _{ck}	30	MPa
f _{ctm}	2.90	MPa
E _{cm}	32837	MPa
E _s	210000	MPa
α _e	15.00	-

σ _s	171.7	MPa
x	230.1	mm

ε _{sm,clt}	0.0006	-
ε _{sm,min}	0.0005	-
ε _{sm}	0.0006	-
Δ _{sm}	317.02	mm
w _m	0.17	mm

c _{netto}	40	mm
Φ _{staffe}	20	mm
d	630	mm
n _{barre tese}	15	-
Φ _{barre tese}	20	mm
A _φ	314	mm ²
A _s	4712	mm ²
h _{c,eff}	156.6	mm
A _{c,eff}	156633.3	mm ²
ρ _{eff}	0.030	-
k _t	0.4	-
k ₁	0.8	-
k ₂	0.5	-
k ₃	3.4	-
k ₄	0.425	-

Tabella 17 – Fessurazione – piedritti

SEZIONE	h	b	Med	Ned	A _{intradosso}	A _{estradosso}	σ _c	σ _s	w _d	w _{lim}
	[cm]	[cm]	[kNm/m]	[kN/m]	[-]	[-]	[N/m ²]	[N/m ²]	[mm]	[mm]
5 (incastro)	70	100	-225	151	Φ20/10	Φ20/10	3.5	103.9	0.11	0.20
6 (campata)	70	100	189	108	Φ20/10	Φ20/10	2.9	90.0	0.10	0.20
7 (incastro)	70	100	-477	192	Φ20/10	Φ20/10+Φ20/20	6.6	171.7	0.17	0.20

Tabella 18 – Verifica SLE_{ra} - Pressoflessione – piedritti

M	503.0	kNm
N	47.0	kN
b	1000	mm
h	800	mm
R _{ck}	37	MPa
f _{ck}	30	MPa
f _{ctm}	2.90	MPa
E _{cm}	32837	MPa
E _s	210000	MPa
α _e	15.00	-

σ _s	166.1	MPa
x	237.1	mm

ε _{sm,clt}	0.0005	-
ε _{sm,min}	0.0005	-
ε _{sm}	0.0005	-
Δ _{sm}	330.27	mm
w _m	0.17	mm

c _{netto}	40	mm
Φ _{staffe}	20	mm
d	730	mm
n _{barre tese}	15	-
Φ _{barre tese}	20	mm
A _φ	314	mm ²
A _s	4712	mm ²
h _{c,eff}	175.0	mm
A _{c,eff}	175000	mm ²
ρ _{eff}	0.027	-
k _t	0.4	-
k ₁	0.8	-
k ₂	0.5	-
k ₃	3.4	-
k ₄	0.425	-

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014							
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO GA04 – Relazione di calcolo GA	LOTTO IF1M	CODIFICA 0.0.E.ZZ	DOCUMENTO CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 57 di 92

M	-374.0	kNm
N	47.0	kN
b	1000	mm
h	800	mm
R _{ck}	37	MPa
f _{ck}	30	MPa
f _{ctm}	2.90	MPa
E _{cm}	32837	MPa
E _s	210000	MPa
α _e	15.00	-

σ _s	172.4	MPa
x	203.4	mm

ε _{sm,clt}	0.0004	-
ε _{sm,min}	0.0005	-
ε _{sm}	0.0005	-
Δ _{sm}	393.37	mm
w _m	0.19	mm

c _{netto}	40	mm
Φ _{staffe}	20	mm
d	730	mm
n _{barre tese}	10	-
Φ _{barre tese}	20	mm
A _φ	314	mm ²
A _s	3142	mm ²
h _{c,eff}	175.0	mm
A _{c,eff}	175000	mm ²
ρ _{eff}	0.018	-
k _t	0.4	-
k ₁	0.8	-
k ₂	0.5	-
k ₃	3.4	-
k ₄	0.425	-

Tabella 19 – Fessurazione – soletta fondazione

SEZIONE	h	b	Med	Ned	A _{intradosso}	A _{estradosso}	σ _c	σ _s	w _d	w _{lim}
	[cm]	[cm]	[kNm/m]	[kN/m]	[-]	[-]	[N/m ²]	[N/m ²]	[mm]	[mm]
3 (incastro)	80	100	503	47	Φ20/10	Φ20/10+Φ20/20	5.3	166.1	0.17	0.20
4 (campata)	80	100	-374	47	Φ20/10	Φ20/10	4.4	172.4	0.19	0.20

Tabella 20 – Verifica SLE_{rara} - Pressoflessione – soletta fondazione

Le tensioni nel calcestruzzo e nell'acciaio sono sempre al di sotto dei limiti indicati dalla normativa, pertanto le verifiche tensionali si possono ritenere soddisfatte.

L'ampiezza delle fessure rientra nei limiti di normativa, pertanto le verifiche si possono ritenere soddisfatte.

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 58 di 92

9.3 CALCOLO INCIDENZE

Sulla base delle armature assunte per le verifiche strutturali riportate in precedenza, nel seguito si riportano i calcoli delle relative incidenze.

spessore [m] 0.7	A_f		#	φ	% di L	Peso (kg/m)		INCIDENZA
		superiore	10	20	100	2.47	→	35.2
		inferiore	10	20	100	2.47	→	35.2
profondità 1.0 copriferro netto 4.0	A_{ripart}		#	φ	% di L	Peso (kg/m)		INCIDENZA
		superiore	5	16	100	1.58	→	11.3
		inferiore	5	16	100	1.58	→	11.3
A _{cls} [cm ²] 7000	A_v	spilli	#	φ	% di L	Peso (kg/m)	Lunghezza	INCIDENZA
A _{s_min} [cm ²] 10.50		-	6.25	16	100	1.58	0.92	13.0
A _{s_progetto} [cm ²] 31.42								
			φ	maglia (cm)	n°			INCIDENZA TOTALE
	spilli	16	40	40	6.25			106

Tabella 21 – Incidenza armature – soletta copertura (incastro)

spessore [m] 0.7	A_f		#	φ	% di L	Peso (kg/m)		INCIDENZA
		superiore	10	20	100	2.47	→	35.2
		aggiuntivo	5	16	100	1.58	→	11.3
		inferiore	10	20	100	2.47	→	35.2
profondità 1.0 copriferro netto 4.0	A_{ripart}		#	φ	% di L	Peso (kg/m)		INCIDENZA
		superiore	5	16	100	1.58	→	11.3
		inferiore	5	16	100	1.58	→	11.3
A _{cls} [cm ²] 7000	A_v	spilli	#	φ	% di L	Peso (kg/m)	Lunghezza	INCIDENZA
A _{s_min} [cm ²] 10.50		-	6.25	16	100	1.58	0.92	13.0
A _{s_progetto} [cm ²] 31.42								
			φ	maglia (cm)	n°			INCIDENZA TOTALE
	spilli	16	40	40	6.25			117

Tabella 22 – Incidenza armature – soletta copertura (campata)

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 59 di 92

		#	φ	% di L	Peso (kg/m)		INCIDENZA	
spessore [m] 0.7	A _f	superiore	10	20	100	2.47	→ 35.2	
		inferiore	10	20	100	2.47	→ 35.2	
		#	φ	% di L	Peso (kg/m)		INCIDENZA	
profondità 1.0	A _{ripart}	superiore	5	16	100	1.58	→ 11.3	
		inferiore	5	16	100	1.58	→ 11.3	
copriferro netto 4.0								
A _{cls} [cm ²] 7000								
A _{s_min} [cm ²] 10.50	A _v	spilli	#	φ	% di L	Peso (kg/m)	Lunghezza	INCIDENZA
		-	6.25	16	100	1.58	0.92	13.0
								INCIDENZA TOTALE
A _{s_progetto} [cm ²] 31.42	spilli		φ	maglia (cm)	n°			
		16	40	40	6.25			
								106

Tabella 23 – Incidenza armature – piedritti

		#	φ	% di L	Peso (kg/m)		INCIDENZA	
spessore [m] 0.7	A _f	esterno	10	20	100	2.47	→ 35.2	
		esterno agg	5	20	100	2.47	→ 17.6	
		interno	10	20	100	2.47	→ 35.2	
		#	φ	% di L	Peso (kg/m)		INCIDENZA	
profondità 1.0	A _{ripart}	esterno	5	16	100	1.58	→ 11.3	
		interno	5	16	100	1.58	→ 11.3	
copriferro netto 4.0								
A _{cls} [cm ²] 7000								
A _{s_min} [cm ²] 10.50	A _v	spilli	#	φ	% di L	Peso (kg/m)	Lunghezza	INCIDENZA
		-	6.25	16	100	1.58	0.92	13.0
								INCIDENZA TOTALE
A _{s_progetto} [cm ²] 31.42	spilli		φ	maglia (cm)	n°			
		16	40	40	6.25			
								124

Tabella 24 – Incidenza armature – piedritti Inc INF

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO								
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.		Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA			
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C	60 di 92			

		#	ϕ	% di L	Peso (kg/m)		INCIDENZA	
spessore [m] 0.8	A_f	superiore	10	20	100	2.47	→	30.8
		inferiore	10	20	100	2.47	→	30.8
		#	ϕ	% di L	Peso (kg/m)		INCIDENZA	
profondità 1.0	A_{ripart}	superiore	5	16	100	1.58	→	9.9
		inferiore	5	16	100	1.58	→	9.9
copriferro netto 4.0								
A_{cls} [cm ²] 8000	A_v	spilli	#	ϕ	% di L	Peso (kg/m)	Lunghezza	INCIDENZA
A_{s_min} [cm ²] 12.00		-	6.25	16	100	1.58	1.02	12.6
$A_{s_progetto}$ [cm ²] 31.42	spilli		ϕ	maglia (cm)	n°			INCIDENZA TOTALE 94
		16	40	40	6.25			

Tabella 25 – Incidenza armature – soletta fondazione mezzeria

		#	ϕ	% di L	Peso (kg/m)		INCIDENZA	
spessore [m] 0.8	A_f	superiore	10	20	100	2.47	→	30.8
		inferiore agg	5	20	100	2.47	→	15.4
		inferiore	10	20	100	2.47	→	30.8
		#	ϕ	% di L	Peso (kg/m)		INCIDENZA	
profondità 1.0	A_{ripart}	superiore	5	16	100	1.58	→	9.9
		inferiore	5	16	100	1.58	→	9.9
copriferro netto 4.0								
A_{cls} [cm ²] 8000	A_v	spilli	#	ϕ	% di L	Peso (kg/m)	Lunghezza	INCIDENZA
A_{s_min} [cm ²] 12.00		-	6.25	16	100	1.58	1.02	12.6
$A_{s_progetto}$ [cm ²] 31.42	spilli		ϕ	maglia (cm)	n°			INCIDENZA TOTALE 109
		16	40	40	6.25			

Tabella 26 – Incidenza armature – soletta fondazione incastro

Considerando un incremento della quantità di armatura dovuto a riprese, sovrapposizioni e ancoraggi, si può considerare un valore medio di 140 kg/m³ per l'intera struttura.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C
				PAGINA 61 di 92		

9.4 VERIFICA A CARICO LIMITE

Si riportano di seguito i risultati ottenuti per la combinazione di carico SLU più gravosa.

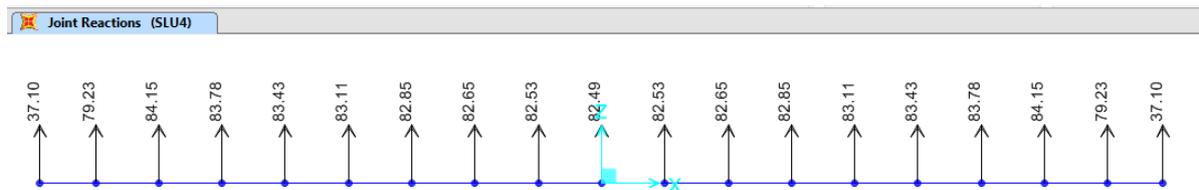


Figura 45 – Reazioni vincolari molle – combo SLU4

Il carico verticale al piano di posa è pari a $Q_v = 814$ kN a metro lineare di struttura.

