

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

TIPO ELABORATO:
 DI DETTAGLIO
 DI MODIFICA TECNICA

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

IN – INTERFERENZE VIARIE E IDRAULICHE

IN30 – Interferenza pk 28+368,75

Relazione di calcolo canale

APPALTATORE	PROGETTAZIONE	
DIRETTORE TECNICO Ing. G. PARISI	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	N	3	0	0	0	0	0	5	B	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione a seguito Ods n. 1607	F. Ricci	06/2023	C. Beltrami	06/2023	G.Tanzi	06/2023	Ing. G. Tanzi
B	Emissione a seguito di RdV 000000433	F. Ricci	08/2023	C. Beltrami	08/2023	G.Tanzi	08/2023	Ing. G. Tanzi
								agosto 2023

File: RS39-10-V-ZZ-CL-IN3000-005_B.docx

n. Elab.:

APPALDATORE: Mandatario: salini impregilo Mandante: ASTALDI  	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandatario: TECH PROJECT <small>ingegneria integrata</small> Mandante: Lombardi <small>Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti</small> 													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo canale	<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>IN.30.00.005</td> <td>B</td> <td>2 di 31</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	2 di 31
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	2 di 31								

INDICE

1	PREMESSA	3
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
3	MATERIALI UTILIZZATI	5
3.1	Calcestruzzo	5
3.2	Acciaio.....	5
3.3	Durabilità.....	5
3.4	Inquadramento geotecnico.....	7
3.4.1	Stratigrafia e parametri geotecnici di progetto	8
3.4.2	Interazione terreno-struttura	8
3.4.3	Classificazione sismica	9
4	CANALE RETTANGOLARE	10
4.1	Geometria	10
4.2	Analisi dei carichi.....	11
4.2.1	Peso proprio della struttura.....	11
4.2.2	Spinta del terreno.....	11
4.2.3	Carico accidentale	12
4.2.4	Azioni sismiche	12
4.3	COMBINAZIONI DI CARICO	15
4.4	MODELLO DI CALCOLO.....	17
4.5	ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI	19
4.6	VERIFICHE SLU.....	23
4.6.1	Verifica a pressoflessione.....	24
4.6.2	Verifiche a taglio	27
4.7	VERIFICHE SLE	29
4.7.1	Verifiche a fessurazione.....	29
4.7.2	Analisi tensionale	30
4.8	Verifica armatura minima.....	31

APPALTATORE: Mandatario: <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: Mandatario: <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 canale	<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;">IN.30.00.005</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">3 di 31</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	3 di 31
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	3 di 31								

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 scatolari, con modalità realizzativa a spinta, in opera in fase unica o in due fasi.

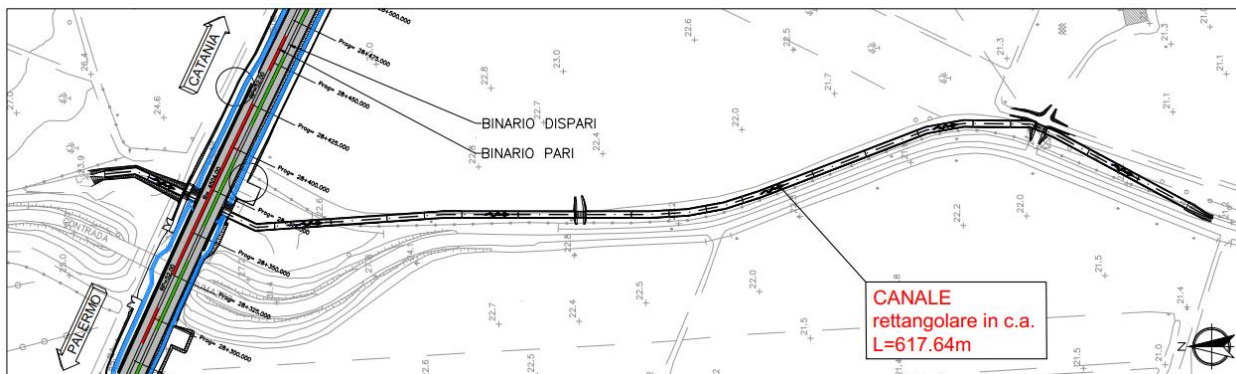


Figura 1 – Inquadramento canale IN30

La revisione B della presente relazione è conseguente al rapporto di verifica RS39-RV-0000000433. In particolare, sono stati recepiti i commenti di dettaglio da seguito riportati:

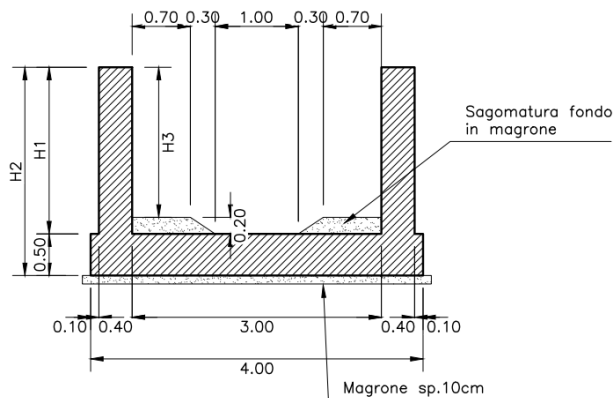
- D.13 – Sono stati aggiunte le caratteristiche del terreno di fondazione nella sezione 3.4.

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 canale	<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>IN.30.00.005</td> <td>B</td> <td>4 di 31</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	4 di 31
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	4 di 31								

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La presente relazione ha per oggetto le analisi e le verifiche di caneli del manufatto **IN30**, posizionato alla progressiva di progetto km **28+368,75**.

Il canale realizzato in calcestruzzo armato gettato in opera, di dimensioni interne nette tra 3,00x 1.65 e 3,00x2.00m. La fondazione ha uno spessore di 0,50 m, mentre i due piedritti hanno uno spessore di 0,40 m; è previsto un getto di calcestruzzo magro come sottofondazione, avente uno spessore di 10 cm.



TRATTO	CONCI N°	H1	H2	H3
1 e 4	1-2 e 21-23	1.65	2.15	1.45
2	3-9	1.80	2.30	1.60
3	10-20	2.00	2.50	1.80

Figura 2 – Sezione trasversale

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 canale		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.30.00.005	REV. B	PAGINA 5 di 31			

3 MATERIALI UTILIZZATI

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

3.1 Calcestruzzo

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

3.2 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

3.3 Durabilità

3.3.1.1 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

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 canale	<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>IN.30.00.005</td> <td>B</td> <td>6 di 31</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	6 di 31
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	6 di 31								

seguinte:

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.

