

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:



SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

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

VIADOTTI

ELABORATI GENERALI

Impalcato a struttura mista acc.-cls L = 45,00m (Lc=43,00m) doppio binario

Relazione di calcolo

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

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	SCALA:
IF28	01	E	ZZ	CL	VI0009	001	B	-

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

File: IF2801EZZCLVI0009001B

n. Elab.: -

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 2 di 180

Indice




1	PREMESSA	6
2	SIMBOLOGIA	7
2.1	DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
2.1.1	CALCESTRUZZO	7
2.1.2	ACCIAIO	7
2.2	DEFINIZIONE DELL'EFFETTO TERMICO	7
2.3	DEFINIZIONE DEI CARICHI E SOVRACCARICHI	7
2.4	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE	8
2.4.1	UNITÀ DI MISURA ADOTTATE	8
2.4.2	SEZIONE IN ACCIAIO	8
2.4.3	SEZIONE IN CALCESTRUZZO	8
2.5	CARATTERISTICHE GEOMETRICO STATICO INERZIALI	9
2.5.1	SEZIONE RESISTENTE PRINCIPALE	9
2.5.2	ANIMA TRAVE PRINCIPALE	10
2.6	PARAMETRI DELLA SOLLECITAZIONE	10
2.7	BULLONATURE E PIOLI	10
2.8	VERIFICHE	10
3	ELENCO DISEGNI	11
4	DESCRIZIONE DELL'OPERA	12
5	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	15
6	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	16
6.1	ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA	16
6.2	CALCESTRUZZO PER LA SOLETTA	16
6.3	ACCIAIO PER OPERE IN C.A.	16
6.4	LASTRE PREDALLE	17
6.5	BULLONI	17
6.6	PIOLI CONNETTORI	18
6.7	SALDATURE	18
7	METODO DI VERIFICA	19
7.1	COEFFICIENTI DI SICUREZZA	19
8	ANALISI DEI CARICHI	20

APPALTATORE: Consorzio  Soci  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA						
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  							
PROGETTO ESECUTIVO Titolo_3	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA IF1N</td> <td>LOTTO 01 E ZZ</td> <td>CODIFICA RG</td> <td>DOCUMENTO MD0000 001</td> <td>REV. A</td> <td>FOGLIO 3 di 180</td> </tr> </table>	COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO MD0000 001	REV. A	FOGLIO 3 di 180
COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO MD0000 001	REV. A	FOGLIO 3 di 180		

8.1	PESI PROPRI	20
8.2	PERMANENTI PORTATI	20
8.3	EFFETTI DINAMICI	20
8.4	CARICHI VIAGGIANTI	21
8.5	CARICHI SUI MARCIAPIEDI	22
8.6	FRENATURA E AVVIAMENTO DEI TRENI	22
8.7	AZIONE CENTRIFUGA	22
8.8	SERPEGGIO	24
8.9	RITIRO E VISCOSITA' DEL CALCESTRUZZO	24
8.10	VARIAZIONE TERMICHE	25
8.10.1	UNIFORME	25
8.10.2	NON UNIFORME	25
8.11	VENTO	25
8.12	AZIONI SISMICHE	27
8.13	DERAGLIAMENTO:	29
9	COMBINAZIONI	30
10	IMPALCATO – EFFETTI GLOBALI	36
10.1	MODELLO DI CALCOLO	36
10.1.1	VALIDAZIONE DEL MODELLO	38
10.2	ASSEGNAZIONE DEI CARICHI	43
10.2.1	PESI PROPRI (G1)	43
10.2.2	PERMANENTI PORTATI (G2)	43
10.2.3	CARICHI VIAGGIANTI: TRENI (Q1 E Q2)	44
10.2.4	CARICHI SUI MARCIAPIEDI	45
10.2.5	FRENATURA E AVVIAMENTO DEI TRENI (Q3, Q4)	45
10.2.6	AZIONE CENTRIFUGA (Q5, Q6)	46
10.2.7	SERPEGGIO (Q7, Q8)	47
10.2.8	RITIRO DEL CALCESTRUZZO (Q13)	48
10.2.9	VARIAZIONI TERMICHE	48
10.2.10	VENTO (Q14, Q15, Q16)	49
10.2.11	AZIONI SISMICHE	50
10.3	DETERMINAZIONE DELLA PRIMA FREQUENZA PROPRIA DI VIBRAZIONE	52
10.4	VERIFICHE DI RESISTENZA DEI CASSONI	53
10.4.1	GEOMETRIA DELL'IMPALCATO	53
10.4.2	SOLLECITAZIONI	59
10.4.3	CALCOLO DELLE TENSIONI	73
10.4.4	VERIFICA DI STABILITA' DEI PANNELLI D'ANIMA	78
10.5	VERIFICHE DI RESISTENZA E STABILITA' DELLE ASTE	80

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RG</td> <td>MD0000 001</td> <td>A</td> <td>4 di 180</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	A	4 di 180
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	A	4 di 180													

10.5.1 CONTROVENTI SUPERIORI	80
10.5.2 CONTROVENTI INFERIORI.....	82
10.5.3 DIAFRAMMI	83
10.6 VERIFICHE DEL DIAFRAMMA DI TESTA.....	90
10.7 VERIFICHE A FATICA.....	92
10.7.1 DETTAGLIO 71: ATTACCHI TRASVERSALI.....	94
10.7.2 DETTAGLIO 80: GIUNTI TRASVERSALI A PIENA PENETRAZIONE.....	96
10.7.3 DETTAGLIO 80: CORDONI D'ANGOLO.....	97
10.7.4 DETTAGLIO 112: GIUNTI BULLONATI.....	100
10.8 VERIFICA DI RESISTENZA DEI PIOLI CONNETTORI	102
10.9 VERIFICHE DI DEFORMABILITA' DELL'IMPALCATO	103
10.9.1 STATO LIMITE DI ESERCIZIO PER LA SICUREZZA DEL TRAFFICO FERROVIARIO.....	103
10.9.2 STATO LIMITE PER IL COMFORT DEI PASSEGGERI	103
10.10 CONTROFRECCIA DI MONTAGGIO	104
10.11 VERIFICHE IN FASE DI SOSTITUZIONE DEGLI APPARECCHI D'APPOGGIO.....	104
10.12 REAZIONI.....	106
10.13 ESCURSIONE LONGITUDINALE, GIUNTI E VARCHI.....	109
10.14 ANTISOLLEVAMENTO	111
10.15 RITEGNI SISMICI LONGITUDINALI E TRASVERSALI.....	114
10.15.1 RITEGNO SISMICO TRASVERSALE.....	114
10.15.2 RITEGNO SISMICO LONGITUDINALE.....	115
11 IMPALCATO: EFFETTI LOCALI	121
11.1 VERIFICA DELLA SOLETTA	121
11.1.1 MODELLO DI CALCOLO.....	121
11.1.2 ANALISI DEI CARICHI.....	121
11.1.3 COMBINAZIONE DELLE AZIONI.....	128
11.1.4 VERIFICHE.....	130
11.2 VERIFICA PREDALLE IN FASE DI GETTO	146
11.2.1 MODALITA' DI ESECUZIONE DEL GETTO	146
11.2.2 CARICHI.....	146
11.2.3 VERIFICHE.....	147
12 EQUIPRESTAZIONALITA'	153
12.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	153
12.2 SEZIONI PRINCIPALI DEI CASSONI.....	154
12.3 VERIFICA A FLESSIONE SLU IN MEZZERIA.....	155
12.4 VERIFICA A TAGLIO – SLU.....	157
12.4.1 CALCOLO DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN APPOGGIO PREVISTA DA PROGETTO DEFINITIVO.....	157

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   													
PROGETTO ESECUTIVO Titolo_3	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF1N</td> <td style="text-align: center;">01 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RG</td> <td style="text-align: center;">MD0000 001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">5 di 180</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	A	5 di 180
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	A	5 di 180								

12.4.2 CALCOLO DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN APPOGGIO PREVISTA DA PROGETTO ESECUTIVO173

12.5 VERIFICHE DI RESISTENZA A FATICA178

APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VI0009 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">6 di 180</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0009 001	B	6 di 180
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0009 001	B	6 di 180													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo																		

1 PREMESSA

Il presente documento contiene le verifiche delle sovrastrutture di impalcato da ponte ferroviario relative alla travata di luce 45m facente parte dei viadotti ferroviari VI01, VI02, VI03 e VI04.

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) in accordo con le disposizioni vigenti in Italia e con riferimento alla classificazione sismica del territorio nazionale, secondo il DM 14 gennaio 2008.

I parametri di sito assunti sono relativi al VI03.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 7 di 180

2 SIMBOLOGIA

2.1 DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

2.1.1 Calcestruzzo

t_0	l'età del conglomerato a partire dalla quale si considera l'effetto del ritiro	[giorni]
A_c	l'area della sezione del conglomerato	[cm ²]
u	il perimetro della sezione di conglomerato a contatto con l'atmosfera	[cm]
$\epsilon_{r,\infty}$	contrazione finale del conglomerato dovuta al ritiro	
ϵ_r	valore di calcolo per la contrazione del conglomerato dovuta al ritiro	
E_c	modulo elastico del calcestruzzo per carichi di breve durata	[N/mm ²]
E^*_c	modulo elastico del calcestruzzo per carichi di lunga durata	[N/mm ²]
Φ_∞	coefficiente finale di viscosità	
n_0	coefficiente di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo per carichi di breve durata	
f_{ck}	resistenza caratteristica del calcestruzzo	[N/mm ²]

2.1.2 Acciaio

E_s	modulo elastico dell'acciaio	[N/mm ²]
-------	------------------------------	----------------------

2.2 DEFINIZIONE DELL'EFFETTO TERMICO

$\epsilon_{\Delta T}$	variazione di lunghezza unitaria per effetto di una variazione termica	
ΔT	variazione termica	[°C]
α	coefficiente di dilatazione termica	[1/°C]

2.3 DEFINIZIONE DEI CARICHI E SOVRACCARICHI

G_1	peso proprio delle strutture
G_2	carichi permanenti portati
Q_1, Q_2	carichi mobili
Q_3, Q_4	azioni longitudinali di avviamento/frenatura
Q_5, Q_6	azione centrifuga
Q_7, Q_8	azione di serpeggio
Q_9, Q_{10}	effetto delle variazioni termiche
Q_{13}	ritiro del calcestruzzo
Q_{14}, Q_{15}, Q_{16}	azione da vento
Q_{17}	azione da folla sui marciapiedi
Q_{18}	azione da sisma longitudinale
Q_{19}	azione da sisma trasversale

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 8 di 180

- Q₂₀ azione da sisma verticale
Q₂₁ resistenze parassite dei vincoli
Q₂₂ deragliamenti

2.4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

2.4.1 Unità di misura adottate

Lunghezze	metri	[m]
Massa	chilogrammi massa	[kg]
Forze	Newton	[N]
Tempo	secondi	[s]
Frequenza	Hertz	[Hz]

2.4.2 Sezione in acciaio

b _{p.sup.}	larghezza piattabanda superiore della trave in acciaio [mm]	
t _{p.sup.}	spessore piattabanda superiore della trave in acciaio [mm]	
b _{p.irr.sup.}	larghezza del piatto di raddoppio per la piattabanda superiore della trave in acciaio	[mm]
t _{p.irr.}	spessore del piatto di raddoppio per la piattabanda superiore della trave in acciaio	[mm]
h _w	altezza dell'anima	[mm]
t _w	spessore dell'anima	[mm]
b _{p.irr.inf.}	larghezza del piatto di raddoppio per la piattabanda inferiore della trave in acciaio	[mm]
s _{p.irr.inf.}	spessore del piatto di raddoppio per la piattabanda inferiore della trave in acciaio	[mm]
b _{p.inf.}	larghezza piattabanda inferiore della trave in acciaio	[mm]
t _{p.inf.}	spessore piattabanda inferiore della trave in acciaio	[mm]
b _{assi travi}	interasse delle travi	[mm]

2.4.3 Sezione in calcestruzzo

b _{ef1}	larghezza efficace della soletta in calcestruzzo sullo sbalzo	[cm]
b _{ef2}	larghezza efficace della soletta in calcestruzzo tra le due travi	[cm]
b _c	larghezza d'ingombro dei connettori sulla piattabanda superiore	[cm]
B _{collab.}	larghezza collaborante della soletta in calcestruzzo	[cm]
s _{getto}	spessore del getto di calcestruzzo eseguito sopra alle predalles	[cm]

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 9 di 180

2.5 CARATTERISTICHE GEOMETRICO STATICO INERZIALI

2.5.1 Sezione resistente principale

Y_g	coordinata del baricentro valutata dal bordo inferiore della trave in acciaio	[mm]
J_x	momento d'inerzia della sezione rispetto all'asse X	[cm ⁴]
J_y	momento d'inerzia della sezione rispetto all'asse Y	[cm ⁴]
$W_{x\ cls\ sup}$	modulo di resistenza rispetto all'asse X valutato in corrispondenza del bordo superiore della sezione di calcestruzzo	[cm ³]
$W_{x\ arm\ sup}$	modulo di resistenza rispetto all'asse X valutato in corrispondenza delle armature superiori	[cm ³]
$W_{x\ arm\ inf}$	modulo di resistenza rispetto all'asse X valutato in corrispondenza delle armature inferiori	[cm ³]
$W_{x\ acc}$	modulo di resistenza rispetto all'asse X valutato in corrispondenza del bordo del bordo superiore della sezione di acciaio	[cm ³]
$W_{x\ an\ sup}$	modulo di resistenza rispetto all'asse X valutato in corrispondenza dell'anima al lembo superiore	[cm ³]
$W_{x\ an\ inf}$	modulo di resistenza rispetto all'asse X valutato in corrispondenza dell'anima al lembo inferiore	[cm ³]
$W_{x\ acc\ inf}$	modulo di resistenza rispetto all'asse X valutato in corrispondenza del bordo inferiore della sezione di acciaio	[cm ³]
$W_{y\ cls}$	modulo di resistenza rispetto all'asse Y valutato in corrispondenza del lembo esterno del calcestruzzo	[cm ³]
$W_{y\ supE}$	modulo di resistenza rispetto all'asse Y valutato in corrispondenza del lembo esterno della piattabanda superiore	[cm ³]
$W_{y\ supI}$	modulo di resistenza rispetto all'asse Y valutato in corrispondenza del lembo interno della piattabanda superiore	[cm ³]
$W_{y\ an}$	modulo di resistenza rispetto all'asse Y valutato in corrispondenza dell'anima di acciaio	[cm ³]
$W_{y\ infE}$	modulo di resistenza rispetto all'asse Y valutato in corrispondenza del lembo esterno della piattabanda inferiore	[cm ³]
$W_{y\ infI}$	modulo di resistenza rispetto all'asse Y valutato in corrispondenza del lembo interno della piattabanda inferiore	[cm ³]
S_{sol}	momento statico valutato sul baricentro della soletta di calcestruzzo	[cm ³]
S_{pioli}	momento statico valutato all'attacco dei pioli sulla piattabanda superiore	[cm ³]
$S_{an\ sup}$	momento statico valutato all'estremo superiore dell'anima	[cm ³]
$S_{an\ inf}$	momento statico valutato all'estremo inferiore dell'anima	[cm ³]
$S_{x\ max}$	momento statico valutato sul baricentro della sezione	[cm ³]
J_{tors}	momento d'inerzia torsionale della sezione in esame	[cm ⁴]

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 10 di 180

2.5.2 Anima trave principale

I	momento d'inerzia dell'irrigiditore rispetto alla sezione d'attacco con l'anima	[cm ⁴]
h_w	altezza dell'anima fra le piattabande	[mm]
t_w	spessore dell'anima	[mm]
σ_1	tensione normale al lembo compresso della trave	[N/mm ²]
σ_2	tensione normale al lembo teso della trave	[N/mm ²]
τ	tensione tangenziale	[N/mm ²]
α	rapporto tra a e h_w	
Ψ	rapporto tra σ_2 e σ_1	
δ	rapporto tra AL e il prodotto di h_w per t_w	
W	rapporto tra σ_1 e τ	
$\sigma_{cr, id}$	tensione critica ideale valutata in funzione della geometria del pannello, del suo stato tensionale e del materiale usato	[N/mm ²]
σ_{id}	tensione ideale valutata secondo il metodo di Von Mises	[N/mm ²]

2.6 PARAMETRI DELLA SOLLECITAZIONE

N	sforzo normale	[kN]
V_{22}	sforzo taglio in direzione 2	[kN]
V_{33}	sforzo taglio in direzione 3	[kN]
M_{22}	Momento flettente attorno all'asse 2	[kNm]
M_{33}	Momento flettente attorno all'asse 3	[kNm]
T	Momento torcente	[kNm]

2.7 BULLONATURE E PIOLI

s	spessore della piastra	[mm]
Φ	diametro del bullone	[mm]
n°_{sez}	numero di bulloni	
a	interasse tra i bulloni	[mm]
τ_B	tensione massima del bullone	[N/mm ²]
d_p	diametro dei pioli	[mm]
h_p'	altezza efficace dei pioli	[mm]

2.8 VERIFICHE

Δ	tasso di utilizzo del materiale = Sollecitante / Resistente
----------	---

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 11 di 180

3 ELENCO DISEGNI

I disegni relativi al ponte in oggetto sono i seguenti:

- IF2801EZZBZVI0009001: Piante e sezione longitudinale
- IF2801EZZBZVI0009002: Piante e sezioni trasversali
- IF2801EZZBBVI0009000: Elementi e particolari costruttivi
- IF2801EZZBZVI0009003: Carpenterie profili, collegamenti principali e pioli Tav. 1 di 4
- IF2801EZZBZVI0009004: Carpenterie profili, collegamenti principali e pioli Tav. 2 di 4
- IF2801EZZBZVI0009005: Carpenterie profili, collegamenti principali e pioli Tav. 3 di 4
- IF2801EZZBZVI0009006: Carpenterie profili, collegamenti principali e pioli Tav. 4 di 4
- IF2801EZZBZVI0009007: Apparecchi di appoggio e giunti
- IF2801EZZBZVI0009008: Carpenteria ritegno sismico e collegamento alla pila
- IF2801EZZBCVI0009000: Dispositivo antisollevamento tav. 1 di 2
- IF2801EZZBCVI0009001: Dispositivo antisollevamento tav. 2 di 2
- IF2801EZZBZVI0007000: Lastre predalles: disposizione, carpenterie e dettagli
- IF2801EZZBZVI0007001: forometrie soletta, particolari costruttivi e finiture - tav. 1 di 2
- IF2801EZZBZVI0007002: forometrie soletta, particolari costruttivi e finiture - tav. 2 di 2

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 12 di 180

4 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il ponte in oggetto è realizzato in sistema misto acciaio-calcestruzzo con schema statico di trave appoggiata a singola campata di luce 43,00 m in asse appoggi e lunghezza complessiva 45,00 m.

La travata è simmetrica rispetto alla mezzeria ed è costituita da 3 conci di 3 tipologie: C1, C2, C3, disposti in successione, di lunghezza rispettivamente pari a 13,45 m, 17,4 m e 13,45 m.

La struttura è costituita da due travi a U disposte a interasse di 5,60 m e una soletta in calcestruzzo armato di larghezza complessiva pari a 13,70 m gettata in opera su lastra predalle.

La soletta presenta un'altezza variabile da un minimo di 38 cm circa in corrispondenza del cordolo esterno ad un massimo di 47 cm circa in mezzeria, incluso lo spessore delle lastre predalle. È resa collaborante con la sottostante porzione in acciaio mediante pioli Nelson.

Le travi hanno un'altezza costante di 2,75 m nei primi due conci (C1 e C2) mentre le travi dell'ultimo concio sono rastremate fino a raggiungere un'altezza di 4,15m.

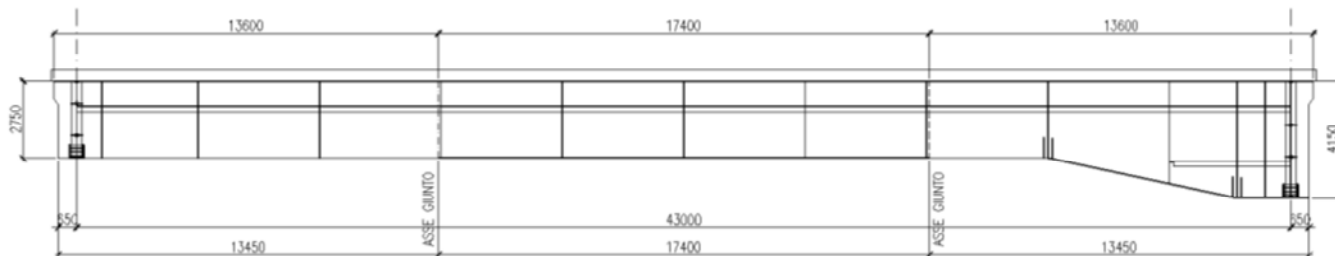


Fig. 1 – Prospetto longitudinale dell'impalcato

I cassoni sono controventati superiormente tramite aste con schema a Z. Inoltre, sono presenti delle aste di controvento orizzontale superiori e inferiori, con schema a Z, che collegano tra di loro i due cassoni nelle zone di estremità, in prossimità degli appoggi.