Nella tabella seguente sono riportati i dettagli di calcolo del carico limite:

B	7.90	[m]
L	20.00	[m]
N _q	12.59	[-]
N _c	23.18	[-]
N _γ	13.58	[-]
sc/sq/s _γ	1.21/1.20/0.84	[-]
ic=iq=i _γ	1	[-]
dq=dc=d _γ	1.08/1.08/1.00	[-]
bc=bq=b _γ	1	[-]
gc=gq=g _γ	1	[-]
Carico limite unitario q _u	1242	[kN/m ²]
Carico limite totale Q _u	196236	[kN]
Carico verticale totale Q _v	16280	[kN]
FS	12.1	[-]

Tabella 27 – Carico limite

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 62 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

10 ANALISI MURI DI SOSTEGNO

Di seguito si riportano le analisi riguardanti il dimensionamento dei muri di sostegno previsti in corrispondenza dei due imbocchi dello scatolare in esame.

La modellazione simula la fase realizzativa finale, dove il riempimento a tergo dei muri è al livello massimo, permettendo l'esecuzione delle verifiche in condizioni statiche e sismiche.

Le analisi come anche le verifiche geotecniche sono eseguite, con riferimento ad un modello di muro di lunghezza unitaria, mediante il software commerciale MAX 10 prodotto e distribuito dalla Aztec Informatica.

10.1 GEOMETRIE

Come già descritto nel paragrafo 2.2, sono analizzate due tipologie di muri caratterizzati da una diversa altezza e da una diversa geometria della fondazione.

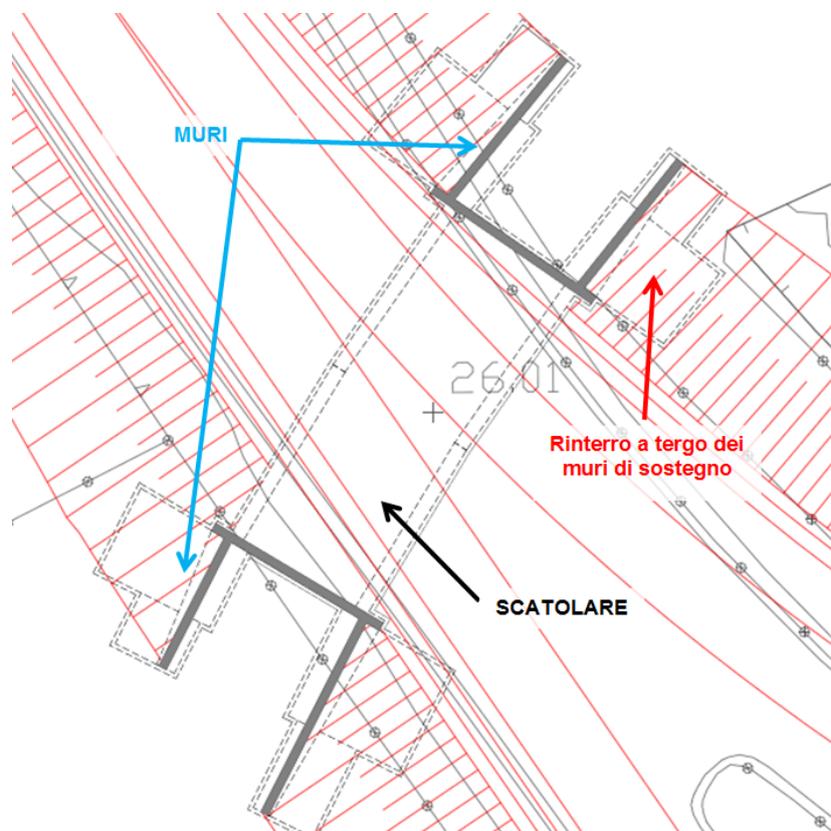


Figura 46 – Vista planimetrica

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGIO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	

	H_{muro} [m]	S_{muro} [m]	L_{fond} [m]	S_{fond} [m]
Muro tipo 1	3.90	0.40÷0.79	3.30	0.90
Muro tipo 2	7.30	0.40÷1.13	6.20	1.30

Tabella 28 – Geometria muri

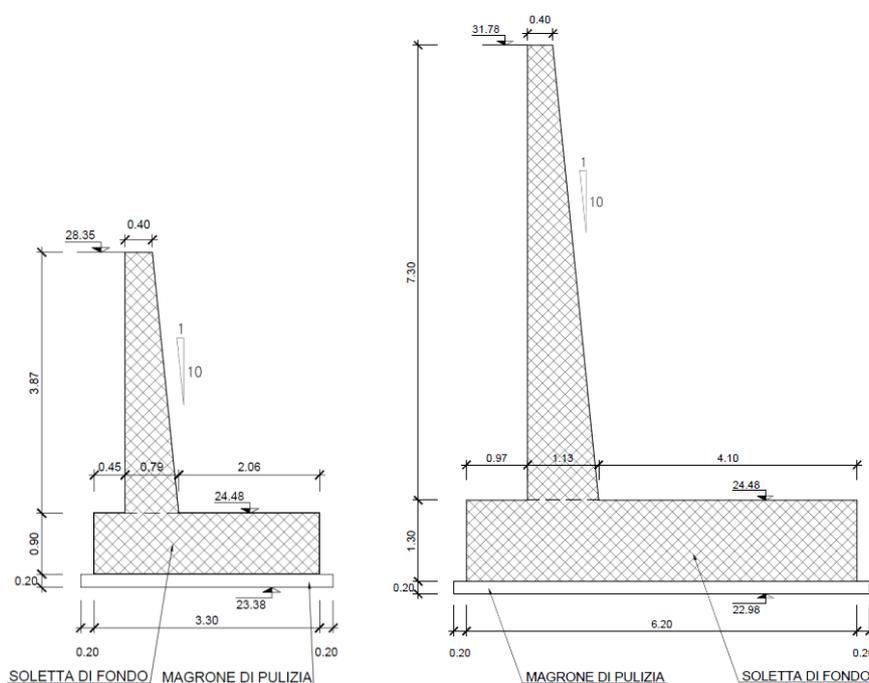


Figura 47 – Muro tipo 1 (a sinistra) – muro tipo 2 (a destra)

La quota di riferimento delle fondazioni risulta pari a +24.48 mslm (estradosso soletta). A valle dei muri, la quota di riferimento del terreno è assunta pari a +25.56 mslm.

10.2 CONTESTO GEOTECNICO

Come già descritto nel capitolo 5, dal punto di vista geotecnico sono due le tipologie di terreni da considerare. In particolare si considera il riempimento, costituito da terreno artificiale, che genera le azioni di spinta sul muro ed il substrato al di sotto del piano di fondazione, costituito da terreno appartenente all'unità "DI".

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 64 di 92

10.3 ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per l'analisi delle strutture in esame. Le condizioni di carico sono combinate secondo normativa al fine di massimizzare gli effetti sulla struttura.

10.3.1 Carichi permanenti

10.3.1.1 Peso proprio della struttura

Per il calcestruzzo armato è adottato un peso di volume pari a 25 kN/m³.

10.3.1.2 Terreno di riempimento

Per il terreno di riempimento a tergo dei muri di sostegno si considera un peso di volume pari a 19 kN/m³.

10.3.1.3 Spinta idrostatica

Si assume che il livello di falda di progetto sia a livello del piano di fondazione, quindi è considerata nulla la spinta idrostatica a tergo dei muri di sostegno.

10.3.2 Carichi variabili

10.3.2.1 Sovraccarico accidentale

A tergo dei muri di sostegno in esame, si considera un sovraccarico accidentale uniformemente distribuito pari a 5 kN/m².

10.3.3 Azione sismica

Per la determinazione dell'azione sismica, da utilizzare nell'analisi, si fa riferimento a quanto già definito nel capitolo 6.

I coefficienti sismici orizzontale e verticale sono valutati mediante:

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

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

dove per il coefficiente β_m si assume il valore di 0.31.

L'accelerazione massima, già valutata nel paragrafo 8.1.8, è pari a:

$$a_{max} = 0.298 \text{ g (2.924 m/s}^2\text{)}$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. PAGINA C 65 di 92

Ne deriva che:

$$k_h = 0.093 \text{ g (0.912 m/s}^2\text{)}$$

$$k_v = 0.046 \text{ g (0.451 m/s}^2\text{)}$$

La forza inerziale relativa la peso proprio della struttura è calcolata in automatico dal software attraverso l'applicazione dell'accelerazione sismica:

$$\text{Forza sismica orizzontale: } F_h = k_h \cdot P$$

$$\text{Forza sismica verticale: } F_v = k_v \cdot P$$

10.4 CALCOLO DELLE SPINTE

La spinta del riempimento a tergo dei muri e dei carichi accidentali presenti sul piano limite dello stesso è valutata in condizione di equilibrio limite attivo, distinguendo tra i due casi di fase statica e fase sismica.

In fase statica, le spinte sono valutate con il metodo di Culmann. Per la valutazione del coefficiente di spinta in fase sismica si utilizza la trattazione di Mononobe-Okabe.

10.5 COMBINAZIONE DEI CARICHI

10.5.1 Generalità

Le condizioni di carico elementari considerate nell'analisi sono le seguenti:

n°	Tipo	Carico	Nome
1	G1	Peso proprio	PP
2	G1	Spinta terreno di riempimento	SpintaTerr
3	Q	Sovraccarico accidentale	CaricoAcc
4	E	Azione sismica	Sisma

Tabella 29 – Riepilogo condizioni di carico elementari

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 66 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

Per il dimensionamento dei muri di sostegno sono analizzati n°6 scenari di carico dai quali sono ricavate le combinazioni di carico per il dimensionamento delle strutture:

Scenario	Tipo	Carichi considerati
1	Statica	PP + SpintaTerr
2	Statica	PP + SpintaTerr + CaricoAcc
3	Sismica	PP + SpintaTerr + SismaH + SismaV [†]
4	Sismica	PP + SpintaTerr + SismaH + SismaV
5	Sismica	PP + SpintaTerr + CaricoAcc + SismaH + SismaV [†]
6	Sismica	PP + SpintaTerr + CaricoAcc + SismaH + SismaV

Tabella 30 – Scenari di carico

Per la definizione delle combinazioni di carico, si fa riferimento a quanto prescritto al punto 6.5.3.1.1 delle DM2008. In particolare, sono eseguite le verifiche con riferimento ai seguenti stati limiti:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU):
 stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
 scorrimento sul piano di posa;
 collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
 ribaltamento.
- SLU di tipo strutturale (STR):
 raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche sono condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 1":

combinazione 1: (A1+M1+R1) -> STR (verifiche degli elementi strutturali);

combinazione 2: (A2+M2+R2) -> GEO (carico limite).

Per i coefficienti parziali di sicurezza si veda la tabella seguente, con riferimento alle indicazioni riportate nel paragrafo 8.2.2.