3.3.1.2 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

3.3.1.3 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 **$0,75 f_{yk}$**

3.3.1.4 Limiti fessurativi

Allo stato limite di apertura delle fessure, i limiti fessurativi vengono prescritti nel paragrafo 1.8.3.2.4,

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 canale	<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>IN.30.00.005</td> <td>B</td> <td>7 di 31</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	7 di 31
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	7 di 31								

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

3.4 Inquadramento geotecnico

APPALDATORE: 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												
APPALDATORE: Mandatario: TECH PROJECT Lombardi SETECO Mandante: Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo canale	<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>IN.30.00.005</td> <td>B</td> <td>8 di 31</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	8 di 31
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	8 di 31								

3.4.1 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
$\varphi' = 25^\circ$	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.

3.4.2 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;

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 kw è valutato attraverso il rapporto tra il carico applicato ed il corrispondente cedimento pertanto, si ottiene:

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

APPALDATORE: Mandatario: 	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA
Mandante:   	
APPALDATORE: Mandatario: 	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA RS39 1.0.V.ZZ CL IN.30.00.005 B 9 di 31
Mandante:  	
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo canale	

Per l'opera in esame, il modulo elastico operativo è posto pari a $1/3 E_0$, 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	Kw
[m]	[MPa]	[m]	[-]	[-]	[kN/m ³]
10	24.0	3.0	1.510	0.3	5821

3.4.3 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).*”

APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   	   						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo canale		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.30.00.005	REV. B	PAGINA 10 di 31

4 CANALE RETTANGOLARE

4.1 Geometria

Nella presente si analizza a vantaggio di sicurezza la sezione più alta, cioè una sezione con larghezza utile pari a 3,00m ed altezza 2,00,

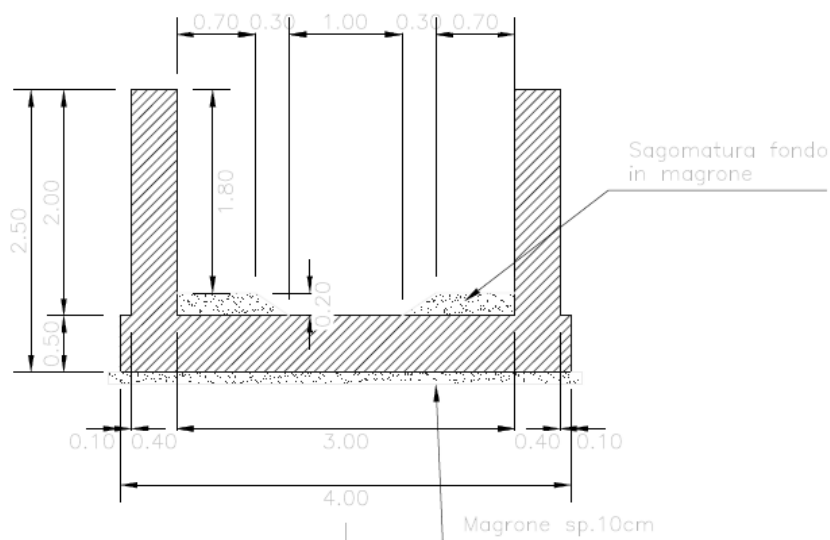


Figura 3 - Sezione trasversale -

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

Larghezza utile	L_{int}	3,00
Altezza utile	h_{int}	2,00
Spessore muro laterale	S_p	0,40 m
Spessore soletta di fondazione	S_i	0,50 m
Larghezza striscia di calcolo – b	1.00 m	

APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   							
APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:						
  		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.30.00.005	REV. B	PAGINA 11 di 31
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo canale							

4.2 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	19.00	25

4.2.1 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.

4.2.2 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 $K_0=0,577$.

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:

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

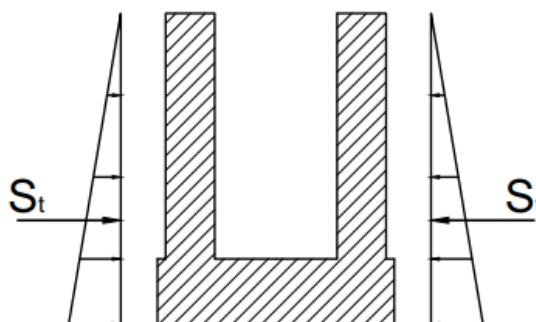


Figura 4 - Schema per il calcolo delle spinte

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

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 canale	<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>IN.30.00.005</td> <td>B</td> <td>12 di 31</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	12 di 31
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	12 di 31								

4.2.3 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:

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

quota risultante:

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

$$S = 20 * K_0 = 11.55 \text{ kN/m}^2$$

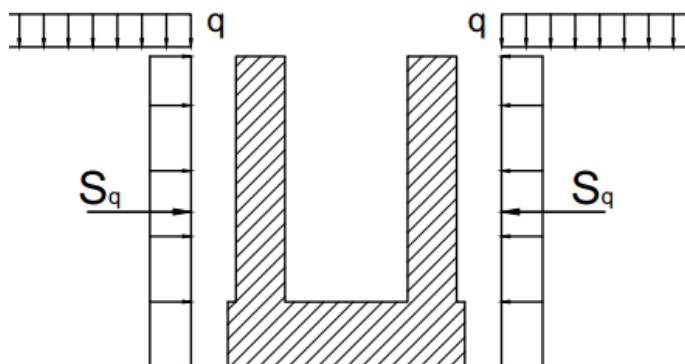


Figura 5 - Schema per il calcolo delle spinte

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

4.2.4 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 $F_h = k_h * W$

Forza sismica verticale $F_v = k_v * W$

I coefficienti sismici orizzontale (k_h) e verticale (k_v) vengono valutati mediante le seguenti espressioni, in

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 canale		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.30.00.005	REV. B	PAGINA 13 di 31			

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:

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

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

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:

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

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

4.2.4.1 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: Mandatario: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo canale	<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>IN.30.00.005</td> <td>B</td> <td>14 di 31</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	14 di 31
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	14 di 31								



Figura 6 - Schema per il calcolo della 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:

$$\Delta S_E = (a_{\max}/g) \cdot \gamma \cdot H = \mathbf{17.14 \text{ kN/m}^2}$$

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

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 canale	<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>IN.30.00.005</td> <td>B</td> <td>15 di 31</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	15 di 31
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	15 di 31								

4.3 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

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

APPALDATORE: 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												
APPALDATORE: Mandatario: TECH PROJECT Lombardi SETECO Mandante: Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo canale	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">PROGETTO</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">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;">IN.30.00.005</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">16 di 31</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	16 di 31
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	16 di 31								

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

APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
	  					
APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:					
	 					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo canale	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.30.00.005	REV. B	PAGINA 17 di 31

4.4 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 40 cm

Soletta di fondazione = Sezione 100 x 50 cm

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: $k_w = 5821 \text{ kN/m}^3$.