L'andamento planimetrico dell'asse di progetto dei due binari si trova su tratti a curvatura variabile; si è pertanto assunto come valore del raggio di curvatura quello minimo corrispondente al tratto di tracciato a curvatura costante e pari a 1550m.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. FOGLIO B 13 di 180

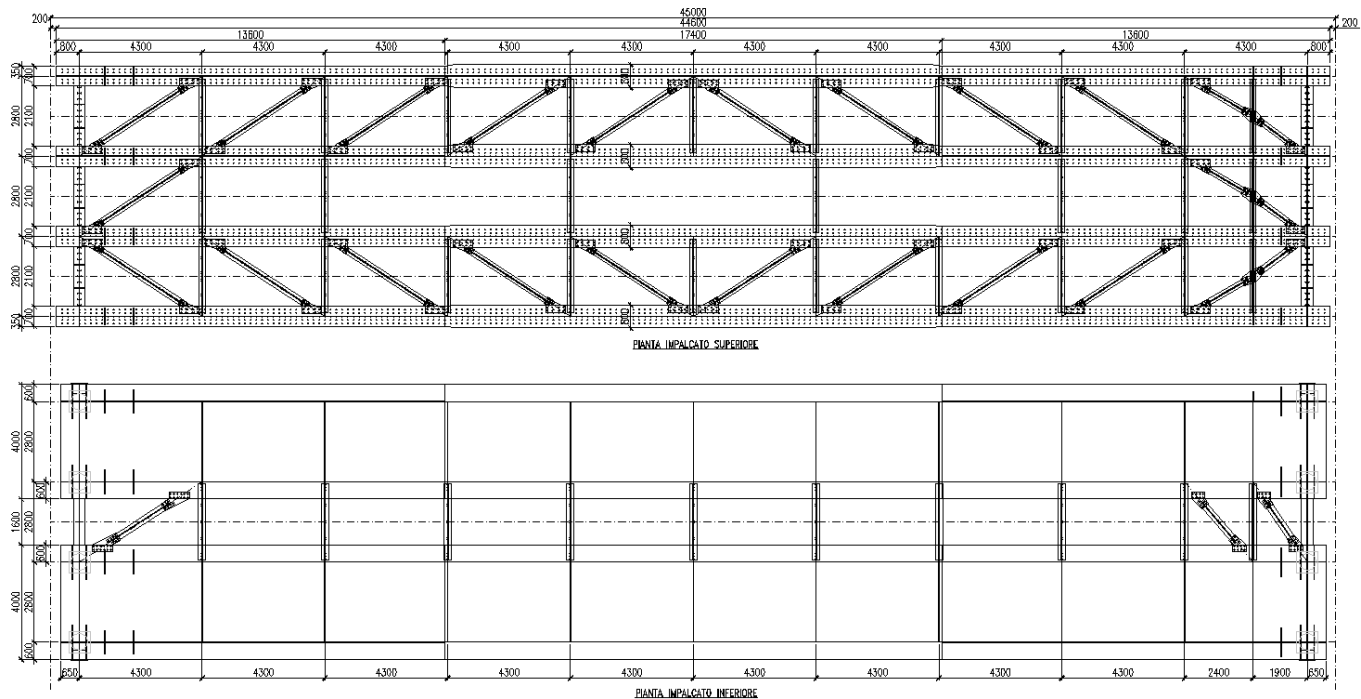


Fig. 2 – Pianta di impalcato (superiore ed inferiore)

I diaframmi interni a ciascun cassone e quelli di collegamento tra i due cassoni sono costituiti da diagonali disposti con schema a K. In corrispondenza degli appoggi, i diaframmi sono costituiti da travi ad anima piena.

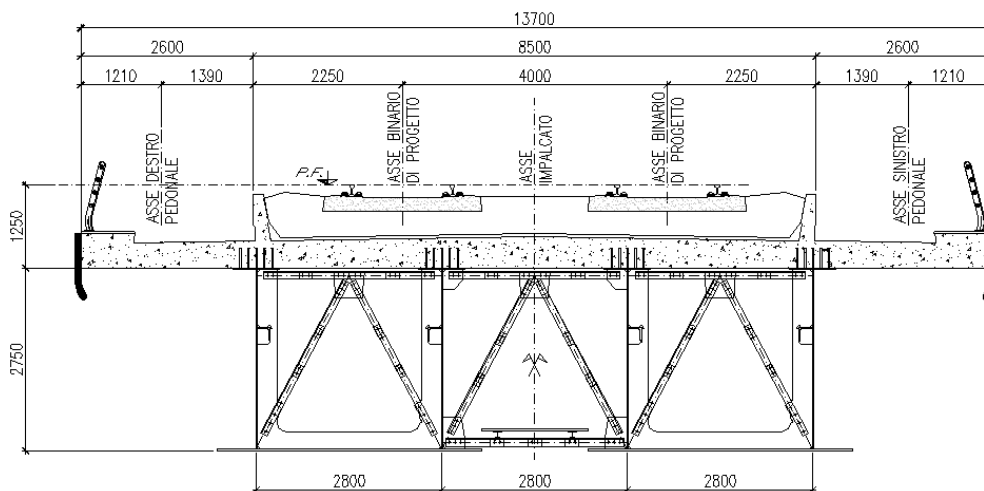


Fig. 3 – Sezione trasversale architettonica (H2,75m)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.							
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 14 di 180

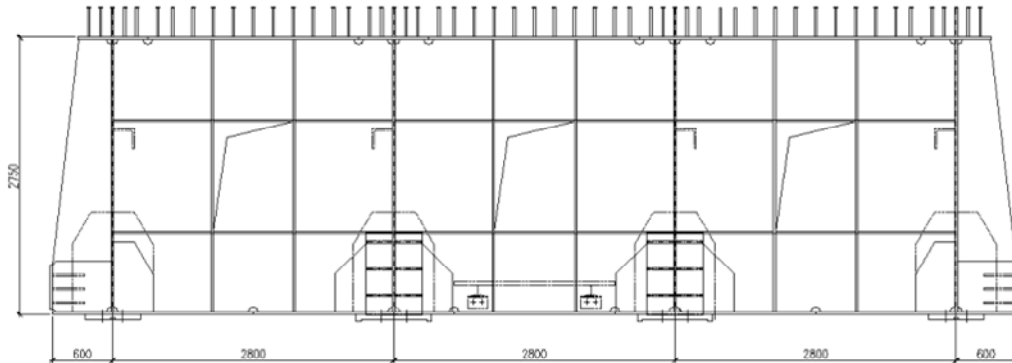


Fig. 4 – Diaframma di testa (H2,75m)

Per quanto riguarda i dispositivi di vincolo dell'impalcato alle sottostrutture, per ciascuna campata si prevede il seguente schema di vincoli:

- due appoggi fissi e due mobili su un lato: blocco di tutte le componenti di traslazione in corrispondenza dei due appoggi centrali (fissi) e la possibilità di traslazioni sia trasversali che longitudinali per i due appoggi esterni (multidirezionali)
- un appoggio unidirezionale (scorrevole in senso longitudinale) e tre multidirezionali sul lato opposto

Si sottolinea che la disposizione degli appoggi al di sotto del ponte di 45m è funzione della composizione dei viadotti VI01, VI02, VI03 e VI04, pertanto, nelle diverse travate che compongono il viadotto, gli appoggi fissi sono posizionati sia sotto al traverso di testa di 4,15m (schema 1 in Fig. 5) sia sotto il traverso di testa di altezza 2,75m (schema 2 in Fig. 5).

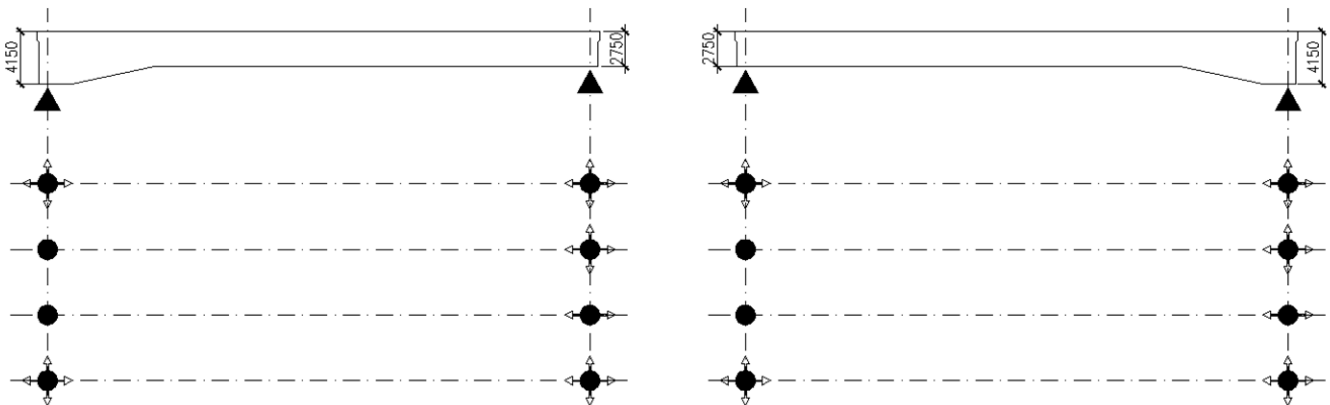


Fig. 5 – Schema appoggi (schema 1 a sinistra e schema 2 a destra)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0009 001</td> <td>B</td> <td>15 di 180</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0009 001	B	15 di 180
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0009 001	B	15 di 180													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo																		

5 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Il progetto è redatto secondo la seguente normativa:

- Legge 05/01/1971 n°1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica;
- Legge 02/02/1974 n°64: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D.M. del 14 Gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni;
- C.M. 02/02/2009 n.617: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- CNR-UNI 10011: "Costruzioni di acciaio – Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione"
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A del 30/12/2016: Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture;
- RFI DTC SI PS SP IFS 001 A del 30/12/2016: Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio e in acciaio;

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 16 di 180

6 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si riassumono di seguito le caratteristiche principali dei materiali. Si rimanda alla tavola di progetto specifica per ulteriori dettagli.

6.1 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA

Le strutture principali del ponte sono realizzate in acciaio S355 secondo EN10025, dove:

- $t \leq 16$ mm $f_{yk} = 355$ MPa e $f_u = 510$ MPa
- $16 < t \leq 40$ mm $f_{yk} = 345$ MPa e $f_u = 510$ MPa
- $40 < t \leq 63$ mm $f_{yk} = 335$ MPa e $f_u = 510$ MPa
- Modulo elastico $E_s = 210\,000$ MPa.

6.2 CALCESTRUZZO PER LA SOLETTA

$R_{ck} = 40$ N/mm² (C32/40) resistenza caratteristica (frattile 5%) dei cubetti a 28 gg

tipo cemento CEM I-V

Rapporto acqua cemento ≤ 0.50

Consistenza plastica = Classe di Slump S4

Classe di esposizione XC4

Copriferro = 45 mm

Diametro massimo dell'inerte per le strutture ≤ 20 mm

Si impiegano additivi anti-ritiro che consentono di ottenere un valore di contrazione per ritiro $\epsilon_{rit} = -1,34 \times 10^{-4}$ (calcolo deformazione da ritiro al § 8.9).

Dalla tabella 4.1.IV del DM2008 si ricava l'apertura ammissibile delle fessure per le condizioni ambientali molto aggressive e in presenza di armatura poco sensibile.

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	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

w_1, w_2, w_3 sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo w_d , è definito al § 4.1.2.2.4.6.

Fig. 6 – Stato limite di fessurazione – tabella 4.1.IV del DM2008

Nel caso di armatura poco sensibile, lo stato limite di apertura delle fessure, nelle combinazioni frequente e quasi permanente, è definito da $w_1 = 0,2$ mm.

6.3 ACCIAIO PER OPERE IN C.A.

Acciaio per barre d'armatura: B450C controllato in stabilimento (barre ad aderenza migliorata)

Acciaio per reti elettrosaldate: B450C (secondo le prescrizioni del D.M. 14-1-2008)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 17 di 180

- $5 < \varnothing < 30$ mm. acciaio per cemento armato B450C.
- $1.15 \leq (f_t/f_y)_k < 1.35$
- $f_{yk} = 450$ N/mm² tensione caratteristica di snervamento
- $f_{tk} = 540$ N/mm² tensione caratteristica di rottura

Per la piegatura delle barre si fa riferimento al DM 14-1-2008.

6.4 LASTRE PREDALLE

Calcestruzzo

Classe di resistenza minima C32/40

Tipo cemento CEM I-V

Rapporto acqua cemento ≤ 0.50

Classe minima di consistenza S4

Classe di esposizione ambientale XC4

Copriferro = 35 mm

Diametro massimo dell'inerte ≤ 20 mm

Acciaio

Barre e reti elettrosaldate in acciaio B450C saldabile

- $5 < \varnothing < 30$ mm. acciaio per cemento armato B450C.
- $1.15 < (f_t/f_y)_k < 1.35$
- $f_{yk} = 450$ N/mm² tensione caratteristica di snervamento
- $f_{tk} = 540$ N/mm² tensione caratteristica di rottura

Per la piegatura delle barre si fa riferimento al DM 14-1-2008

6.5 BULLONI

Strutture principali

- viti 10.9 secondo UNI EN ISO 898-1 UNI EN 14399-4
- dadi 10 secondo UNI EN 20898-2:1994 UNI EN 14399-4

Strutture secondarie

- Viti classe 8.8 UNI EN ISO 898-1, UNI EN 14399-4
- Dadi classe 8 UNI EN 20898-2, UNI EN 14399-4

Gioco foro-bullone:

- STRUTTURE SECONDARIE: 1 mm (compresa tolleranza della vite)
- STRUTTURE PRINCIPALI: bulloni a taglio con accoppiamento di precisione, con gioco foro-bullone, comprensivo delle rispettive tolleranze, non superiore a 0,3 mm per $\varnothing \leq 20$ mm e non superiore a 0,5 mm per $\varnothing > 20$ mm, essendo \varnothing il diametro del bullone.

I giunti bullonati sono calcolati a taglio, considerando la resistenza dei bulloni cl. 8.8 sebbene da progetto siano previsti bulloni cl.10.9.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 18 di 180

La resistenza a taglio è calcolata come da DM2008, ossia:

$$F_{V,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot A / \gamma_{M2} = 0,6 \times 800 \times 572 / 1,25 / 1000 = 220 \text{ kN}$$

Tale valore risulta inferiore alla resistenza dei bulloni M27 di classe 10.9 ridotta del 15%, come prescritto nel "Manuale di progettazione delle opere civili – parte II – sezione 2 – ponti e strutture" (Fig. 7). Infatti, la resistenza a taglio di un bullone M27 cl.10.9 calcolata secondo DM2008 risulta:

$$F_{V,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot A / \gamma_{M2} = 0,6 \times 1000 \times 572 / 1,25 / 1000 = 275 \text{ kN}$$

Riducendo tale valore del 15% si ottiene una resistenza a taglio pari a 234 kN, ossia maggiore della resistenza considerata in fase di progetto.

2.5.2.3.6.2 Giunzioni con bulloni a taglio

Per quanto riguarda il calcolo delle unioni bullonate a taglio vale quanto riportato al paragrafo 4.2.8 del DM 14.1.2008 con una riduzione del 15% dei limiti di resistenza indicati nel detto paragrafo.

Per la verifica a fatica dei bulloni si farà riferimento alla relativa curva SN riportata nella EN 1993.

Sono ammessi bulloni con diametro 12 - 14 - 16 - 18 - 20 - 22 - 24 - 27 mm.

Fig. 7 – Estratto dal "Manuale di progettazione delle opere civili"

6.6 PIOLI CONNETTORI

Si utilizzano pioli tipo Nelson in acciaio S235JR+ C450 (St37/3k) con:

- snervamento $f_y \geq 350 \text{ N/mm}^2$
- rottura $f_u \geq 450 \text{ N/mm}^2$
- Norma di riferimento: EN 13918

6.7 SALDATURE

Le saldature realizzate mediante cordoni d'angolo che uniscono due lamiere di spessori S1 e S2 ($S1 \geq S2$) devono avere il lato Z soddisfacente la limitazione seguente (eccetto dove diversamente indicato nei disegni):

$$0,7 \times S_2 = Z$$

Per ulteriori indicazioni sulle saldature si rimanda alle tavole di dettaglio.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 19 di 180

7 METODO DI VERIFICA

L'analisi globale della struttura è effettuata con il metodo elastico, pertanto si valutano gli effetti delle azioni nell'ipotesi che il legame tensione-deformazione del materiale sia infinitamente lineare.

La struttura viene verificata secondo il metodo semiprobabilistico degli stati limite, confrontando le tensioni calcolate con la tensione limite come definito nel DM2008 § 4.2.4.1.2, ossia:

$$\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{z,Ed} \sigma_{x,Ed} + 3 \tau_{Ed}^2 \leq (f_{yk} / \gamma_{M0})^2 \quad (4.2.5)$$

dove:

$\sigma_{x,Ed}$ è il valore di calcolo della tensione normale nel punto in esame, agente in direzione parallela all'asse della membratura;

$\sigma_{z,Ed}$ è il valore di calcolo della tensione normale nel punto in esame, agente in direzione ortogonale all'asse della membratura;

τ_{Ed} è il valore di calcolo della tensione tangenziale nel punto in esame, agente nel piano della sezione della membratura.

Fig. 8 – estratto da § 4.2.4.1.2 “Resistenza delle membrature” del DM2008

Il DM2008 al §4.2.4.1.2 “Resistenza delle membrature” ammette la verifica in campo elastico per tutti i tipi di sezione, “con l'avvertenza di tener conto degli effetti di instabilità locale per le sezioni di classe 4.Per le sezioni di classe 4, in alternativa alle formule impiegate nel seguito, si possono impiegare altri procedimenti di comprovata validità”.

Pertanto la verifica della struttura viene effettuata calcolando le tensioni nella sezione lorda, verificando che tale valore sia inferiore alla tensione limite (come in Fig. 8) e verificando la stabilità degli elementi compressi tramite il procedimento descritto nelle istruzioni CNR 10011.

Per quanto riguarda le verifiche della singole aste (aste di controvento o di diaframma), si confronta la resistenza delle membrature definita da normativa $R_d = R_k/\gamma_M$ con la forza sollecitante; il rapporto tra i due valori deve essere inferiore ad 1,0 ($F_{ED} / R_d < 1,0$).

7.1 COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Per le verifiche di resistenza delle membrature si adottano i fattori parziali γ_{M0} e γ_{M2} indicati in tab.4.2.V della normativa italiana (Fig. 9).

Tabella 4.2.V Coefficienti di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità

Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature	$\gamma_{M1} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	$\gamma_{M1} = 1,10$
Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	$\gamma_{M2} = 1,25$

Fig. 9 – Coefficienti parziali di sicurezza - § 4.2.4.1 DM2008

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 20 di 180

8 ANALISI DEI CARICHI

8.1 PESI PROPRI

Si considerano i seguenti pesi propri per unità di volume:

- Calcestruzzo: 25 kN/mc
- Acciaio da carpenteria metallica: 78,5 kN/mc

Il peso totale dell'impalcato in carpenteria metallica risulta pari a 2530 kN, di cui:

- peso dei cassoni: 2145 kN (incluso peso stiffeners, bullonature, saldature ecc...)
- peso dei traversi di testa: 90 e 130 kN ciascuno
- peso dei profili laminati: 165 kN (incluso il peso di piastrame e bullonature)

Il peso totale della soletta in calcestruzzo risulta pari a 6550 kN, in quanto:

- peso predalle = $25 \times 0,05 \times 13,7 \times 45 = 770$ kN
- peso getto di calcestruzzo (sp.medio 0,375m) = $25 \times 0,375 \times 13,7 \times 45 = 5780$ kN

8.2 PERMANENTI PORTATI

Si considerano i seguenti carichi permanenti portati:

- Ballast (sp. convenzionale 0,80m come da normativa): $18 \text{ kN/m}^3 \times 0,80 \text{ m} = 14,4 \text{ kN/m}^2$
- Massetto sp. 5cm: $25 \text{ kN/m}^3 \times 0,05 \text{ m} = 1,25 \text{ kN/m}^2$
- Cavidotti e impianti: $2 \times 11,20 \text{ kN/m}$
- Cordoli laterali (20 cm x 82 cm): $2 \times (25 \text{ kN/m}^3 \times 0,2 \times 0,82) = 2 \times 4,1 \text{ kN/m}$
- Vele: $2 \times 1,50 \text{ kN/m}$
- Barriere antirumore (h=4m come da normativa): $2 \times (4 \times 4) = 2 \times 16 \text{ kN/m}$

8.3 EFFETTI DINAMICI

I coefficienti dinamici tengono conto delle amplificazioni dinamiche delle sollecitazioni, delle deformazioni e degli effetti delle vibrazioni della struttura. Per le usuali tipologie di ponti e per velocità di percorrenza inferiori a 220 km/h, quando la frequenza propria della struttura ricade all'interno del fuso definito dalla normativa (§10.3), è sufficiente utilizzare i coefficienti dinamici definiti dalla normativa ferroviaria.