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 67 di 92

<u>Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:</u>					
<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	0.90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.35	1.00	1.10
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.45	1.25	1.45

Tabella 31 – Coefficienti parziali per le azioni – combinazioni statiche

<u>Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:</u>			
<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.00	1.25
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00

Tabella 32 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno – combinazioni statiche

<u>Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:</u>					
<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	0.20	0.20	0.20

Tabella 33 – Coefficienti parziali per le azioni – combinazioni sismiche

<u>Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:</u>			
<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.00	1.25
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00

Tabella 34 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno – combinazioni sismiche

<u>Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO</u>		
<i>Verifica</i>	<i>Coefficienti parziali</i>	
	R1	R2
Capacità portante della fondazione	1.00	1.00
Scorrimento	1.00	1.00
Resistenza del terreno a valle	1.00	1.00
Stabilità globale		1.10

Tabella 35 – Coefficienti parziali per le resistenze

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO											
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA						
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C	68 di 92						

10.5.2 Combinazioni Di Progetto

Di seguito sono riportate le combinazioni di progetto generate automaticamente dal software sulla base dei 6 scenari di carico precedentemente indicati. Considerando le 2 combinazioni di riferimento (STR e GEO), si ottengono le seguenti combinazioni di carico:

Combinazioni generate					
Comb n°	Caso	Sisma orizzontale	Sisma verticale	Peso muro / terrapieno	
▶ 1	A1-M1	Assente	--	FAV - FAV	
2	A1-M1	Assente	--	SFAV - SFAV	
3	A1-M1	Assente	--	FAV - SFAV	
4	A1-M1	Assente	--	SFAV - FAV	
5	A2-M2	Assente	--	SFAV - SFAV	
6	EQU	Assente	--	FAV - FAV	
7	STAB	Assente	--	SFAV - SFAV	
8	A1-M1	Assente	--	SFAV - FAV	
9	A1-M1	Assente	--	FAV - FAV	
10	A1-M1	Assente	--	SFAV - SFAV	
11	A1-M1	Assente	--	FAV - SFAV	
12	A2-M2	Assente	--	SFAV - SFAV	
13	EQU	Assente	--	FAV - FAV	
14	STAB	Assente	--	SFAV - SFAV	
15	A1-M1	Presente	Verticale positivo	SFAV - SFAV	
16	A1-M1	Presente	Verticale negativo	SFAV - SFAV	
17	A2-M2	Presente	Verticale positivo	SFAV - SFAV	
18	A2-M2	Presente	Verticale negativo	SFAV - SFAV	
19	EQU	Presente	Verticale positivo	FAV - FAV	
20	EQU	Presente	Verticale negativo	FAV - FAV	
21	STAB	Presente	Verticale positivo	SFAV - SFAV	
22	STAB	Presente	Verticale negativo	SFAV - SFAV	
23	A1-M1	Presente	Verticale positivo	FAV - FAV	
24	A1-M1	Presente	Verticale negativo	SFAV - SFAV	
25	A2-M2	Presente	Verticale positivo	SFAV - SFAV	
26	A2-M2	Presente	Verticale negativo	SFAV - SFAV	
27	EQU	Presente	Verticale negativo	FAV - FAV	
28	EQU	Presente	Verticale positivo	FAV - FAV	
29	STAB	Presente	Verticale positivo	SFAV - SFAV	
30	STAB	Presente	Verticale negativo	SFAV - SFAV	
31	SLEQ	Assente	--	SFAV - SFAV	
32	SLEF	Assente	--	SFAV - SFAV	
33	SLEP	Assente	--	SFAV - SFAV	

Tabella 36 – Combinazioni di carico

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 69 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

10.6 MODELLI DI CALCOLO

10.6.1 Muro tipo 1

Di seguito si riporta il modello di calcolo adottato in fase di analisi.

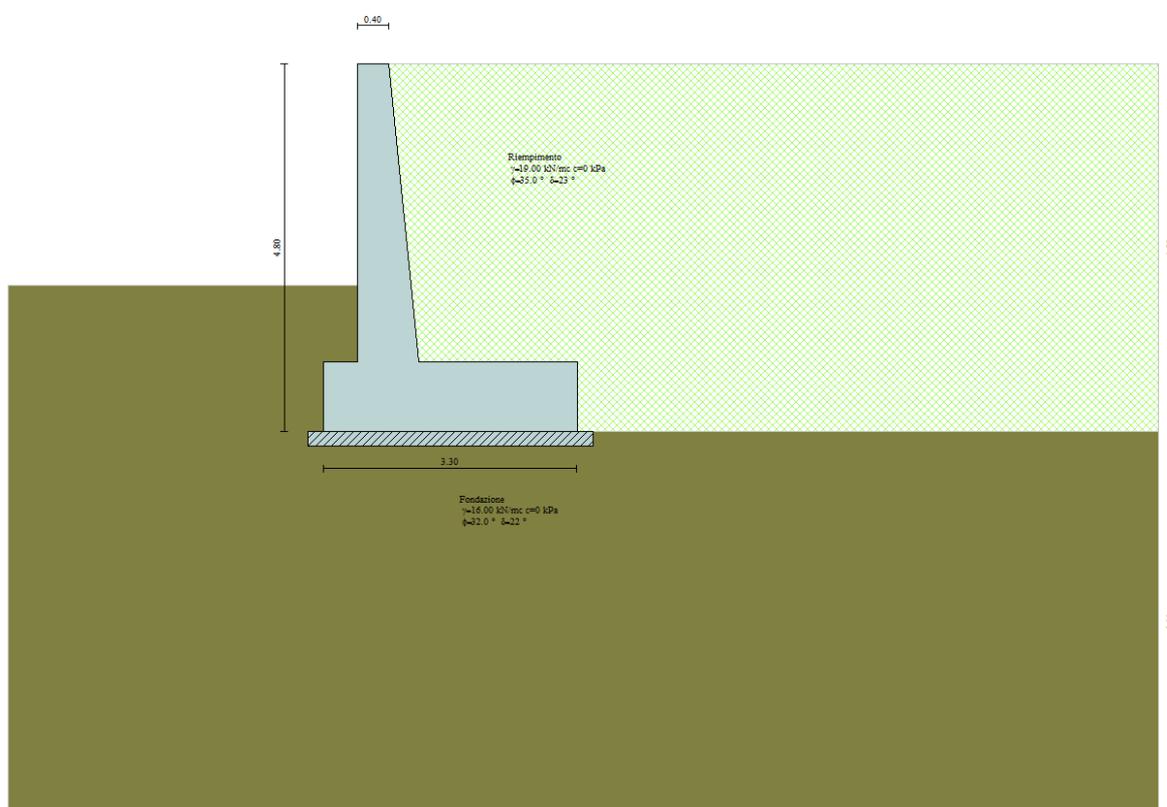


Figura 48 – Modello di calcolo – Muro tipo 1

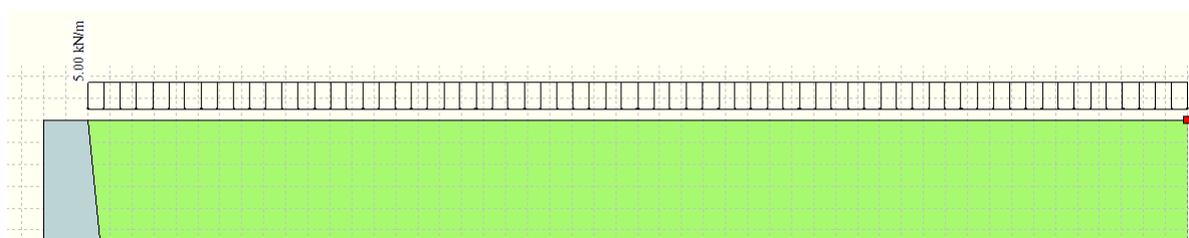


Figura 49 – Modello di calcolo – Sovraccarico a tergo del muro

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 70 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

10.6.2 Muro tipo 2

Di seguito si riporta il modello di calcolo adottato in fase di analisi.

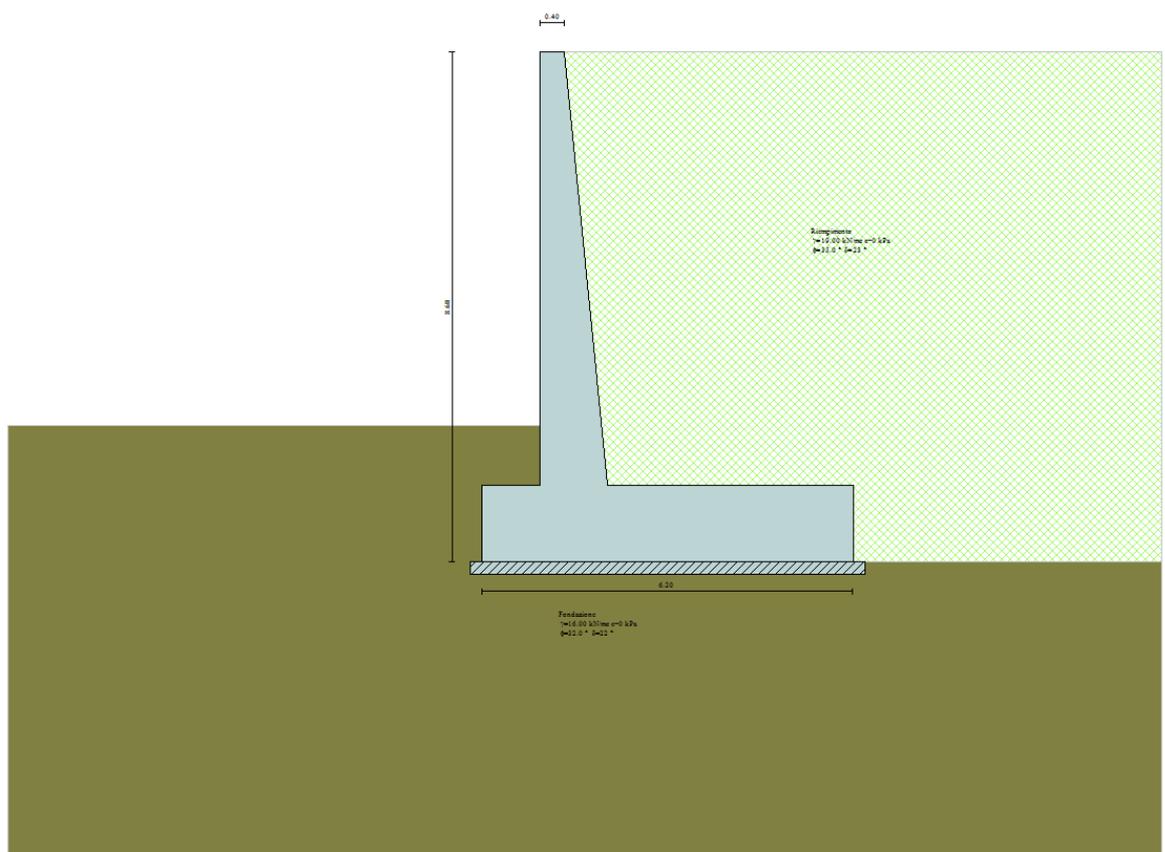


Figura 50 – Modello di calcolo – Muro tipo 2

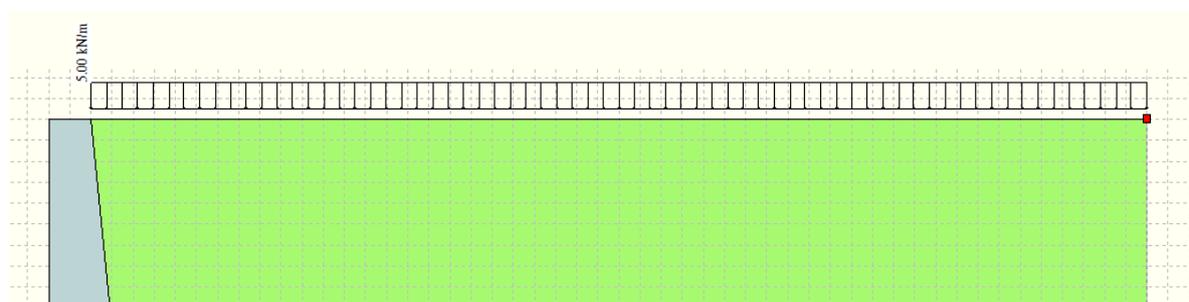


Figura 51 – Modello di calcolo – Sovraccarico a tergo del muro

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014											
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.												
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.04.00.001</td> <td>C</td> <td>71 di 92</td> </tr> </table>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C	71 di 92								

11 VERIFICHE MURO DI SOSTEGNO – TIPO 1

11.1 STABILITA' LOCALE MURO TIPO 1

Di seguito si riportano i risultati in termini di coefficienti di sicurezza delle verifiche previste in accordo alla normativa DM2008 e descritte nel capitolo 10.