L	E	B	c_t	ν	K_w
[m]	[MPa]	[m]	[-]	[-]	[kN/m ³]
10.3	24	3.00	1.510	0.3	5821

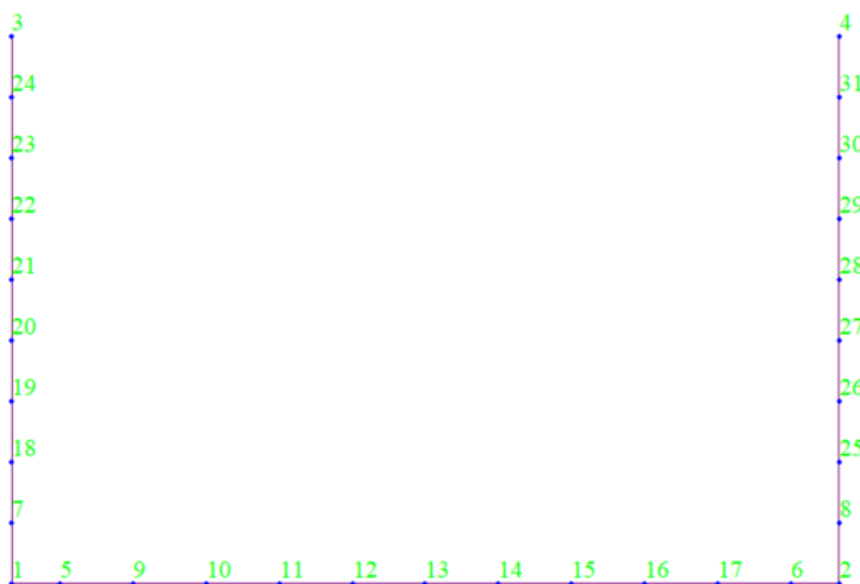


Figura 7 – Modello ad elementi finiti del canale

APPALDATORE: 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				
APPALDATORE: Mandatario: TECH	Mandante: PROJECT Ingegneria Integrata Lombardi Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consorziati SETECO Ingegneria S.r.l.					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo canale	PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.30.00.005	REV. B	PAGINA 18 di 31

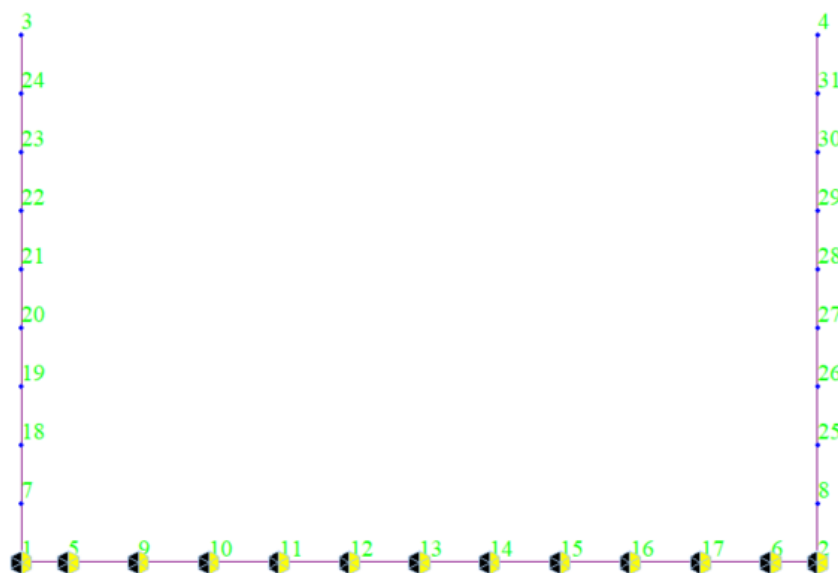


Figura 8 Vincoli applicati al modello a elementi finiti del canale (point spring)

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 è sviluppato considerando la linea d'asse degli elementi strutturali, per cui le dimensioni geometriche risultano:

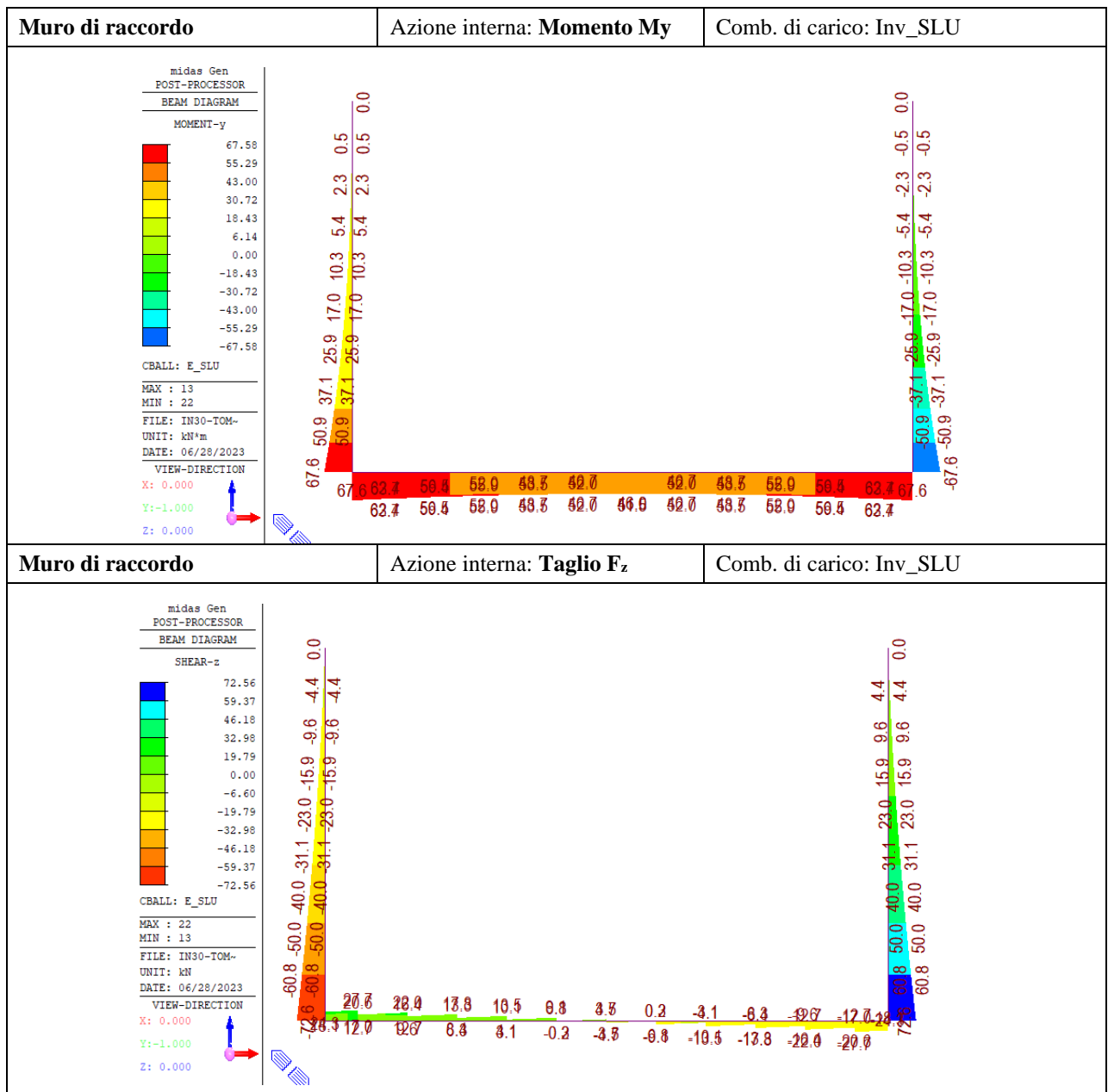
	b_{int}	b_{modello}	h_{int}	h_{modello}
	[m]	[m]	[m]	[m]
Canale IN30	3.00	3.40	2.00	2.25

APPALDATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   	  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo canale		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.30.00.005	REV. B	PAGINA 19 di 31

4.5 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



APPALTATORE:
Mandatario: **salini impregilo**

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

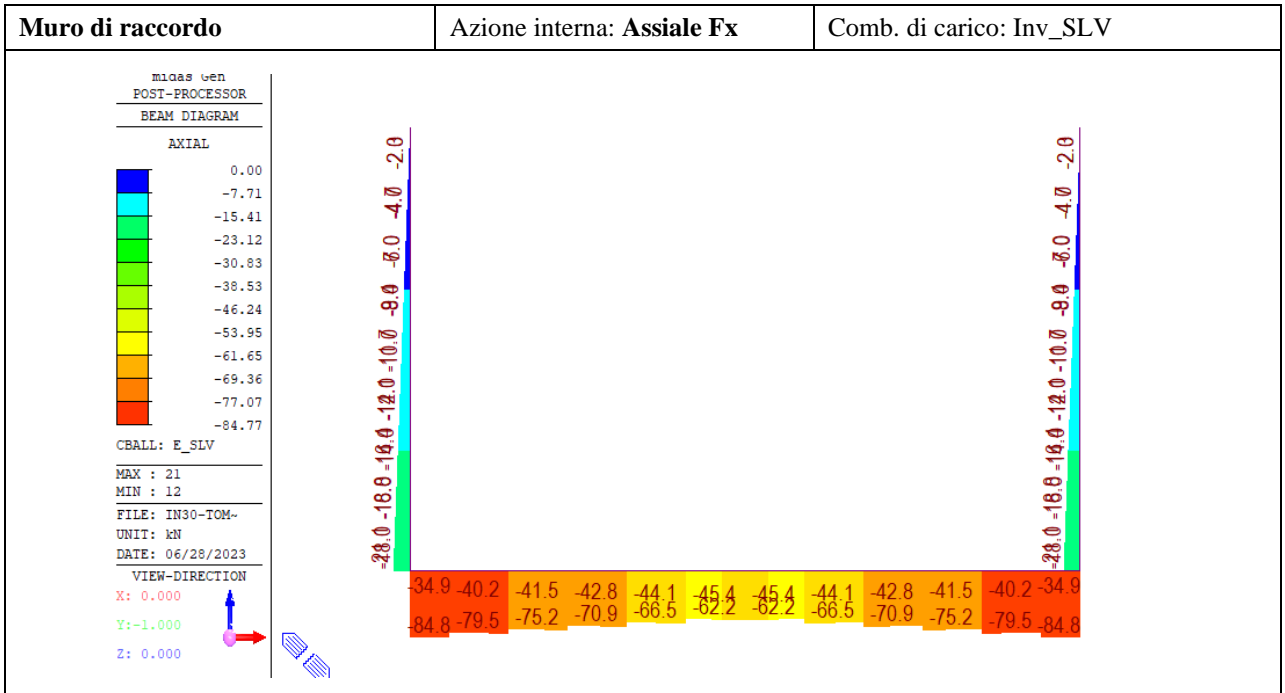
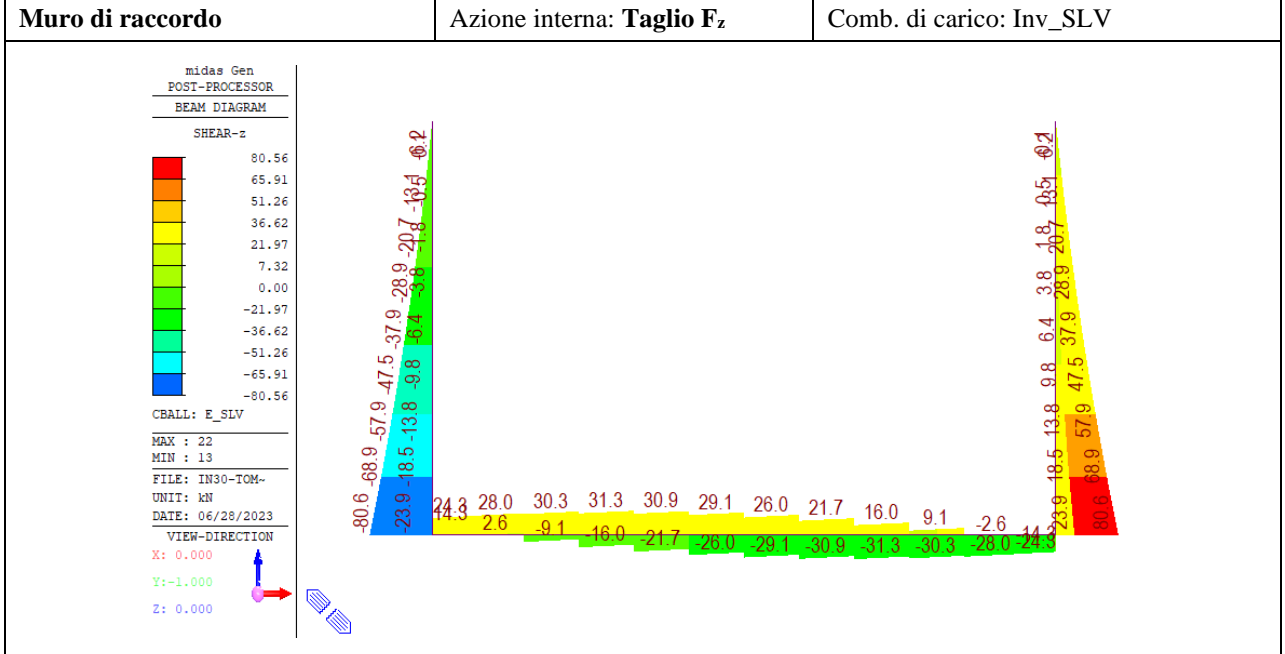
**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**

