

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

MANDATARIA:

MANDANTE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA

ID - IDROLOGIA E IDRAULICA

ID12 - ATTRAVERSAMENTI MINORI

CANALE VI17 - RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

APPALTATORE	PROGETTAZIONE
DIRETTORE TECNICO Ing. G. PARIS	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Ing.G. TANZI

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

R	S	3	9	1	0	V	Z	Z	C	L	I	D	1	2	0	0	0	0	1	B	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	F. Ricci	10/2023	C. Beltrami	10/2023	G.Tanzi	10/2023	Ing. G. Tanzi
B	EMISSIONE A SEGUITO DI RDV NO. 478	F. Ricci	12/2023	C. Beltrami	12/2023	G.Tanzi	12/2023	Ing. G. Tanzi
								dicembre 2023
File: RS39-10-V-ZZ-CL-ID1200-001_B.doc								n. Elab.:

APPALDATORE: Mandataria:  Mandante:   	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandataria:  PROJECT <small>Ingegneria Integrata ®</small> Mandante:  <small>Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti</small> 													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>ID12.00.001</td> <td>B</td> <td>2 di 42</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	2 di 42
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	2 di 42								

INDICE

1	PREMESSA	4
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
4	MATERIALI UTILIZZATI.....	7
4.1	Calcestruzzo	7
4.2	Acciaio.....	7
4.3	Durabilità.....	8
4.1	Inquadramento geotecnico.....	10
4.1.1	Stratigrafia e parametri geotecnici di progetto	10
4.1.2	Interazione terreno-struttura	10
4.1.3	Classificazione sismica.....	11
5	CANALE.....	12
5.1	Geometria	12
5.2	Analisi dei carichi.....	13
5.2.1	Peso proprio della struttura.....	13
5.2.2	Spinta del terreno.....	13
5.2.3	Carico accidentale	14
5.2.4	Azioni sismiche	14
5.3	COMBINAZIONI DI CARICO	16
5.4	MODELLO DI CALCOLO.....	18
5.5	ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI	20
5.5.1	Sezione concio 4.....	20
5.5.2	Sezione Corrente	24
5.6	VERIFICHE SLU.....	30
5.6.1	Verifica a pressoflessione	30
5.7	VERIFICHE SLE	36
5.7.1	Verifiche a fessurazione.....	36
5.7.2	Analisi tensionale	39

<p>APPALTATORE: Mandatario: salini impregilo</p> <p>Mandante: ASTALDI  </p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</p>												
<p>APPALTATORE: Mandatario: TECH PROJECT <small>Ingegneria Integrata ®</small></p> <p>Mandante: Lombardi <small>Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti</small> </p>													
<p>PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7</p>	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>ID12.00.001</td> <td>B</td> <td>3 di 42</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	3 di 42
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	3 di 42								

5.8 Verifica armatura minima.....42

APPALTATORE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  salini impregilo </div> <div style="text-align: center;">  ASTALDI </div> <div style="text-align: center;">  Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a. </div> <div style="text-align: center;">  S.I.F.E.L. </div> </div>	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  TECH PROJECT <small>Ingegneria Integrata</small> </div> <div style="text-align: center;">  Lombardi <small>Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti</small> </div> <div style="text-align: center;">  SETECO <small>Ingegneria S.r.l.</small> </div> </div>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <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 style="text-align: center;">RS39</td> <td style="text-align: center;">1.0.V.ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">ID12.00.001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">4 di 42</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	4 di 42
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	4 di 42								

1 PREMESSA

La presente relazione riguarda la Progettazione Esecutiva di manufatti relativi al superamento della viabilità interferita dalla realizzazione del nuovo collegamento ferroviario veloce tra Palermo e Catania. Tale collegamento riguarda il raddoppio della linea tra la stazione di Catania Bicocca (inclusa) e quella di Catenanuova (inclusa), con un'estensione pari a 38,290 km, da realizzare in affiancamento all'esistente semplice binario e, in alcuni tratti, costruendo un nuovo doppio binario. Tale intervento consentirà il miglioramento del servizio tra Enna e Catania sia con un incremento delle frequenze dei servizi sia con una riduzione dei tempi di percorrenza tra i due capoluoghi di provincia. Lungo il tracciato sono presenti corsi d'acqua principali superati in viadotto e/o ponti e corsi d'acqua secondari in corrispondenza dei quali è prevista la realizzazione di opere di attraversamento costituite da tombini circolari e/o scatoari, con modalità realizzativa a spinta, in opera in fase unica o in due fasi.

Nella presente relazione si riportano le verifiche strutturali del canale valle del viadotto VII7, posizionato alla progressiva di progetto km 29+410,00.

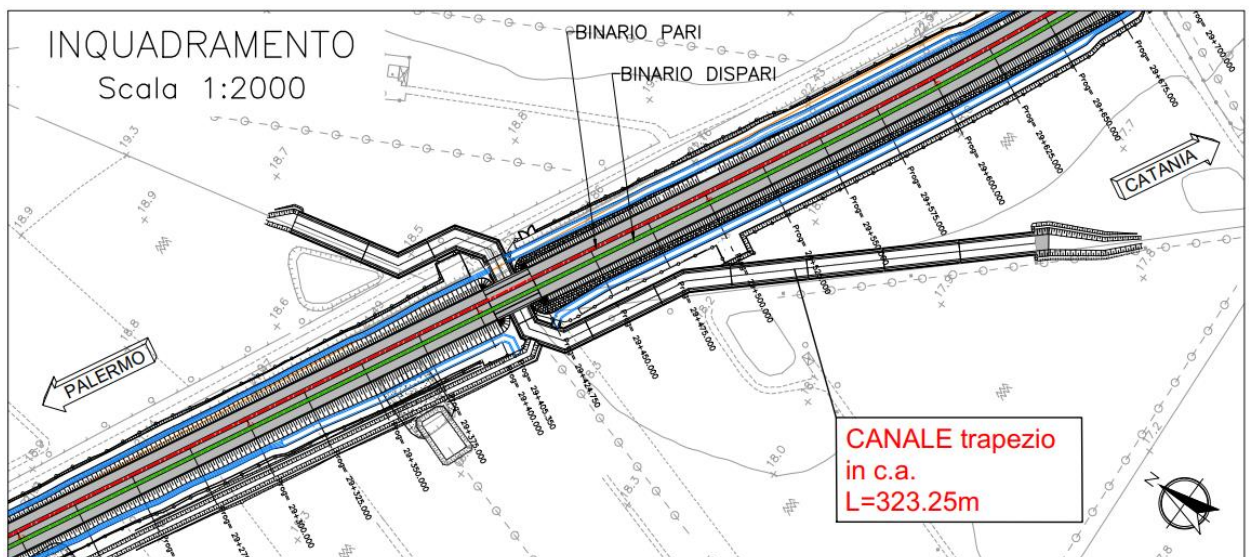


Figura 1 – Inquadramento viadotto VII7

La revisione B della presente relazione è conseguente al RDV 478. In particolare, sono stati recepiti i commenti di dettaglio di seguito riportati:

- D.3 – I punto di lettura delle sollecitazioni è a estradosso fondazione e nella faccia del muro.
- D.4 – È stata aggiornata la verifica a pressoflessione.

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
	  						
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
	  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID12.00.001	REV. B	PAGINA 5 di 42

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La presente relazione ha per oggetto le analisi e le verifiche del canale a valle del viadotto **VI17**, posizionato alla progressiva di progetto km **29+410,00**.

Il canale realizzato in calcestruzzo armato gettato in opera, di dimensioni interne di 6,00 m per la parte inferiore e 8,50 m per la parte superiore e un'altezza variabile tra 1,85 e 2,85 m. La fondazione ha uno spessore di 0,60m e i muri di 0,30m.; è previsto un getto di calcestruzzo magro come sottofondazione, avente uno spessore di 15 cm.

Le seguenti sono le sezioni trasversale dei canali

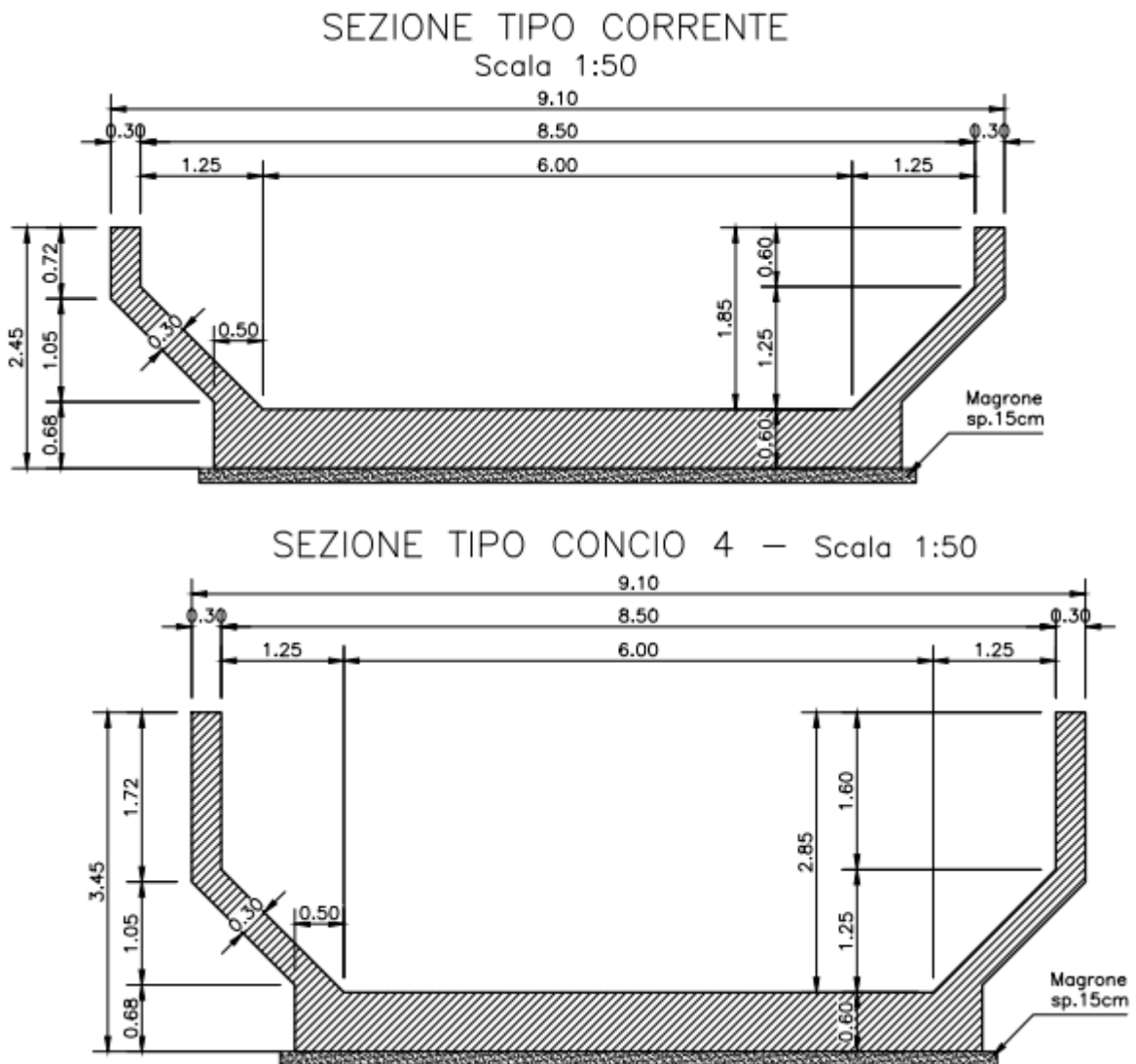


Figura 2 - Sezione trasversale canale trapesoidale.

APPALTATORE: Mandatario:  Mandante:   	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:  Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7	<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>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>ID12.00.001</td> <td>B</td> <td>6 di 42</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	6 di 42
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	6 di 42								

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta tenendo in conto la seguente normativa tecnica:

- *Legge 5 novembre 1971 n. 1086* Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
- *Circ. Min. LL.PP.14 Febbraio 1974, n. 11951* Applicazione della L. 5 novembre 1971, n. 1086
- *Legge 2 febbraio 1974 n. 64* Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- *D.M.Min. II. TT. del 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 decreto ministeriale 14 gennaio 2008
- *UNI ENV 1998-5 – Gennaio 2005* Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- *UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005* -
- *RFI DTC INC PO SP IFS 001 A* Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- *RFI DTC INC CS SP IFS 001 A* Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- *RFI DTC INC PO SP IFS 003 A* Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari
- *RFI DTC INC CS LG IFS 001 A* Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra
- *RFI DTC INC PO SP IFS 002 A* Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria
- *RFI DTC INC PO SP IFS 004 A* Specifica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo
- *RFI DTC INC PO SP IFS 005 A* Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia
- *STI 2014* Regolamento (UE) n. 1299/2014 della commissione del 18 novembre 2014 relativo alle Specifiche Tecniche di Interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA							
   	  								
APPALTATORE: Mandataria:		Mandante:		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7				RS39	I.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	7 di 42

4 MATERIALI UTILIZZATI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali utilizzati per il calcolo dell'opera.

4.1 Calcestruzzo

Calcestruzzo per magrone

Classe del calcestruzzo		C12/15
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	15.00 N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	12.45 N/mm ²

Calcestruzzo per tombini a struttura scatolare e circolare – C30/37

Classe di resistenza		C30/37
Classe di esposizione		XA1
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	37 N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	30.71 N/mm ²
Resistenza media a compressione	f_{cm}	38.71 N/mm ²
Resistenza cilindrica a compressione di progetto	f_{cd}	17.40 N/mm ²
Resistenza media a trazione	f_{ctm}	2.94 N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk,5\%}$	2.06 N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctk,95\%}$	3.82 N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	f_{ctm}	3.53 N/mm ²
Resistenza a trazione di progetto	f_{ctd}	1.37 N/mm ²
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza	f_{bk}	4.63 N/mm ²
Resistenza tangenziale di aderenza acciaio-cla di calcolo	f_{bd}	3.09 N/mm ²
Modulo elastico istantaneo medio (secante)	E_{cm}	33019 N/mm ²

4.2 Acciaio

Acciaio in barre ad aderenza migliorata B450 C

Classe di acciaio		B450
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	540 N/mm ²
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450 N/mm ²
Resistenza di progetto	f_{yd}	391.3 N/mm ²
Sovra-resistenza	f_{tk} / f_{yk}	≥ 1.15 -
Modulo di elasticità	E_s	210000 N/mm ²

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7	<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>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>ID12.00.001</td> <td>B</td> <td>8 di 42</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	8 di 42
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	8 di 42								

4.3 Durabilità

4.3.1.1 Ambiente di riferimento

Le condizioni ambientali, ai fini della valutazione della durabilità delle strutture in calcestruzzo, possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella tabella seguente:

CONDIZIONI AMBIENTALI	DESCRIZIONE
Ordinarie	Tutte le sollecitazioni escluse le successive
Aggressive	Ambiente aggressivo per cause naturali, caratterizzato da elevata umidità, scarso o nullo soleggiamento.
Molto aggressive	Ambiente molto aggressivo per cause antropiche, caratterizzato da presenza di liquidi o di aeriformi particolarmente corrosivi, ambiente marino.