Comb.	Tipo comb.	Sisma	FS (ribalt)	FS (scorr)	FS (qult)	FS (stab)	Spinta[kN]	Incr. sism.[kN]
1	A1-M1 - [1]	--	--	2.05	9.32	--	72.1623	0.0000
2	A1-M1 - [1]	--	--	2.70	8.21	--	72.1623	0.0000
3	A1-M1 - [1]	--	--	2.42	8.84	--	72.1623	0.0000
4	A1-M1 - [1]	--	--	2.34	8.48	--	72.1623	0.0000
5	A2-M2 - [1]	--	--	1.68	4.52	--	66.9968	0.0000
6	EQU - [1]	--	4.98	--	--	--	73.6965	0.0000
7	STAB - [1]	--	--	--	--	2.62	66.9968	0.0000
8	A1-M1 - [2]	--	--	2.21	7.80	--	80.6660	0.0000
9	A1-M1 - [2]	--	--	1.95	8.51	--	80.6660	0.0000
10	A1-M1 - [2]	--	--	2.54	7.60	--	80.6660	0.0000
11	A1-M1 - [2]	--	--	2.28	8.22	--	80.6660	0.0000
12	A2-M2 - [2]	--	--	1.56	4.07	--	76.1849	0.0000
13	EQU - [2]	--	4.46	--	--	--	84.3547	0.0000
14	STAB - [2]	--	--	--	--	2.45	76.1849	0.0000
15	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	1.56	6.86	--	53.4536	14.8017
16	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	1.50	7.20	--	53.4536	9.9779
17	A2-M2 - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	1.05	2.76	--	66.9968	16.9800
18	A2-M2 - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	1.02	2.90	--	66.9968	10.9241
19	EQU - [3]	SismaH + SismaV positivo	3.40	--	--	--	66.9968	16.9800
20	EQU - [3]	SismaH + SismaV negativo	2.99	--	--	--	66.9968	10.9241
21	STAB - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	2.03	66.9968	16.9800
22	STAB - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	1.99	66.9968	10.9241
23	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	1.56	6.84	--	53.6881	14.8667
24	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV negativo	--	1.49	7.18	--	53.6881	10.0217
25	A2-M2 - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	1.05	2.75	--	67.2908	17.0545
26	A2-M2 - [4]	SismaH + SismaV negativo	--	1.01	2.89	--	67.2908	10.9720
27	EQU - [4]	SismaH + SismaV negativo	2.99	--	--	--	67.2908	10.9720
28	EQU - [4]	SismaH + SismaV positivo	3.39	--	--	--	67.2908	17.0545
29	STAB - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	2.03	67.2908	17.0545
30	STAB - [4]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	1.98	67.2908	10.9720
31	SLEQ - [1]	--	--	2.70	11.08	--	53.4536	0.0000
32	SLEF - [1]	--	--	2.62	10.68	--	56.3859	0.0000
33	SLER - [1]	--	--	2.55	10.31	--	59.3182	0.0000

Tabella 37 – Sintesi verifiche di stabilità locale

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. PAGINA C 72 di 92

11.2 STABILITA' GLOBALE MURO TIPO 1

L'analisi di stabilità globale, condotta secondo il metodo di Bishop semplificato, ha portato alla seguente superficie di scorrimento critica cui compete un F.S. pari a 1.98:

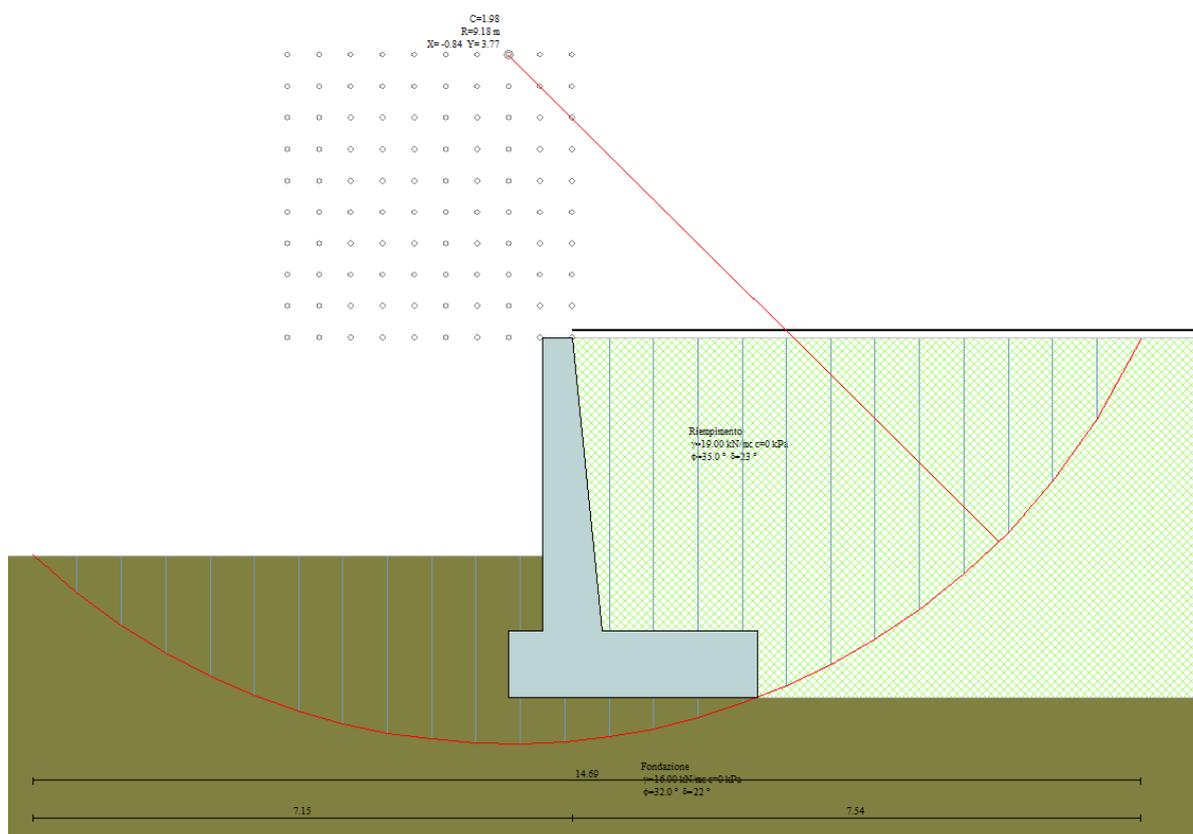


Figura 52 – Superficie di scorrimento critica e relativo coeff. di sicurezza

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C PAGINA 73 di 92

11.3 VERIFICHE STRUTTURALI MURO TIPO 1

Di seguito si riportano le verifiche strutturali per il muro e per la fondazione in esame.

L'armatura proposta nelle verifiche tiene anche in considerazione il rispetto dei minimi quantitativi previsti da normativa. Il valore del copriferro netto (ricoprimento sull'armatura più esterna) utilizzato nelle verifiche strutturali SLU e SLE è pari a 40 mm.

11.3.1 Analisi delle sollecitazioni

Di seguito sono riportati i diagrammi delle sollecitazioni ricavati dall'analisi.