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 canale

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	21 di 31



APPALDATORE:
Mandatario: **salini impregilo**

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

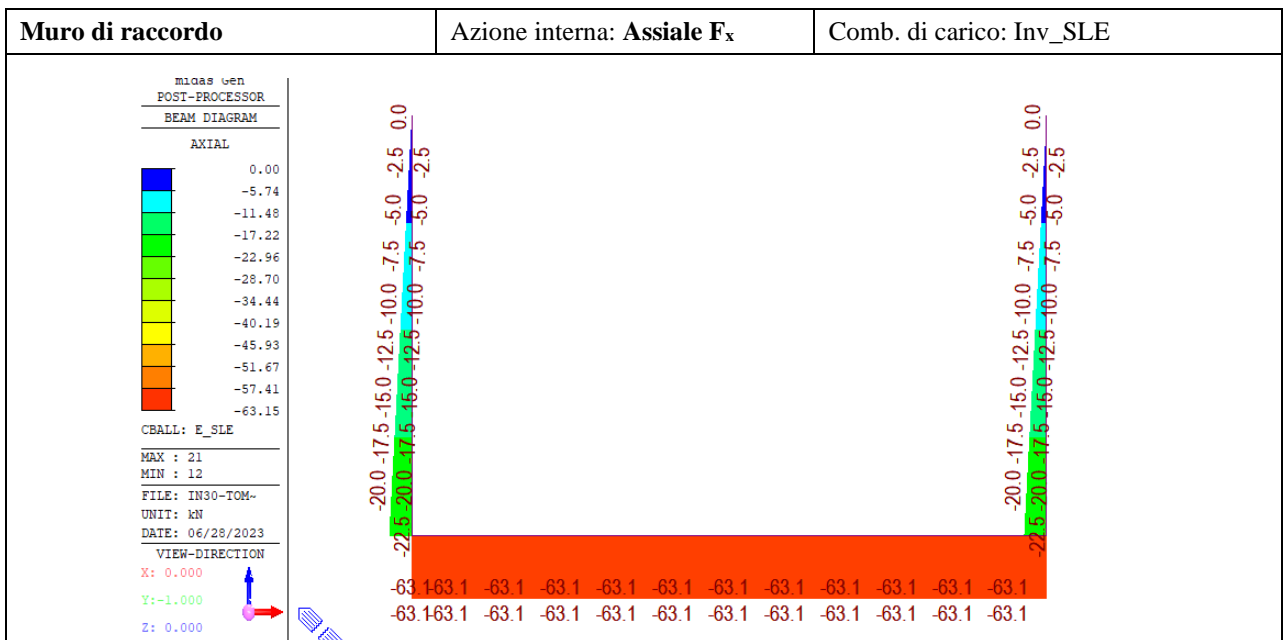
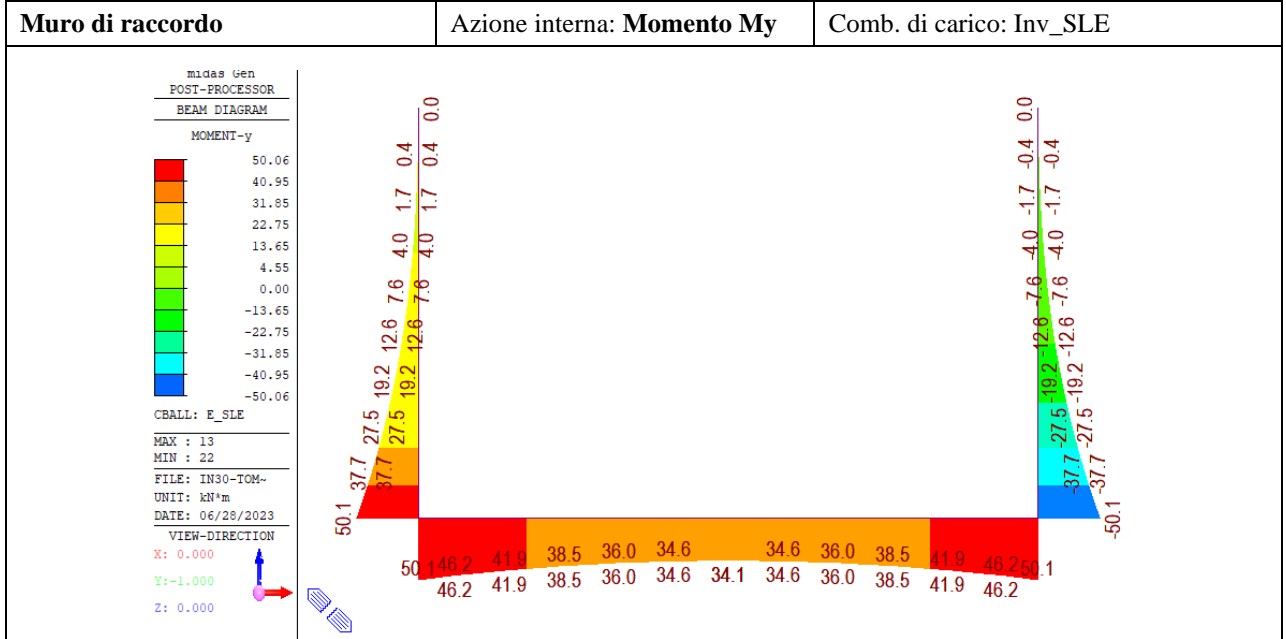
**DIRETTRICE FERROVIARIA
MESSINA - CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO
PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA
BICOCCA – CATENANUOVA**

APPALDATORE:
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 canale

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	22 di 31



APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA								
   										
APPALDATORE: Mandatario:	Mandante:									
  										
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo canale		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.30.00.005	REV. B	PAGINA 23 di 31			

4.6 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.

Nelle seguenti tabelle sono riportati i valori massimi delle sollecitazioni ricavati per le sezioni oggetto di verifica ed indicate in figura.