Nel caso in esame, le condizioni sono aggressive.

4.3.1.2 Copriferro di progetto

Secondo quanto previsto da FF. SS – Specifica *RFI DTC INC PO SP IFS 001 A* – “Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario” – i valori minimi di copriferro (c_{min}) previsti da tale norma sono:

– Solettoni di fondazione, fondazioni armate	c_{min}	40	mm
– Cunette, canalette e cordoli	c_{min}	40	mm
– Solette (getto in opera)	c_{min}	35	mm

4.3.1.3 Valori limiti delle tensioni

Secondo quanto previsto da FF. SS – Specifica *RFI DTC INC PO SP IFS 001 A* – “Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario” – i valori limite delle tensioni sono:

Strutture in c.a.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

- Per combinazioni di carico caratteristica (rara): $0,55 f_{ck}$;

Tensioni di trazione nell’acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare $0,75 f_{yk}$

APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7	<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>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>ID12.00.001</td> <td>B</td> <td>9 di 42</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	9 di 42
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	9 di 42								

4.3.1.4 Limiti fessurativi

Allo stato limite di apertura delle fessure, i limiti fessurativi vengono prescritti nel paragrafo 1.8.3.2.4, della specifica *RFI DTC INC PO SP IFS 001 A*, che rimanda integralmente al par. 4.1.2.2.4 delle NTC 2008.

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nella seguente tabella:

Tabella 1 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formaz. fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

In particolare, il valore limite di apertura della fessura calcolato, per la combinazione di azioni prescelta, al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

- w_1 0,2 mm
- w_2 0,3 mm
- w_3 0,4 mm

Lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione.

L'apertura convenzionale delle fessure, calcolata con la combinazione caratteristica (rara) per gli SLE, dovrà risultare:

- $\delta_f \leq w_1$ per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone di non ispezionabili di tutte le strutture
- $\delta_f \leq w_2$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

APPALTATORE: Mandatario:  Mandante:   	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:  Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>ID12.00.001</td> <td>B</td> <td>10 di 42</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	10 di 42
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	10 di 42								

4.1 Inquadramento geotecnico

4.1.1 Stratigrafia e parametri geotecnici di progetto

Le caratteristiche geotecniche del volume di terreno che interagisce con l'opera sono state desunte dalle schede geotecniche e sono riportate di seguito.

$\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 23^\circ$	peso di volume naturale
$c' = 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E = 100 \text{ MPa}$	modulo in compressione vergine

La falda non influenza il regime delle spinte presenti sulla struttura.

4.1.2 Interazione terreno-struttura

Di seguito sono trattati gli aspetti di natura geotecnica riguardanti l'interazione terreno-struttura relativamente all'opera in esame.

Per la determinazione della costante di sottofondo si può fare riferimento alle seguenti formulazioni assimilando il comportamento del terreno a quello di un mezzo elastico omogeneo:

$$s = B \cdot c_t \cdot (q - \sigma_{v0}) \cdot (1 - \nu^2) / E$$

dove:

s = cedimento elastico totale;

B = lato minore della fondazione;

L = lato maggiore della fondazione;

c_t = coefficiente adimensionale di forma ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles, 1960:

$$c_t = 0.853 + 0.534 \ln(L / B) \quad \text{rettangolare con } L / B \leq 10$$

$$c_t = 2 + 0.0089(L / B) \quad \text{rettangolare con } L / B > 10$$

q = pressione media agente sul terreno;

σ_{v0} = tensione litostatica verticale alla quota di posa della fondazione;

APPALDATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7	<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>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>ID12.00.001</td> <td>B</td> <td>11 di 42</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	11 di 42
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	11 di 42								

ν = coefficiente di Poisson del terreno;

E = modulo elastico medio del terreno sottostante il tombino (media su una altezza pari a 2 B).

Il valore della costante di sottofondo k_w è valutato attraverso il rapporto tra il carico applicato ed il corrispondente cedimento pertanto, si ottiene:

$$k_w = E / [(1-\nu^2) \cdot B \cdot ct]$$

Per l'opera in esame, il modulo elastico operativo è posto pari a 1/3-1/5 del modulo E , e risulta pari a:

$$E = 24 \text{ MPa},$$

dal quale risulta, secondo le formulazioni sopra riportate, un valore della costante di sottofondo pari a:

L	E	B	c_t	ν	K_w
[m]	[MPa]	[m]	[-]	[-]	[kN/m ³]
29.90	24	3.00	2.081	0.3	4225

4.1.3 Classificazione sismica

Il valore dell'accelerazione orizzontale massima in condizioni sismiche è stato definito in accordo alle Nuove Norme Tecniche.

La categoria di suolo di fondazione viene definita sulla base della conoscenza di $c_{u,30}$. In particolare, nel caso in esame si considera una categoria di suolo di tipo **C**: *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).”*

APPALTATORE: Mandataria: salini impregilo	Mandante: ASTALDI	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
APPALTATORE: Mandataria: TECH PROJECT Ingegneria Integrata	Mandante: Lombardi						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID12.00.001	REV. B	PAGINA 12 di 42

5 CANALE

5.1 Geometria

A valle del viadotto, un canale trapezoidale, le dimensioni delle sezioni si mostra nelle seguenti sezione

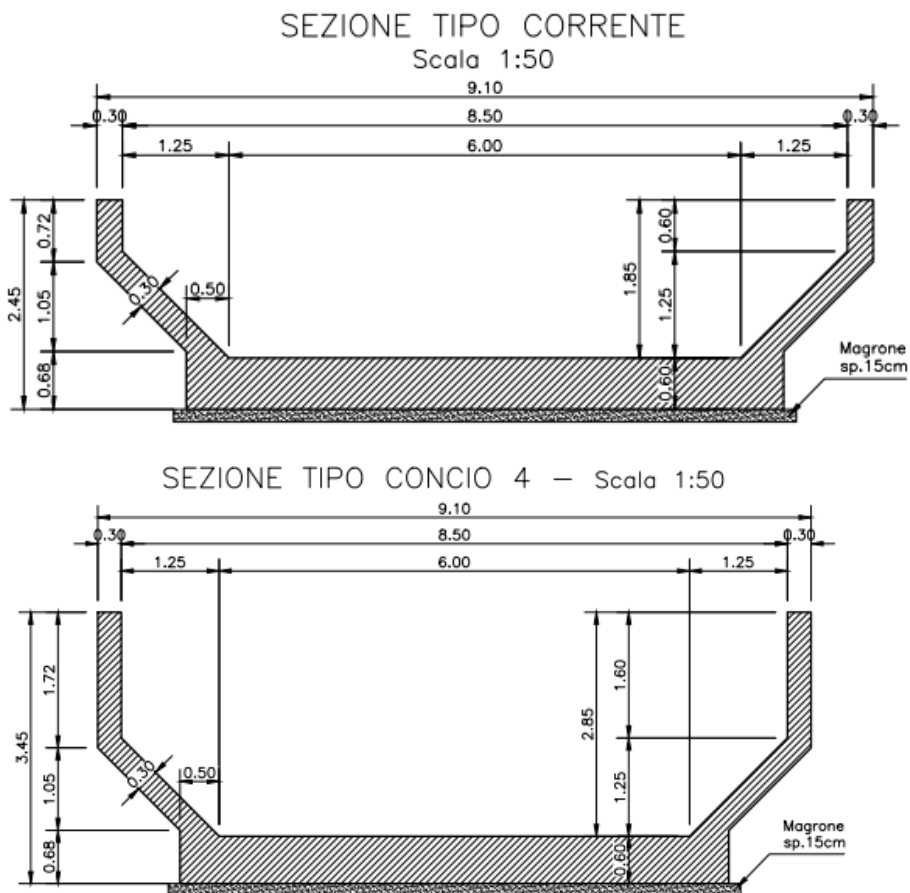


Figura 3 - Sezione trasversale -

Le caratteristiche geometriche dello scatolare aperto sono riportate nella figura seguente:

Larghezza utile	L_{int}	6,00 m
Altezza utile	h_{int}	1,85-2,85 m
Spessore muro laterale	S_p	0,30 m
Spessore soletta di fondazione	S_i	0,60 m
Larghezza striscia di calcolo – b	1.00 m	

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
	  					
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:					
	 					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID12.00.001	REV. B	PAGINA 13 di 42

5.2 Analisi dei carichi

I pesi dei materiali da costruzione e del terreno ai lati dello scatolare sono indicati nella seguente tabella.

	γ [kN/m ³]	ϕ [°]
Calcestruzzo	25.00	-
Terreno ai lati dello scatolare	20.00	35

5.2.1 Peso proprio della struttura

Il *peso proprio* delle solette e dei piedritti viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato considerando per il calcestruzzo $\gamma = 25,00$ kN/m³.

5.2.2 Spinta del terreno

La struttura è stata analizzata nella condizione di spinta a riposo. Il coefficiente di spinta è stato calcolato utilizzando la formula $K_0 = 1 - \sin\Phi'$, per cui si ottiene il valore $K_0=0,426$.

La spinta delle terre è valutata secondo la teoria di Rankine ovvero:

- **contributo peso proprio terreno:**

azione risultante:

$$\Delta S_{P,P} = \frac{1}{2} \times k \times \gamma \times H^2$$

quota risultante:

$$z_{\Delta S} = H / 3$$

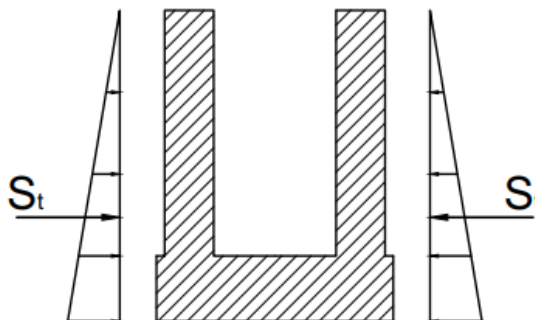


Figura 4 - Schema per il calcolo delle spinte

Si riporta di seguito l'andamento della spinta del terreno inserita nel modello di calcolo:

APPALDATORE: Mandataria: salini impregilo	Mandante: ASTALDI Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a. S.I.F.E.L.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
APPALDATORE: Mandataria: TECH PROJECT Ingegneria Integrata	Mandante: Lombardi Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti SETECO Ingegneria S.r.l.					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID12.00.001	REV. B	PAGINA 14 di 42

5.2.3 Carico accidentale

Si assume un comportamento di tipo “rigido” del manufatto calcolando pertanto le spinte in condizioni di “riposo” ($k = k_0$). Inoltre, si considera un carico variabile su terrapieno pari a $q = 20\text{kN/m}$ e, si assume angolo di attrito muro-terreno nullo.

- **contributo sovraccarico rilevato (variabile):**

azione risultante:

$$\Delta S_q = k \times q \times k$$

quota risultante:

$$z_{\Delta S} = H / 2$$

$$S = 20 \times K_0 = 8.52 \text{ kN/m}^2$$

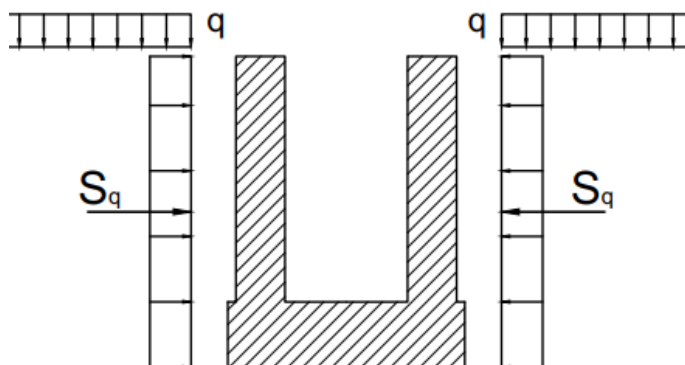


Figura 5 - Schema per il calcolo delle spinte

Tale carico è introdotto nel modello come carico uniformemente distribuito sui piedritti, la cui risultante è a quota $H/2$.

5.2.4 Azioni sismiche

Per il calcolo dell'azione sismica si è utilizzato il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k .

Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

Forza sismica orizzontale $F_h = k_h \cdot W$

Forza sismica verticale $F_v = k_v \cdot W$

I coefficienti sismici orizzontale (k_h) e verticale (k_v) vengono valutati mediante le seguenti espressioni, in accordo con quanto esposto come esposto al paragrafo 7.11.6 delle NTC08, assumendo il coefficiente β_m unitario, essendo lo scatolare una struttura che non ammette spostamenti relativi rispetto al terreno:

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

APPALTATORE: Mandatario: salini impregilo Mandante: ASTALDI Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a. S.I.F.E.L.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario: TECH PROJECT Ingegneria Integrata Mandante: Lombardi Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti SETECO Ingegneria S.r.l.													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">PROGETTO</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">PAGINA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">RS39</td> <td style="text-align: center;">1.0.V.ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">ID12.00.001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">15 di 42</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	15 di 42
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	15 di 42								

$$k_v = \pm 0,5 \times k_h$$

I parametri sismici nel caso in esame sono:

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	68	0.080	2.493	0.281
SLD	113	0.103	2.502	0.290
SLV	1068	0.322	2.358	0.466
SLC	2193	0.461	2.353	0.526

Tabella 2 Parametri azione sismica

L'accelerazione orizzontale massima attesa al sito è pari a:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 1,244 \cdot 1 \cdot 0,322g = 0,401g$$

dove:

$S_s=1,245$ Coefficiente di amplificazione stratigrafica

$S_T=1,00$ Coefficiente di amplificazione topografica

ne deriva che:

$$k_h = a_{max}/g = \mathbf{0,401}$$

$$k_v = \pm 0,5 \times k_h = \mathbf{0,20}$$

5.2.4.1 Spinta sismica terreno

Le spinte delle terre, considerando lo scatolare una struttura rigida e priva di spostamenti (par. 7.11.6.2.1 D.M. 14.01.08), sono state determinate con la teoria di Wood, secondo la quale la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma su una parete di altezza H viene determinata con la seguente espressione:

$$\Delta S_e = (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot H^2$$

e va a sommarsi alle condizioni statiche valutate in condizioni di spinta a riposo. Tale risultante, applicata ad un'altezza pari ad H/2, si è considerata agente su uno solo dei piedritti dell'opera.

APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>ID12.00.001</td> <td>B</td> <td>16 di 42</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	16 di 42
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	16 di 42								



Figura 6 - Schema per il calcolo delle spinta sismica del terreno (sisma da SX e sisma da DX)

Nel modello di calcolo, si è applicato il valore della forza sismica per unità di superficie agente su un piedritto, pari a:

$$\Delta S_E = (a_{\max}/g) \cdot \gamma \cdot H$$

con H pari all'altezza dal piano di progetto alla fondazione del tombino aperto.

5.3 COMBINAZIONI DI CARICO

Le verifiche di sicurezza strutturali e geotecniche sono state condotte utilizzando combinazioni di carico definite in ottemperanza alle NTC08, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3 e 5.1.3.12. Di seguito sono mostrati i coefficienti parziali di sicurezza utilizzati allo SLU ed i coefficienti di combinazione adoperati per i carichi variabili nella progettazione delle strutture da ponte.

Combinazione fondamentale

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

Tabella 3 - Combinazioni di carico SLU (non sismiche)

Combinazioni di carico SLU (non sismiche)		
	SLU1	SLU2
Peso proprio	1	1.35
Spinta statica terreno da sinistra	1.35	1.35
Spinta statica terreno da destra	1.35	1.35
Spinta accidentale terreno da sinistra	1.5	1.5
Spinta accidentale terreno da destra	1.5	1.5

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>ID12.00.001</td> <td>B</td> <td>17 di 42</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	17 di 42
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	17 di 42								

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

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

dove:

$$E = \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.30 \times E_Z \quad \text{oppure} \quad E = \pm 0.30 \times E_Y \pm 1.00 \times E_Z$$

avendo indicato con E_Y e E_Z rispettivamente le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica.

Tabella 4 - Combinazioni di carico sismiche

Combinazioni di Carico Sismiche				
	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4
Peso proprio	1	1	1	1
Spinta statica terreno da sinistra	1	1	1	1
Spinta statica terreno da destra	1	1	1	1
Spinta accidentale terreno da sinistra				
Spinta accidentale terreno da destra				
Sismica SLV (orizzontale da sinistra)	1		0.3	
Sismica SLV (orizzontale da destra)		1		0.3
Sovrappinta sismica Sx	1		0.3	
Sovrappinta sismica Dx		1		0.3
Sismica SLV (verticale)	0.3	0.3	1	1

Si riportano infine, le combinazioni di carico agli stati limite di esercizio SLE ritenute più significative ed utilizzate per le verifiche a fessurazione.

Combinazione rara

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

Tabella 5–Combinazioni di carico SLE – rara

Combinazioni di carico SLE	
	SLE
Peso proprio	1
Spinta statica terreno da sinistra	1
Spinta statica terreno da destra	1
Spinta accidentale terreno da sinistra	1
Spinta accidentale terreno da destra	1

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
	  						
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
	 						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID12.00.001	REV. B	PAGINA 18 di 42

5.4 MODELLO DI CALCOLO

Il modello di calcolo attraverso il quale è stata schematizzata la struttura è quello di telaio chiuso su letto di molle alla Winkler. Il programma di calcolo utilizzato è un programma ad elementi finiti, il MidasGen 2018, v. 2.1, sviluppato dalla società MIDAS Information Technology Co., Ltd. (Seongnam, Gyeonggi-do, 463-824, Korea).

Le caratteristiche delle aste modellate con elementi frame sono le seguenti:

Muri laterali = Sezione 100 x 30 cm

Soletta di fondazione = Sezione 100 x 60 cm

Sono stati elaborati due modelli di calcolo in base alle sezioni Tipologica, e la sezione del concio 4 I modelli sono illustrati nella Figura 8.

La modellazione dei piedritti è stata effettuata mediante un insieme di aste; la discretizzazione adottata ha consentito un calcolo più preciso delle caratteristiche delle sollecitazioni indotte dai carichi di forma trapezia (o triangolare) rappresentati dalle spinte del terreno.

L'opera è stata considerata vincolata alla base mediante dei vincoli cedevoli in funzione delle caratteristiche elastiche del terreno di sottofondo. la costante di sottofondo è pari a: $k_w = 4225 \text{ kN/m}^3$.

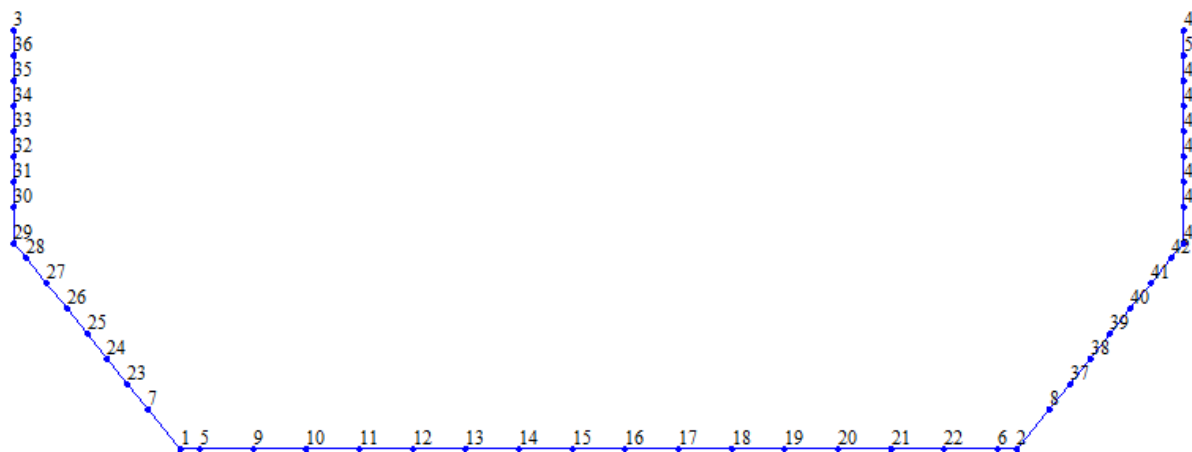


Figura 7 – Modello ad elementi finiti del canale

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
	  					
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:					
	 	PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VI17				
PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID12.00.001	REV. B	PAGINA 19 di 42	

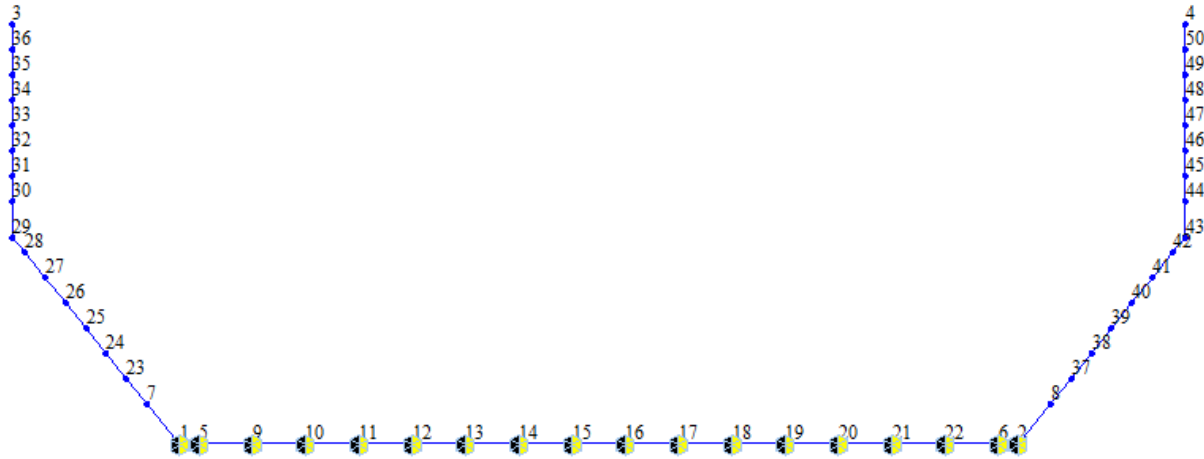


Figura 8 Vincoli applicati al modello a elementi finiti del canale (point spring)

Al fine di rimuovere la labilità strutturale, vengono disposte in corrispondenza di tutti i nodi della soletta inferiore delle molle orizzontali di rigidezza pari a 1/3 della rigidezza verticale delle molle corrispondenti.

Il modello di calcolo viene sviluppato considerando la linea d'asse degli elementi strutturali, con conseguente dimensionamento geometrico in base alle sezioni valutate:

Sezione	b_{int}	$b_{modello}$	h_{int}	$h_{modello}$
	[m]	[m]	[m]	[m]
VI17	6.00	6.30	2.85	3.05
Tipologico	6.00	6.30	1.85	2.05

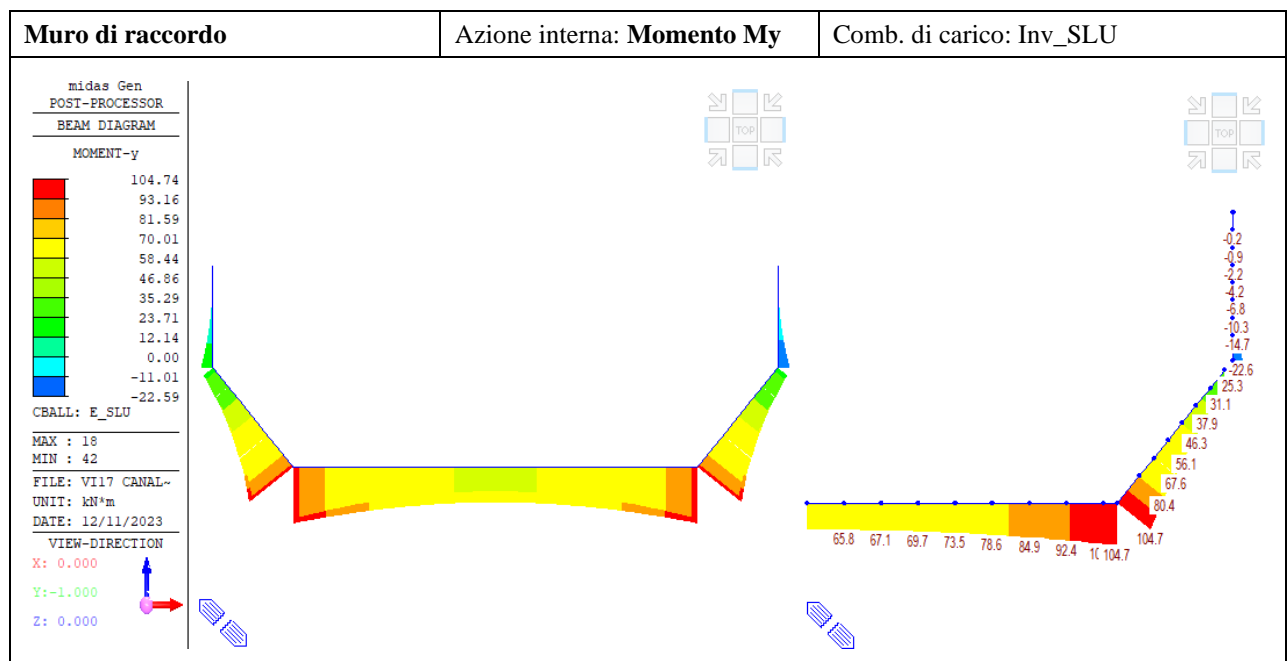
APPALTATORE: Mandataria: salini impregilo	Mandante: ASTALDI Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a. S.I.F.E.L.	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
APPALTATORE: Mandataria: TECH PROJECT Ingegneria Integrata	Mandante: Lombardi Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti SETECO Ingegneria S.r.l.					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID12.00.001	REV. B	PAGINA 20 di 42

5.5 ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI

Di seguito si riportano i diagrammi di involuppo delle caratteristiche delle sollecitazioni di Flessione, Taglio, ottenuti rispettivamente per:

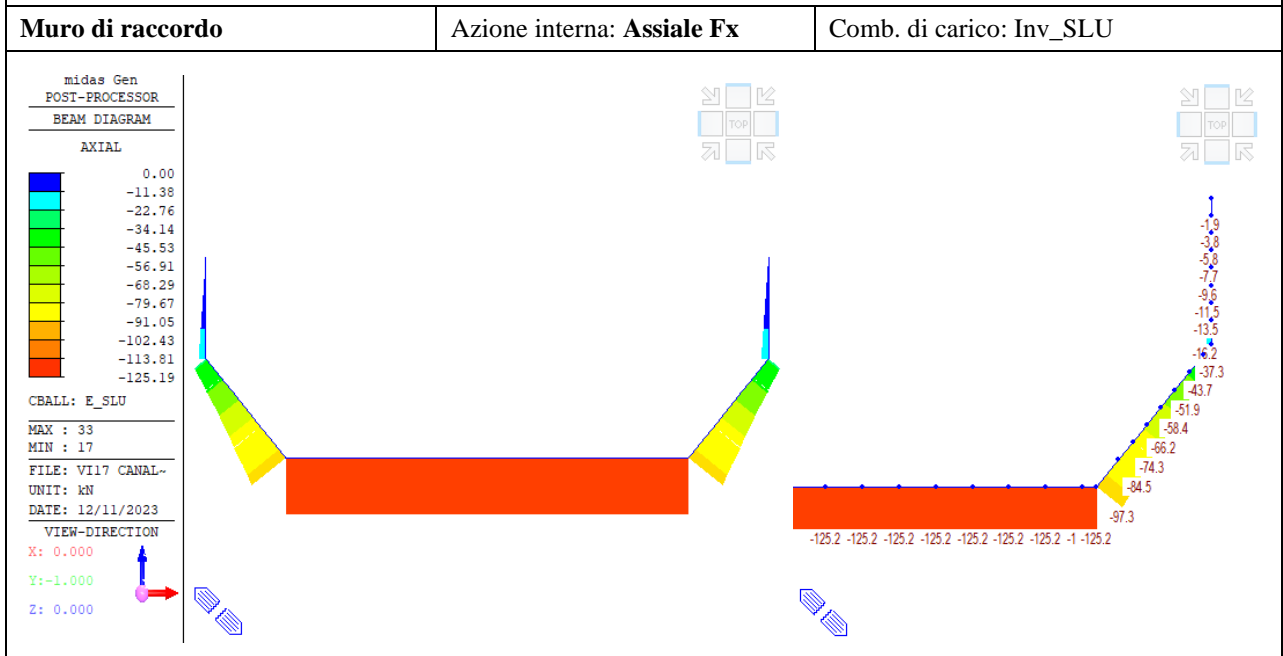
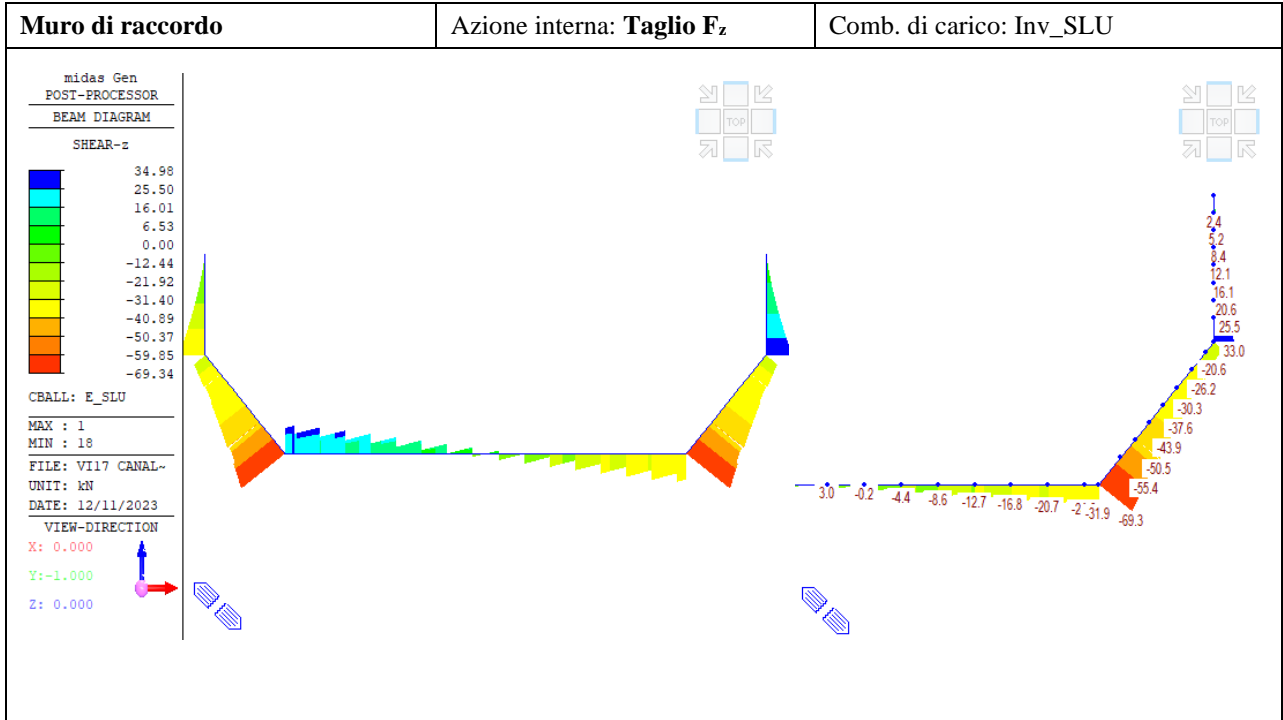
- le combinazioni delle azioni per le verifiche agli SLU (Inv_SLU)
- le combinazioni delle azioni in presenza si sisma, co (Inv_SLV)
- le combinazioni delle azioni per le verifiche agli SLE

5.5.1 Sezione concio 4



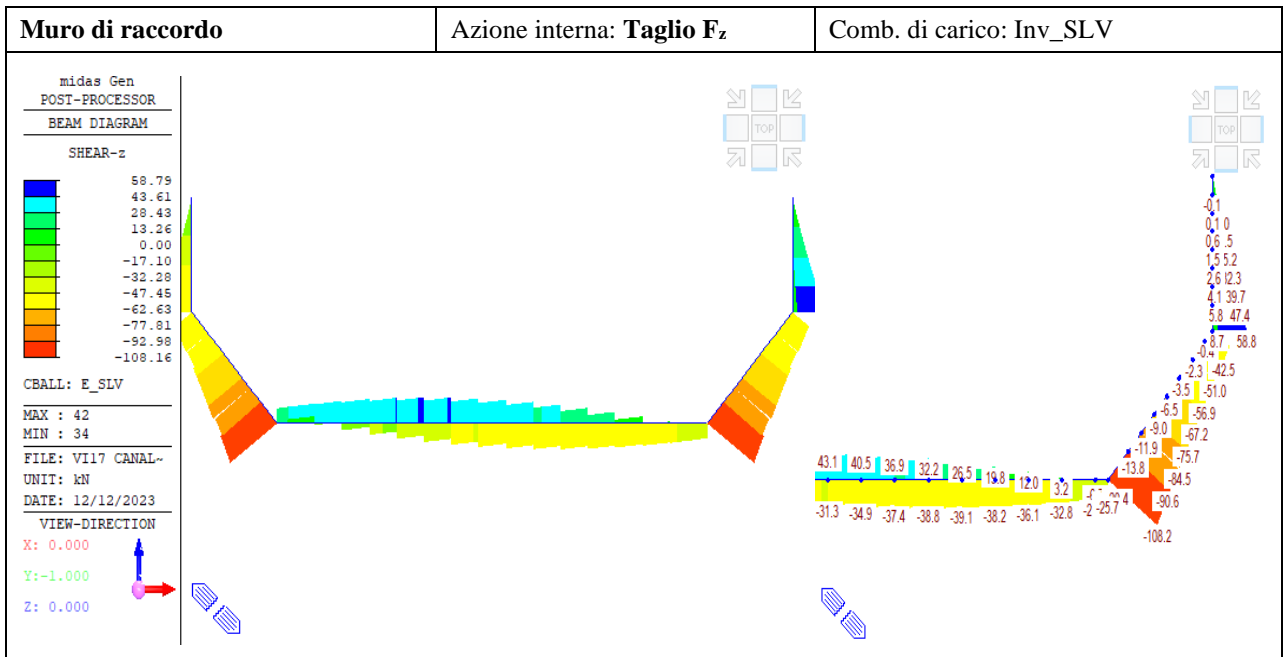
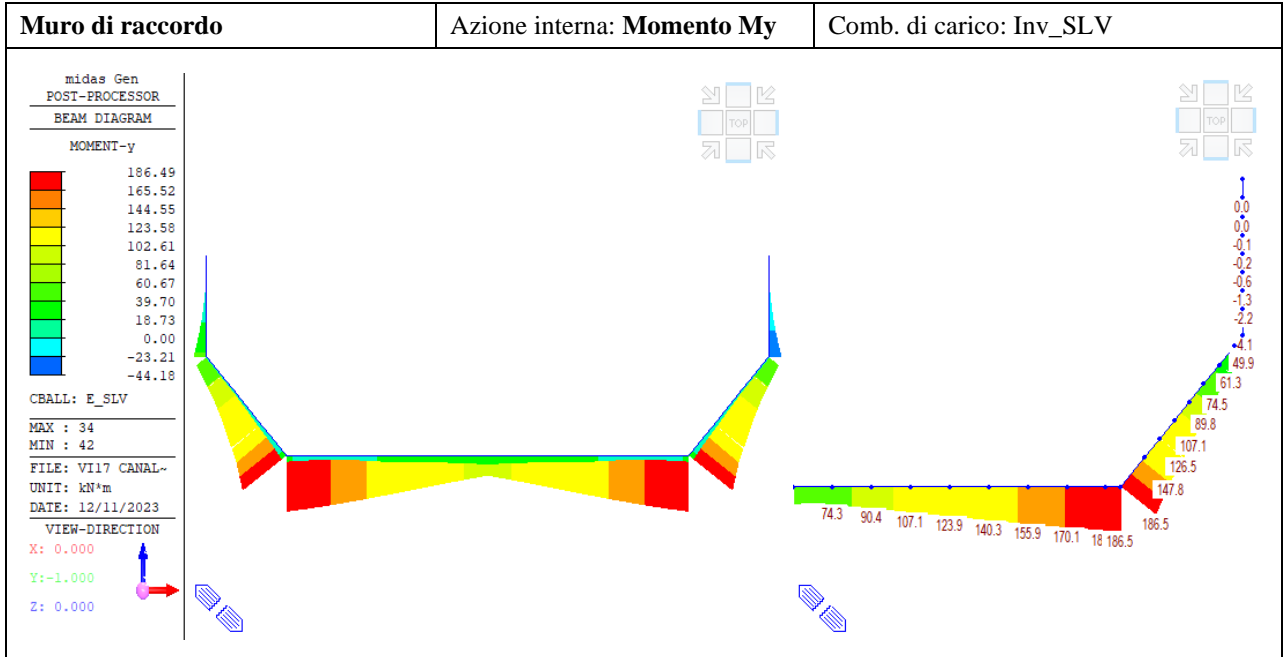
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VI17		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID12.00.001	REV. B	PAGINA 21 di 42

**DIRETTRICE FERROVIARIA
 MESSINA - CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO
 PALERMO – CATANIA
 RADDOPPIO DELLA TRATTA
 BICOCCA – CATENANUOVA**



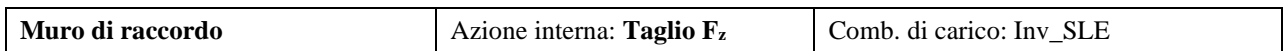
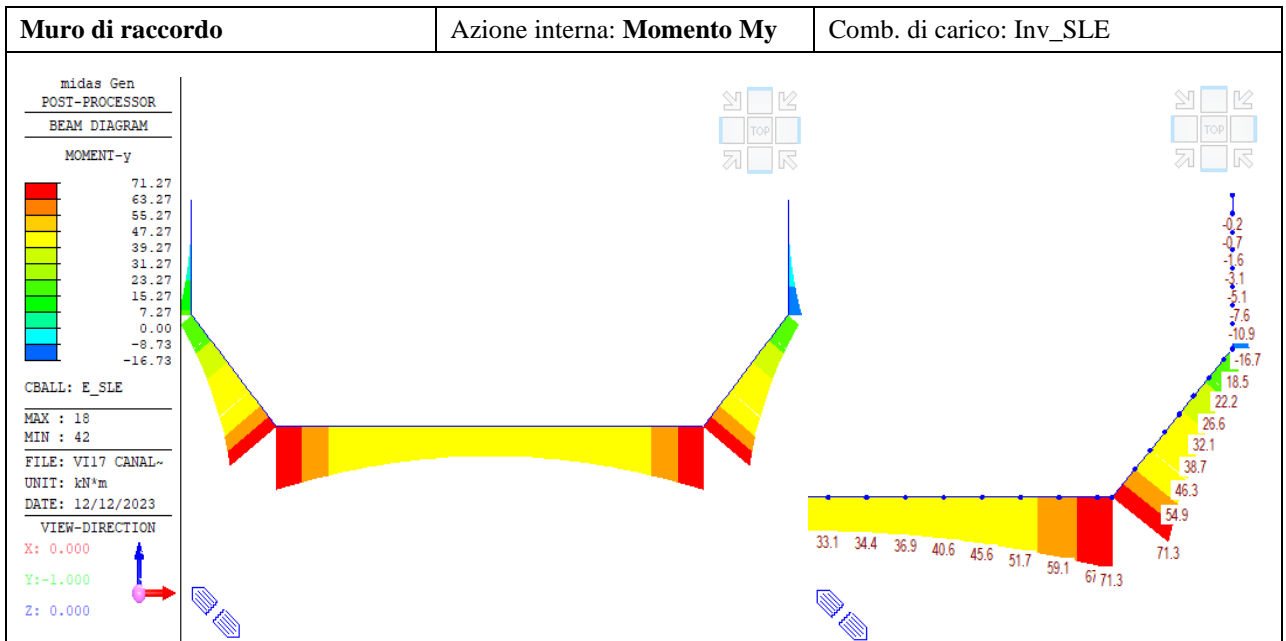
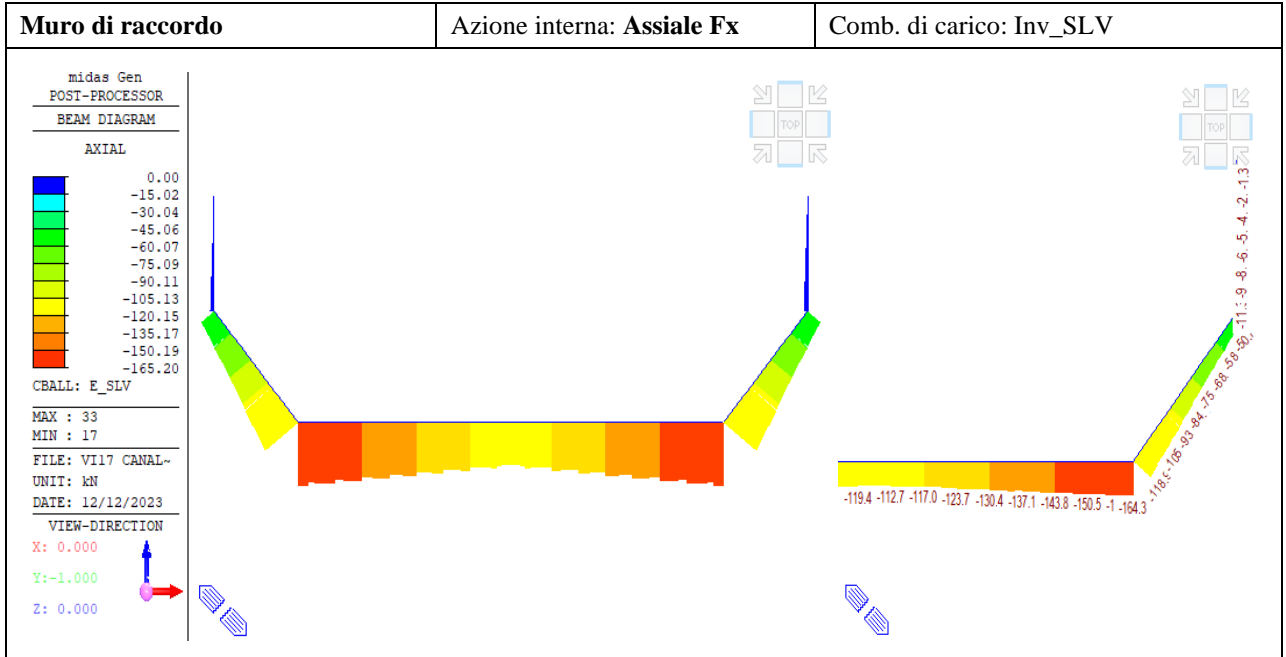
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID12.00.001	REV. B	PAGINA 22 di 42