11.3.1.1 Muro

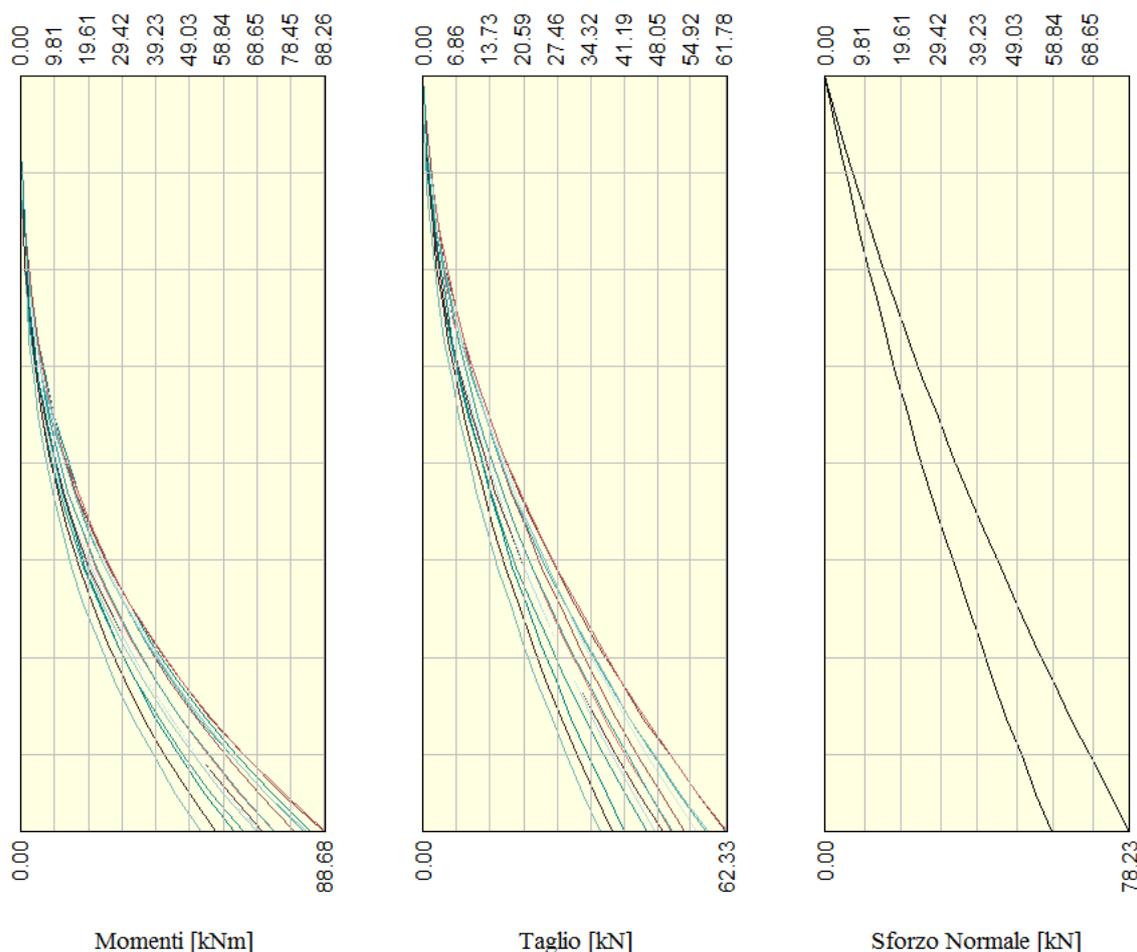


Figura 53 – Muro - Diagramma involucre delle sollecitazioni

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C PAGINA 74 di 92

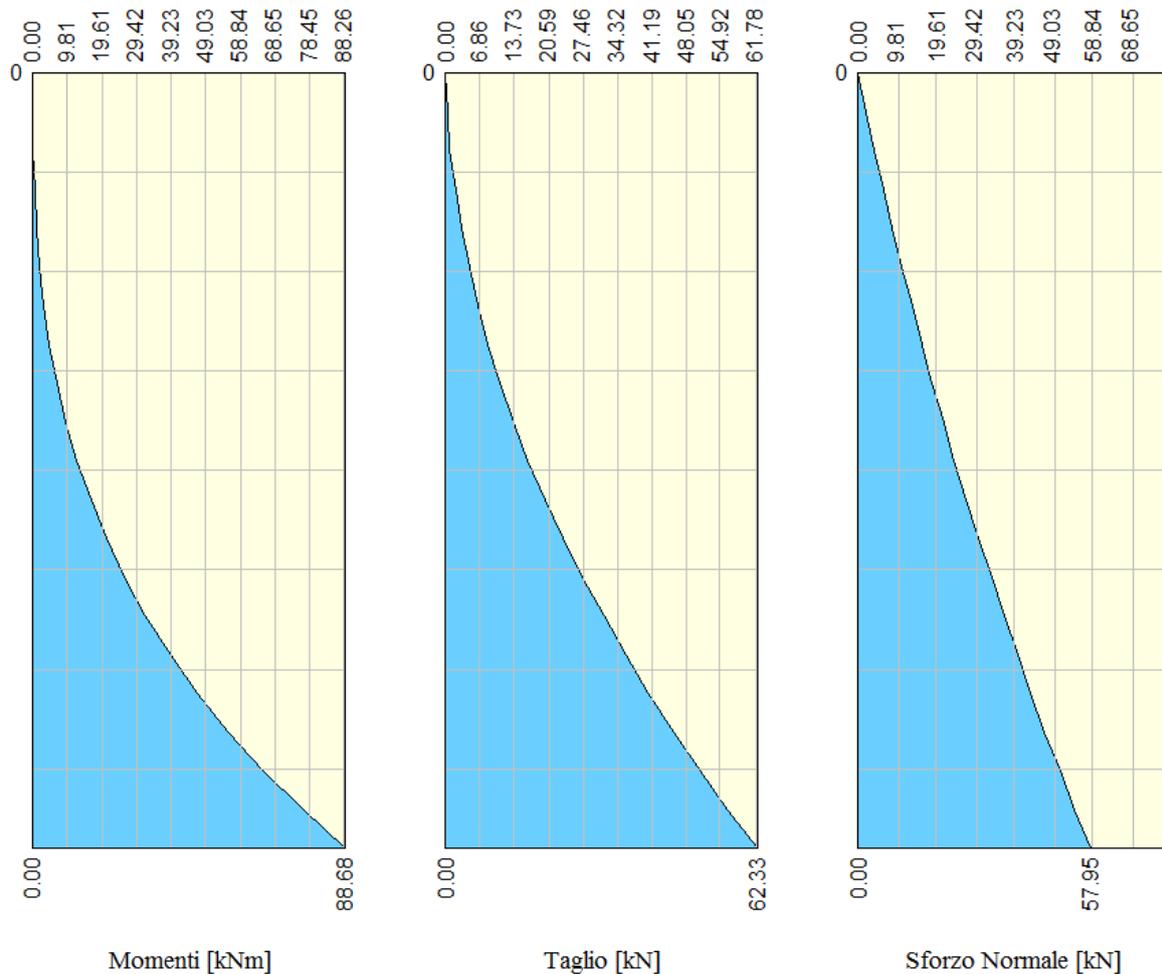


Figura 54 – Muro - Diagramma delle sollecitazioni – SLU

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.		<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.				PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 75 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 - Relazione di calcolo GA									

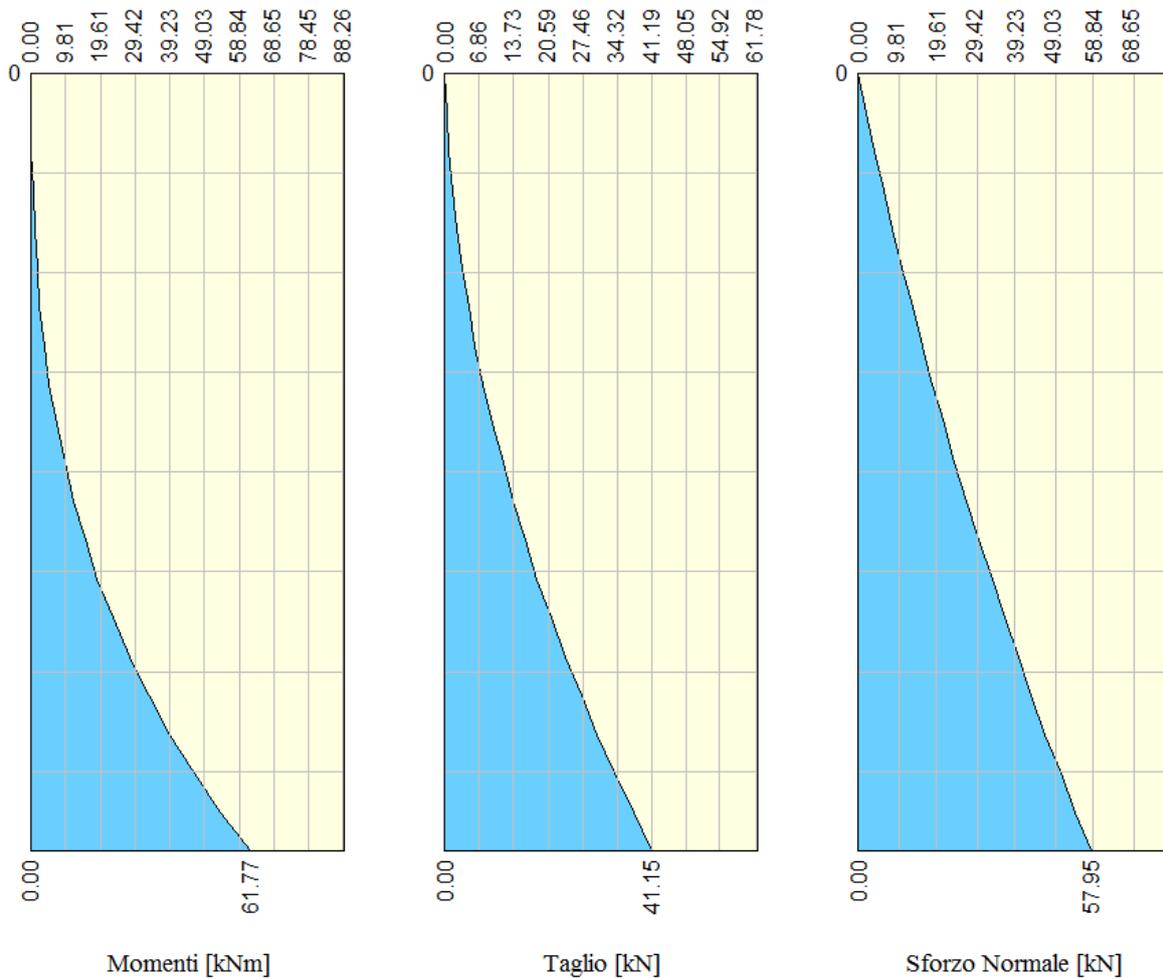


Figura 55 – Muro - Diagramma delle sollecitazioni – SLE_rara

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 76 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

11.3.1.2 Fondazione

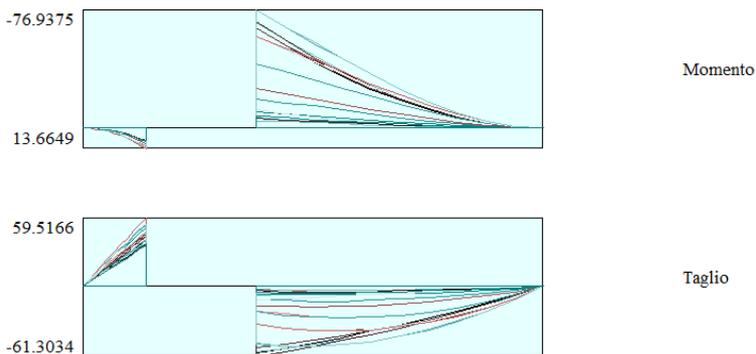


Figura 56 – Fondazione - Diagramma involuppo delle sollecitazioni

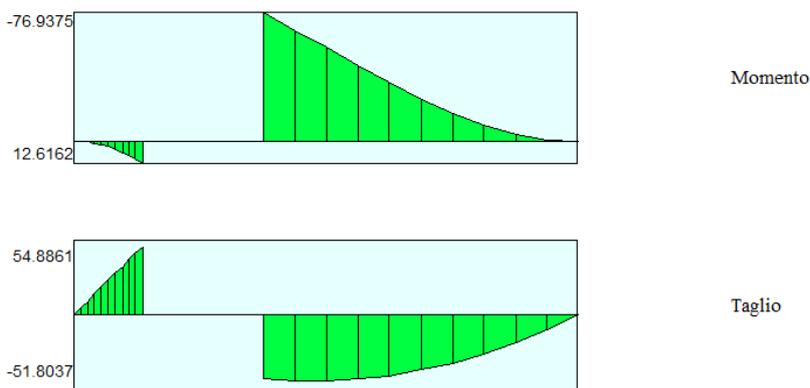


Figura 57 – Fondazione - Diagramma delle sollecitazioni – SLU

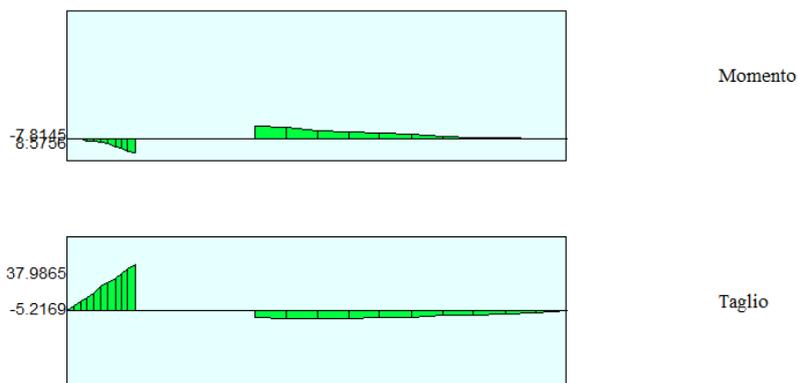


Figura 58 – Fondazione - Diagramma delle sollecitazioni – SLE_rara

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.			IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA			
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C	77 di 92			

11.3.2 Verifiche SLU

11.3.2.1 Muro

Di seguito si presenta la verifica a pressoflessione, considerando la sezione maggiormente sollecitata posta al piede del muro di sostegno.

SEZIONE	h	b	Med	Ned	A _{intradosso}	A _{estradosso}	Mrd	c.u. (Ed/Rd<1)
	[cm]	[cm]	[kNm/m]	[kN/m]	[-]	[-]	[kNm/m]	[-]
incastro	79	100	89	58	Φ20/20	Φ20/20	457	0.19

Tabella 38 – Verifica a pressoflessione

Di seguito si presenta la verifica a taglio, considerando la sezione maggiormente sollecitata posta al piede del muro di sostegno.

La verifica a taglio risulta soddisfatta senza armatura specifica. Un minimo di armatura ø12/40x40 è comunque previsto.

SEZIONE	h	b	Ved	As	Vrd	c.u. (Ed/Rd<1)
	[cm]	[cm]	[kN/m]	[-]	[kN/m]	[-]
incastro	79	100	62	Φ12/40x40	262	0.24

Tabella 39 – Verifica a taglio

11.3.2.2 Fondazione

Di seguito si presenta la verifica a pressoflessione, considerando la sezione maggiormente sollecitata posta all'attacco con il muro.

SEZIONE	h	b	Med	Ned	A _{intradosso}	A _{estradosso}	Mrd	c.u. (Ed/Rd<1)
	[cm]	[cm]	[kNm/m]	[kN/m]	[-]	[-]	[kNm/m]	[-]
incastro	90	100	77	0	Φ20/20	Φ20/20	505	0.15

Tabella 40 – Verifica a pressoflessione

Di seguito si presenta la verifica a taglio, considerando la sezione maggiormente sollecitata posta all'attacco con il muro.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA				PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	
				IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C	78 di 92	

La verifica a taglio risulta soddisfatta senza armatura specifica. Un minimo di armatura $\phi 12/40 \times 40$ è comunque previsto.

SEZIONE	h	b	Ved	As	Vrd	c.u. (Ed/Rd<1)
	[cm]	[cm]	[kN/m]	[-]	[kN/m]	[-]
incastro	90	100	55	$\Phi 12/40 \times 40$	291	0.19

Tabella 41 – Verifica a taglio

11.3.3 Verifiche SLE

11.3.3.1 Muro

Di seguito si presentano la verifica tensionale e la verifica a fessurazione, considerando la sezione maggiormente sollecitata posta al piede del muro di sostegno.