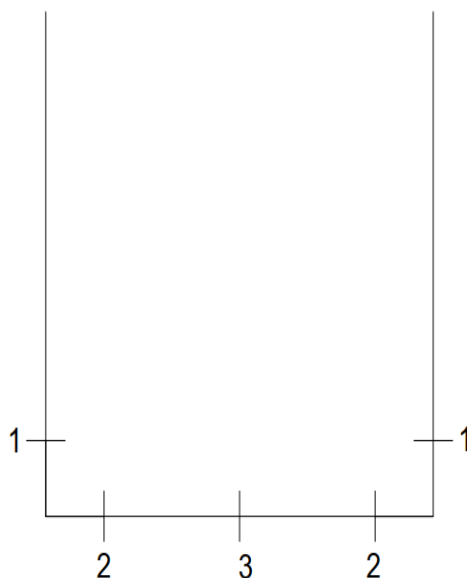


Figura 9 – Sezioni di verifica

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

Tabella 6 - Sollecitazioni di verifica SLU

Sezione	M_{max}	$N_{corrisp}$	T_{max}
	[kNm]	[kN]	[kN]
1	80.20	28.10	68.90
2	80.20	34.90	28.10
3	52.00	85.20	29.10

APPALDATORE: Mandataria: salini impregilo	Mandante: ASTALDI	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
APPALDATORE: Mandataria: TECH PROJECT	Mandante: Lombardi						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo canale		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.30.00.005	REV. B	PAGINA 24 di 31

4.6.1 Verifica a pressoflessione.

Le verifiche a pressoflessione sono state effettuate con l'ausilio del software VcaSLU distribuito dalla Gelfi s.r.l.. Il copriferro netto di calcolo è assunto pari a 4 cm.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti:

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	80.2	28.1	100	40	1Φ14/20	1Φ12/20	107.4	1.34
2	80.2	34.9	100	50	1Φ12/20	1Φ14/20	137.6	1.72
3	52	62.2	100	50	1Φ12/20	1Φ14/20	137.6	2.61

Titolo : _____

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5.65	6
2	7.70	34

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Materiali:
B450C **C30/37**
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

Calcoli:
 M_{xRd} 107.4 kN m
 σ_c -17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 27.91 ‰
d 34 cm
x 3.789 x/d 0.1114
 δ 0.7

Parametri:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n
 N° rett. 100
 Calcola MRd
 L₀ 0 cm

 Precompresso

APPALTATORE:
Mandataria:

Mandante:



APPALTATORE:
Mandataria:

Mandante:



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

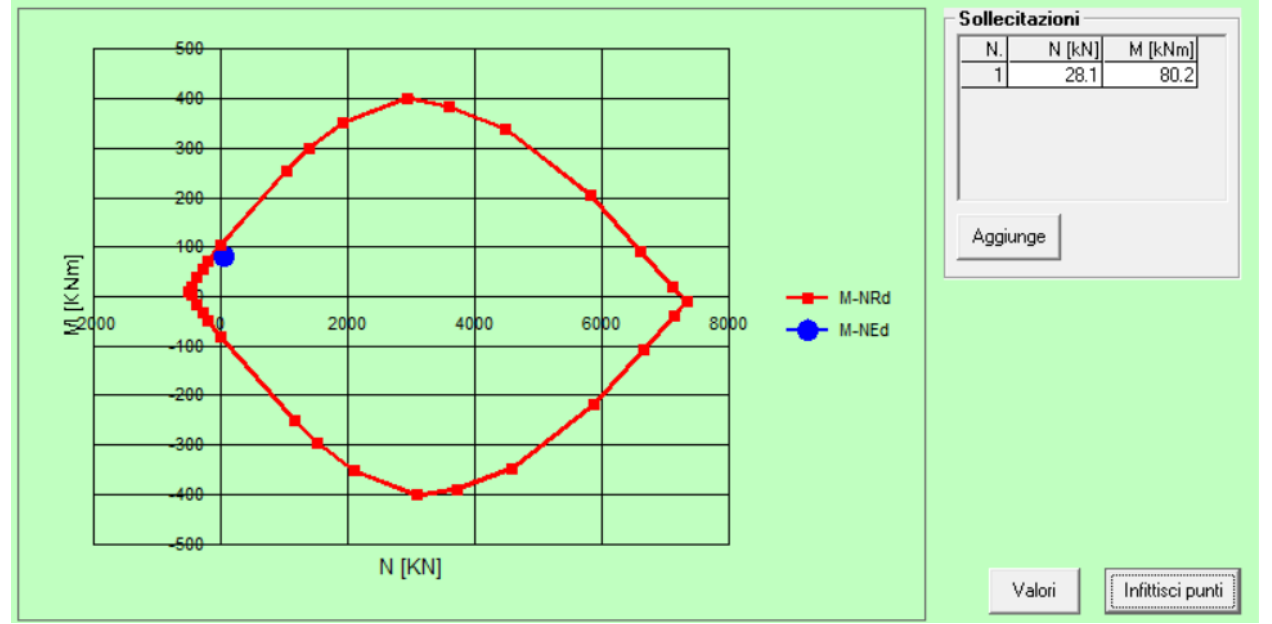
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
Relazione di calcolo canale

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA
RS39 1.0.V.ZZ CL IN.30.00.005 B 25 di 31