**DIRETTRICE FERROVIARIA
 MESSINA - CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO
 PALERMO – CATANIA
 RADDOPPIO DELLA TRATTA
 BICOCCA – CATENANUOVA**



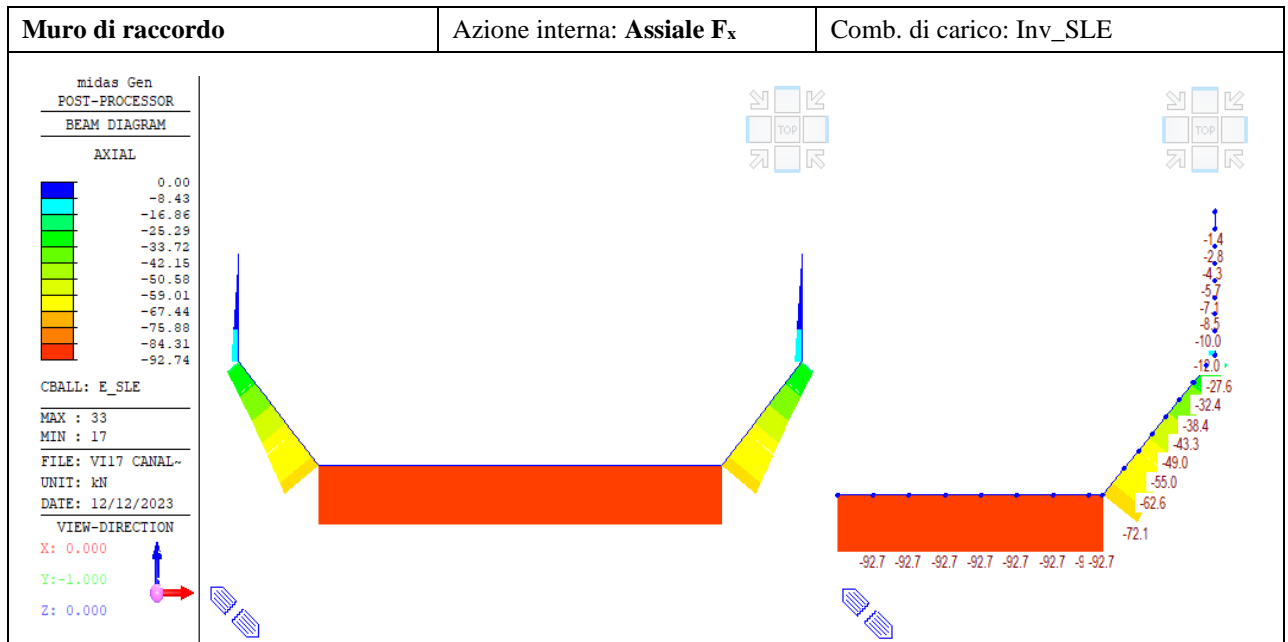
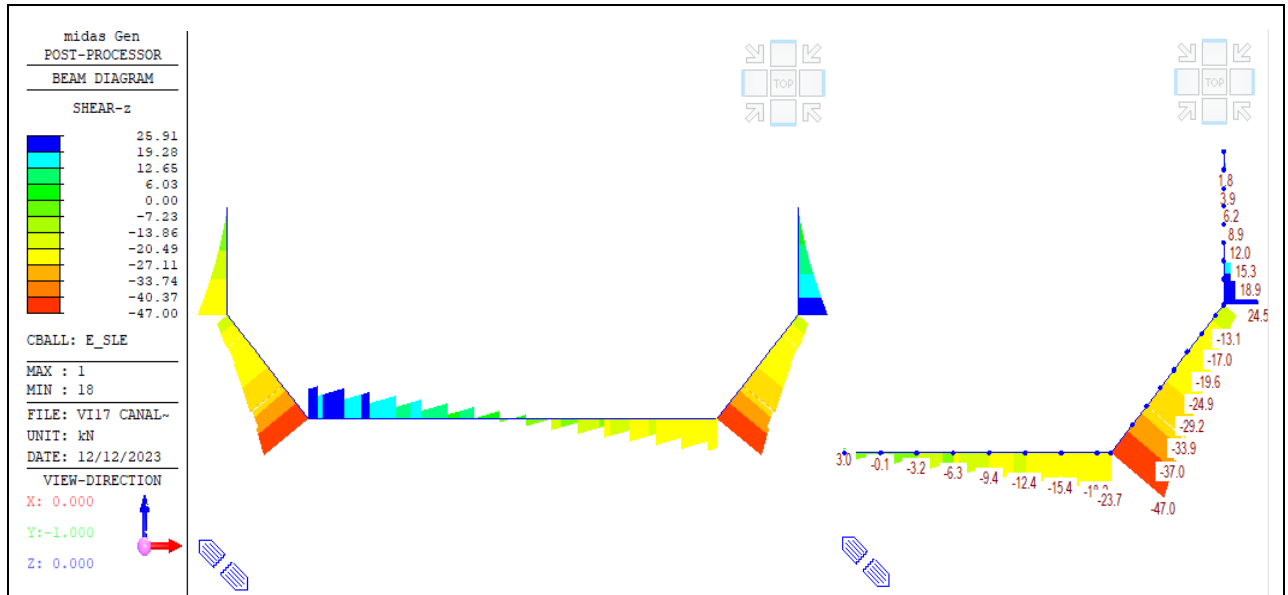
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
							
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
							
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID12.00.001	REV. B	PAGINA 23 di 42

**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**



APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
		RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	24 di 42

**DIRETTRICE FERROVIARIA
 MESSINA - CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO
 PALERMO – CATANIA
 RADDOPPIO DELLA TRATTA
 BICOCCA – CATENANUOVA**

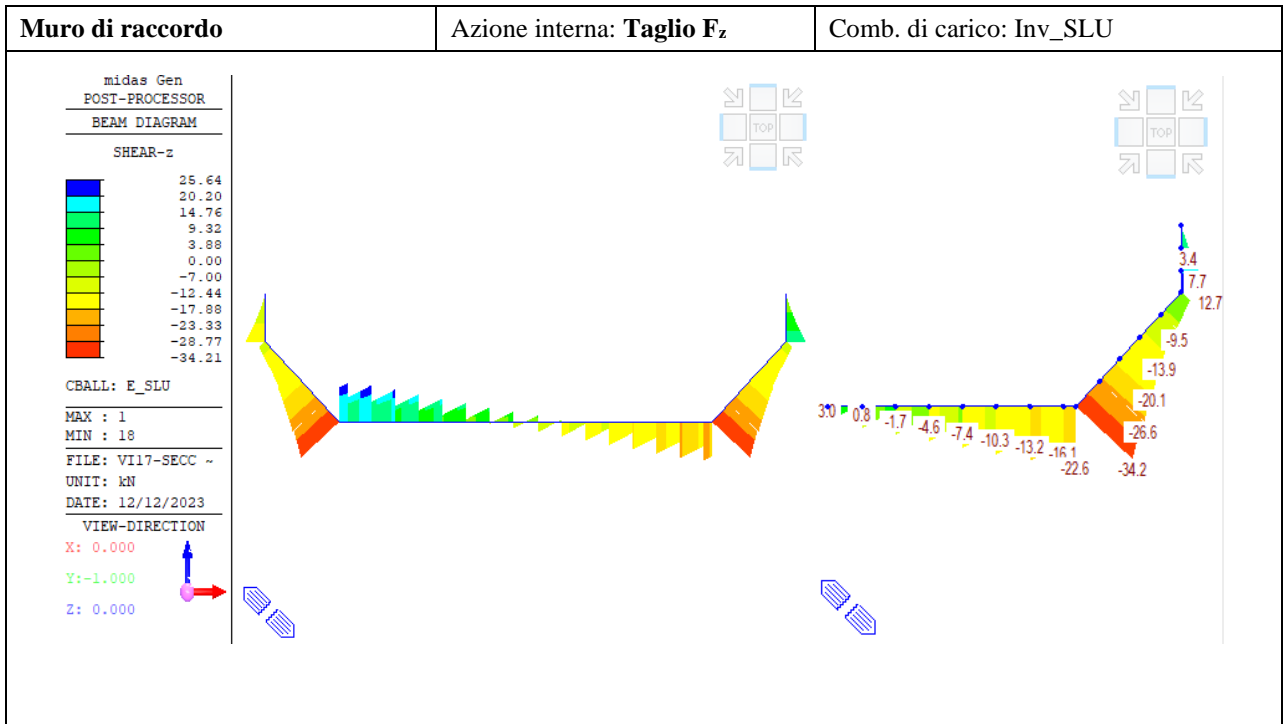
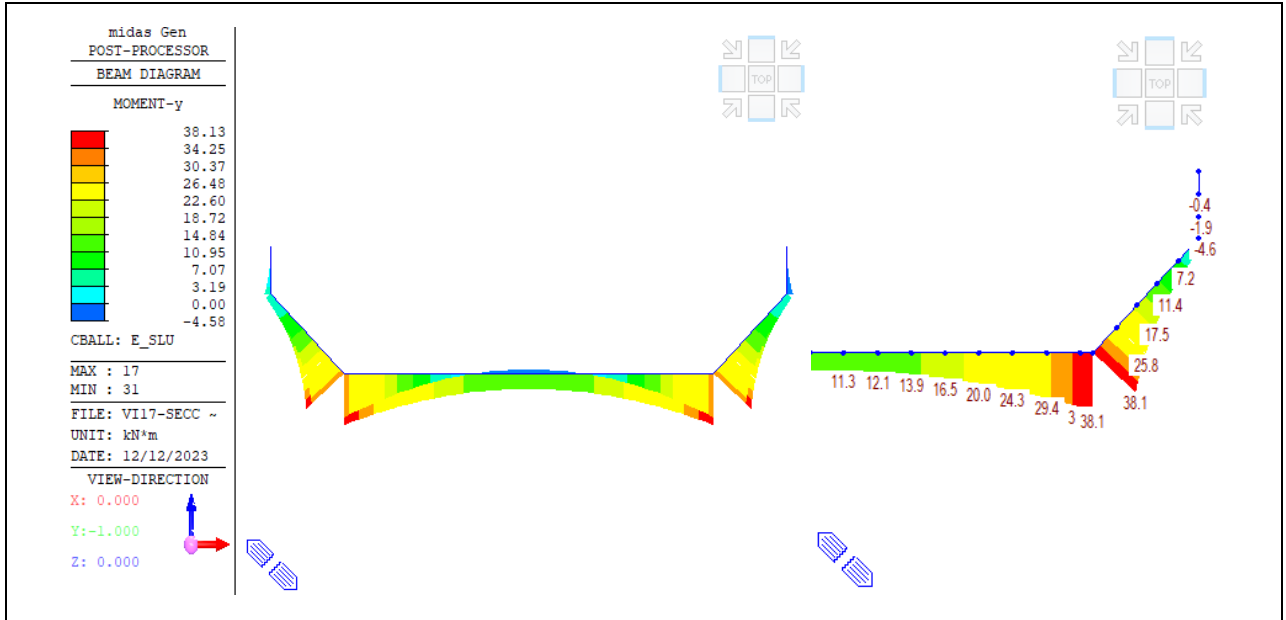


5.5.2 Sezione Corrente

Muro di raccordo	Azione interna: Momento M_y	Comb. di carico: Inv_SLU
-------------------------	--	--------------------------

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
							
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
							
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VI17		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID12.00.001	REV. B	PAGINA 25 di 42