M	62.0	kNm		c_{netto}	40	mm
N	58.0	kN		Φ_{staffe}	16	mm
b	1000	mm		d	724	mm
h	790	mm		$n_{barre\ tese}$	5	-
R_{ck}	37	MPa		$\Phi_{barre\ tese}$	20	mm
f_{ck}	30	MPa		A_{Φ}	314	mm ²
f_{ctm}	2.90	MPa		A_s	1571	mm ²
E_{cm}	32837	MPa		$h_{c,eff}$	165.0	mm
E_s	210000	MPa		$A_{c,eff}$	165000	mm ²
α_e	15.00	-		ρ_{eff}	0.010	-
				k_t	0.4	-
σ_s	42	MPa		k_1	0.8	-
x	200.5	mm		k_2	0.5	-
				k_3	3.4	-
				k_4	0.425	-
$\epsilon_{sm,dc}$	-0.0005	-				
$\epsilon_{sm,min}$	0.0001	-				
ϵ_{sm}	0.0001	-				
Δ_{sm}	547.50	mm				
w_m	0.07	mm				

Tabella 42 – Fessurazione

SEZIONE	h	b	Med	Ned	$A_{intradosso}$	$A_{estradosso}$	σ_c	σ_s	wd	wlim
	[cm]	[cm]	[kNm/m]	[kN/m]	[-]	[-]	[N/m ²]	[N/m ²]	[mm]	[mm]
incastro	79	100	62	58	$\Phi 20/20$	$\Phi 20/20$	-1.1	42.0	0.07	0.20

Tabella 43 – Verifica SLE_rara - Pressoflessione

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014											
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.												
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.04.00.001</td> <td>C</td> <td>79 di 92</td> </tr> </table>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C	79 di 92								

11.3.3.2 Fondazione

Di seguito si presentano la verifica tensionale e la verifica a fessurazione, considerando la sezione maggiormente sollecitata posta all'attacco con il muro.

M	9.0	kNm	c_{netto}	40	mm
N	0.0	kN	Φ_{staffe}	16	mm
b	1000	mm	d	834	mm
h	900	mm	$n_{barre\ tese}$	5	-
R_{ck}	37	MPa	$\Phi_{barre\ tese}$	20	mm
f_{ck}	30	MPa	A_{Φ}	314	mm ²
f_{ctm}	2.90	MPa	A_s	1571	mm ²
E_{cm}	32837	MPa	$h_{c,eff}$	165.0	mm
E_s	210000	MPa	$A_{c,eff}$	165000	mm ²
α_e	15.00	-	ρ_{eff}	0.010	-
			k_t	0.4	-
σ_s	7.4	MPa	k_1	0.8	-
x	164.1	mm	k_2	0.5	-
			k_3	3.4	-
			k_4	0.425	-
$\epsilon_{sm,clc}$	-0.0006	-			
$\epsilon_{sm,min}$	0.0000	-			
ϵ_{sm}	0.0000	-			
Δ_{sm}	547.50	mm			
w_m	0.01	mm			

Tabella 44 – Fessurazione

SEZIONE	h	b	Med	Ned	$A_{intradosso}$	$A_{estradosso}$	σ_c	σ_s	wd	wlim
	[cm]	[cm]	[kNm/m]	[kN/m]	[-]	[-]	[N/m ²]	[N/m ²]	[mm]	[mm]
incastro	90	100	9	0	$\Phi 20/20$	$\Phi 20/20$	-0.2	7.4	0.01	0.20

Tabella 45 – Verifica SLE_rara - Pressoflessione

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 80 di 92

11.4 CALCOLO INCIDENZE

Sulla base delle armature assunte per le verifiche strutturali riportate in precedenza, nel seguito si riportano i calcoli delle relative incidenze.

spessore [m] 0.40	A_f	superiore	#	φ	% di L	Peso (kg/m)		INCIDENZA
		inferiore	5	20	100	2.47	→	30.8
			5	20	100	2.47	→	30.8
profondità 1.0	A_{ripart}	superiore	#	φ	% di L	Peso (kg/m)		INCIDENZA
		inferiore	5	16	100	1.58	→	19.7
			5	16	100	1.58	→	19.7
copriferro netto 4.0								
A _{cls} [cm ²] 4000	A_v	spilli	#	φ	% di L	Peso (kg/m)	Lunghezza	INCIDENZA
		-	6.25	12.00	100	0.89	0.62	8.6
A _{s_min} [cm ²] 6.00								
A _{s_progetto} [cm ²] 15.71		spilli	φ	maglia (cm)	n°			INCIDENZA TOTALE
			12	40	40	6.25		109.7

Tabella 46 – Incidenza armature – muro tipo 1 – testa muro

spessore [m] 0.79	A_f	superiore	#	φ	% di L	Peso (kg/m)		INCIDENZA
		inferiore	5	20	100	2.47	→	15.6
			5	20	100	2.47	→	15.6
profondità 1.0	A_{ripart}	superiore	#	φ	% di L	Peso (kg/m)		INCIDENZA
		inferiore	5	16	100	1.58	→	10.0
			5	16	100	1.58	→	10.0
copriferro netto 4.0								
A _{cls} [cm ²] 7900	A_v	spilli	#	φ	% di L	Peso (kg/m)	Lunghezza	INCIDENZA
		-	6.25	12.00	100	0.89	1.01	7.1
A _{s_min} [cm ²] 11.85								
A _{s_progetto} [cm ²] 15.71		spilli	φ	maglia (cm)	n°			INCIDENZA TOTALE
			12	40	40	6.25		58.3

Tabella 47 – Incidenza armature – muro tipo 1 – base muro

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 81 di 92

			#	φ	% di L	Peso (kg/m)		INCIDENZA
spessore [m] 0.9	A _f	superiore	5	20	100	2.47	→	13.7
		inferiore	5	20	100	2.47	→	13.7
profondità 1.0	A _{ripart}	superiore	5	16	100	1.58	→	8.8
		inferiore	5	16	100	1.58	→	8.8
copriferro netto 4.0								
A _{cls} [cm ²] 9000	A _v	spilli	#	φ	% di L	Peso (kg/m)	Lunghezza	INCIDENZA
A _{s_min} [cm ²] 13.50		-	6.25	12.00	100	0.89	1.12	6.9
A _{s_progetto} [cm ²] 15.71	spilli	φ	maglia (cm)	n°				INCIDENZA TOTALE 51.8
		12	40	40	6.25			

Tabella 48 – Incidenza armature – muro tipo 1 – fondazione

Considerando un incremento della quantità di armatura dovuto a riprese, sovrapposizioni e ancoraggi, si può considerare un valore medio di 120 kg/m³ per l'intera opera di sostegno (muri di contenimento).

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL GA.04.00.001 C 82 di 92	

12 VERIFICHE MURO DI SOSTEGNO – TIPO 2

12.1 STABILITA' LOCALE MURO TIPO 2

Di seguito si riportano i risultati in termini di coefficienti di sicurezza delle verifiche previste in accordo alla normativa DM2008 e descritte nel capitolo 10.

Comb.	Tipo comb.	Sisma	FS (ribalt)	FS (scorr)	FS (quilt)	FS (stab)	Spinta[kN]	Incr. sism.[kN]
1	A1-M1 - [1]	--	--	2.05	7.62	--	231.6460	0.0000
2	A1-M1 - [1]	--	--	2.70	6.58	--	231.6460	0.0000
3	A1-M1 - [1]	--	--	2.47	6.76	--	231.6460	0.0000
4	A1-M1 - [1]	--	--	2.28	7.09	--	231.6460	0.0000
5	A2-M2 - [1]	--	--	1.68	3.55	--	215.0645	0.0000
6	EQU - [1]	--	5.33	--	--	--	236.5709	0.0000
7	STAB - [1]	--	--	--	--	2.04	215.0645	0.0000
8	A1-M1 - [2]	--	--	2.22	6.73	--	246.8820	0.0000
9	A1-M1 - [2]	--	--	2.00	7.20	--	246.8820	0.0000
10	A1-M1 - [2]	--	--	2.61	6.32	--	246.8820	0.0000
11	A1-M1 - [2]	--	--	2.39	6.47	--	246.8820	0.0000
12	A2-M2 - [2]	--	--	1.62	3.34	--	229.9320	0.0000
13	EQU - [2]	--	5.01	--	--	--	253.8432	0.0000
14	STAB - [2]	--	--	--	--	1.98	229.9320	0.0000
15	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	1.56	5.52	--	171.5896	47.5145
16	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	1.50	5.77	--	171.5896	32.0296
17	A2-M2 - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	1.05	2.09	--	215.0645	54.5071
18	A2-M2 - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	1.02	2.18	--	215.0645	35.0671
19	EQU - [3]	SismaH + SismaV positivo	3.64	--	--	--	215.0645	54.5071
20	EQU - [3]	SismaH + SismaV negativo	3.18	--	--	--	215.0645	35.0671
21	STAB - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	1.66	215.0645	54.5071
22	STAB - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	1.62	215.0645	35.0671
23	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	1.56	5.51	--	172.0092	47.5484
24	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV negativo	--	1.50	5.76	--	172.0092	32.0247
25	A2-M2 - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	1.05	2.08	--	215.5278	54.5307
26	A2-M2 - [4]	SismaH + SismaV negativo	--	1.02	2.18	--	215.5278	35.0476
27	EQU - [4]	SismaH + SismaV negativo	3.18	--	--	--	215.5278	35.0476
28	EQU - [4]	SismaH + SismaV positivo	3.64	--	--	--	215.5278	54.5307
29	STAB - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	1.65	215.5278	54.5307
30	STAB - [4]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	1.62	215.5278	35.0476
31	SLEQ - [1]	--	--	2.70	8.89	--	171.5896	0.0000
32	SLEF - [1]	--	--	2.66	8.72	--	176.8430	0.0000
33	SLER - [1]	--	--	2.62	8.55	--	182.0972	0.0000

Tabella 49 – Sintesi verifiche di stabilità locale

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 83 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

12.2 STABILITA' GLOBALE MURO TIPO 2

L'analisi di stabilità globale, condotta secondo il metodo di Bishop semplificato, ha portato alla seguente superficie di scorrimento critica cui compete un F.S. pari a 1.62:

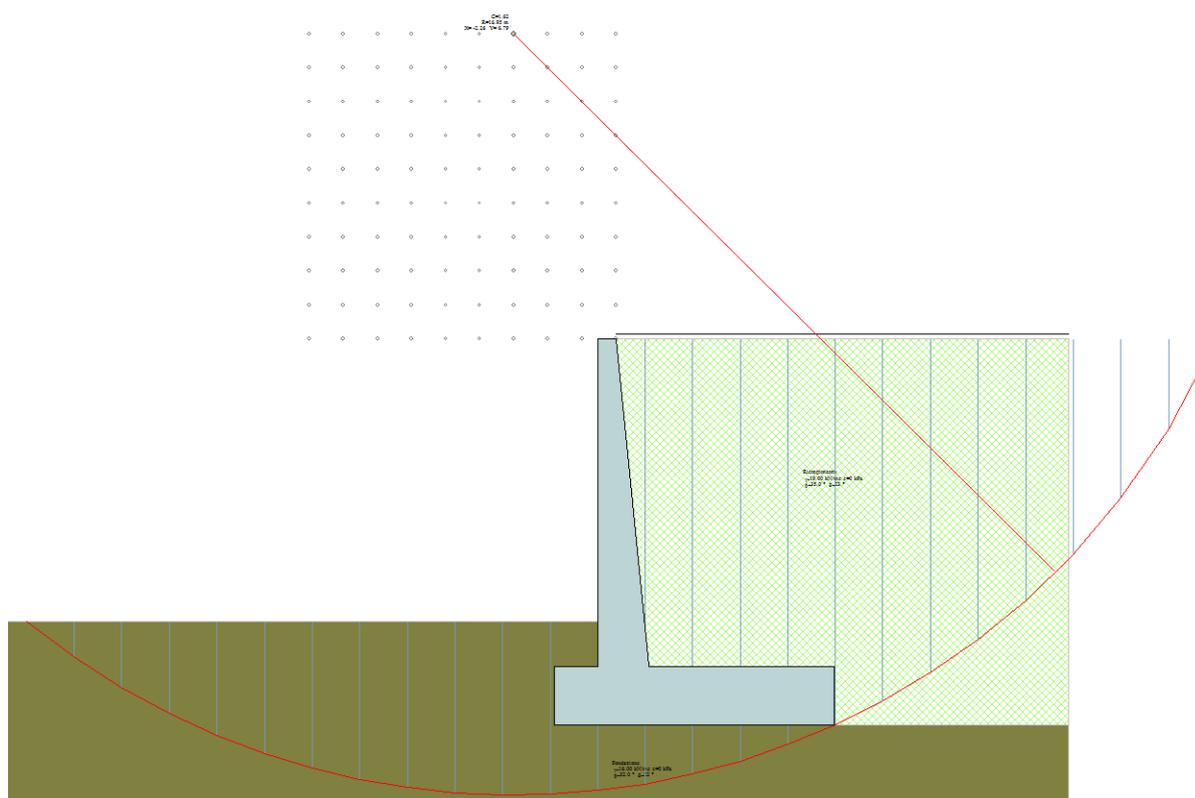


Figura 59 – Superficie di scorrimento critica e relativo coeff. di sicurezza

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 84 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

12.3 VERIFICHE STRUTTURALI MURO TIPO 2

Di seguito si riportano le verifiche strutturali per il muro e per la fondazione in esame.