Nel caso in esame, considerando la linea con ridotto standard manutentivo, si ottiene:

$$\Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\phi - 0.2}} + 0.73 \quad \text{con la limitazione } 1.00 \leq \Phi_3 \leq 2.00$$

Per quanto riguarda l'analisi globale della struttura, si considera come lunghezza caratteristica la luce della travata (Fig. 10) ossia 43 m, pertanto l'incremento dinamico ϕ risulta 1,07.

TRAVI PRINCIPALI		
5	5.1 Travi e solette semplicemente appoggiate (compresi i solettoni a travi incorporate)	Luce nella direzione delle travi principali

Fig. 10 – Coefficienti dinamici – estratto da DM 2008

Per l'analisi degli effetti locali, ossia per la verifica della soletta si fa riferimento al coefficiente di incremento dinamico definito dalla normativa al punto 4 della Fig. 11. Si considera una lunghezza caratteristica L_ϕ pari al triplo

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 21 di 180

della luce tra le travi trasversali (2,8 m x 3 = 8,4 m), per cui il coefficiente di incremento dinamico ϕ risulta pari a 1,53.

4	<p>4.1 Solette superiori e traversi di impalcato a sezione scatolare o a graticcio di travi.</p> <ul style="list-style-type: none"> - nella direzione trasversale alle travi principali - nella direzione longitudinale - mensole trasversali supportanti carichi ferroviari: se $e > 0,50$ m, essendo e la distanza fra l'asse della rotaia piú esterna e il filo esterno dell'anima piú esterna della struttura principale longitudinale, occorre uno studio specifico. 	<p>3 volte la luce della soletta</p> <p>3 volte la luce della soletta d'impalcato o, se minore, la lunghezza caratteristica della trave principale</p> <p>3 volte la distanza fra le anime della struttura principale longitudinale</p>
----------	--	---

Fig. 11 – Coefficienti dinamici – estratto da DM 2008

8.4 CARICHI VIAGGIANTI

Le azioni variabili verticali sono definite in accordo con il “Manuale di progettazione RF”I e con il DM 2008. In particolare si considerano due modelli di carico distinti: il primo rappresentativo del traffico normale (modello di carico LM71) ed il secondo rappresentativo del traffico pesante (modello di carico SW/2).

TRENO DI CARICO LM/71

Il treno di carico LM/71 è costituito da 4 forze concentrate di 250 kN disposte ad interasse 1,6m e da due distese di carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0,8 m di distanza dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata Fig. 12).

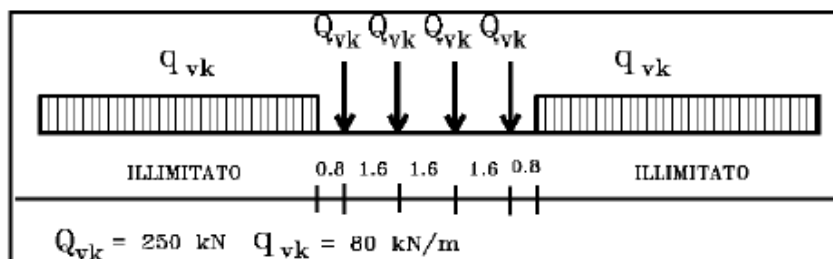


Fig. 12 – Modello di carico LM71 – estratto da DM2018 § 5.2.2.3.1

Il coefficiente di adattamento per questo modello di carico è $\alpha = 1,1$.

Per questo modello di carico è prevista da normativa un'eccentricità accidentale del carico rispetto all'asse del binario dipendente dallo scartamento, per tenere conto dello spostamento dei carichi:

$$e_a = s / 18 = 1435 / 18 = \pm 80 \text{ mm}$$

A questa eccentricità si aggiunge l'eccentricità geometrica dovuta allo scostamento dell'asse rettilineo dell'impalcato metallico rispetto all'asse curvilineo del tracciato ferroviario.

$$e_g = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2} = 163 \text{ mm (dove } R = 1550 \text{ m e } L = 45 \text{ m)}$$

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 22 di 180

TRENO DI CARICO SW/2

Il modello di carico SW/2 schematizza gli effetti prodotti dal traffico ferroviario pesante ed è costituito da due distese di carico distribuito di 150 kN/m lunghe 25m come rappresentato in Fig. 13.

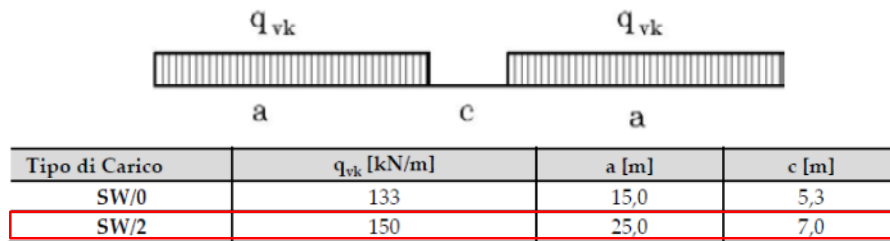


Fig. 13 – Modello di carico SW/2 – estratto da DM2018

Il coefficiente di adattamento per questo modello di carico è $\alpha = 1$.

8.5 CARICHI SUI MARCIAPIEDI

Il carico sui marciapiedi è definito come da normativa pari a 10 kN/m².

Questo carico non si considera contemporaneo al transito dei convogli ferroviari e non è soggetto all'incremento dinamico.

8.6 FRENATURA E AVVIAMENTO DEI TRENI

Le forze di avviamento e frenatura agiscono in sommità del binario, nella direzione longitudinale dello stesso. Si tratta di forze uniformemente distribuite su una lunghezza di binario determinata per ottenere l'effetto più gravoso sull'elemento considerato.

I valori caratteristici definiti dalla normativa italiana sono (§ 5.2.2.4.3 NTC 2008):

- Avviamento: $Q_{la,k} = 33 \text{ kN/m} \times L \leq 1000 \text{ kN}$ per treni di carico LM71, SW/0 e SW/2
- Frenatura: $Q_{lb,k} = 20 \text{ kNm} \times L \leq 6000 \text{ kNm}$ per treni di carico LM71 e SW/0
- Frenatura: $Q_{lb,k} = 35 \text{ kNm} \times L$ per treni di carico SW/2

Nel caso di ponti a doppio binario si devono considerare due treni in transito in versi opposti, uno in fase di avviamento, l'altro in fase di frenatura, pertanto nel caso in esame risulta:

- Avviamento di LM71: $Q_{la,k} = 33 \text{ kN/m}$ applicato su una lunghezza di $1000 / 33 = 30,3 \text{ m}$
- Frenatura di SW/2: $Q_{lb,k} = 35 \text{ kNm}$ applicato sulla lunghezza "a" del modello di carico SW/2

Questi valori caratteristici vanno moltiplicati per i coefficienti α ($\alpha_{LM71} = 1,1$ e $\alpha_{SW2} = 1,0$), ma non per l'incremento dinamico ϕ .

8.7 AZIONE CENTRIFUGA

La forza centrifuga si considera agente verso l'esterno della curva, in direzione orizzontale ed applicata alla quota di 1,80 m al di sopra del piano del ferro.

Il valore caratteristico della forza centrifuga si determina come da normativa ferroviaria, ossia:

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 23 di 180

$$Q_{ik} = \frac{v^2}{g \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha Q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha Q_{vk}) \quad [5.2.9.a]$$

$$q_{ik} = \frac{v^2}{g \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha q_{vk}) \quad [5.2.9.b]$$

dove:

Q_{ik} - q_{ik} = valore caratteristico della forza centrifuga [kN -kN/m];

Q_{vk} - q_{vk} = valore caratteristico dei carichi verticali [kN -kN/m];

α = coefficiente di adattamento;

v = velocità di progetto espressa in m/s;

V = velocità di progetto espressa in km/h;

f = fattore di riduzione (definito in seguito nella 5.2.10);

g = accelerazione di gravità in m/s²;

r = raggio di curvatura in m.

Valore di α	Massima velocità della linea [Km/h]	Azione centrifuga basata su:				traffico verticale associato
		V	α	f		
SW/2	≥ 100	100	1	1	1 x 1 x SW/2	Φ x 1 x SW/2
	< 100	V	1	1	1 x 1 x SW/2	
LM71 e SW/0	> 120	V	1	f	1 x f x (LM71'+SW/0)	Φ x 1 x 1 x (LM71'+SW/0)
		120	α	1	α x 1 x (LM71'+SW/0)	Φ x α x 1 x (LM71'+SW/0)
	≤ 120	V	α	1	α x 1 x (LM71'+SW/0)	

Fig. 14 – Forza centrifuga – estratto dal manuale di progettazione delle opere civili "RFI DTC SICS MA IFS 001 A"

Per il modello di carico SW2 risulta:

$V = 100$ km/h (la velocità di progetto della linea è di 200 km/h), $f = 1,0$ e $\alpha = 1,0$

$$Q_{ik} = Q_{vk} = 0 \text{ kN}$$

$$q_{ik} = \frac{v^2}{g \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha q_{vk}) = \frac{100^2}{127 \cdot 1550} \cdot (1,0 \cdot 1,0 \cdot 150) = 7,6 \text{ kN/m}$$

Il traffico verticale associato è pari a Φ x SW/2.

Per il modello di carico LM71 vanno considerati due casi, come da tabella in Fig. 14:

- Caso a) $V = 120$ km/h, $f = 1,0$ e $\alpha = 1,1$

$$Q_{ik} = \frac{v^2}{g \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha Q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha Q_{vk}) = \frac{120^2}{127 \cdot 1550} \cdot (1,0 \cdot 1,1 \cdot 250) = 20,1 \text{ kN}$$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 24 di 180

$$q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha q_{vk}) = \frac{120^2}{127 \cdot 1550} \cdot (1,0 \cdot 1,1 \cdot 80) = 6,4 \text{ kN/m}$$

- Caso b) $V = 200 \text{ km/h}$ e $\alpha = 1$

$$Q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha Q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha Q_{vk}) = \frac{200^2}{127 \cdot 1550} \cdot (0,65 \cdot 1,0 \cdot 250) = 33 \text{ kN}$$

$$\text{dove } f = \left[1 - \frac{200 - 120}{1000} \left(\frac{814}{200} + 1,75 \right) \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{2,88}{45}} \right) \right] = 0,65 \text{ con } L_f = 45 \text{ m}$$

$$q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha q_{vk}) = \frac{200^2}{127 \cdot 1550} \cdot (0,65 \cdot 1,0 \cdot 80) = 10,6 \text{ kN/m}$$

Nel modello di calcolo si considera solamente il caso (b) in quanto più gravoso per il ponte in esame.

Il traffico verticale associato è pari a $\Phi \times LM/71$.

8.8 SERPEGGIO

Come definito nel DM 2008, "l'azione laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario". La forza applicata è di 100 kN.

Questo valore caratteristico va moltiplicato per il coefficiente α , ma non per l'incremento dinamico ϕ .

8.9 RITIRO E VISCOSITA' DEL CALCESTRUZZO

La sezione mista è soggetta ad uno stato di coazione dovuto al ritiro della soletta in c.a.

L'effetto del ritiro del calcestruzzo viene valutato secondo NTC2008 § 11.2.10.6 e 7.

I parametri per il calcolo sono i seguenti:

- Modulo elastico del calcestruzzo: $E_m = 33346 \text{ MPa}$
- dimensione fittizia: $h_0 = 2xAc/u = 2x5600000/17830 = 628 \text{ mm}$
- resistenza caratteristica del calcestruzzo $R_{ck} = 40 \text{ MPa}$
- resistenza cilindrica del calcestruzzo $f_{ck} = 32 \text{ MPa}$
- umidità relativa RH pari al 75 % $\rightarrow kh = 0,7$

f_{ck}	Deformazione da ritiro per essiccamento (in ‰)					
	Umidità Relativa (in ‰)					
	20	40	60	80	90	100
20	-0,62	-0,58	-0,49	-0,30	-0,17	+0,00
40	-0,48	-0,46	-0,38	-0,24	-0,13	+0,00
60	-0,38	-0,36	-0,30	-0,19	-0,10	+0,00
80	-0,30	-0,28	-0,24	-0,15	-0,07	+0,00

Fig. 15 – Valori di ϵ_0 – tabella 11.2.Va del DM2008

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 25 di 180

- deformazione per ritiro da essiccamento $\varepsilon_{c0} = -304 \times 10^{-6}$
- deformazione da ritiro per essiccamento a tempo infinito $\varepsilon_{cd,\infty} = k_h \times \varepsilon_{c0} = -213 \times 10^{-6}$
- deformazione per ritiro autogeno a tempo infinito $\varepsilon_{ca,\infty} = -2.5 (f_{ck} - 10) \times 10^{-6} = -55 \times 10^{-6}$

La deformazione totale per ritiro risulta: $\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd,\infty} + \varepsilon_{ca,\infty} = -268 \times 10^{-6}$

Si considera l'utilizzo di additivi anti-ritiro che consentono di ottenere un valore di contrazione per ritiro $\varepsilon = \varepsilon_{cs} / 2 = -134 \times 10^{-6}$.

Considerando di applicare il carico al tempo $t_0 = 28$ giorni, il coefficiente di viscosità al tempo infinito risulta $\varphi(t, t_0) = 1,63$. Il modulo elastico del calcestruzzo a lungo termine pertanto risulta $E_{c\infty} = E_{cm} / (1 + \varphi) = 12663$ MPa.

8.10 VARIAZIONE TERMICHE

8.10.1 UNIFORME

La variazione termica uniforme da considerare per un impalcato in struttura mista acciaio – calcestruzzo è di +/- 15°C. Si aggiunge inoltre una differenza di temperatura di 5°C tra la soletta in calcestruzzo e la trave in acciaio.

8.10.2 NON UNIFORME

Si considera un gradiente di temperatura di 5°C fra estradosso ed intradosso impalcato.

8.11 VENTO

Secondo la normativa di riferimento (DM14/01/2008 - §5.1.3.7) l'azione del vento è convenzionalmente pari ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse del ponte. La pressione del vento è definita come:

$$p = q_b \times C_e \times C_p \times C_d$$

dove:

- q_b è la pressione cinetica di riferimento calcolata come $\frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2$
- C_e è il coefficiente di esposizione
- C_p è il coefficiente aerodinamico
- C_d è il coefficiente dinamico (si assume pari ad 1,0)

L'opera oggetto della presente è situata in zona 3 (Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria - esclusa la provincia di Reggio Calabria), pertanto i parametri di riferimento sono:

- $v_{b,0} = 27$ [m/s] – definita dalla normativa per un tempo di ritorno di 50 anni
- $v_{b,0} = 28,1$ [m/s] – calcolata come da normativa per un tempo di ritorno di 100 anni
- $a_0 = 500$ [m]
- $k_a = 0,02$ [1/s]

Si ottiene una pressione cinetica di riferimento q_b di 0,492 kN/m².

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA AV	Soci SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: Mandatara ROCKSOIL S.P.A.	Mandanti NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 26 di 180



Fig. 16 – mappa delle zone in cui è diviso il territorio italiano per l'azione del vento – DM2008

Per il calcolo del coefficiente di esposizione si considera una classe di rugosità D (area priva di ostacoli), una zona 3 e di conseguenza una categoria II da cui si ottengono i seguenti parametri:

- $k_r = 0,19$ [-]
- $z_0 = 0,05$ [m]
- $z_{min} = 4,0$ [m]

Ad un'altezza di riferimento $z = 50m$ risulta pertanto un coefficiente di esposizione c_e pari a 3,47.

Il coefficiente di pressione si determina come da normativa con riferimento alle travi ad anima piena. Trattandosi di due travi accoppiate poste ad una distanza minore del doppio dell'altezza h , il coefficiente di pressione c_p risulta:

- sulla trave sopravento: $c_p = 2,4 - \varphi = 2,4 - 1,0 = 1,4$ (dove $\varphi=1$ è il rapporto di solidità)
- sulla trave sottovento: $\mu \times c_p = 0,2 \times 1,4 = 0,28$

Pertanto la pressione del vento totale agente sulle due travi del ponte risulta:

- sulla trave sopravento: $0,492 \times 3,47 \times 1,4 \times 1,0 = 2,39 \text{ kN/m}^2$
- sulla trave sottovento: $0,492 \times 3,47 \times 0,28 \times 1,0 = 0,48 \text{ kN/m}^2$

che corrisponde ad un carico orizzontale uniformemente distribuito pari a :

- sulla trave sopravento: $2,39 \times 2,75 = 6,6 \text{ kN/m}$
- sulla trave sottovento: $0,48 \times 2,75 = 1,32 \text{ kN/m}$

A questa forza orizzontale si aggiungono le forze agenti sugli altri elementi della struttura ossia:

- vento sulla soletta (sp. $0,4 + 0,2m$): $2,39 \text{ kN/m}^2 \times 0,6m = 1,43 \text{ kN/m}$;
- vento sul convoglio ($h = 4.00 \text{ m}$ a partire dal piano del ferro): $2,39 \text{ kN/m}^2 \times 4m = 9,6 \text{ kN/m}$

Per le barriere antirumore si fa riferimento ai dati ricevuti, ossia:

- pressione del vento = $2,5 \text{ kN/m}^2$
- altezza barriera dal piano della soletta = $5,3 \text{ m}$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 27 di 180

Risulta pertanto un carico distribuito uniforme di $2,5\text{kN/m}^2 \times 5,2\text{m} = 13 \text{ kN/m}$ agente a $5,2/2 = 2,6\text{m}$ dal piano della soletta.

8.12 AZIONI SISMICHE

Gli spettri di progetto definiti sono stati determinati a partire dalle coordinate, la vita nominale, la classe d'uso, le categorie topografiche e di sottosuolo e in base allo stato limite da considerare.

In particolare per i viadotti in oggetto, con riferimento al DM2008:

- Long = 15.00587; Lat = 41.12553
- $V_n = 100$ anni
- classe d'uso=IV dunque $C_u = 2$
- TR = 1898 anni
- Categoria di sottosuolo C
- Categoria topografica T1
- Stato limite considerato SLV
- Fattore di struttura: $q = 1$

Gli spettri di progetto in direzione orizzontale e verticale sono illustrati in Fig. 17 e Fig. 18.

L'azione sismica si determina tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali secondo la relazione:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$$

dove:

- G_1 e G_2 rappresentano le masse dei pesi propri e dei carichi permanenti
- $\psi_{2j} Q_{kj}$ rappresenta il 20% della massa corrispondente al carico da traffico ($\psi_{2j} = 0,2$)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 28 di 180
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

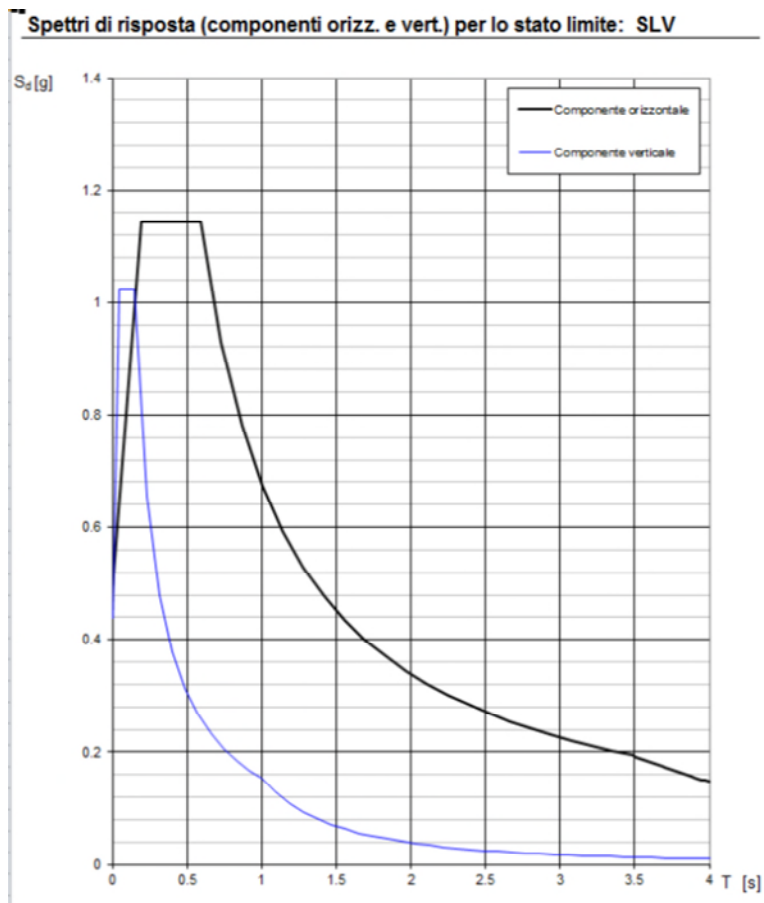


Fig. 17 – Spettro di risposta di progetto – componente orizzontale e verticale

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.472 g
F_0	2.338
T_c	0.424 s
S_s	1.038
C_c	1.393
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.038
η	1.000
T_B	0.197 s
T_c	0.591 s
T_D	3.488 s

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0.438 g
S_s	1.000
S_T	1.000
q	1.000
T_B	0.050 s
T_c	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	2.168
S	1.000
η	1.000

Fig. 18 – Parametri dello spettro di risposta – componente orizzontale (a sinistra) e verticale (a destra)

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 29 di 180

8.13 DERAGLIAMENTO:

Il deragliamento è un'azione derivante dall'esercizio ferroviario che deve essere considerata quale azione eccezionale.