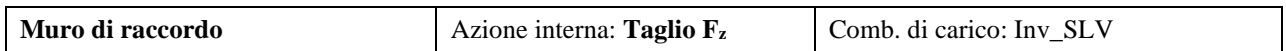
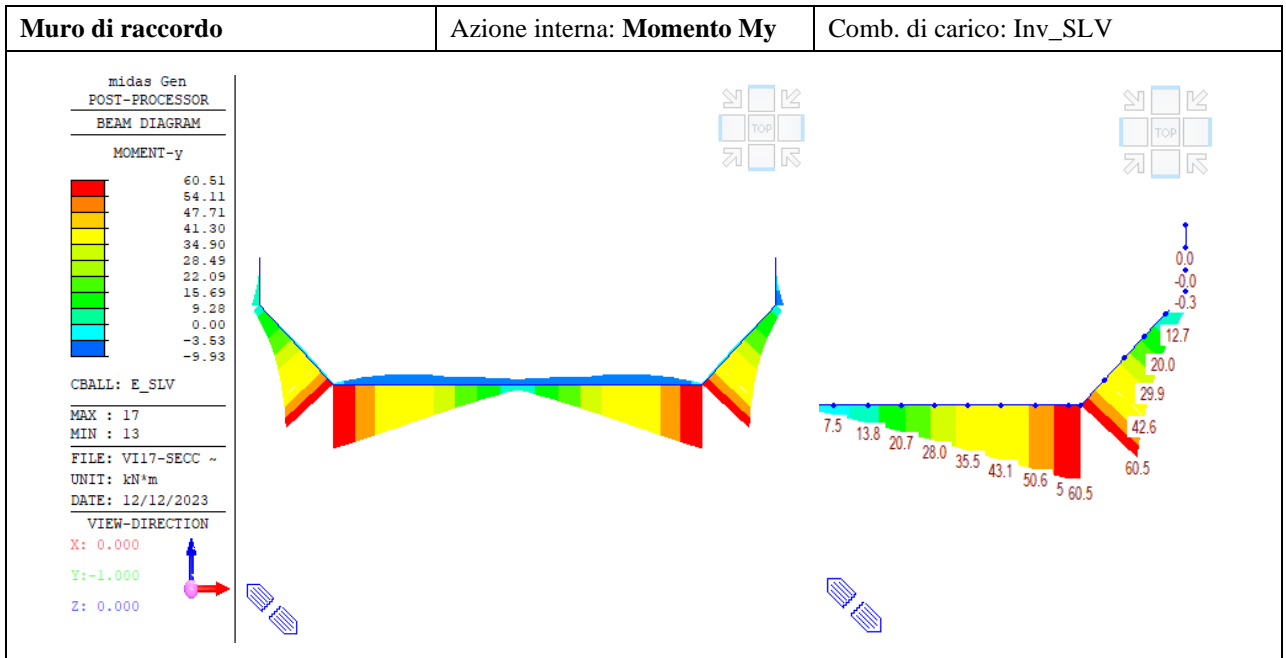
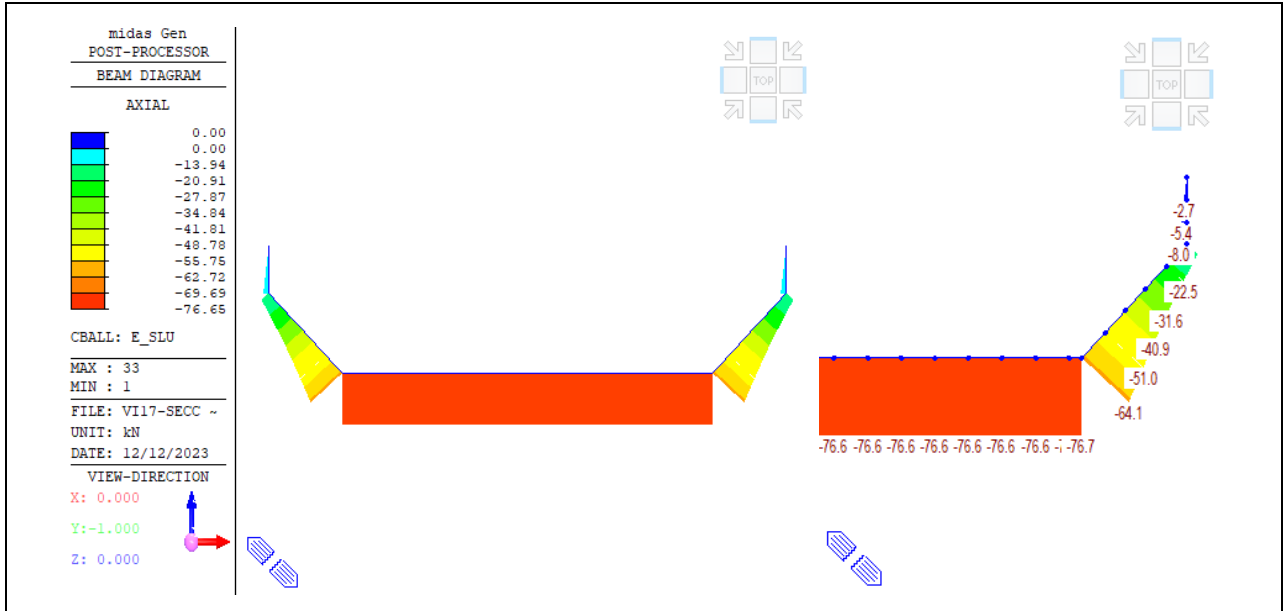
**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**



Muro di raccordo	Azione interna: Assiale Fx	Comb. di carico: Inv_SLU
-------------------------	-----------------------------------	--------------------------

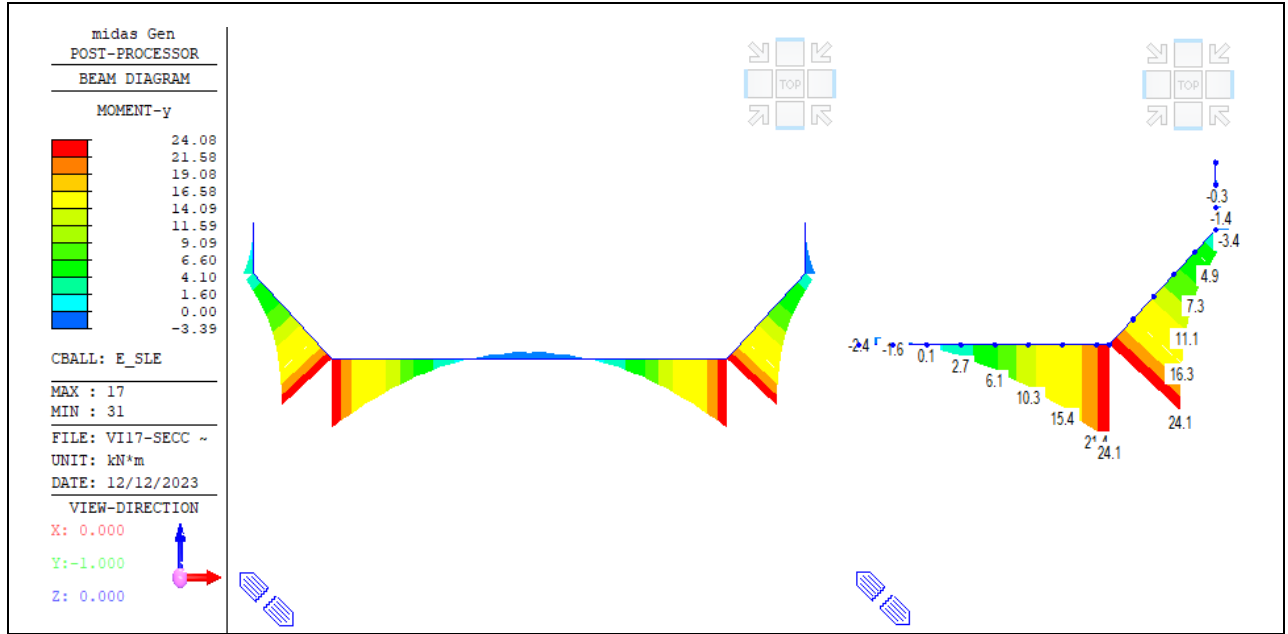
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID12.00.001	REV. B	PAGINA 26 di 42

**DIRETTRICE FERROVIARIA
 MESSINA - CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO
 PALERMO – CATANIA
 RADDOPPIO DELLA TRATTA
 BICOCCA – CATENANUOVA**



APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	   					
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	  					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID12.00.001	REV. B	PAGINA 28 di 42

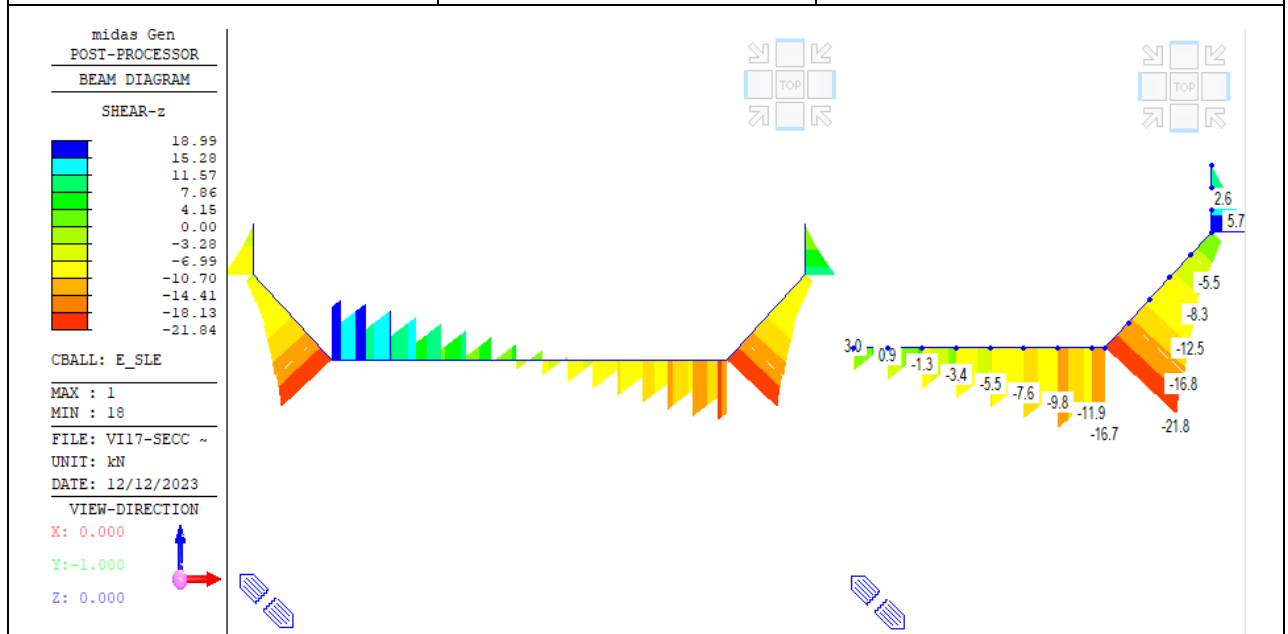
**DIRETTRICE FERROVIARIA
 MESSINA - CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO
 PALERMO – CATANIA
 RADDOPPIO DELLA TRATTA
 BICOCCA – CATENANUOVA**



Muro di raccordo

Azione interna: **Taglio F_z**

Comb. di carico: Inv_SLE



Muro di raccordo

Azione interna: **Assiale F_x**

Comb. di carico: Inv_SLE

APPALTATORE:
Mandataria: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.** **S.I.F.E.L.**

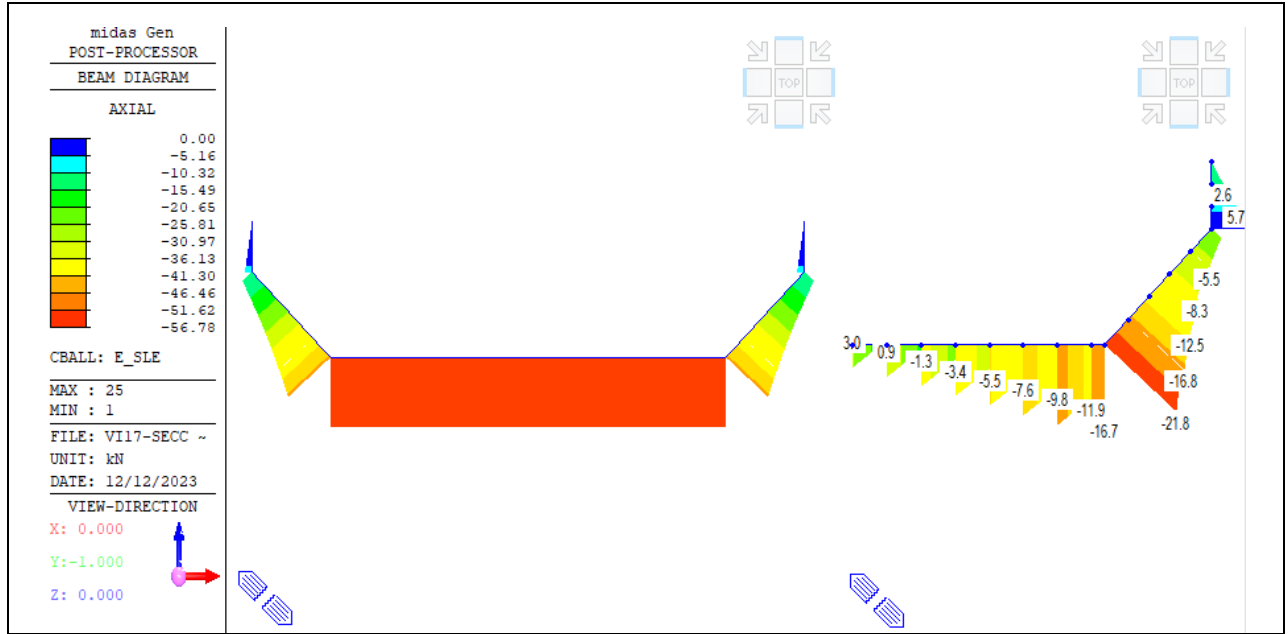
**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**

APPALTATORE:
Mandataria: **TECH PROJECT** **Ingegneria Integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **SETECO** **Ingegneria S.r.l.**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
Relazione di calcolo Strutturale canale VII7

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	29 di 42



APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
   						
APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:					
  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID12.00.001	REV. B	PAGINA 30 di 42

5.6 VERIFICHE SLU

Sulla base dei digrammi delle azioni interne riportati nei paragrafi precedenti, si effettua la verifica flessionale e a taglio allo stato limite ultimo della fondazione e dei muri laterali.

Nella seguente figura sono riportate le sezioni oggetto di verifica, i valori delle sollecitazioni massime sono riportati nelle tabelle corrispondenti ad ogni sezione di canale. Poiché il canale è stato modellato ad assi degli elementi, i risultati sono ricavati nel nodo che ubicato all'estradosso lo spessore delle pareti e della soletta.

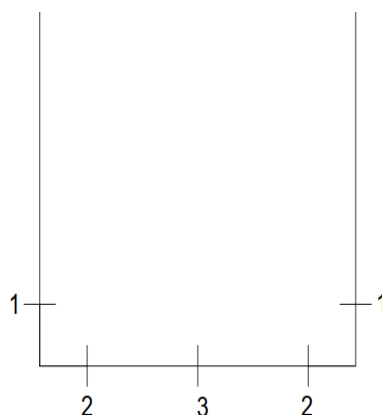


Figura 9 – Sezioni di verifica

Il modello è sviluppato considerando la linea d'asse degli elementi strutturali, si considerano le sollecitazioni agenti a filo interno degli elementi.