L'armatura proposta nelle verifiche tiene anche in considerazione il rispetto dei minimi quantitativi previsti da normativa. Il valore del copriferro netto (ricoprimento sull'armatura più esterna) utilizzato nelle verifiche strutturali SLU e SLE è pari a 40 mm.

12.3.1 Analisi delle sollecitazioni

Di seguito sono riportati i diagrammi delle sollecitazioni ricavati dall'analisi.

12.3.1.1 Muro

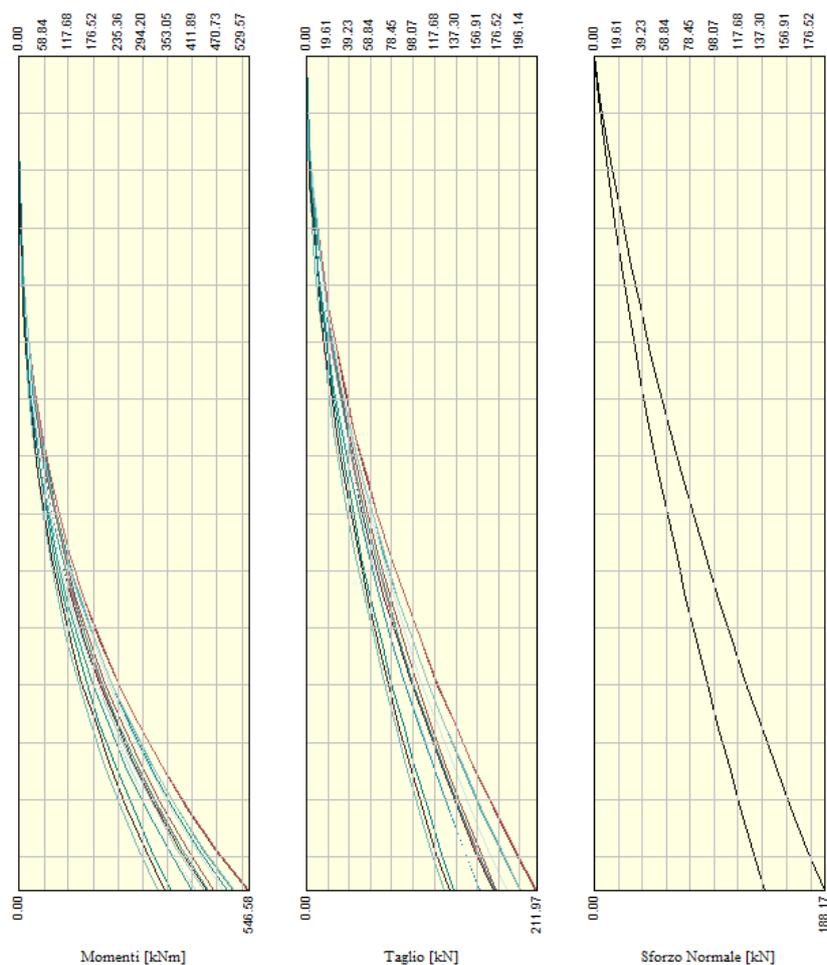


Figura 60 – Muro - Diagramma involucro delle sollecitazioni

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 85 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

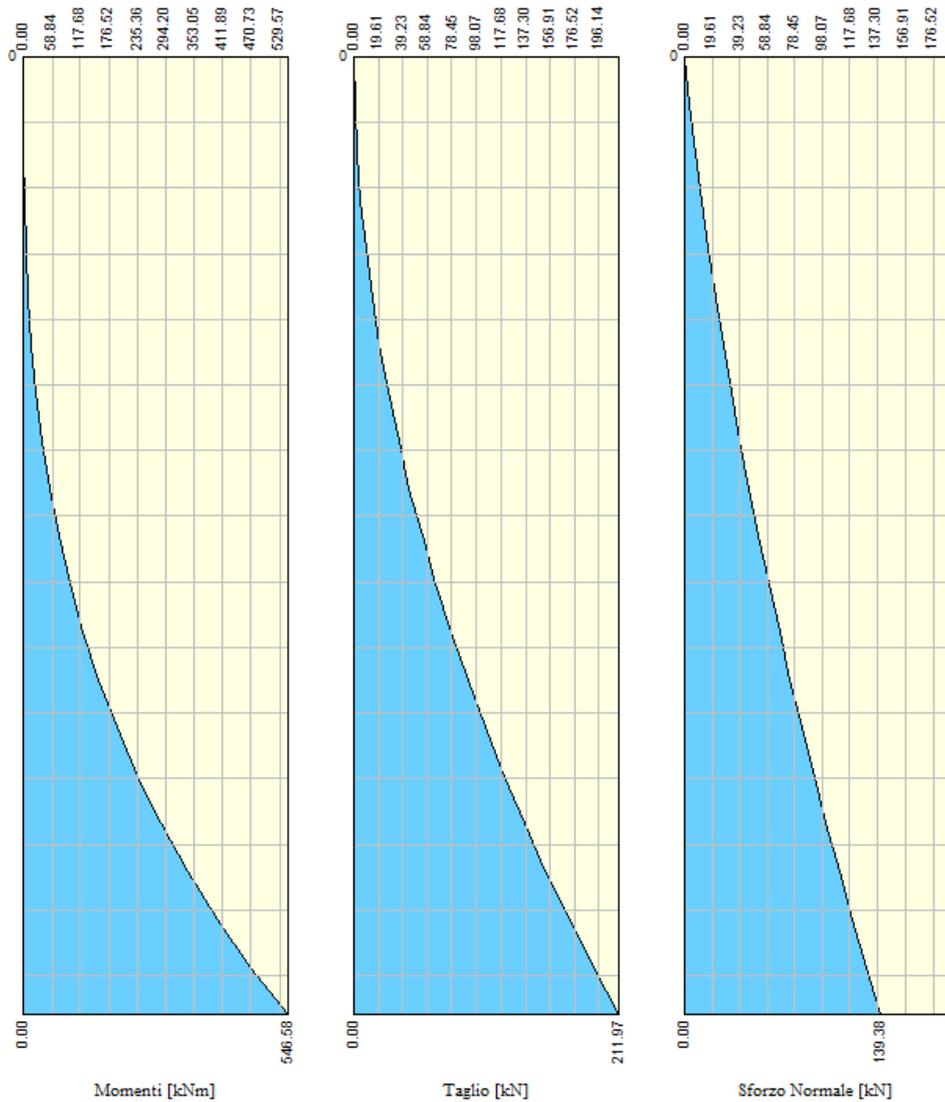


Figura 61 – Muro - Diagramma delle sollecitazioni – SLU

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGIO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 86 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 - Relazione di calcolo GA								

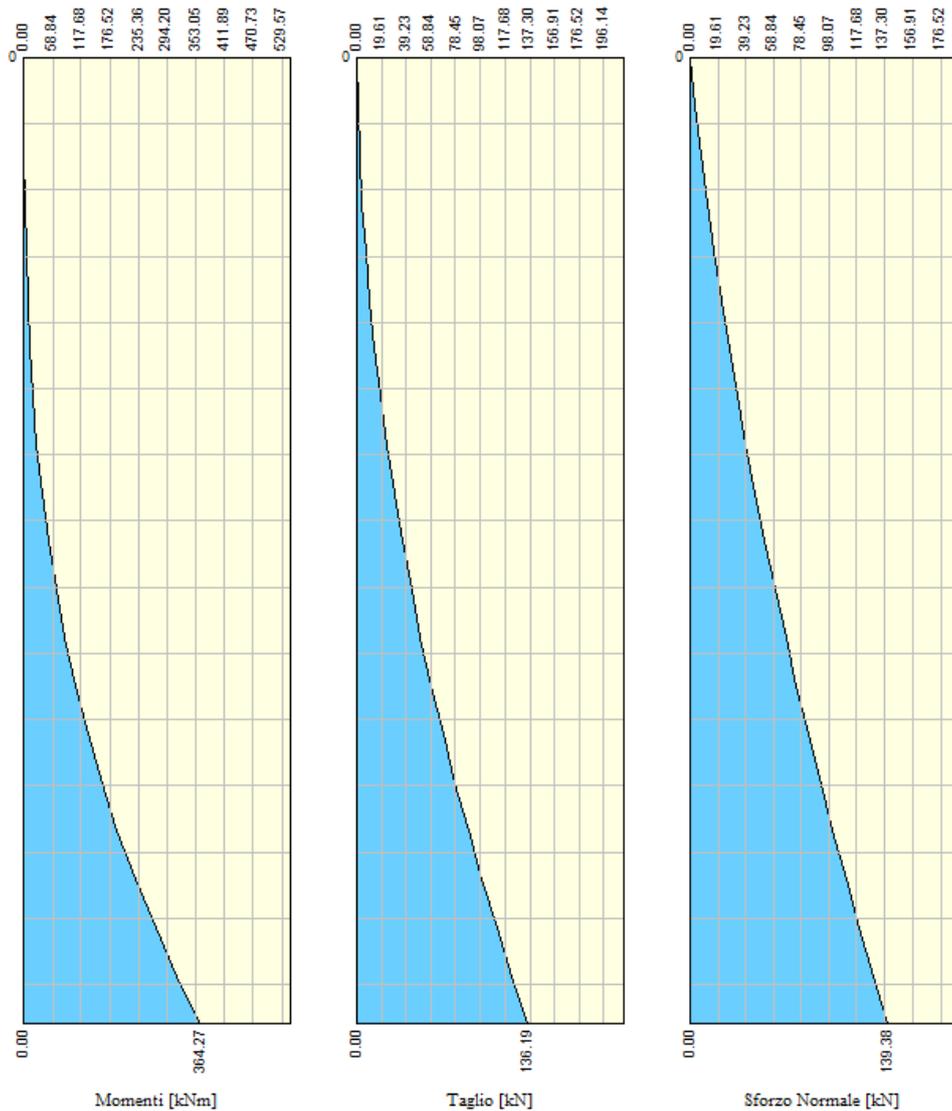


Figura 62 – Muro - Diagramma delle sollecitazioni – SLE_rara

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 87 di 92
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA								