- Caso 1: Si devono considerare due carichi verticali lineari $q_{A1d} = 60 \text{ kN/m}$ ciascuno, posizionati longitudinalmente su una lunghezza di 6,40 m, ad una distanza trasversale pari allo scartamento S . Il carico più eccentrico tra i due deve essere posto ad una distanza massima di $1,5s$ dall'asse dei binari (con $s = 1435 \text{ mm}$).

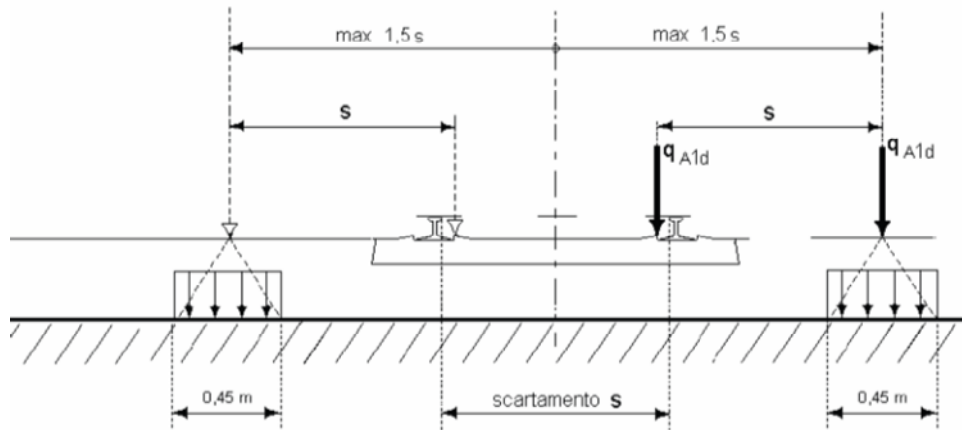


Fig. 19 – Deragliamento – caso 1

- Caso 2: Si deve considerare un unico carico lineare $q_{A2d} = 80 \times 1,4 \text{ kN/m}$ esteso per 20 m e disposto con una eccentricità massima, lato esterno, di $1,5s$ rispetto all'asse del binario.

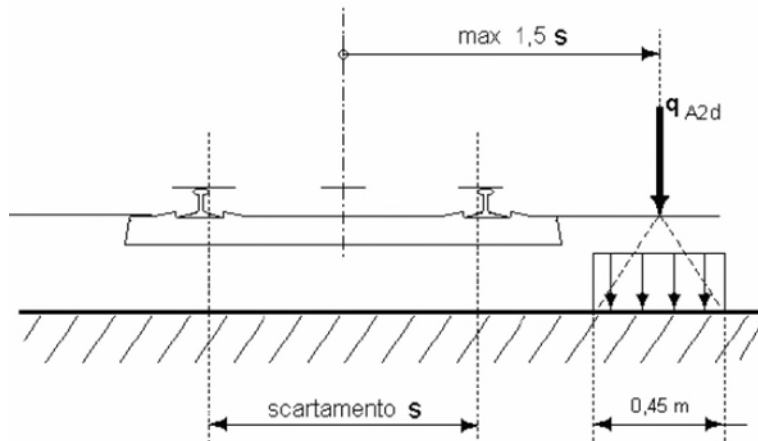


Fig. 20 – Deragliamento – caso 2

Nel caso in esame la forza di deragliamento non è presa in esame per le verifiche globali, in quanto non dimensionante.

APPALTATORE: Consorzio HIRPINIA AV	Soci SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: Mandatario ROCKSOIL S.P.A.	Mandanti NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 30 di 180

9 COMBINAZIONI

Le azioni descritte ai paragrafi precedenti vengono combinate tramite opportuni coefficienti, come definito dalla normativa per ponti ferroviari.

Ai fini delle verifiche agli stati limite, la normativa definisce le seguenti combinazioni di carico:

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Fig. 21 – Combinazioni delle azioni: § 2.5.3 NTC 2008

I coefficienti parziali per le combinazioni agli SLU sono evidenziati in Fig. 22.

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

Fig. 22 – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU: tabella 5.2.V § 5.2.3 NTC 2008

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 31 di 180

I coefficienti di combinazione Ψ sono riportati in Fig. 23

Tabella 5.2.VI - Coefficienti di combinazione ψ delle azioni.

Azioni		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	g_{r1}	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	g_{r2}	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	g_{r3}	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	g_{r4}	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

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

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

Fig. 23 – Coefficienti di combinazione: tabella 5.2.VI § 5.2.3 NTC 2008

Nel caso di ponti ferroviari è necessario tenere in considerazione la contemporaneità dei treni secondo quanto previsto dalla normativa Fig. 24. Nel caso in esame, trattandosi di due binari, si considera un treno LM71 sul primo binario ed un treno SW2 sul secondo binario, configurazione corrispondente alla condizione di traffico pesante.

Tabella 5.2.III - Carichi mobili in funzione del numero di binari presenti sul ponte

Numero di binari	Binari Carichi	Traffico normale		Traffico pesante ⁽²⁾
		caso a ⁽¹⁾	caso b ⁽¹⁾	
1	Primo	1,0 (LM 71"+SW/0")	-	1,0 SW/2
2	Primo	1,0 (LM 71"+SW/0")	-	1,0 SW/2
	secondo	1,0 (LM 71"+SW/0")	-	1,0 (LM 71"+SW/0")
≥ 3	Primo	1,0 (LM 71"+SW/0")	0,75 (LM 71"+SW/0")	1,0 SW/2
	secondo	1,0 (LM 71"+SW/0")	0,75 (LM 71"+SW/0")	1,0 (LM 71"+SW/0")
	Altri	-	0,75 (LM 71"+SW/0")	-

Fig. 24 – Carichi mobili in funzione del numero di binari: tabella 5.2.III § 5.2.3 NTC 2008

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli sono combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella tabella in Fig. 25:

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 32 di 180

Tabella 5.2.IV - Valutazione dei carichi da traffico

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6; 0,4)	-	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

Azione dominante
 (1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi (Φ, α , ecc..)

(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

Fig. 25 – Valutazione dei carichi da traffico: tabella 5.2.IV § 5.2.3 NTC 2008

Le tabelle seguenti riassumono le combinazioni di carico agli Stati Limite Ultimi e agli Stati Limite di esercizio (combinazione caratteristica) considerate per la verifica della struttura. Per ogni combinazione sono indicati i coefficienti massimi e minimi: nel combinare i carichi si considera il coefficiente più gravoso tra i due.

Nelle tabelle seguenti sono riportate quattro condizioni di carico sia per le azioni di serpeggio sia per la forza centrifuga. Queste quattro condizioni sono dovute alla necessità di rappresentare queste forze nel modello come condizioni statiche lineari. Si rimanda al paragrafo relativo per ulteriori dettagli.

APPALTATORE: Consorzio <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA			
PROGETTAZIONE: Mandatario <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo					
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF28	01	E ZZ CL	VI0009 001	B	33 di 180

COMBINAZIONI SLU		G1a	G1c	G2	Q13_RIT	Q1_LM71	Q2_SW2	Q3_LM71	Q4_SW2	Q9_U	Q10_grad	Q14_v1	Q15_v1	Q16_v1	Q17_folia	Q14_v2	Q15_v2	Q16_v2	Q7-P4	Q7-P7	Q7-P8	Q7-P13	Q8-P4	Q8-P7	Q8-P8	Q8-P13	Q5_LM71-P4	Q5_LM71-P7	Q5_LM71-P8	Q5_LM71-P13	Q6_SW2-P4	Q6_SW2-P7	Q6_SW2-P8	Q6_SW2-P13					
		max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min				
SLU1	max	1.35	1.35	1.50	1.20	0	0	0	0	0.90	0.90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	min	1.00	1.00	1.00	0	0	0	0	0	-0.90	-0.90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
SLU2	max	1.35	1.35	1.50	1.20	0	0	0	0	0.90	0.90	0	0	0	1.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	min	1.00	1.00	1.00	0	0	0	0	0	-0.90	-0.90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SLU3a	max	1.35	1.35	1.50	1.20	1.71	1.55	0.80	0.73	0.90	0.90	0.90	0	0	0	0	0	0	0	1.60	0	0	0	1.45	0	0	0	1.45	0	0	0	1.45	0	0	0	0	0		
	min	1.00	1.00	1.00	0	1.00	1.00	-0.80	-0.73	-0.90	-0.90	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.60	0	0	0	-1.45	0	0	0	-1.45	0	0	0	-1.45	0	0	0	0	0	0	
SLU4a	max	1.35	1.35	1.50	1.20	1.71	0	0.80	0	0.90	0.90	0	0.90	0	0	0	0	0	0	1.60	0	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	min	1.00	1.00	1.00	0	1.00	0	-0.80	0	-0.90	-0.90	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.60	0	0	0	0	0	0	0	-1.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU5a	max	1.35	1.35	1.50	1.20	0	1.55	0	0.73	0.90	0.90	0	0	0	0	0	0.90	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0	0	
	min	1.00	1.00	1.00	0	0	1.00	0	-0.73	-0.90	-0.90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.45	0	0	0	0	
SLU6a	max	1.35	1.35	1.50	1.20	1.71	1.55	0.80	0.73	0.90	0.90	0	0	0	0	0.90	0	0	0	1.60	0	0	0	1.45	0	0	0	1.45	0	0	0	1.45	0	0	0	0	0	0	
	min	1.00	1.00	1.00	0	1.00	1.00	-0.80	-0.73	-0.90	-0.90	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.60	0	0	0	-1.45	0	0	0	-1.45	0	0	0	-1.45	0	0	0	0	0	0	0
SLU7a	max	1.35	1.35	1.50	1.20	1.37	0.24	0.64	0.58	1.50	1.50	0.90	0	0	0	0	0	0	0	1.28	0	0	0	1.16	0	0	0	1.16	0	0	0	1.16	0	0	0	0	0	0	
	min	1.00	1.00	1.00	0	1.00	0	-0.64	-0.58	-1.50	-1.50	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.28	0	0	0	-1.16	0	0	0	-1.16	0	0	0	-1.16	0	0	0	0	0	0	0
SLU8a	max	1.35	1.35	1.50	1.20	1.37	0	0.64	0	1.50	1.50	0	0.90	0	0	0	0	0	0	1.28	0	0	0	0	0	0	0	1.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	min	1.00	1.00	1.00	0	1.00	0	-0.64	0	-1.50	-1.50	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.28	0	0	0	0	0	0	0	-1.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU9a	max	1.35	1.35	1.50	1.20	0	1.24	0	0.58	1.50	1.50	0	0	0	0	0	0.90	0	0	0	0	0	0	1.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.16	0	0	0	0
	min	1.00	1.00	1.00	0	0	1.00	0	-0.58	-1.50	-1.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.16	0	0	0	0	
SLU10a	max	1.35	1.35	1.50	1.20	1.02	0.93	0.48	0.44	1.50	1.50	0	0	0	0	0.90	0	0	0	0.96	0	0	0	0.87	0	0	0	0.87	0	0	0	0.87	0	0	0	0.87	0	0	0
	min	1.00	1.00	1.00	0	1.00	0	-0.48	-0.44	-1.50	-1.50	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.96	0	0	0	-0.87	0	0	0	-0.87	0	0	0	-0.87	0	0	0	-0.87	0	0	0
SLU3b	max	1.35	1.35	1.50	1.20	1.71	1.55	0.80	0.73	0.90	0.90	0.90	0	0	0	0	0	0	0	1.60	0	0	0	1.45	0	0	0	1.45	0	0	0	1.45	0	0	0	1.45	0	0	0
	min	1.00	1.00	1.00	0	1.00	1.00	-0.80	-0.73	-0.90	-0.90	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.60	0	0	0	-1.45	0	0	0	-1.45	0	0	0	-1.45	0	0	0	-1.45	0	0	0
SLU4b	max	1.35	1.35	1.50	1.20	1.71	0	0.80	0	0.90	0.90	0	0.90	0	0	0	0	0	0	1.60	0	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	min	1.00	1.00	1.00	0	1.00	0	-0.80	0	-0.90	-0.90	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.60	0	0	0	0	0	0	0	-1.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU5b	max	1.35	1.35	1.50	1.20	0	1.55	0	0.73	0.90	0.90	0	0	0	0	0	0.90	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0	
	min	1.00	1.00	1.00	0	0	1.00	0	-0.73	-0.90	-0.90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.45	0	0	0	0	
SLU6b	max	1.35	1.35	1.50	1.20	1.71	1.55	0.80	0.73	0.90	0.90	0	0	0	0	0.90	0	0	0	1.60	0	0	0	1.45	0	0	0	1.45	0	0	0	1.45	0	0	0	1.45	0	0	0
	min	1.00	1.00	1.00	0	1.00	1.00	-0.80	-0.73	-0.90	-0.90	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.60	0	0	0	-1.45	0	0	0	-1.45	0	0	0	-1.45	0	0	0	-1.45	0	0	0
SLU7b	max	1.35	1.35	1.50	1.20	1.37	0.24	0.64	0.58	1.50	1.50	0.90	0	0	0	0	0	0	0	1.28	0	0	0	1.16	0	0	0	1.16	0	0	0	1.16	0	0	0	1.16	0	0	0
	min	1.00	1.00	1.00	0	1.00	0	-0.64	-0.58	-1.50	-1.50	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.28	0	0	0	-1.16	0	0	0	-1.16	0	0	0	-1.16	0	0	0	-1.16	0	0	0
SLU8b	max	1.35	1.35	1.50	1.20	1.37	0	0.64	0	1.50	1.50	0	0.90	0	0	0	0	0	0	1.28	0	0	0	0	0	0	0	1.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	min	1.00	1.00	1.00	0	1.00	0	-0.64	0	-1.50	-1.50	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.28	0	0	0	0	0	0	0	-1.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU9b	max	1.35	1.35	1.50	1.20	0	1.24	0	0.58	1.50	1.50	0	0	0	0	0	0.90	0	0	0	0	0	0	1.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.16	0	0	0	
	min	1.00	1.00	1.00	0	0	1.00	0	-0.58	-1.50	-1.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.16	0	0	0	0	
SLU10b	max	1.35	1.35	1.50	1.20	1.02	0.93	0.48	0.44	1.50	1.50	0	0	0	0	0.90	0	0	0	0.96	0	0	0	0.87	0	0	0	0.87	0	0	0	0.87	0	0	0	0.87	0	0	0
	min	1.00	1.00	1.00	0	1.00	0	-0.48	-0.44	-1.50	-1.50	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.96	0	0	0	-0.87	0	0	0	-0.87	0	0	0	-0.87	0	0	0				

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.							
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 35 di 180

I coefficienti indicati in tabella includono i coefficienti di adattamento ed il coefficiente di incremento dinamico per le azioni che lo prevedono.

COMBINAZIONI SISMA	G1a	G1c	G2	Q13_RTT	Q1_LM71	Q2_SW2	Q3_LM71	Q4_SW2	Q9_U	Q10_grad	Q14_V1	Q15_V1	Q16_V1	Q17_folla	Q14_V2	Q15_V2	Q16_V2	Q7_P4	Q7_P7	Q7_P8	Q7_P13	Q8_P4	Q8_P7	Q8_P8	Q8_P13	Q5_LM71_P4	Q5_LM71_P7	Q5_LM71_P8	Q5_LM71_P13	Q6_SW2_P4	Q6_SW2_P7	Q6_SW2_P8	Q6_SW2_P13	SISMA_LONG	SISMA_TRASV	SISMA_VERT	
																																					max
SISMA 01	1.00	1.00	1.00	0	0.20	0.20	0.20	0.20	0.50	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0.20	0	0	0	0	1.00	0.30	0.30
SISMA 02	1.00	1.00	1.00	0	0.20	0.20	0.20	0.20	0.50	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0.20	0	0	0	0	1.00	0.30	0.30
SISMA 03	1.00	1.00	1.00	0	0.20	0.20	0.20	0.20	0.50	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0.20	0	0	0	0	1.00	0.30	0.30
SISMA 04	1.00	1.00	1.00	0	0.20	0.20	0.20	0.20	0.50	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0.20	0	0	0	0	1.00	0.30	0.30
SISMA 05	1.00	1.00	1.00	0	0.20	0.20	0.20	0.20	0.50	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0.20	0	0	0	0	1.00	0.30	0.30
SISMA 06	1.00	1.00	1.00	0	0.20	0.20	0.20	0.20	0.50	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0.20	0	0	0	0	1.00	0.30	0.30
SISMA 07	1.00	1.00	1.00	0	0.20	0.20	0.20	0.20	0.50	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0.20	0	0	0	0	1.00	0.30	0.30
SISMA 08	1.00	1.00	1.00	0	0.20	0.20	0.20	0.20	0.50	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0.20	0	0	0	0	1.00	0.30	0.30
SISMA 09	1.00	1.00	1.00	0	0.20	0.20	0.20	0.20	0.50	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0.20	0	0	0	0	1.00	0.30	1.00
SISMA 10	1.00	1.00	1.00	0	0.20	0.20	0.20	0.20	0.50	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0.20	0	0	0	0	1.00	0.30	1.00
SISMA 11	1.00	1.00	1.00	0	0.20	0.20	0.20	0.20	0.50	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0.20	0	0	0	0	1.00	0.30	1.00
SISMA 12	1.00	1.00	1.00	0	0.20	0.20	0.20	0.20	0.50	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0.20	0	0	0	0	1.00	0.30	1.00
	max	1.00	1.00	1.00	0	0.20	0.20	0.20	0.50	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0.20	0	0	0	0	1.00	0.30	1.00
	min	1.00	1.00	1.00	0	0.20	0.20	0.20	0.50	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0.20	0	0	0	0	1.00	0.30	1.00

Fig. 28 – Combinazioni per SISMA

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA AV	Soci SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: Mandatara ROCKSOIL S.P.A.	Mandanti NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 36 di 180

10 IMPALCATO – EFFETTI GLOBALI

10.1 MODELLO DI CALCOLO

Per l'analisi delle sollecitazioni si ricorre al metodo degli elementi finiti, modellando l'impalcato con elementi beam, geometricamente collocati in corrispondenza dell'asse baricentrico reale. Gli elementi beam (in blu in Fig. 29) rappresentano la sezione mista acciaio – calcestruzzo di mezzo cassone, omogeneizzata ad acciaio.

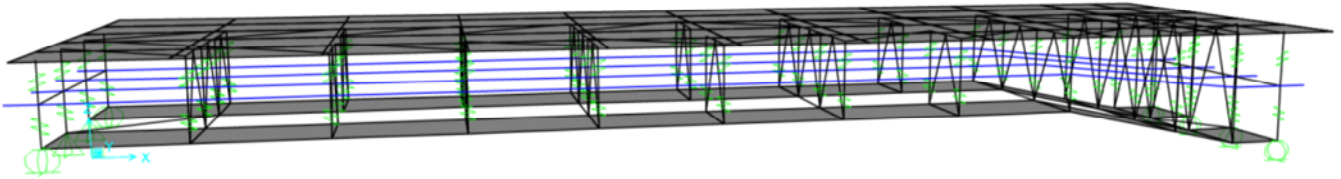


Fig. 29 – Modello FEM – vista 3D (completa)



Fig. 30 – Modello FEM – vista 3D: elementi che rappresentano le travi ed i diaframmi

Gli elementi beam che costituiscono ciascun cassone sono collegati tra loro tramite i diaframmi ed i controventi orizzontali superiori ed inferiori. Questi sono stati rappresentati nella loro posizione reale, tramite l'utilizzo di elementi link rigidi che permettono di ricostruire l'esatta posizione del nodo di collegamento.