5.6.1 Verifica a pressoflessione.

Le verifiche a pressoflessione sono state effettuate con l'ausilio del software commerciale PresFle+ distribuito dalla Concrete s.r.l. A vantaggio di sicurezza, nelle verifiche è stato trascurato lo sforzo normale. Il copriferro netto di calcolo è assunto pari a 4 cm.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti:

5.6.1.1 Sezione tipo concio 4

Tabella 6 - Sollecitazioni di verifica SLU

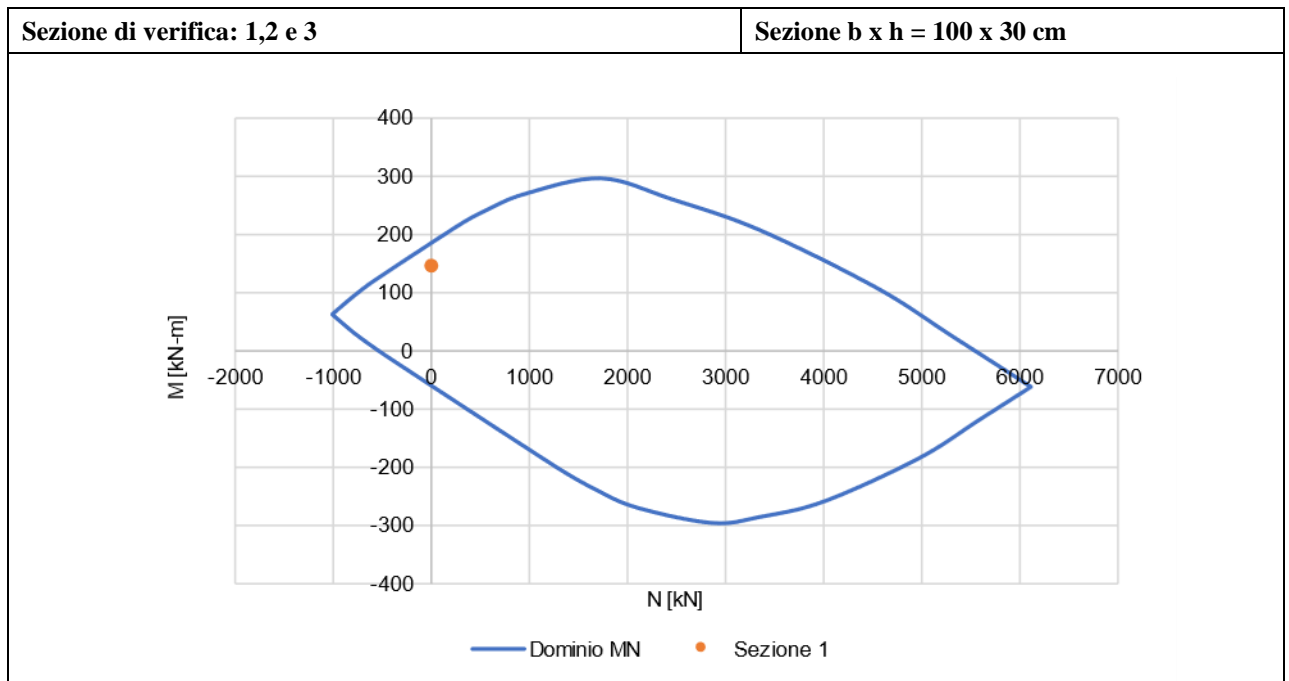
Sezione	M_{max}	$N_{corrisp}$	T_{max}
	[kNm]	[kN]	[kN]
1	147.80	105.80	90.60
2	170.10	150.00	35.00
3	74.30	103.00	43.10

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
	  													
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:													
	 													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7		<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>ID12.00.001</td> <td>B</td> <td>31 di 42</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	31 di 42
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA									
RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	31 di 42									

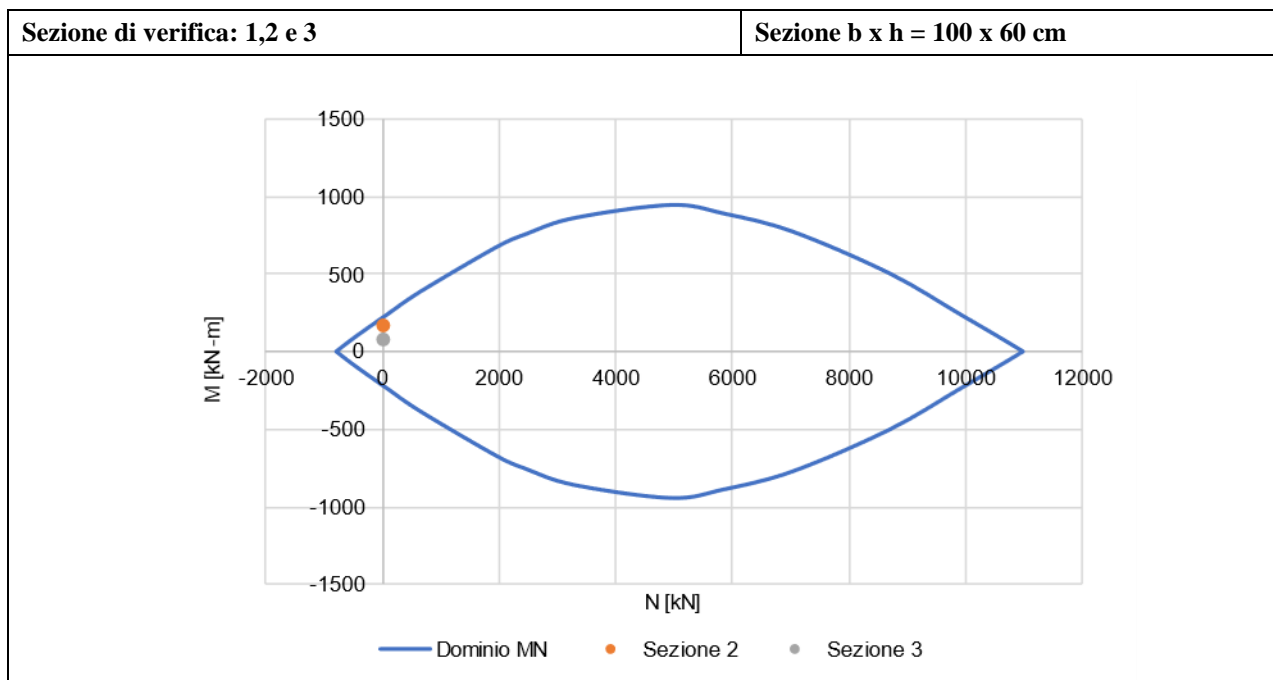
I risultati ottenuti sono riassunti nella seguente tabella:

Tabella 7 - Verifiche di resistenza a pressoflessione

Sezione	M_{max}	N_{corrip}	b	h	$A_{s,sup}$	$A_{s,inf}$	M_r	c.s
	[kNm]	[kN]	[cm]	[cm]	[-]	[-]	[kNm]	[-]
1	147.80	-	100	30	1Φ16/10	1Φ12/20	163	1.10
2	170.10	-	100	60	1Φ16/20	1Φ16/20	215	1.26
3	74.30	-	100	60	1Φ16/20	1Φ16/20	215	2.89



APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA						
   	 							
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID12.00.001	REV. B	PAGINA 32 di 42



5.6.1.2 Sezione tipo corrente








Tabella 8 - Sollecitazioni di verifica SLU

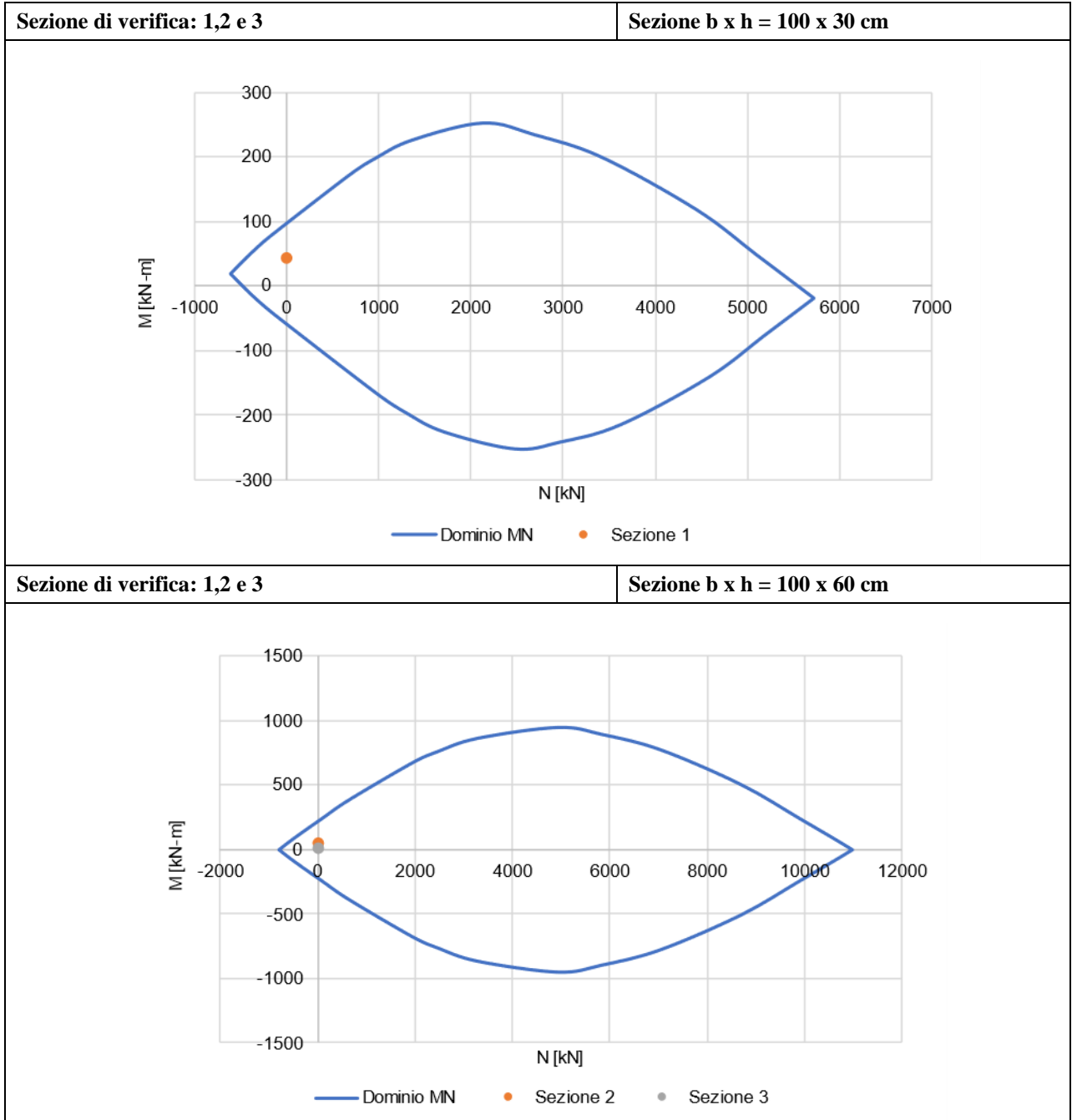
Sezione	M_{max}	$N_{corrisp}$	T_{max}
	[kNm]	[kN]	[kN]
1	42.60	57.70	39.60
2	50.60	85.90	25.60
3	11.30	54.70	18.60

I risultati ottenuti sono riassunti nella seguente tabella:

Tabella 9 - Verifiche di resistenza a pressoflessione

Sezione	M_{max}	$N_{corrisp}$	b	h	$A_{s,sup}$	$A_{s,inf}$	M_r	c.s
	[kNm]	[kN]	[cm]	[cm]	[-]	[-]	[kNm]	[-]
1	42.60	-	100	30	1Φ16/20	1Φ12/20	94	2.21
2	50.60	-	100	60	1Φ16/20	1Φ16/20	215	4.25
3	11.30	-	100	60	1Φ16/20	1Φ16/20	215	19.03

APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
	  					
APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:					
	 					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID12.00.001	REV. B	PAGINA 33 di 42



5.6.1.3 Verifiche a taglio

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>ID12.00.001</td> <td>B</td> <td>34 di 42</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	34 di 42
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	34 di 42								

La resistenza a taglio V_{Rd} della membratura priva di armatura specifica risulta pari a:

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

Dove:

- $v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$;
- $k = 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2$;
- $\rho_1 = A_{sw} / (b_w \cdot d)$
- d = altezza utile per piedritti soletta superiore ed inferiore;
- $b_w = 1000$ mm larghezza utile della sezione ai fini del taglio.

In presenza di armatura, invece, la resistenza a taglio V_{Rd} è il minimo tra la resistenza a taglio trazione V_{Rsd} e la resistenza a taglio compressione V_{Rcd}

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot \frac{(\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta)}{(1 + \text{ctg}^2\theta)}$$

I risultati ottenuti dalle verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate per la struttura in esame sono riepilogati nelle seguenti tabelle.

5.6.1.4 Sezione tipo concio 4

Tabella 10 - Verifiche di resistenza a taglio

Sezione	[-]	1	2	3
	[b x h]	1.00x0.30m	1.00x0.60m	1.00x0.60m
γ_c	[-]	1.50	1.50	1.50
R_{ck}	[N/mm ²]	37	37	37
f_{ck}	[N/mm ²]	31	31	31
b_w	[mm]	1000	1000	1000
d	[mm]	240	540	540
σ_{cp}	[N/mm ²]	0.00	0.00	0.00
$\phi 1$	[mm]	16	16	16
$\phi 2$	[mm]	0	0	0

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7	<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 style="text-align: center;">RS39</td> <td style="text-align: center;">1.0.V.ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">ID12.00.001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">35 di 42</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	35 di 42
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	35 di 42								

n1	[-]	10	5	5
n2	[-]	0	0	0
A _s	[mm ²]	2010	1005	1005
ρ _L	[-]	0.008	0.002	0.002
k	[-]	1.91	1.61	1.61
V _{Rd}	[kN]	163	186	186
V _{Rd,min}	[kN]	123	214	214
V _{Rd,eff}	[kN]	163	214	214
V _{Sd}	[kN]	90.60	35.00	43.10
c.s.	[-]	1.79	6.11	4.96

5.6.1.5 Sezione tipo corrente

Tabella 11 - Verifiche di resistenza a taglio

Sezione	[-]	1	2	3
	[b x h]	1.00x0.30m	1.00x0.60m	1.00x0.60m
γ _c	[-]	1.50	1.50	1.50
R _{ck}	[N/mm ²]	37	37	37
f _{ck}	[N/mm ²]	31	31	31
b _w	[mm]	1000	1000	1000
d	[mm]	240	540	540
σ _{cp}	[N/mm ²]	0.00	0.00	0.00
φ1	[mm]	16	16	16
φ2	[mm]	0	0	0
n1	[-]	5	5	5
n2	[-]	0	0	0
A _s	[mm ²]	1005	1005	1005
ρ _L	[-]	0.004	0.002	0.002
k	[-]	1.91	1.61	1.61
V _{Rd}	[kN]	129	186	186
V _{Rd,min}	[kN]	123	214	214
V _{Rd,eff}	[kN]	129	214	214
V _{Sd}	[kN]	39.60	25.60	18.60
c.s.	[-]	3.26	8.35	11.49

La verifica a taglio delle sezioni in c.a. senza armatura a taglio risulta soddisfatta. Al fine di rispettare i limiti di normativa nelle pareti laterali (ossia 9 spilli/mq), si predispongono legature Φ10/20x40.