12.3.1.2 Fondazione

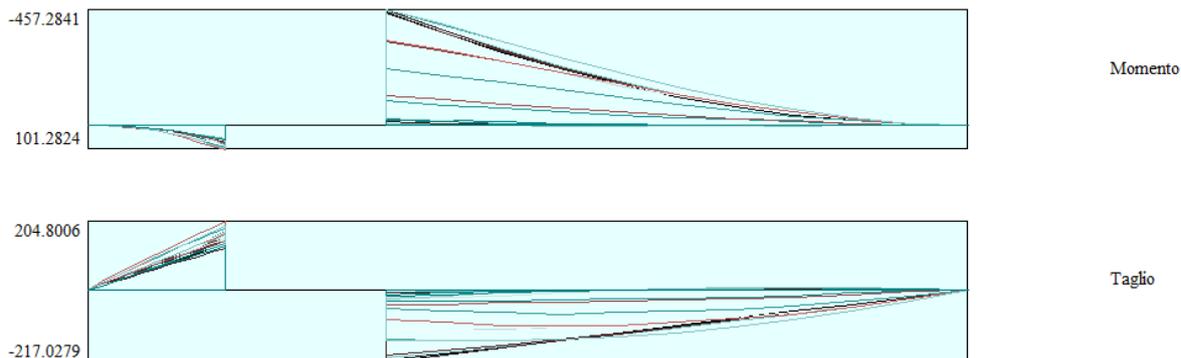


Figura 63 – Fondazione - Diagramma involuppo delle sollecitazioni

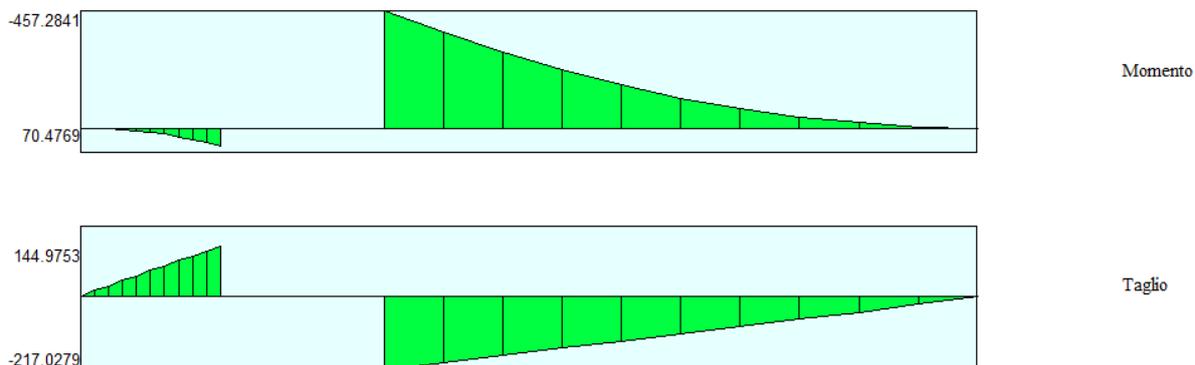


Figura 64 – Fondazione - Diagramma delle sollecitazioni – SLU



Figura 65 – Fondazione - Diagramma delle sollecitazioni – SLE_rara

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. PAGINA C 88 di 92

12.3.2 Verifiche SLU

12.3.2.1 Muro

Di seguito si presenta la verifica a pressoflessione, considerando la sezione maggiormente sollecitata posta al piede del muro di sostegno.

SEZIONE	h	b	Med	Ned	A _{intradosso}	A _{estradosso}	Mrd	c.u. (Ed/Rd<1)
	[cm]	[cm]	[kNm/m]	[kN/m]	[-]	[-]	[kNm/m]	[-]
incastro	113	100	547	140	Φ20/10	Φ20/10	1333	0.41

Tabella 50 – Verifica a pressoflessione

Di seguito si presenta la verifica a taglio, considerando la sezione maggiormente sollecitata posta al piede del muro di sostegno.

La verifica a taglio risulta soddisfatta senza armatura specifica. Un minimo di armatura ø12/40x40 è comunque previsto.

SEZIONE	h	b	Ved	As	Vrd	c.u. (Ed/Rd<1)
	[cm]	[cm]	[kN/m]	[-]	[kN/m]	[-]
incastro	113	100	211	Φ12/40x40	379	0.56

Tabella 51 – Verifica a taglio

12.3.2.2 Fondazione

Di seguito si presenta la verifica a pressoflessione, considerando la sezione maggiormente sollecitata posta all'attacco con il muro.

SEZIONE	h	b	Med	Ned	A _{intradosso}	A _{estradosso}	Mrd	c.u. (Ed/Rd<1)
	[cm]	[cm]	[kNm/m]	[kN/m]	[-]	[-]	[kNm/m]	[-]
incastro	130	100	457	0	Φ16/10	Φ16/10	953	0.48

Tabella 52 – Verifica a pressoflessione

Di seguito si presenta la verifica a taglio, considerando la sezione maggiormente sollecitata posta all'attacco con il muro.

La verifica a taglio risulta soddisfatta senza armatura specifica. Un minimo di armatura ø12/40x40 è comunque previsto.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.			IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA			
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C	89 di 92			

SEZIONE	h	b	Ved	As	Vrd	c.u. (Ed/Rd<1)
	[cm]	[cm]	[kN/m]	[-]	[kN/m]	[-]
incastro	130	100	217	Φ12/40x40	393	0.55

Tabella 53 – Verifica a taglio

12.3.3 Verifiche SLE

12.3.3.1 Muro

Di seguito si presentano la verifica tensionale e la verifica a fessurazione, considerando la sezione maggiormente sollecitata posta al piede del muro di sostegno.

M	364.0	kNm		c_{netto}	40	mm
N	140.0	kN		Φ_{staffe}	16	mm
b	1000	mm		d	1064	mm
h	1130	mm		$n_{barre\ tese}$	10	-
R_{ck}	37	MPa		$\Phi_{barre\ tese}$	20	mm
f_{ck}	30	MPa		A_{Φ}	314	mm ²
f_{ctm}	2.90	MPa		A_s	3142	mm ²
E_{cm}	32837	MPa		$h_{c,eff}$	165.0	mm
E_s	210000	MPa		$A_{c,eff}$	165000	mm ²
α_e	15.00	-		ρ_{eff}	0.019	-
				k_t	0.4	-
σ_s	97.3	MPa		k_1	0.8	-
x	291.4	mm		k_2	0.5	-
				k_3	3.4	-
				k_4	0.425	-
$\epsilon_{sm,cl}$	0.0001	-				
$\epsilon_{sm,min}$	0.0003	-				
ϵ_{sm}	0.0003	-				
Δ_{sm}	368.95	mm				
w_m	0.10	mm				

Tabella 54 – Fessurazione

SEZIONE	h	b	Med	Ned	$A_{intradosso}$	$A_{estradosso}$	σ_c	σ_s	wd	wlim
	[cm]	[cm]	[kNm/m]	[kN/m]	[-]	[-]	[N/m ²]	[N/m ²]	[mm]	[mm]
incastro	113	100	364	140	Φ20/10	Φ20/10	-2.5	97.0	0.10	0.20

Tabella 55 – Verifica SLE_rara - Pressoflessione

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014											
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.												
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.04.00.001</td> <td>C</td> <td>90 di 92</td> </tr> </table>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.04.00.001	C	90 di 92								

12.3.3.2 Fondazione

Di seguito si presentano la verifica tensionale e la verifica a fessurazione, considerando la sezione maggiormente sollecitata posta all'attacco con il muro.

M	65.0	kNm	c_{netto}	40	mm
N	0.0	kN	Φ_{staffe}	16	mm
b	1000	mm	d	1234	mm
h	1300	mm	$n_{barre\ tese}$	10	-
R_{ck}	37	MPa	$\Phi_{barre\ tese}$	20	mm
f_{ck}	30	MPa	A_{Φ}	314	mm ²
f_{ctm}	2.90	MPa	A_s	3142	mm ²
E_{cm}	32837	MPa	$h_{c,eff}$	165.0	mm
E_s	210000	MPa	$A_{c,eff}$	165000	mm ²
α_e	15.00	-	ρ_{eff}	0.019	-
			k_t	0.4	-
σ_s	18	MPa	k_1	0.8	-
x	268.3	mm	k_2	0.5	-
			k_3	3.4	-
			k_4	0.425	-
$\epsilon_{sm,clc}$	-0.0003	-			
$\epsilon_{sm,min}$	0.0001	-			
ϵ_{sm}	0.0001	-			
Δ_{sm}	368.95	mm			
w_m	0.02	mm			

Tabella 56 – Fessurazione

SEZIONE	h	b	Med	Ned	$A_{intradosso}$	$A_{estradosso}$	σ_c	σ_s	wd	wlim
	[cm]	[cm]	[kNm/m]	[kN/m]	[-]	[-]	[N/m ²]	[N/m ²]	[mm]	[mm]
incastro	130	100	65	0	$\Phi 20/10$	$\Phi 20/10$	-0.3	18.0	0.02	0.20

Tabella 57 – Verifica SLE_rara - Pressoflessione

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.04.00.001	REV. C	PAGINA 91 di 92

12.4 CALCOLO INCIDENZE

Sulla base delle armature assunte per le verifiche strutturali riportate in precedenza, nel seguito si riportano i calcoli delle relative incidenze.

spessore [m] 0.40	A_f	superiore	#	φ	% di L	Peso (kg/m)	→	INCIDENZA
		inferiore	10	20	100	2.47	→	61.7
			10	20	100	2.47	→	61.7
profondità 1.0	A_{ripart}	superiore	#	φ	% di L	Peso (kg/m)	→	INCIDENZA
		inferiore	5	16	100	1.58	→	19.7
			5	16	100	1.58	→	19.7
copriferro netto 4.0								
A _{cls} [cm ²] 4000	A_v	spilli	#	φ	% di L	Peso (kg/m)	Lunghezza	INCIDENZA
		-	6.25	12.00	100	0.89	0.62	8.6
A _{s_min} [cm ²] 6.00								
A _{s_progetto} [cm ²] 31.42		spilli	φ	maglia (cm)	n°			INCIDENZA TOTALE
			12	40	40	6.25		171.4

Tabella 58 – Incidenza armature – muro tipo 2 – testa muro

spessore [m] 1.13	A_f	superiore	#	φ	% di L	Peso (kg/m)	→	INCIDENZA
		inferiore	10	20	100	2.47	→	21.8
			10	20	100	2.47	→	21.8
profondità 1.0	A_{ripart}	superiore	#	φ	% di L	Peso (kg/m)	→	INCIDENZA
		inferiore	5	16	100	1.58	→	7.0
			5	16	100	1.58	→	7.0
copriferro netto 4.0								
A _{cls} [cm ²] 11300	A_v	spilli	#	φ	% di L	Peso (kg/m)	Lunghezza	INCIDENZA
		-	6.25	12.00	100	0.89	1.35	6.6
A _{s_min} [cm ²] 16.95			-		0	0		
A _{s_progetto} [cm ²] 31.42		spilli	φ	maglia (cm)	n°			INCIDENZA TOTALE
			12	40	40	6.25		64.2

Tabella 59 – Incidenza armature – muro tipo 2 – base muro

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO GA04 – Relazione di calcolo GA	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL GA.04.00.001 C 92 di 92	

		#	φ	% di L	Peso (kg/m)		INCIDENZA	
spessore [m] 1.30	A _f	superiore	10	20	100	2.47	→	19.0
		inferiore	10	20	100	2.47	→	19.0
profondità 1.0	A _{ripart}	superiore	5	16	100	1.58	→	6.1
		inferiore	5	16	100	1.58	→	6.1
A _{cls} [cm ²] 13000	A _v	spilli	#	φ	% di L	Peso (kg/m)	Lunghezza	INCIDENZA
		-	6.25	12.00	100	0.89	1.52	6.5
		-		0	0			
A _{s_min} [cm ²] 19.50		-						
A _{s_progetto} [cm ²] 31.42	spilli	φ	maglia (cm)	n°				INCIDENZA TOTALE
		12	40	40	6.25			56.6

Tabella 60 – Incidenza armature – muro tipo 2 – fondazione

Considerando un incremento della quantità di armatura dovuto a riprese, sovrapposizioni e ancoraggi, si può considerare un valore medio di 120 kg/m³ per l'intera opera di sostegno (muri di contenimento).