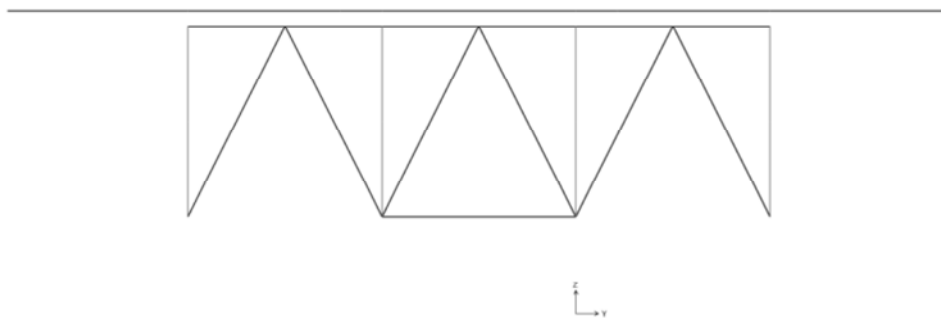


Fig. 31 – Modello FEM: sezione con diaframma tipico

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA AV	Soci SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: Mandatara ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 37 di 180

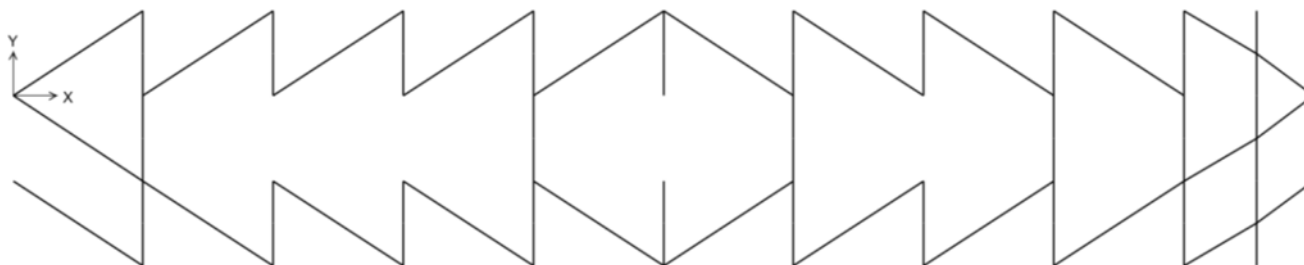


Fig. 32 – Modello FEM: pianta dei controventi superiori

Inoltre, per rappresentare correttamente la rigidezza tagliante fornita dal fondo del cassone e dalla soletta in calcestruzzo, sono stati utilizzati elementi shell aventi lo spessore dell'elemento rappresentato ma con la sola rigidezza tagliante assegnata, ponendo pari a zero tutte le altre caratteristiche statiche.

Gli assi globali X, Y e Z del modello indicano rispettivamente la direzione longitudinale, trasversale e verticale dell'impalcato.

Gli apparecchi d'appoggio sono stati modellati in maniera tale da riprodurre lo schema di vincolo riportato negli elaborati grafici (Fig. 5) con eccezione per il doppio vincolo fisso previsto da progetto. Infatti, per tener conto del gioco tra il dispositivo di appoggio e la contropiastra superiore, è stato rappresentato nel modello solamente un appoggio di tipo fisso; l'altro appoggio è stato considerato unidirezionale, liberando cioè gli spostamenti in direzione trasversale. In fase di calcolo delle reazioni vincolari, la reazione trasversale calcolata per il dispositivo fisso è stata divisa a metà tra i due dispositivi fissi previsti da progetto.

La successiva sovrapposizione nel tempo degli effetti dovuti alle fasi di vita della struttura è considerata realizzando 3 modelli distinti, come descritto di seguito:

Fase I

Tale fase coincide con la posa in opera delle travi metalliche e getto della soletta in calcestruzzo; la sezione resistente della trave è relativa alle sole travi principali, essendo la soletta in calcestruzzo non ancora collaborante; i carichi agenti sono quelli dovuti al peso proprio delle travi metalliche ed al getto della soletta in calcestruzzo.

Fase II

In fase II vengono considerati agenti i carichi a lungo termine, ovvero:

- azioni permanenti (peso del ballast, dei massetti, ..)
- ritiro della soletta in calcestruzzo,

La sezione resistente per le travi principali è quella composta acciaio – calcestruzzo; si tiene conto, per i carichi di tale fase, dell'influenza della viscosità, omogeneizzando le aree in calcestruzzo ad acciaio secondo opportuni coefficienti di omogeneizzazione n definita come rapporto tra il modulo elastico dell'acciaio e del calcestruzzo.

Fase III

In tale fase si considera, di volta in volta, la presenza di tutti i contributi di carico di tipo istantaneo, ovvero:

- carichi viaggianti ed azioni collegate
- vento
- variazioni termiche

La sezione resistente per le travi principali è ancora quella composta acciaio – calcestruzzo; anche in questo caso si assegna agli elementi frame la sezione mista omogeneizzata ad acciaio tramite opportuno coefficiente di omogeneizzazione $n = E_a / E_c$.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 38 di 180

10.1.1 VALIDAZIONE DEL MODELLO

Per validare il modello di calcolo descritto al paragrafo precedente sono stati realizzati due modelli e ne sono state confrontate le deformazioni e le sollecitazioni.

Il ponte esaminato è costituito da due cassoni collegati tra loro da diaframmi e controventi (superiori e inferiori) con una luce di 63m.

Il primo modello è stato realizzato come descritto al paragrafo precedente, ossia tramite elementi beam che rappresentano mezzo cassone (in blu in Fig. 34) le cui caratteristiche geometriche rappresentano la sezione mista acciaio – calcestruzzo omogeneizzata ad acciaio.

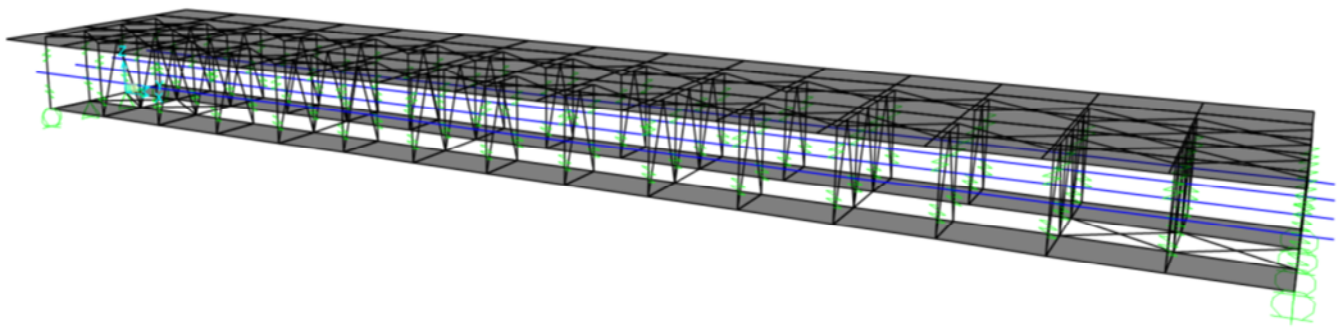


Fig. 33 – Modello FEM da validare: vista 3D del modello completo

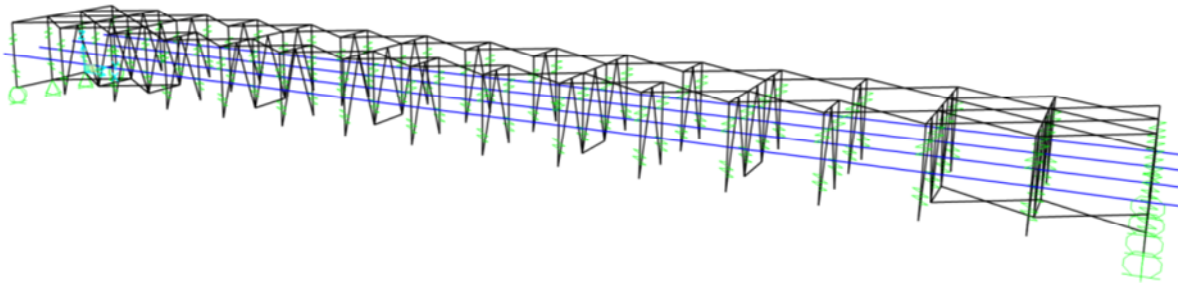


Fig. 34 – Modello FEM da validare: elementi beam

Il modello di riferimento, invece, rappresenta i cassoni (anime e piattabande) e la soletta con elementi shell. In entrambi i casi le aste di diaframma e controventi sono rappresentate da elementi beam incernierate alle estremità.

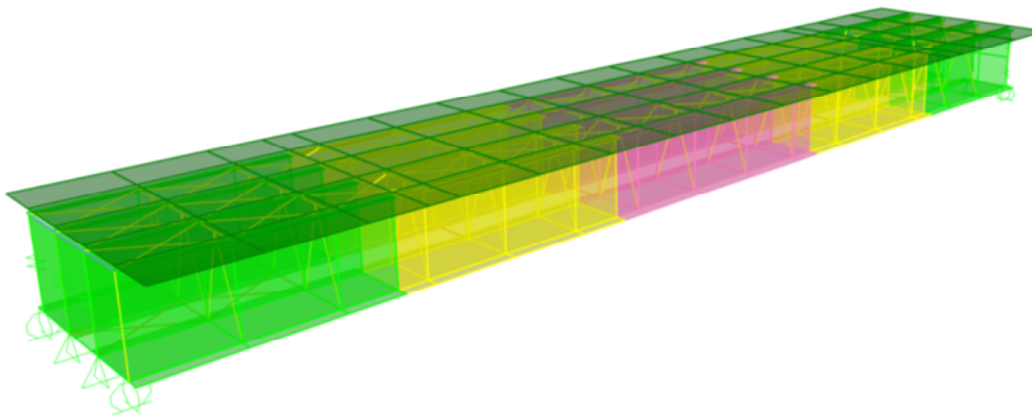


Fig. 35 – Modello FEM di validazione

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 39 di 180

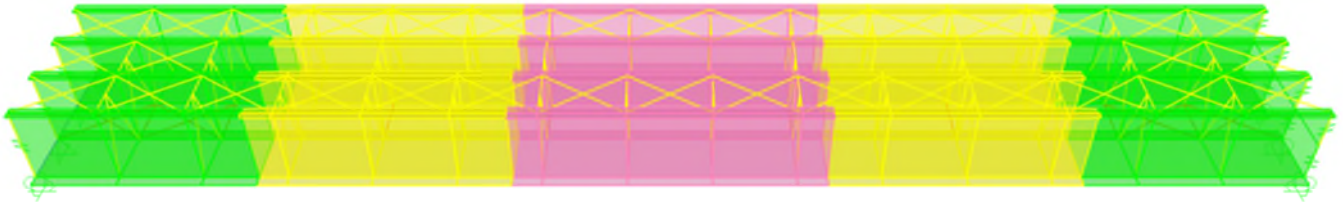


Fig. 36 – Modello FEM di validazione: cassoni, controventi e diaframmi

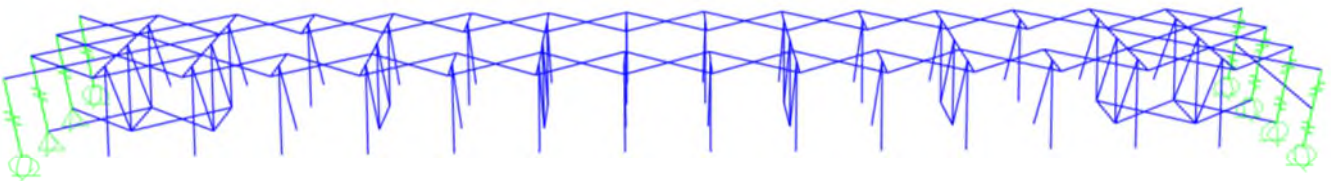


Fig. 37 – Modello FEM di validazione: controventi e diaframmi

Si confrontano i due modelli per due condizioni di carico distinte:

- carico uniforme verticale centrato
- carico concentrato verticale eccentrico

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 40 di 180

Confronto per carico verticale centrato

In prima analisi è stato applicato un carico verticale su entrambi i modelli in modo da confrontare la freccia ottenuta nei due casi.

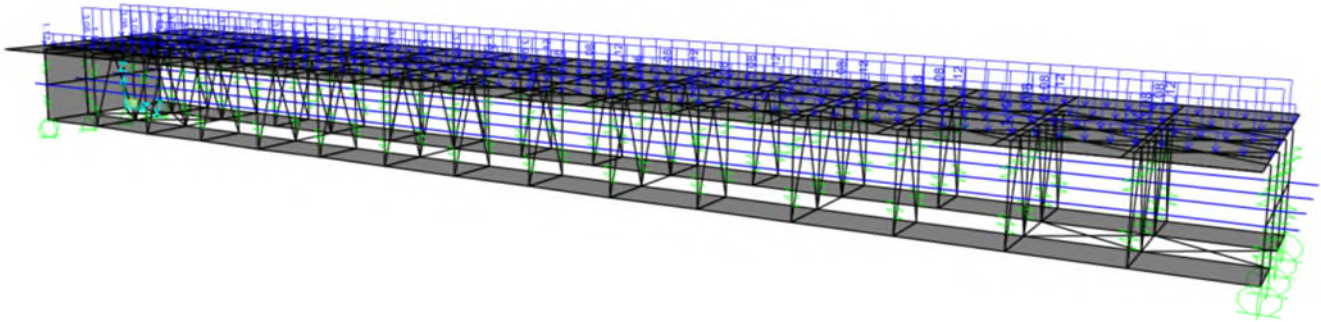


Fig. 38 – Modello FEM: carico verticale applicato

Come illustrato nelle Fig. 39 e Fig. 40, le frecce ottenute dai due modelli sono simili: il modello da validare restituisce un abbassamento in mezzeria di 27 mm, mentre il modello usato per la validazione si abbassa in mezzeria di 26 mm.

Joint Displacements		Joint Element 353		
Joint Object	353	1	2	3
Trans		0.00421	-9.205E-05	-0.02504
Rotn		-6.977E-06	-1.209E-04	3.226E-06

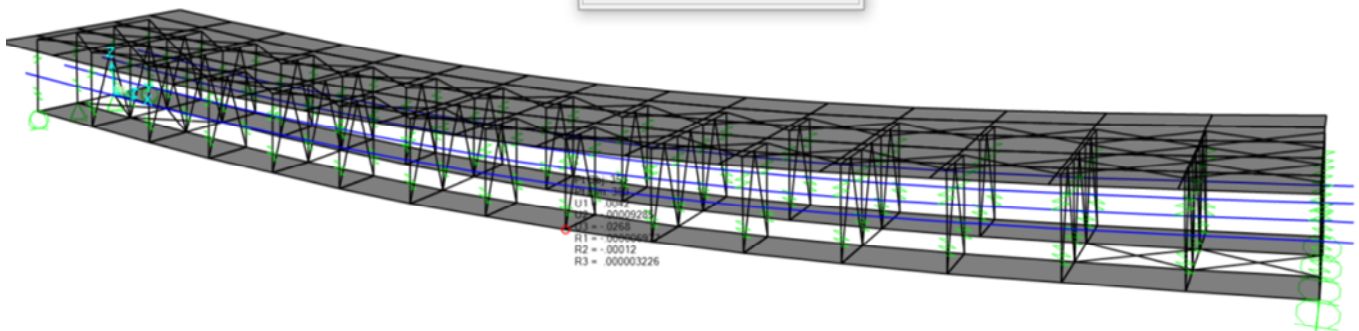


Fig. 39 – Modello FEM da validare: deformazione per carico verticale centrato

Joint Displacements		Joint Element 762		
Joint Object	762	1	2	3
Trans		0.00407	3.009E-05	-0.02593
Rotn		-1.277E-04	-1.241E-04	4.015E-06

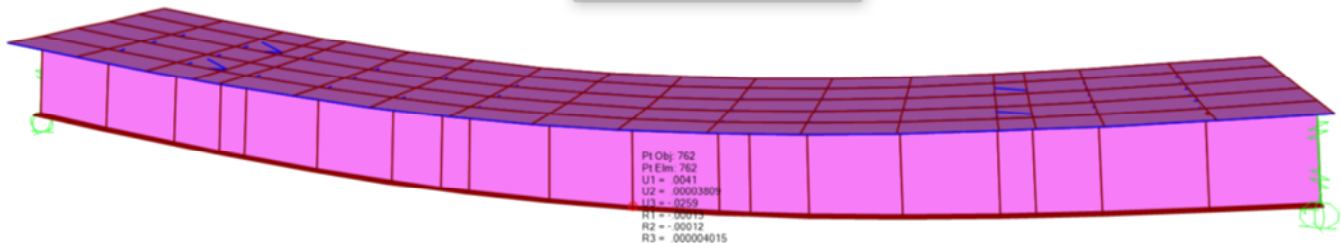


Fig. 40 – Modello FEM di validazione: deformazione per carico verticale centrato

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 41 di 180

Confronto per carico verticale eccentrico

In seconda analisi sono state confrontate le sollecitazioni e le deformazioni in una sezione diaframmata, prodotte da un carico eccentrico.

Si applica una forza concentrata di 500 kN in entrambi i modelli di calcolo, come illustrato in Fig. 41.

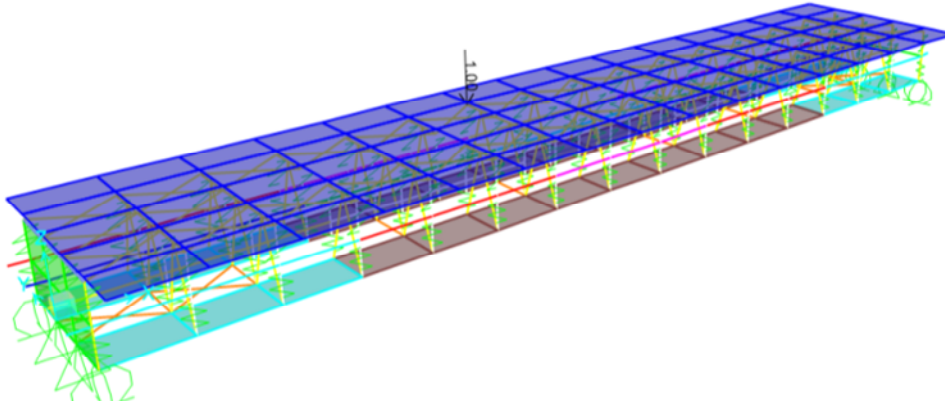


Fig. 41 – Modello FEM: carico verticale eccentrico

L’abbassamento del cassone risulta di 2,9 mm nel modello con elementi beam Fig. 42 e di 2,8 mm nel modello con elementi shell (Fig. 43).

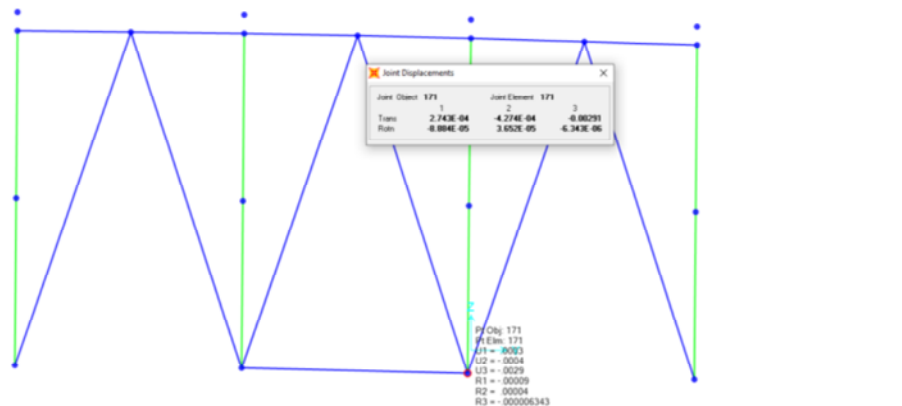


Fig. 42 – Modello FEM da validare: deformazione per carico verticale eccentrico

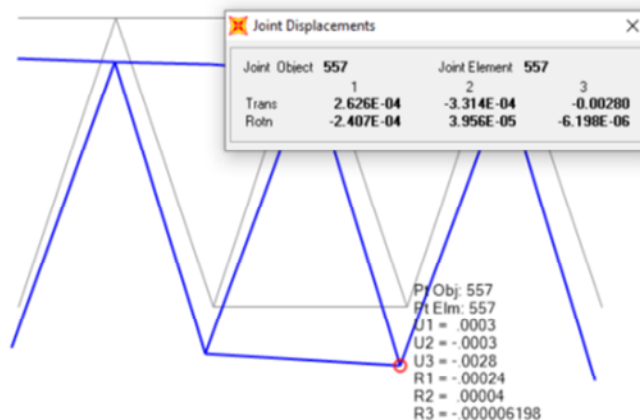


Fig. 43 – Modello FEM di validazione: deformazione per carico verticale eccentrico

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 42 di 180
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

Confrontando le sollecitazioni assiali all'interno dei diaframmi, per la stessa condizione di carico eccentrico descritta sopra, si ottengono i diagrammi in Fig. 44 e Fig. 45.