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>ID12.00.001</td> <td>B</td> <td>36 di 42</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	36 di 42
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	36 di 42								

5.7 VERIFICHE SLE

5.7.1 Verifiche a fessurazione

Per le verifiche di fessurazione, come indicato nel paragrafo 4.3.3., il valore limite di apertura della fessura, per la combinazione di azioni prescelta, calcolato al livello considerato è pari ai seguenti valori nominali:

$$- w_1 \leq 0.2\text{mm};$$

In questo caso si verifica se le sezioni valutate nell'ambito della combinazione di servizi si incrinano.

5.7.1.1 Sezione tipo corrente

Tabella 12 - Verifica della sezione fessurata

<i>Combinazione</i>	[-]	SLE	SLE	SLE
<i>Opera</i>	[-]	VII7	VII7	VII7
<i>Elemento</i>	[-]	Piedritti	Fondazione	Losa
<i>Sezione</i>	[-]	1	2	3
<i>Sollecitazione</i>	[-]	Flessione	Flessione	Flessione
b	[mm]	1000	1000	1000
h	[mm]	300	600	600
A	[mm ²]	3.000E+05	6.000E+05	6.000E+05
W	[mm ³]	1.500E+07	6.000E+07	6.000E+07
f _{ck}	[MPa]	30.0	30.0	30.0
f _{ctm}	[MPa]	2.90	2.90	2.90
σ _{ct,amm}	[MPa]	2.90	2.90	2.90
N	[kN]	37.80	56.80	56.80
M _{max}	[kN-m]	16.30	21.40	2.40
M _{ff}	[kN-m]	45.34	179.47	179.47
		Fessurato	No	No

$$* \text{trazione} = f_{cm}/1.2 \quad \text{flessione} = 1.20 f_{cm}/1.20$$

Le sollecitazioni di flessione della sezione 1 sono superiori al momento di fessurazione, pertanto la dimensione della fessura viene rivista.

APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA						
   	 							
APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:	PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VI17	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID12.00.001	REV. B	PAGINA 37 di 42

Tabella 13 - Verifiche a fessurazione

Verifiche a fessurazione SLE									
Sezione	Mmax	Ncorrisp	b	h	As,sup	As,inf	wd	wi	wd<wi
	[kNm]	[kN]	[cm]	[cm]	[-]	[-]	[mm]	[mm]	[verifica]
1	16.3	37.8	100	30	1Φ16/20	1Φ12/20	-	0.2	OK
2	21.4	56.8	100	60	1Φ16/20	1Φ16/20	-	0.2	OK
3	-2.4	56.8	100	60	1Φ16/20	1Φ16/20	-	0.2	OK

Poiché la combinazione di carichi di servizio non genera alcuna cricca, viene verificata la dimensione della cricca.

5.7.1.2 Sezione concio 4

Tabella 14 - Verifica della sezione fessurata

<i>Combinazione</i>	[-]	SLE	SLE	SLE
<i>Opera</i>	[-]	VI17	VI17	VI17
<i>Elemento</i>	[-]	Piedritti	Fondazione	Losa
<i>Sezione</i>	[-]	1	2	3
<i>Sollecitazione</i>	[-]	Flessione	Flessione	Flessione
b	[mm]	1000	1000	1000
h	[mm]	300	600	600
A	[mm ²]	3.000E+05	6.000E+05	6.000E+05
W	[mm ³]	1.500E+07	6.000E+07	6.000E+07
f _{ck}	[MPa]	30.0	30.0	30.0
f _{ctm}	[MPa]	2.90	2.90	2.90
σ _{ct,amm}	[MPa]	2.90	2.90	2.90
N	[kN]	72.10	33.50	33.50
M _{max}	[kN-m]	71.30	71.30	0.10
M _{fr}	[kN-m]	47.05	177.14	177.14
Fessurato		Si	No	No

* trazione = $f_{ctm}/1.2$ flessione $1.20f_{ctm}/1.20$

Le sollecitazioni di flessione della sezione 1 sono superiori al momento di fessurazione, pertanto la dimensione della fessura viene rivista.

APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
   						
APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:					
  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID12.00.001	REV. B	PAGINA 38 di 42

Tabella 15 - Verifica della larghezza della fessura

<i>Elemento</i>		<i>Piedritti</i>
<i>Sezione</i>		<i>I</i>
<i>Combinazione</i>		<i>SLE</i>
R_{ck}	[MPa]	37
f_{ck}	[MPa]	30.7
f_{ctm}	[MPa]	2.94
E_{cm}	[MPa]	33019
σ_s	[MPa]	139.20
ϕ_{eq}	[mm]	16
A_s	[mm ²]	2011
E_s	[MPa]	210000
s	[mm]	100
c	[mm]	40
b	[mm]	1000
h	[mm]	300
d	[mm]	252.0
x	[mm]	102.5
$h_{c,ef}$	[mm]	65.8
$A_{c,eff}$	[mm ²]	65833.3
$\rho_{p,eff}$	[-]	0.0305
α_e	[-]	6.36
k_t	[-]	0.40
ϵ_{sm}	[-]	0.0004
k_1	[-]	0.80
k_2	[-]	0.50
k_3	[-]	3.40
k_4	[-]	0.425
s_{max}	[mm]	240
Δ_{smax}	[mm]	225.1
w_k	[mm]	0.100
w_{max}	[mm]	0.20
	Verifica	OK

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   	  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID12.00.001	REV. B	PAGINA 39 di 42

Tabella 16 - Verifiche a fessurazione

Verifiche a fessurazione SLE									
Sezione	M _{max}	N _{corrisp}	b	h	A _{s,sup}	A _{s,inf}	wd	wi	wd < wi
	[kNm]	[kN]	[cm]	[cm]	[-]	[-]	[mm]	[mm]	[verifica]
1	71.3	72.1	100	30	1Φ16/10	1Φ12/20	0.1	0.2	OK
2	71.3	33.5	100	60	1Φ16/20	1Φ16/20	-	0.2	OK
3	0.1	33.5	100	60	1Φ16/20	1Φ16/20	-	0.2	OK

Poiché la combinazione di carichi di servizio non genera alcuna cricca, viene verificata la dimensione della cricca.

5.7.2 Analisi tensionale

La massima tensione di compressione del calcestruzzo deve rispettare la limitazione seguente:

- $\sigma_{c,max} < 0,55 f_{ck}$ (combinazione caratteristica rara)
- $\sigma_{c,max} < \mathbf{16,50 MPa}$
- $\sigma_{c,max} < 0,40 f_{ck}$ (combinazione quasi permanente)
- $\sigma_{c,max} < \mathbf{12,00 MPa}$

Per l'acciaio, la tensione massima σ_s per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

- $\sigma_s < 0,75 f_{yk} = \mathbf{337,5 MPa}$

5.7.2.1 Sezione tipo concio 4

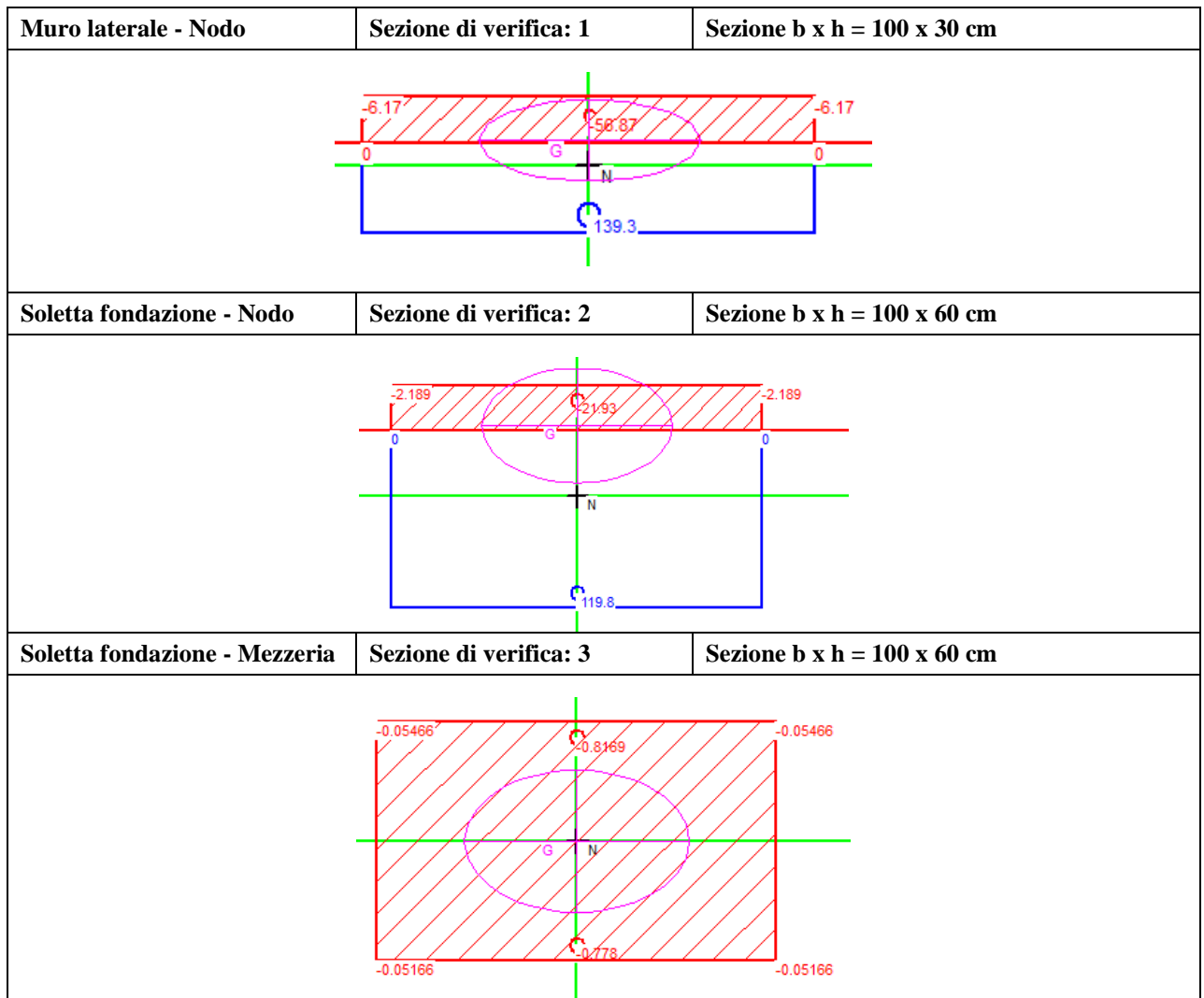
Nella seguente tabella sono riportate le tensioni in esercizio relativa alla combinazione rara.

Tabella 17–Analisi tensionale

Analisi tensionale SLE									
Sezione	M _{max}	N _{corrisp}	b	h	A _{s,sup}	A _{s,inf}	σ_s	σ_c	Check
	[kNm]	[kN]	[cm]	[cm]	[-]	[-]	[MPa]	[MPa]	
1	71.3	72.1	100	30	1Φ16/10	1Φ12/20	139.3	-6.17	Ok

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
	  													
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:													
	 													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7		<table border="1"> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>ID12.00.001</td> <td>B</td> <td>40 di 42</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	40 di 42
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA									
RS39	I.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	40 di 42									

2	71.3	33.5	100	60	1Φ16/20	1Φ16/20	119.8	-2.19	Ok
3	0.1	33.5	100	60	1Φ16/20	1Φ16/20	-	-0.05	Ok



5.7.2.2 Sezione tipo corrente

Nella seguente tabella sono riportate le tensioni in esercizio relativa alla combinazione rara.

Tabella 18–Analisi tensionale

APPALTATORE: Mandataria: salini impregilo	Mandante: ASTALDI	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
APPALTATORE: Mandataria: TECH	Mandante: Lombardi					
PROJECT Ingegneria Integrata	S.I.F.E.L. Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a. Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti SETECO Ingegneria S.r.l.					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID12.00.001	REV. B	PAGINA 41 di 42

Analisi tensionale SLE									
Sezione	M_{max}	$N_{corrisp}$	b	h	$A_{s,sup}$	$A_{s,inf}$	σ_s	σ_c	Check
	[kNm]	[kN]	[cm]	[cm]	[-]	[-]	[MPa]	[MPa]	
1	16.3	37.8	100	30	1Φ16/20	1Φ12/20	51.23	-1.8	Ok
2	21.4	56.8	100	60	1Φ16/20	1Φ16/20	16.3	-0.634	Ok
3	-2.4	56.8	100	60	1Φ16/20	1Φ16/20	-	-0.13	Ok

Muro laterale - Nodo	Sezione di verifica: 1	Sezione b x h = 100 x 30 cm
Soletta fondazione - Nodo	Sezione di verifica: 2	Sezione b x h = 100 x 60 cm
Soletta fondazione - Mezzeria	Sezione di verifica: 3	Sezione b x h = 100 x 60 cm

Dove:

APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo Strutturale canale VII7	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>ID12.00.001</td> <td>B</td> <td>42 di 42</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	42 di 42
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	ID12.00.001	B	42 di 42								

- $\sigma_{c,max}$ massima tensione nel calcestruzzo compresso;
- σ_s tensione in corrispondenza dell'armatura tesa;
- σ_s' tensione in corrispondenza dell'armatura compressa.

Sono state considerate negative le tensioni in zona compressa e positive le tensioni relative all'armatura tesa.

Le tensioni in esercizio sono sempre inferiori dei limiti sopra indicati; pertanto le verifiche allo stato tensionale risultano soddisfatte.

(*) risultando nella combinazione rara $\sigma_{\sigma_c, max}$ inferiore a $0.40 f_{ck}$ (12.00 MN/m^2) la verifica si intende implicitamente soddisfatta anche per le altre condizioni

5.8 Verifica armatura minima

La seguente tabella fa riasunto della verifica dell'armatura minima nelle sezioni analizzate.

Elemento	Sezione	B [mm]	H [mm]	d [mm]	Av [mm ²]	Ah _{min} /cara	AV				AH			
							φ	S	mm ²	check	φ	S	mm ²	check
Muro	1	1000	300	240	407.96	195.00	12	20	565.49	-	12	20	565.49	-

Elemento	Sezione	B [mm]	H [mm]	d [mm]	Avmin [mm ²]	Ahmin/cara	AV			AH		
							Armature	A [mm ²]	Check	Armature	A [mm ²]	Check
Fondazione	2	1000	600	560	952	262	1φ 14/20	769.69	✓	1φ 14/20	769.69	✓
Fondazione	3	1000	600	560	952	262	1φ 14/20	769.69	✓	1φ 14/20	769.69	✓