Muro laterale - Nodo

Sezione di verifica: 1

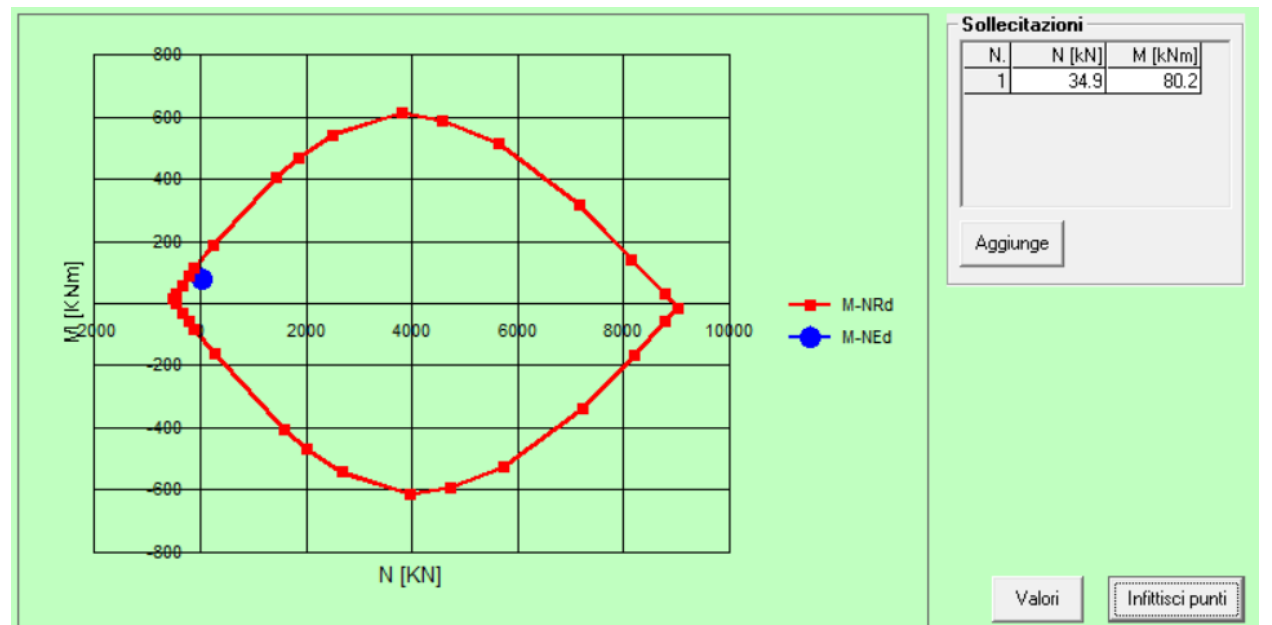
Sezione b x h = 100 x 40 cm



Soletta di fondazione - Nodo

Sezione di verifica: 2

Sezione b x h = 100 x 50 cm



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.**

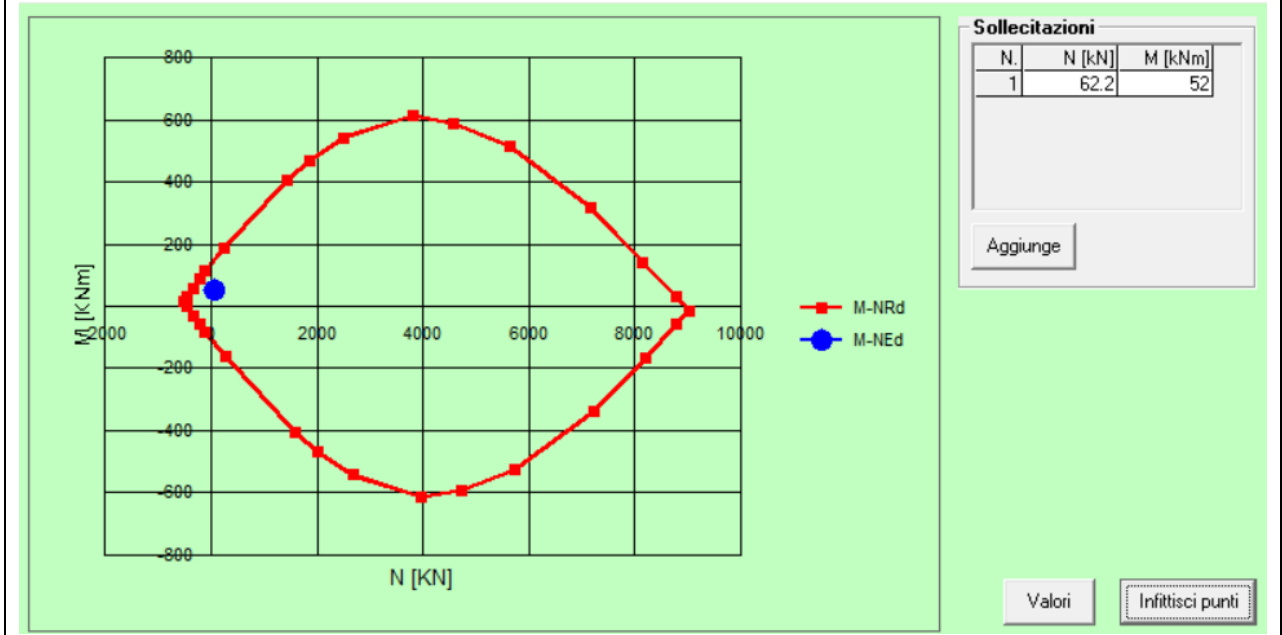
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE
Relazione di calcolo canale

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	26 di 31

Soletta di fondazione - Mezzeria

Sezione di verifica: 3

Sezione b x h = 100 x 50 cm



APPALDATORE: 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												
APPALDATORE: Mandatario: TECH PROJECT Lombardi SETECO Mandante: Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo canale	<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>IN.30.00.005</td> <td>B</td> <td>27 di 31</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	27 di 31
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	27 di 31								

4.6.2 Verifiche a taglio

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.

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 canale	<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>IN.30.00.005</td> <td>B</td> <td>28 di 31</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	28 di 31
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	28 di 31								

Tabella 8 - Verifiche di resistenza a taglio

Sezione	[-]	1	2	3
	[b x h]	1.00x0.40m	1.00x0.50m	1.00x0.50m
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]	341	441	441
σ_{cp}	[N/mm ²]	0.00	0.00	0.00
ϕ_1	[mm]	14	14	14
ϕ_2	[mm]	0	0	0
n_1	[-]	5	5	5
n_2	[-]	0	0	0
A_s	[mm ²]	'769	'769	'769
ρ_L	[-]	0.002	0.002	0.002
k	[-]	1.77	1.67	1.67
V_{Rd}	[kN]	138	155	155
$V_{Rd,min}$	[kN]	155	185	185
$V_{Rd,eff}$	[kN]	155	185	185
V_{Sd}	[kN]	68.90	28.10	29.10
c.s.	[-]	2.25	6.59	6.36

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 $\Phi 10/20 \times 40$.

APPALDATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE Relazione di calcolo canale	<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>IN.30.00.005</td> <td>B</td> <td>29 di 31</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	29 di 31
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	29 di 31								

4.7 VERIFICHE SLE

4.7.1 Verifiche a fessurazione

Per le verifiche di fessurazione, come indicato nel paragrafo 4.3.3 della relazione di calcolo del canale, documento RS3A-10-C-ZZ-CL-IN4200-004, il valore limite di apertura della fessura, per la combinazione di azioni prescelta, calcolato al livello considerato è pari ai seguenti valori nominali:

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

Inizialmente si verifica la formazione delle fessure, come riportato nella seguente tabella.