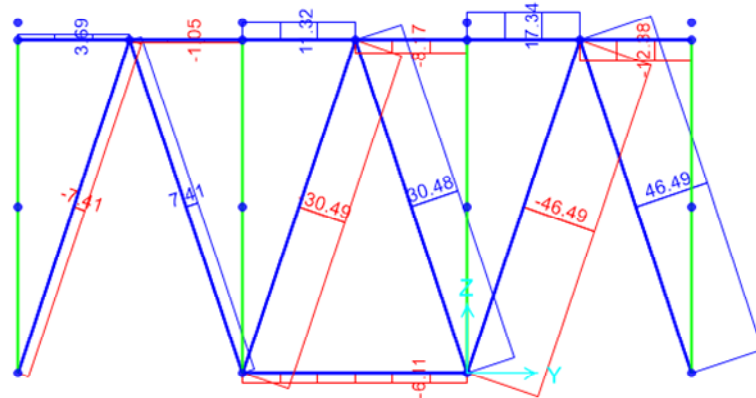


Fig. 44 – Modello FEM da validare: deformazione per carico verticale eccentrico

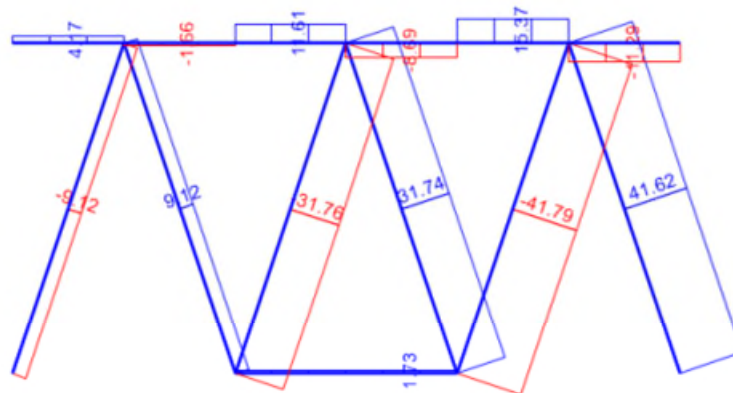


Fig. 45 – Modello FEM di validazione: deformazione per carico verticale eccentrico

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA AV	Soci SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: Mandatara ROCKSOIL S.P.A.	Mandanti NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 43 di 180

10.2 ASSEGNAZIONE DEI CARICHI

10.2.1 PESI PROPRI (G1)

Il peso degli elementi strutturali è stato in parte calcolato dal software (struttura in acciaio eccetto le due travi principali) e in parte applicato come carico uniformemente distribuito sulle travi principali (peso delle travi principali e della soletta in calcestruzzo).

La Fig. 46 mostra il carico unitario applicato sul solo concio centrale. Tale carico viene amplificato all'interno della load case e sommato al carico applicato sugli altri conci, in modo da formare l'azione "G1a" insieme al peso DEAD calcolato in automatico dal software.

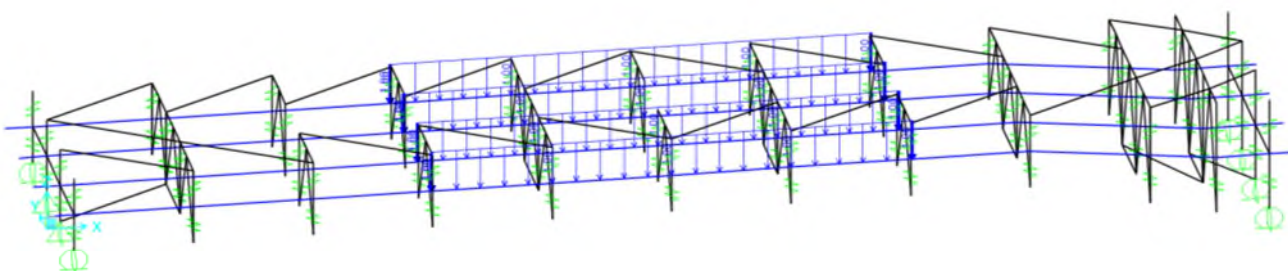


Fig. 46 – Peso proprio delle travi principali

Il peso proprio della soletta viene applicato su dei beam fittizi modellati in corrispondenza di ciascuna piattabanda superiore delle travi a cassone (Fig. 47). Il carico applicato tiene conto della distribuzione trasversale del peso del getto schematizzabile come trave continua su 4 appoggio e due sbalzi. Anche in questo caso, il carico viene amplificato all'interno della load case "G1c".

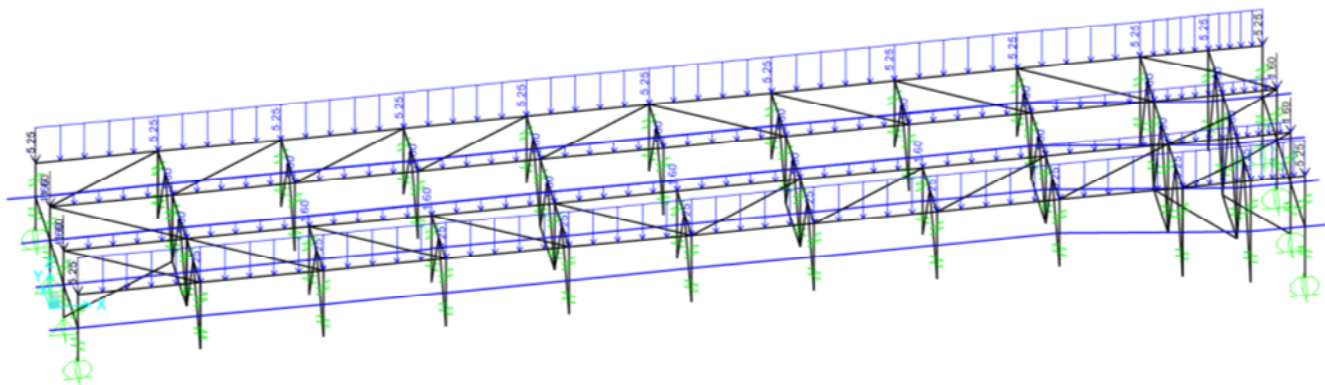


Fig. 47 – Peso proprio della soletta

10.2.2 PERMANENTI PORTATI (G2)

I carichi permanenti portati sono stati applicati al modello come carichi uniformemente distribuito in corrispondenza della soletta in calcestruzzo.

Si applica nel modello un carico unitario, amplificato poi all'interno della load case in modo da ottenere un'azione totale G2.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 44 di 180

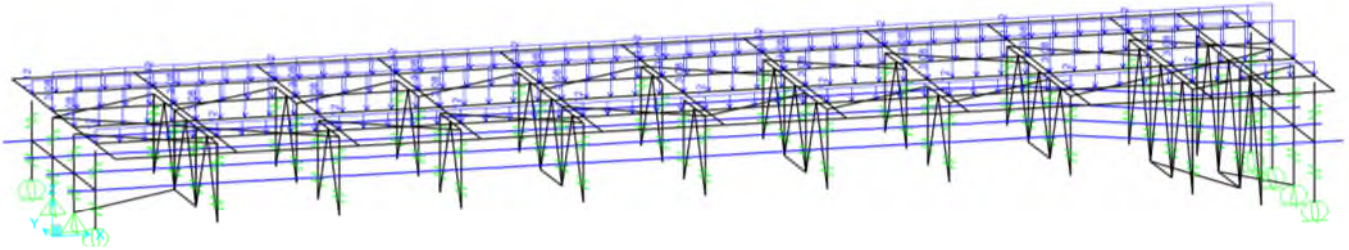


Fig. 48 – carico sulla soletta: massetto e ballast

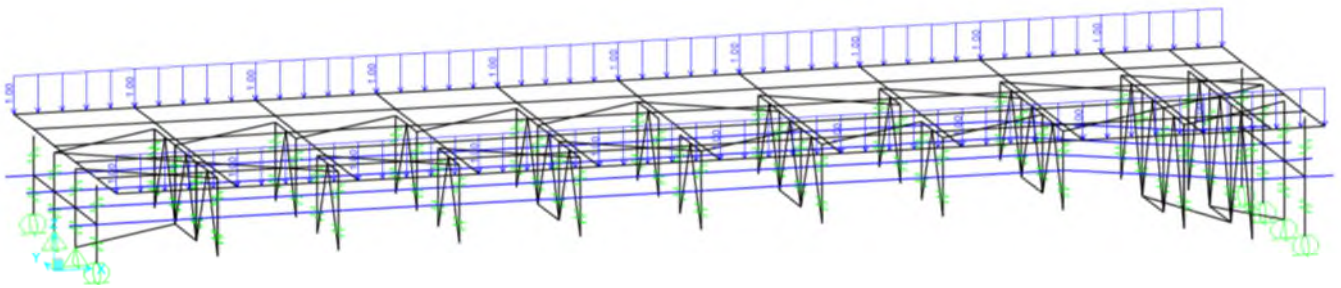


Fig. 49 – carico sulla soletta: barriere antirumore, velette, cordoli laterali

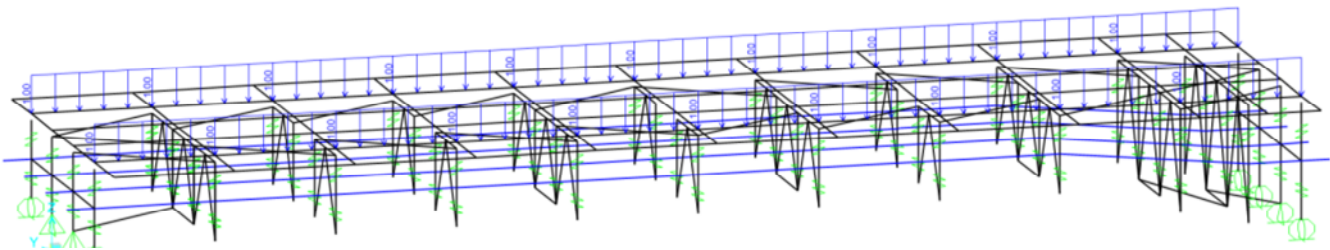


Fig. 50 – carico sulla soletta: cavidotti e impianti

10.2.3 CARICHI VIAGGIANTI: TRENI (Q1 e Q2)

I carichi LM71 e SW/2 sono stati applicati al modello come carichi mobili viaggianti sopra dei beam fittizi rappresentati in corrispondenza dell'asse dei binari all'altezza del piano del ferro. I beam utilizzati hanno una rigidezza pressoché nulla e sono svincolati flessionalmente alle estremità; in questo modo trasferiscono il carico verticale, trasversale e torcente alle travi a cassone tramite dei constraint di tipo "body".

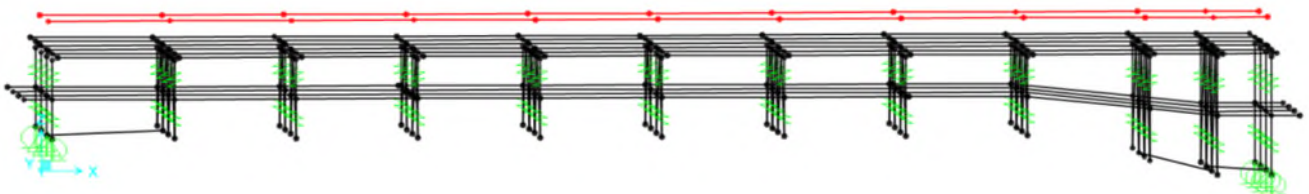


Fig. 51 – Modello FEM: binari

Le eccentricità di carico descritte al §8.4 sono state considerate traslando entrambi i binari della massima eccentricità calcolata. Si sottolinea che l'eccentricità geometrica si sconta metà in mezzeria e metà in spalla, pertanto l'eccentricità massima considerata nel modello di calcolo è pari a $16/2 + 8 = 16$ cm.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 45 di 180

10.2.4 CARICHI SUI MARCIAPIEDI

Il carico sui marciapiedi è stato applicato al modello come carico uniformemente distribuito in corrispondenza della soletta in calcestruzzo.

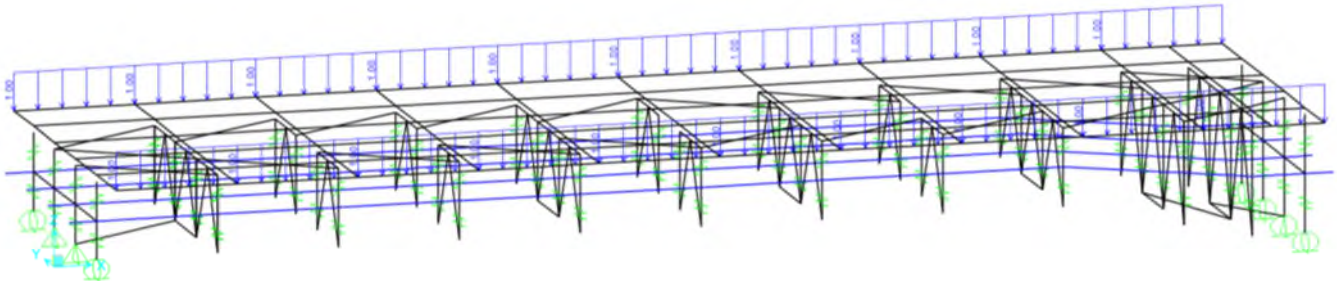


Fig. 52 – Carico marciapiedi

10.2.5 FRENATURA E AVVIAMENTO DEI TRENI (Q3, Q4)

La forza di frenatura e avviamento è stata applicata ai beam fittizi che rappresentano i binari del treno.

Il carico è applicato come forza uniformemente distribuita:

- Avviamento di LM71: $Q_{la,k} = 33 \text{ kN/m}$ applicato su una lunghezza di $1000 / 33 = 30,3 \text{ m}$
- Frenatura di SW/2: $Q_{lb,k} = 35 \text{ kNm}$ applicato sulla lunghezza "a" del modello di carico SW/2

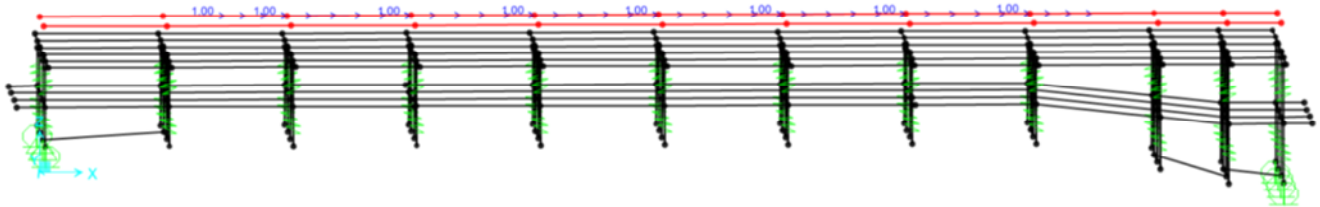


Fig. 53 – Carico di avviamento di LM71

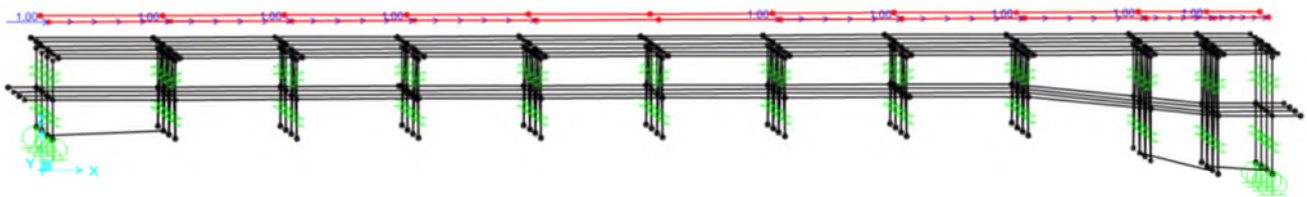


Fig. 54 – Carico di frenatura di SW/2

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 46 di 180

10.2.6 AZIONE CENTRIFUGA (Q5, Q6)

Per l'azione centrifuga sono state considerate le distribuzioni longitudinali di carichi verticali più gravose per i treni di carico LM/71 e SW/2 e a queste sono state associate le relative azioni centrifughe, come forze concentrate e distribuite calcolate nel § 8.7.

La forza centrifuga è stata applicata verso l'esterno della curva a livello del piano del ferro, però è stato aggiunto il contributo del momento attorno all'asse longitudinale per considerare che il carico è applicato a 1,8 m sopra il piano del ferro.

Le Fig. 55 e Fig. 56 mostrano la forza trasversale ed il relativo momento torcente applicato al binario per rappresentare la forza centrifuga associata al treno LM71. L'azione centrifuga relativa al treno SW2 è stata applicata nel modello di calcolo in modo analogo, sull'altro binario.

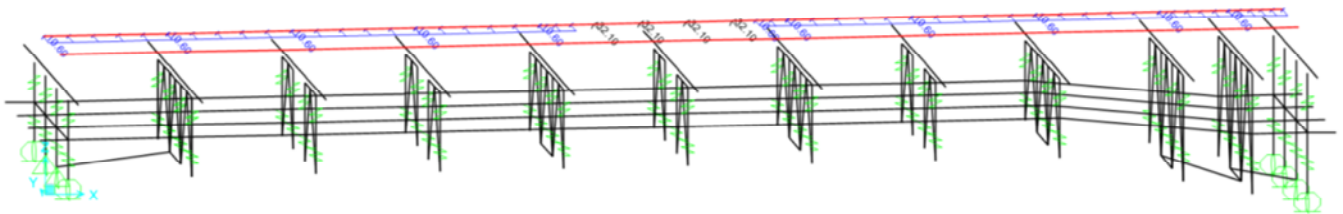


Fig. 55 – Forza centrifuga trasversale al treno di carico LM/71

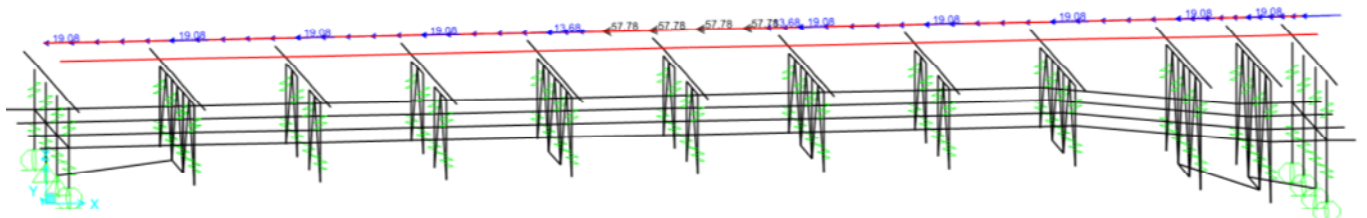


Fig. 56 – Momento dovuto alla forza centrifuga associata al treno di carico LM/71

Per tener conto dell'avanzamento del carico, sono state create quattro condizioni di carico diverse in modo da prendere in considerazioni le principali configurazioni:

- due configurazioni prevedono i carichi concentrati in prossimità degli appoggi;
- due configurazioni hanno i carichi concentrati in mezzeria e a tre quarti della luce.

In entrambi i casi il carico distribuito è applicato ai lati di quello concentrato secondo le distanze previste da normativa.

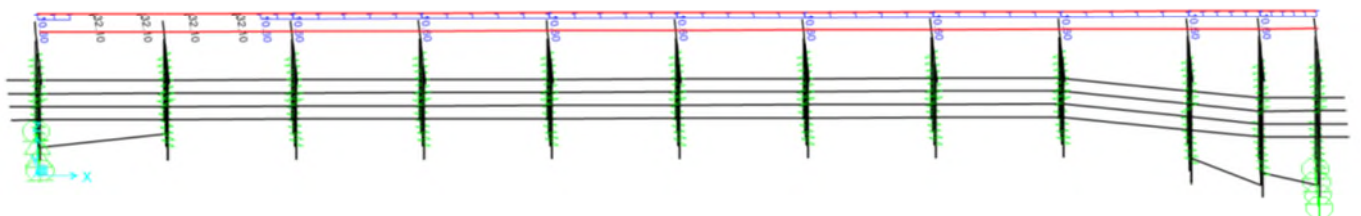


Fig. 57 – Forza centrifuga - Configurazione 1

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA AV	Soci SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: Mandatara ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 47 di 180

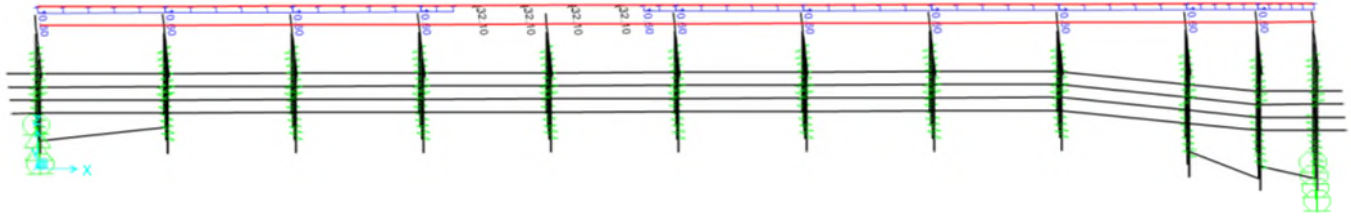


Fig. 58 – Forza centrifuga - Configurazione 2

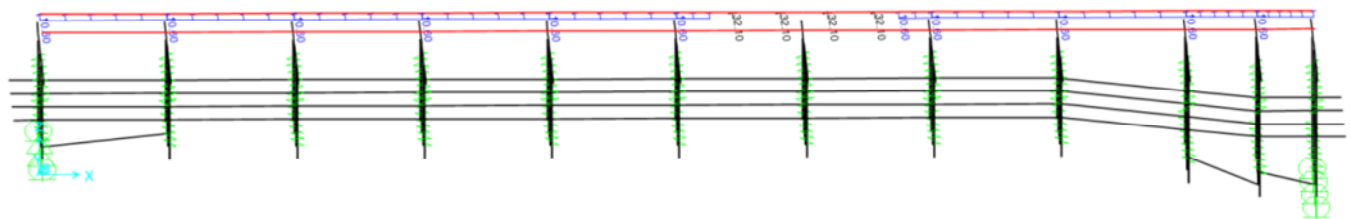


Fig. 59 – Forza centrifuga - Configurazione 3

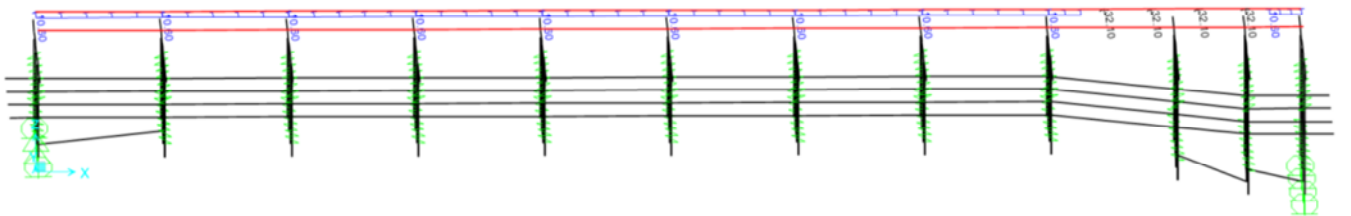


Fig. 60 – Forza centrifuga - Configurazione 4

10.2.7 SERPEGGIO (Q7, Q8)

La forza laterale indotta dal serpeggio è stata applicata a dei beam come forza concentrata orizzontalmente a livello della sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario.

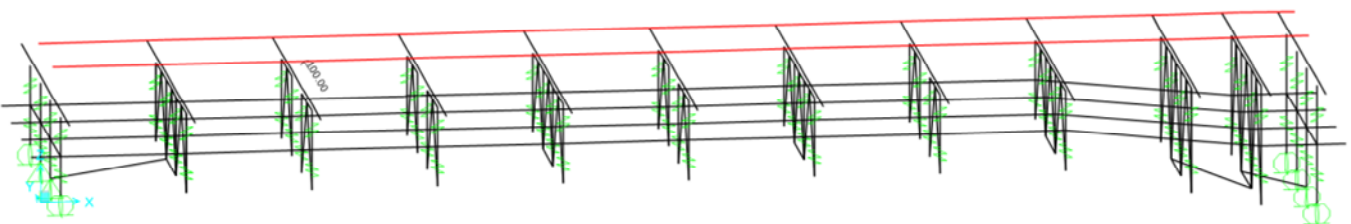


Fig. 61 –Forza di serpeggio

Anche in questo caso, come per l'azione centrifuga, sono state considerate 4 diverse configurazioni di carico, in modo da tener conto dell'avanzamento del convoglio.

Le quattro configurazioni prese in esame sono considerate, nelle verifiche, in concomitanza con le rispettive azioni centrifughe.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B FOGLIO 48 di 180

10.2.8 RITIRO DEL CALCESTRUZZO (Q13)

La deformazione da ritiro della soletta determina una pressoflessione nelle travi in acciaio sottostanti, pertanto nel modello di calcolo si applica una coppia di forze (N ed M) alle travi omogeneizzate in modo tale da riprodurre l'effetto del ritiro della soletta.

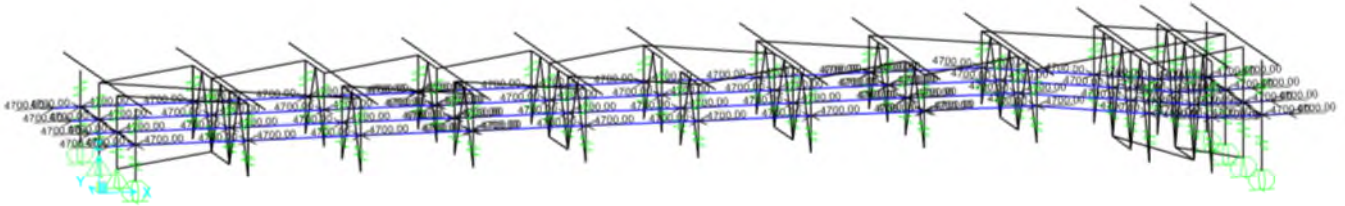


Fig. 62 – Ritiro: sollecitazione assiale applicata alle travi omogeneizzate

10.2.9 VARIAZIONI TERMICHE

Si considera una variazione termica uniforme di $\pm 20^{\circ}\text{C}$ applicata agli elementi di trave e traversi dell'impalcato, come definito dalla normativa, mentre alla soletta è stata applicata una variazione termica uniforme di $\pm 15^{\circ}\text{C}$.

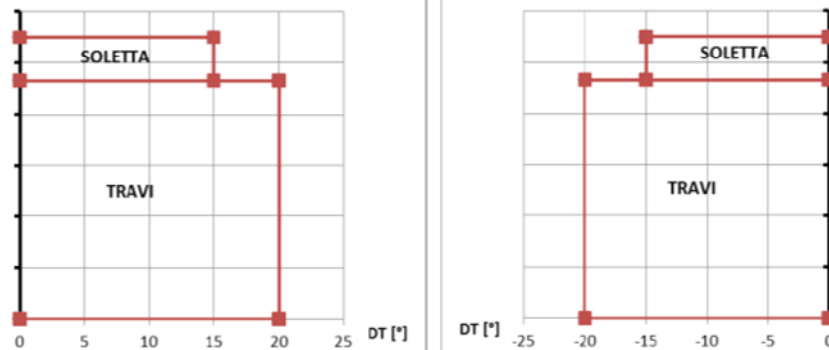


Fig. 63 – Variazione termica uniforme

Il carico è applicato nel modello di calcolo come carico termico uniforme sulle travi omogeneizzate. Inoltre, per rappresentare i 5°C di differenza di temperatura nella soletta, è stata applicata alla trave omogeneizzata una coppia di sollecitazioni (N ed M) tali da riprodurre l'effetto termico sulla soletta.

Si applica inoltre un gradiente termico pari a $\pm 5^{\circ}\text{C}$ fra soletta e travi in acciaio.

Il carico è applicato nel modello come gradiente termico sommato a un carico termico uniforme, in modo da ricostruire il valore nullo di DT in corrispondenza della soletta (come rappresentato in Fig. 64).

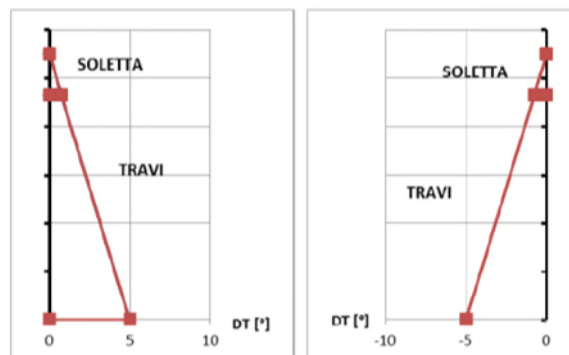


Fig. 64 – Variazione termica non uniforme: gradiente

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 49 di 180
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

10.2.10 VENTO (Q14, Q15, Q16)

L'azione del vento è composta dal carico agente sulle travi, sulla soletta, sul convoglio e sulle barriere antirumore. Nelle immagini seguenti (da Fig. 65 a Fig. 68) sono riportate solamente le azioni orizzontali applicate ai beam del modello; non sono rappresentate le coppie applicate.

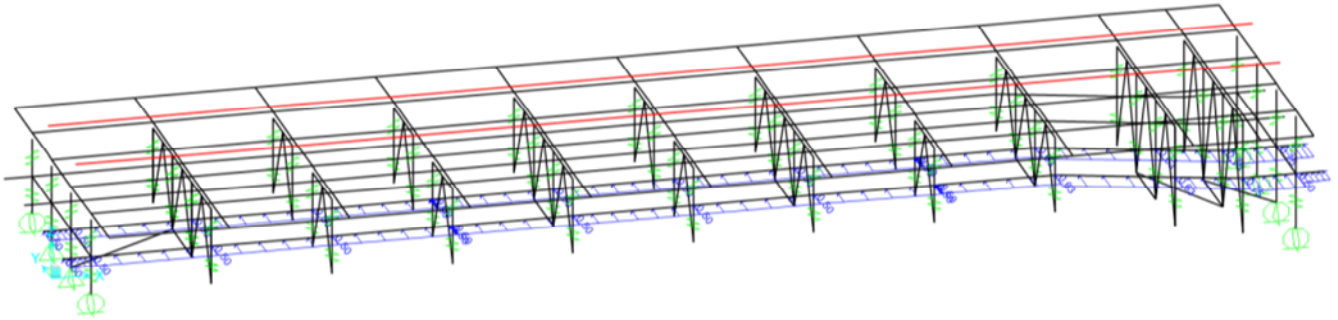


Fig. 65 – Forza da vento sulla trave

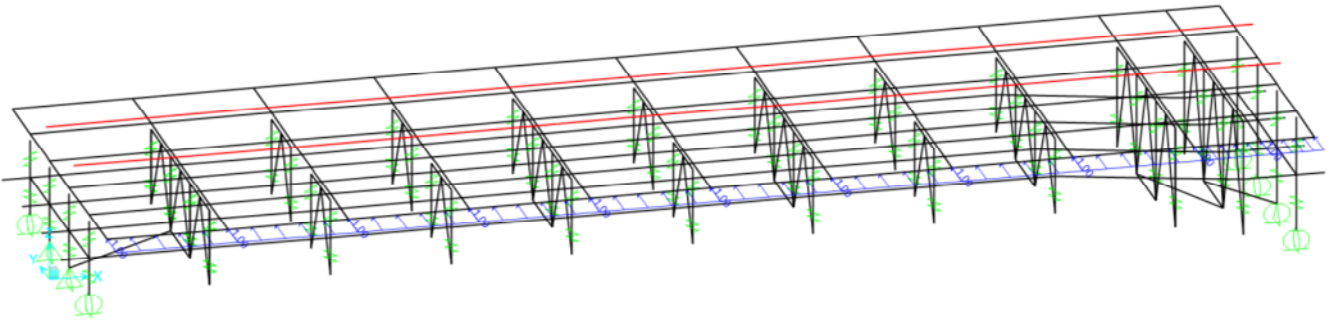


Fig. 66 – Forza da vento sulla soletta

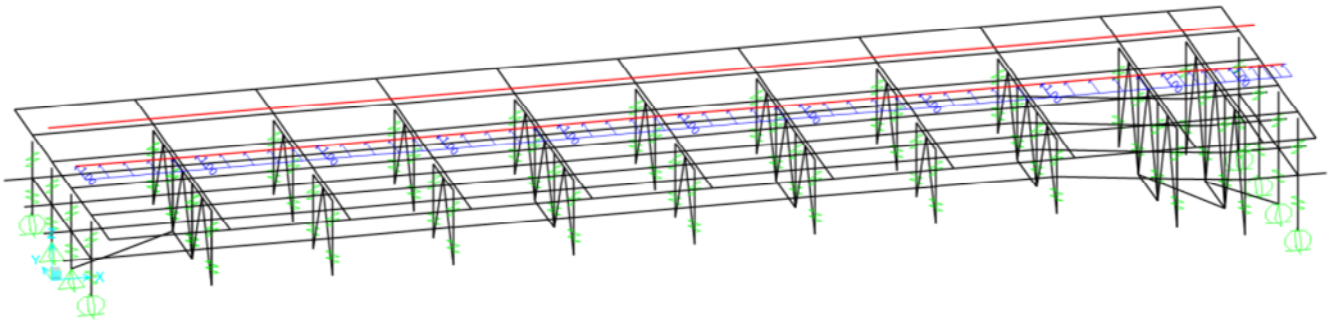


Fig. 67 – Forza da vento sul convoglio

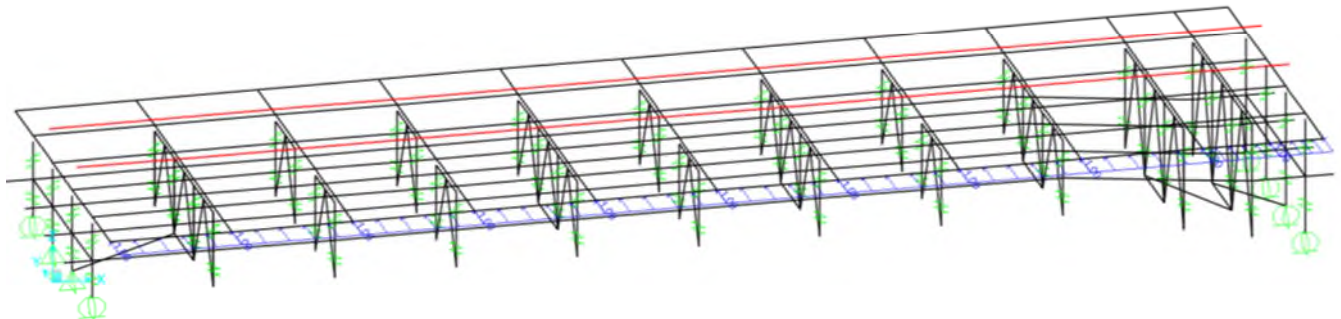


Fig. 68 – Forza da vento sulla barriera

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 50 di 180

Componendo questi carichi, sono state create 6 diverse configurazioni di carico: 3 condizioni per ciascuna direzione del vento. Le 3 condizioni di carico considerate sono le seguenti:

- **IMPALCATO CON DUE BINARI CARICHI (q14):** si considera la presenza di vento che colpisce le travi in acciaio e la prima barriera antirumore
- **IMPALCATO CON UN BINARIO CARICO (q15):** si considera la presenza di vento che colpisce le travi in acciaio, la prima barriera antirumore ed il convoglio ferroviario sul binario opposto
- **IMPALCATO SCARICO (q16):** si considera la presenza di vento che colpisce le travi in acciaio ed entrambe le barriere antirumore

10.2.11 AZIONI SISMICHE

Nel modello sono stati applicati i seguenti spettri di progetto in direzione orizzontale e verticale, calcolati nel §8.12, considerando le masse partecipanti dei pesi propri e permanenti, considerando con un coefficiente $\psi_2 = 0,2$ il valore quasi permanente delle masse corrispondenti ai carichi da traffico.

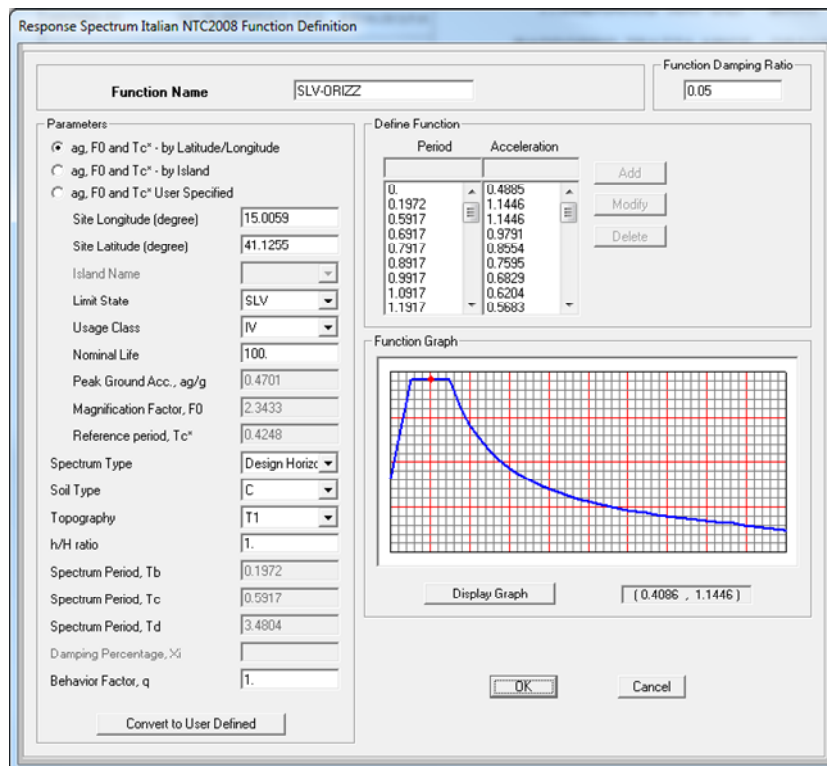


Fig. 69 – Spettro di risposta – componente orizzontale

APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatara</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 51 di 180

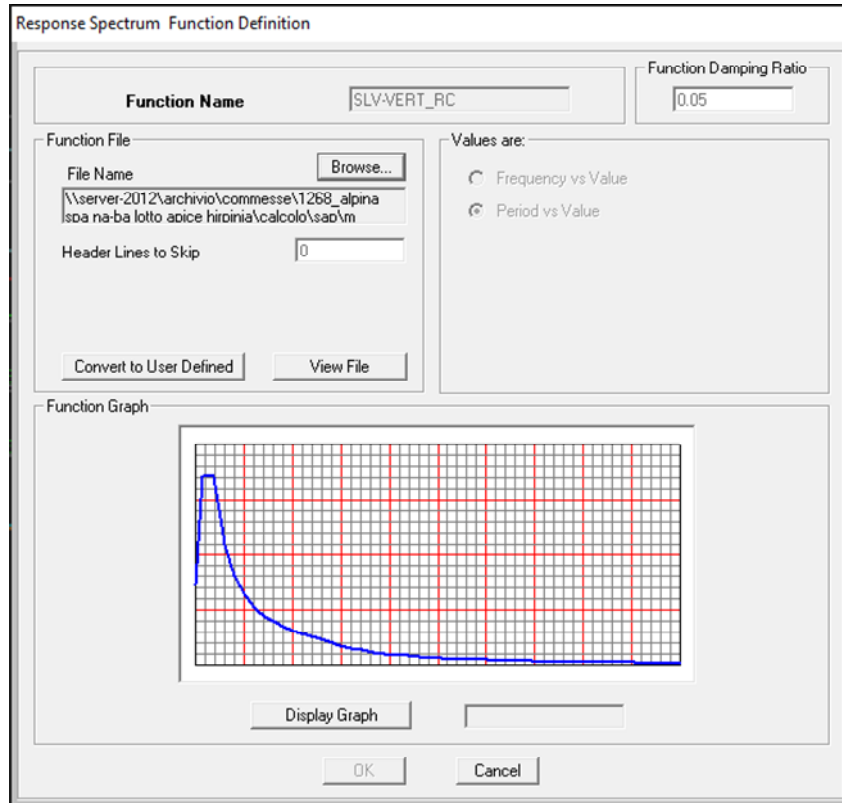


Fig. 70 – Spettro di risposta – componente verticale

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 52 di 180

10.3 DETERMINAZIONE DELLA PRIMA FREQUENZA PROPRIA DI VIBRAZIONE

La prima frequenza propria della struttura si calcola con la formula:

$$n_0 = \frac{17,75}{\sqrt{\delta}}$$

Dove δ rappresenta la freccia in mm dovuta ai pesi propri della struttura ed ai carichi permanenti.

Poiché le frecce risultano:

- Peso proprio acciaio e soletta in calcestruzzo: 21 mm
- Carichi permanenti: 23 mm

La prima frequenza di vibrazione risulta di 2,68 Hz.

Questo valore di frequenza risulta all'interno del fascio previsto dalle normative ferroviarie, in cui:

- Limite superiore: $n_0 = 94,76 \cdot L^{-0,748} = 5,7$ Hz
- Limite inferiore: $n_0 = 23,58 \cdot L^{-0,592} = 2,5$ Hz (per luci comprese tra 20m e 100m)

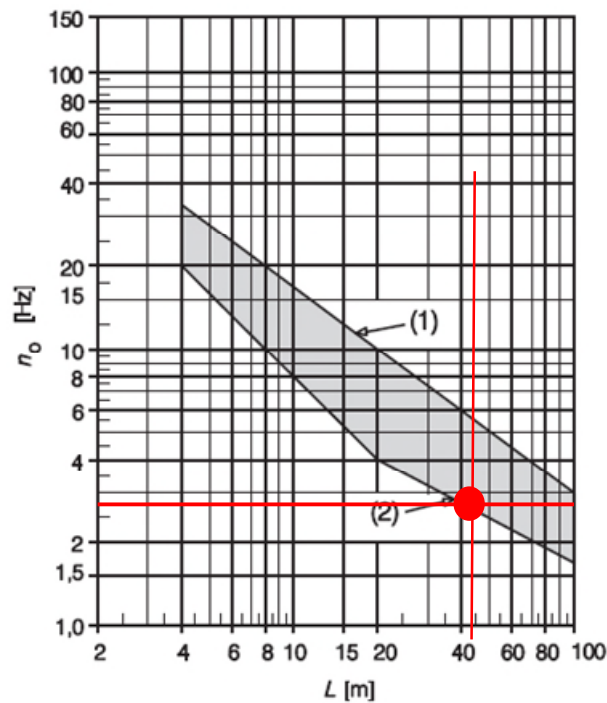


Fig. 71 – Limiti della frequenza naturale del ponte n_0 in funzione di L

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 53 di 180

10.4 VERIFICHE DI RESISTENZA DEI CASSONI

10.4.1 GEOMETRIA DELL'IMPALCATO

Nelle immagini seguenti si rappresentano le sezioni dei cassoni in acciaio distinti per le tre tipologie definite nel progetto. A destra, in ciascuna figura, è rappresentata la geometria di mezzo cassone ossia la geometria assegnata a ciascun elemento beam del modello FEM.