Combinazione	[-]	SLE	SLE	SLE	
Opera	[-]	IN30	IN30	IN30	
Elemento	[-]	Piedritti	Fondazione	Losa	
Sezione	[-]	1	2	3	
Sollecitazione	[-]	Flessione	Flessione	Flessione	
b	[mm]	1000	1000	1000	base della sezione
h	[mm]	400	500	500	altezza della sezione
A	[mm ²]	4.000E+05	5.000E+05	5.000E+05	Sezione resistente (solo CLS)
W	[mm ³]	2.667E+07	4.167E+07	4.167E+07	Modulo resistente (solo CLS)
f _{ck}	[MPa]	30.0	30.0	30.0	Resistenza caratteristica cilindrica CLS
f _{ctm}	[MPa]	2.90	2.90	2.90	Resistenza media a trazione
σ _{ct,amm}	[MPa]	2.90	2.90	2.90	Resistenza ammissibile a trazione*
N	[kN]	22.50	63.10	63.10	Azione assiale concomitante
M _{max}	[kN-m]	50.10	50.10	34.10	Momento massimo sollecitante
M _{ff}	[kN-m]	78.74	125.94	125.94	Momento di formazione fessure
Fessurato		No	No	No	Check

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

Nella seguente tabella sono riportati i risultati delle verifiche a fessurazione per la combinazione rara.

Tabella 9 - 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	50.1	22.5	100	40	1Φ14/20	1Φ12/20	-	0.2	OK
2	50.1	63.1	100	50	1Φ12/20	1Φ14/20	-	0.2	OK
3	34.1	63.1	100	50	1Φ12/20	1Φ14/20	-	0.2	OK

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 canale	<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>IN.30.00.005</td> <td>B</td> <td>30 di 31</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	30 di 31
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.30.00.005	B	30 di 31								

L'ampiezza delle fessure è sempre al di sotto dei limiti indicati dalla normativa, pertanto le verifiche sono soddisfatte.

4.7.2 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:

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

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

Tabella 10–Analisi tensionale

Analisi tensionale SLE									
Sezione	M_{max}	N_{corrisp}	b	h	A_{s,sup}	A_{s,inf}	σ_s	σ_{s'}	Check
	[kNm]	[kN]	[cm]	[cm]	[-]	[-]	[MPa]	[MPa]	
1	50.1	22.5	100	40	1Φ14/20	1Φ12/20	192.9	-4.013	Ok
2	50.1	63.1	100	50	1Φ12/20	1Φ14/20	118.7	-2.631	Ok
3	34.1	63.1	100	50	1Φ12/20	1Φ14/20	68.5	-1.765	Ok

Dove:

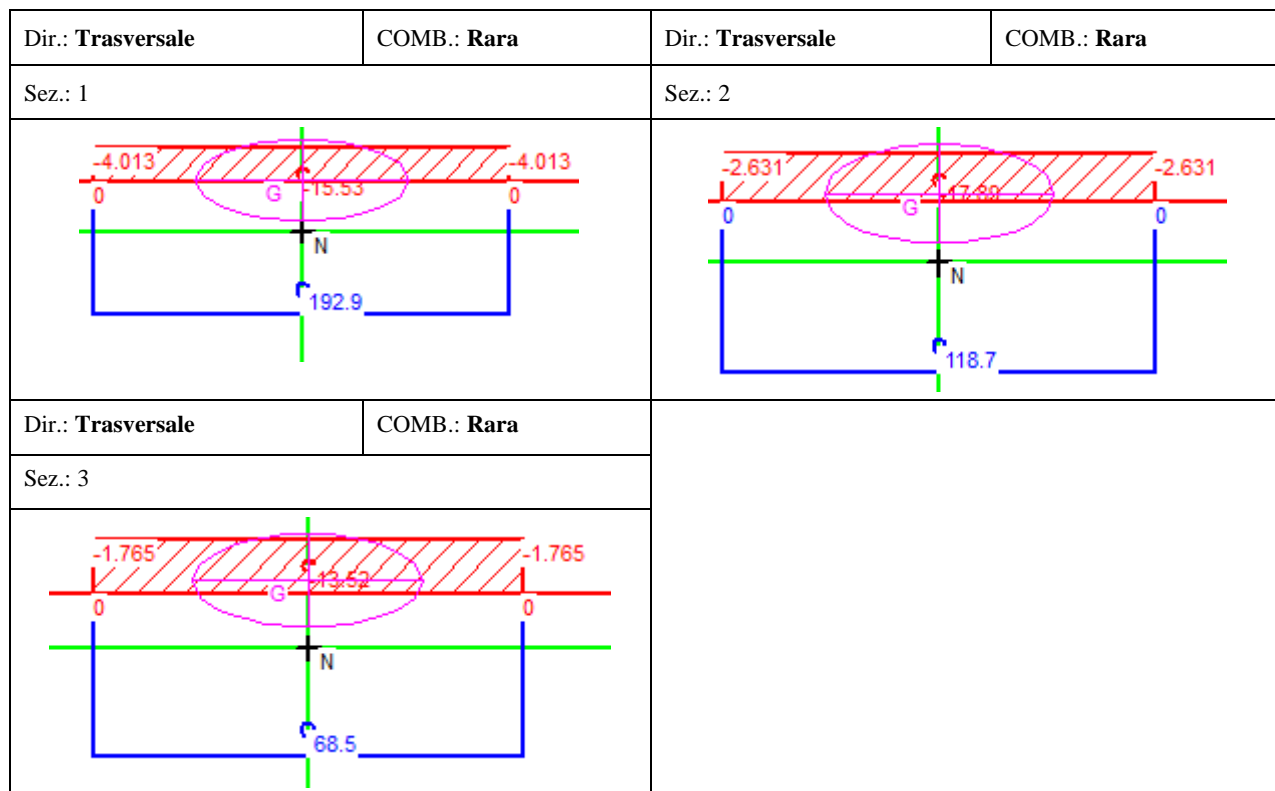
- $\sigma_{c,max}$ massima tensione nel calcestruzzo compresso;
- σ_s tensione in corrispondenza dell'armatura tesa;
- $\sigma_{s'}$ tensione in corrispondenza dell'armatura compressa.

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 $\sigma_{c,max}$ inferiore a $0.40 f_{ck}$ (12.00 MN/m²) la verifica si intende implicitamente soddisfatta anche per le altre condizioni

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 canale	PROGETTO RS39 LOTTO 1.0.V.ZZ CODIFICA CL DOCUMENTO IN.30.00.005 REV. B PAGINA 31 di 31



4.8 Verifica armatura minima

La seguente tabella riassume la verifica dell'armatura minima nelle sezioni del canale.

Sez.	B [mm]	H [mm]	d [mm]	Avmin [mm ²]	Ahmin/ cara	AV		AH	
						Armature [mm ²]	Check	Armature [mm ²]	Check
1	1000	400	340	578	262	1Φ14/20 769.69	✓	1Φ14/20 769.69	✓
2	1000	500	440	748	325	1Φ14/20 769.69	✓	1Φ14/20 769.69	✓
3	1000	500	440	748	325	1Φ14/20 769.69	✓	1Φ14/20 769.69	✓