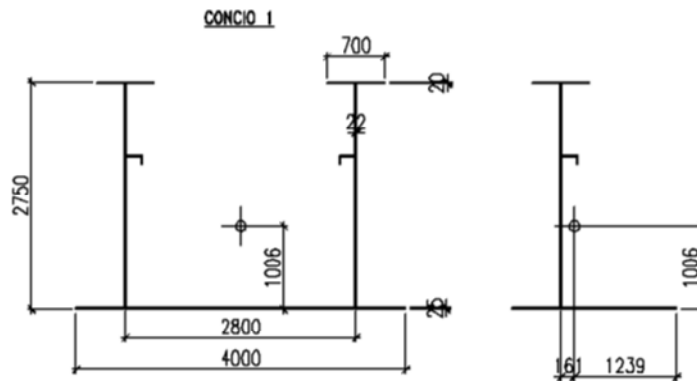


Fig. 72 – Concio 1

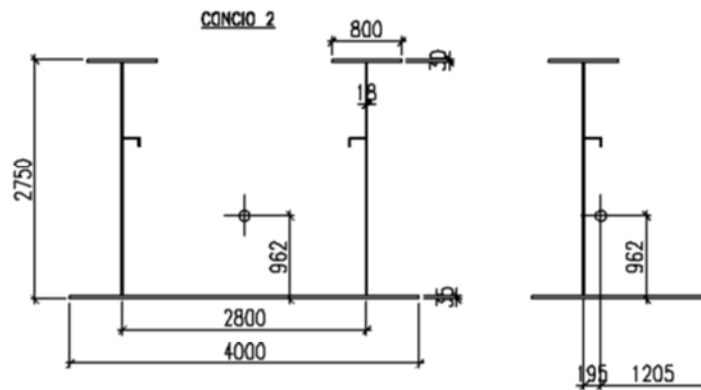


Fig. 73 – Concio 2

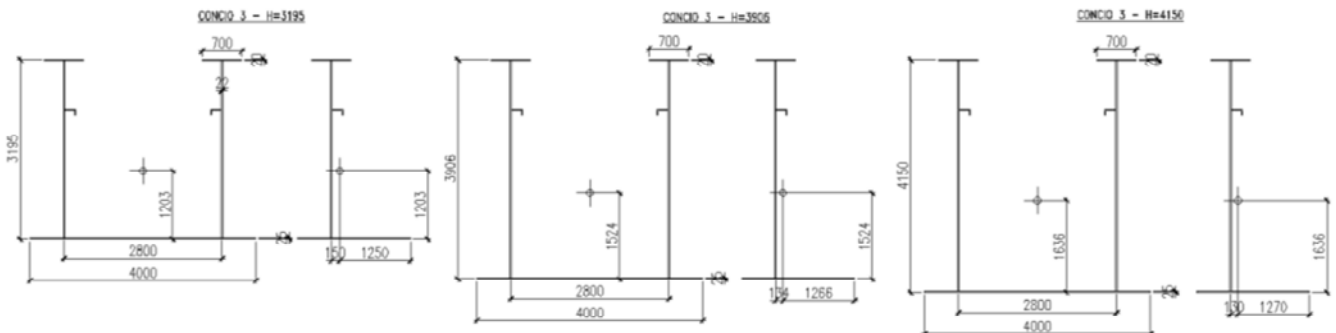


Fig. 74 – Concio 3 – altezza variabile

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 54 di 180

Nel modello FEM i conci sono così definiti:

- Concio 1: sezione C01-E e C01-I e C04-E e C04-I
- Concio 2: sezione C02-E e C02-I e C05-E e C05-I
- Concio 3: sezione C01-E1, C01-E2, C01-E3, C01-I1, C01-I2, C01-I3 e C04-E1, C04-E2, C04-E3, C04-I1, C04-I2, C04-I3

Le lettere “E” ed “I” poste alla fine del nome della sezione nel modello FEM identificano la metà Esterna o Interna del cassone considerato.

Nelle tabelle seguenti si riassumono le caratteristiche geometriche delle sezioni.

Sezione	Sezione di acciaio							Soletta			
	B_{sup}	S_{sup}	h_w	S_w	B_{inf}	S_{inf}	A_{acc}	$B_{soletta}$	$S_{soletta}$ (getto)	$A_{soletta}$	$A_{soletta}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[cm ²]	[mm]	[mm]	[cm ²]	[cm ²]
C01-E	700	20	2705	22	2000	25	1275	4050	375	972	2474
C02-E	800	30	2685	18	2000	35	1464	4050	375	972	2474
C01-E1	700	20	3150	22	2000	25	1373	4050	375	972	2474
C01-E2	700	20	3861	22	2000	25	1530	4050	375	972	2474
C01-E3	700	20	4105	22	2000	25	1583	4050	375	972	2474
C01-I	700	20	2705	22	2000	25	1275	2800	375	672	1710
C02-I	800	30	2685	18	2000	35	1464	2800	375	672	1710
C01-I1	700	20	3150	22	2000	25	1373	2800	375	672	1710
C01-I2	700	20	3861	22	2000	25	1530	2800	375	672	1710
C01-I3	700	20	4105	22	2000	25	1583	2800	375	672	1710
C04-I	700	20	2705	22	2000	25	1275	2800	375	672	1710
C05-I	800	30	2685	18	2000	35	1464	2800	375	672	1710
C04-I1	700	20	3150	22	2000	25	1373	2800	375	672	1710
C04-I2	700	20	3861	22	2000	25	1530	2800	375	672	1710
C04-I3	700	20	4105	22	2000	25	1583	2800	375	672	1710
C04-E	700	20	2705	22	2000	25	1275	4050	375	972	2474
C05-E	800	30	2685	18	2000	35	1464	4050	375	972	2474
C04-E1	700	20	3150	22	2000	25	1373	4050	375	972	2474
C04-E2	700	20	3861	22	2000	25	1530	4050	375	972	2474
C04-E3	700	20	4105	22	2000	25	1583	4050	375	972	2474

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 55 di 180

Sezione	Sezione mista omogeneizzata ad acciaio							
	n = 17	n = 6	n = 17	n = 6	n = 17	n = 6	n = 17	n = 6
	$A_{sez.mista}$ [cm ²]	$A_{sez.mista}$ [cm ²]	$J_{x,mista}$ [cm ⁴]	$J_{x,mista}$ [cm ⁴]	$J_{y,mista}$ [cm ⁴]	$J_{y,mista}$ [cm ⁴]	$Y_{G,mista}$ [mm]	$Y_{G,mista}$ [mm]
C01-E	2248	3749	3.56E+07	4.72E+07	1.89E+07	4.12E+07	1863	2313
C02-E	2436	3937	4.19E+07	5.58E+07	2.02E+07	4.30E+07	1770	2235
C01-E1	2345	3847	4.83E+07	6.40E+07	1.89E+07	4.13E+07	2127	2637
C01-E2	2502	4004	7.31E+07	9.74E+07	1.89E+07	4.15E+07	2542	3143
C01-E3	2556	4057	8.31E+07	1.11E+08	1.90E+07	4.16E+07	2683	3314
C01-I	1947	2986	3.12E+07	4.27E+07	6.71E+06	1.36E+07	1690	2141
C02-I	2136	3174	3.68E+07	5.04E+07	7.60E+06	1.45E+07	1599	2054
C01-I1	2045	3084	4.24E+07	5.79E+07	6.72E+06	1.36E+07	1936	2440
C01-I2	2202	3240	6.44E+07	8.79E+07	6.74E+06	1.36E+07	2324	2907
C01-I3	2255	3294	7.32E+07	9.98E+07	6.74E+06	1.36E+07	2456	3065
C04-I	1947	2986	3.12E+07	4.27E+07	6.71E+06	1.36E+07	1690	2141
C05-I	2136	3174	3.68E+07	5.04E+07	7.60E+06	1.45E+07	1599	2054
C04-I1	2045	3084	4.24E+07	5.79E+07	6.72E+06	1.36E+07	1936	2440
C04-I2	2202	3240	6.44E+07	8.79E+07	6.74E+06	1.36E+07	2324	2907
C04-I3	2255	3294	7.32E+07	9.98E+07	6.74E+06	1.36E+07	2456	3065
C04-E	2248	3749	3.56E+07	4.72E+07	1.89E+07	4.12E+07	1863	2313
C05-E	2436	3937	4.19E+07	5.58E+07	2.02E+07	4.30E+07	1770	2235
C04-E1	2345	3847	4.83E+07	6.40E+07	1.89E+07	4.13E+07	2127	2637
C04-E2	2502	4004	7.31E+07	9.74E+07	1.89E+07	4.15E+07	2542	3143
C04-E3	2556	4057	8.31E+07	1.11E+08	1.90E+07	4.16E+07	2683	3314

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 56 di 180

Calcolo delle caratteristiche statiche della sezione in acciaio:

Viene sempre valuta l'area dei rib longitudinali anche quando non esplicitamente indicati nelle formule seguenti:

$$Area = n^{\circ}_{travi} \cdot \left(\sum b_i \cdot s_i + Area_{ribanima} \right)$$

$$Y_g = \frac{\sum (b_i \cdot s_i \cdot Y_{ret \tan golo})}{\sum b_i \cdot s_i}$$

$$J_x = n^{\circ}_{travi} \cdot \sum \left(\frac{1}{12} b_i \cdot s_i^3 + b_i \cdot s_i \cdot dist_y^2 \right); \quad dist_y = Y_{rettangolo} - Y_g$$

$$J_y = n^{\circ}_{travi} \cdot \sum \left(\frac{1}{12} s_i \cdot b_i^3 + b_i \cdot s_i \cdot dist_x^2 \right);$$

$$J_t = \frac{4 \cdot \Omega^2}{\sum \frac{b_i}{s_i}}; \quad \Omega = b_{assi_travi} \cdot H_{trave}$$

$$W_{x.acc.sup} = \frac{J_x}{H_{trave} - Y_g}; \quad W_{x.an.sup} = \frac{J_x}{H_{trave} - Y_g - s_{p.sup}}$$

$$W_{x.acc.inf} = \frac{J_x}{Y_g}; \quad W_{x.an.inf} = \frac{J_x}{Y_g - s_{p.inf}}$$

$$S_{x.an.sup} = n^{\circ}_{travi} \cdot \left[b_{p.sup} \cdot s_{p.sup} \cdot \left(H_{trave} - Y_g - \frac{s_{p.sup}}{2} \right) \right]$$

$$S_{x.an.inf} = n^{\circ}_{travi} \cdot \left[b_{p.inf} \cdot s_{p.inf} \cdot \left(Y_g - \frac{s_{p.inf}}{2} \right) \right]$$

$$S_{x.max} = n^{\circ}_{travi} \cdot \left[b_{p.inf} \cdot s_{p.inf} \cdot \left(Y_g - \frac{s_{p.inf}}{2} \right) + (Y_g - s_{p.inf}) \cdot s_{anima} \cdot \frac{(Y_g - s_{p.inf})}{2} \right]$$

$$W_{y-sup-E} = \frac{J_y}{\frac{b_{assi_travi}}{2} + \left(\frac{b_{p.sup}}{2} - x_G \right)}; \quad W_{y-sup-I} = \frac{J_y}{\frac{b_{assi_travi}}{2} - \left(\frac{b_{p.sup}}{2} + x_G \right)}$$

$$W_{y-inf-E} = \frac{J_y}{\frac{b_{assi_travi}}{2} + \left(\frac{b_{p.inf}}{2} - x_G \right)}; \quad W_{y-inf-I} = \frac{J_y}{\frac{b_{assi_travi}}{2} - \left(\frac{b_{p.inf}}{2} - x_G \right)}$$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 57 di 180

$$i_x = \sqrt{\frac{J_x}{Area}} ; i_y = \sqrt{\frac{J_y}{Area}}$$

Calcolo delle caratteristiche statiche della soletta di calcestruzzo:

$$Area = n^{\circ}_{travi} \cdot \left(\frac{B \cdot s_{getto}}{n} + n^{\circ}_{barre.sup} \cdot \frac{\pi \phi_{sup}^2}{4} + n^{\circ}_{barre.inf} \cdot \frac{\pi \phi_{inf}^2}{4} \right) ;$$

$$n^{\circ}_{barre.sup/inf} = \frac{B}{passo_{barre.sup/inf}}$$

$$Y_g = \frac{\frac{B \cdot s_{getto}}{n} \cdot \left(H_{trave} + s_{dall} + \frac{s_{getto}}{2} \right) + n^{\circ}_{barre.sup} \cdot \frac{\pi \phi_{sup}^2}{4} \cdot (H_{trave} + s_{dall} + s_{getto} - coprif) + n^{\circ}_{barre.inf} \cdot \frac{\pi \phi_{inf}^2}{4} \cdot (H_{trave} + s_{dall})}{\frac{Area}{n^{\circ}_{travi}}}$$

$$J_x = n^{\circ}_{travi} \left[\frac{\frac{1}{12} B \cdot s_{getto}^3 + B \cdot s_{getto} \cdot \left(H_{trave} + s_{dall} + \frac{s_{getto}}{2} - Y_g \right)^2}{n} + n^{\circ}_{barre.sup} \cdot \frac{\pi \phi_{sup}^2}{4} \cdot (H_{trave} + s_{dall} + s_{getto} - coprif - Y_g)^2 + n^{\circ}_{barre.inf} \cdot \frac{\pi \phi_{inf}^2}{4} \cdot (H_{trave} + s_{dall} - Y_g)^2 \right]$$

$$J_y = n^{\circ}_{travi} \left[\frac{\frac{1}{12} B^3 s_{getto} + B s_{getto} \left(\frac{b_{assi_travi}}{2} \right)^2}{n} + \sum \frac{\pi \phi_{inf}^2}{4} d_i + \sum \frac{\pi \phi_{sup}^2}{4} d_i \right] ;$$

dove d_i è funzione che calcola la posizione delle barre d'armatura in direzione Y

Calcolo delle caratteristiche statiche della sezione mista Acciaio-Calcestruzzo:

$$Area = Area_{acc} + Area_{cls}$$

$$Y_g = \frac{A_{acc} \cdot Y_{g-acc} + A_{cls} \cdot Y_{g-cls}}{Area}$$

$$J_x = J_{acc} + J_{cls} + A_{acc} (Y_g - Y_{g-acc})^2 + A_{cls} (Y_g - Y_{g-cls})^2$$

$$J_y = J_{y-acc} + J_{y-cls}$$

$$J_t = \frac{4 \cdot \Omega^2}{\sum \frac{b_i}{s_i}} ; \Omega = b_{assi_travi} \cdot \left(H_{trave} + \frac{s_{soletta}}{2} \right)$$

$$W_{x-i} = \frac{J_x}{d_i} \quad e \quad W_{y-i} = \frac{J_y}{d_i}$$

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 58 di 180

Dove di rappresenta la distanza dal baricentro della sezione mista al punto in cui si vuole calcolare il modulo di resistenza.

$$S_{bar.sol} = n^{\circ}_{travi} \left\{ \frac{\pi\phi_{sup}^2}{4} n^{\circ}_{barre.sup} (H_{travi} + s_{soletta} - coprif - Y_g) + \left[\frac{s_{getto} B}{2} \left(H_{travi} + s_{dall} + \frac{s_{getto}}{2} - Y_g \right) \right] \frac{1}{n} \right\}$$

$$S_{pioli} = n^{\circ}_{travi} \left\{ \frac{\pi\phi_{sup}^2}{4} n^{\circ}_{barre.sup} (H_{travi} + s_{soletta} - coprif - Y_g) + \frac{\pi\phi_{inf}^2}{4} n^{\circ}_{barre.inf} (H_{travi} + s_{dall} - Y_g) + \left[\frac{s_{getto} B}{2} \left(H_{travi} + s_{dall} + \frac{s_{getto}}{2} - Y_g \right) \right] \frac{1}{n} \right\}$$

$$S_{an.sup} = n^{\circ}_{travi} \left[b_{p.sup} s_{p.sup} \left(H_{travi} - \frac{s_{p.sup}}{2} - Y_g \right) \right] + A_{cls} (Y_{g-cls} - Y_g)$$

$$S_{an.inf} = n^{\circ}_{travi} \left[b_{p.inf} s_{p.inf} \left(Y_g - \frac{s_{p.inf}}{2} \right) \right]$$

$$S_{x.max} = n^{\circ}_{travi} \left[b_{p.inf} s_{p.inf} \left(Y_g - \frac{s_{p.inf}}{2} \right) + s_{an} \frac{(Y_g - s_{p.inf})^2}{2} \right]$$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E Z Z CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 59 di 180

10.4.2 SOLLECITAZIONI

Si riportano di seguito le sollecitazioni calcolate tramite il modello f.em. per le principali condizioni di carico.

Le sollecitazioni sono estratte dagli elementi beam che rappresentano la sezione mista acciaio – calcestruzzo (omogeneizzata ad acciaio) di mezzo cassone, come descritto al § 10.1.

In Fig. 75 è rappresentata la numerazione degli elementi beam che rappresentano la sezione mista acciaio-calcestruzzo nel modello FEM utilizzato per l'analisi globale dell'impalcato.

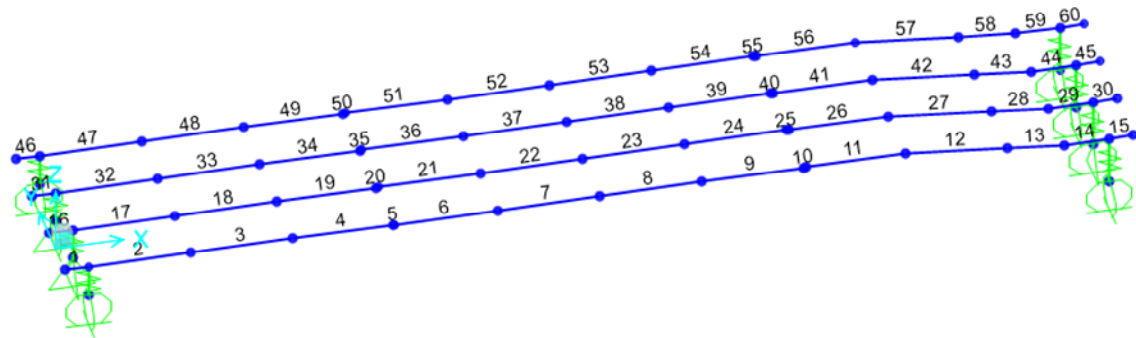


Fig. 75 – Modello FEM: numerazione degli elementi beam

Le sollecitazioni riportate nelle tabelle seguenti fanno riferimento allo schema di vincolo rappresentato in Fig. 75.

G1a – peso proprio della carpenteria metallica

Nella tabella sono riportati i parametri di sollecitazioni dovuti al solo peso proprio delle carpenterie in acciaio (modello di fase I).

SOLLECITAZIONI		(kN x m)						SOLLECITAZIONI		(kN x m)						SOLLECITAZIONI		(kN x m)																	
Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2
1	G1a	0.0	0	0	0	0	0	0	16	G1a	0.0	0	0	0	0	0	0	31	G1a	0.0	0	0	0	0	0	0	46	G1a	0.0	0	0	0	0	0	0
1	G1a	1.0	0	0	11	0	-5	0	16	G1a	1.0	0	0	11	0	-5	0	31	G1a	1.0	0	0	11	0	-5	0	46	G1a	1.0	0	0	11	0	-5	0
2	G1a	0.0	21	2	-246	0	14	6	17	G1a	0.0	0	5	-289	0	-32	10	32	G1a	0.0	-4	0	-295	0	-85	1	47	G1a	0.0	14	2	-243	0	8	1
2	G1a	4.3	21	2	-200	0	974	-1	17	G1a	4.3	0	5	-242	0	1110	-12	32	G1a	4.3	-4	0	-248	0	1083	0	47	G1a	4.3	14	2	-196	0	951	-7
3	G1a	0.0	47	3	-196	0	1025	8	18	G1a	0.0	-10	-1	-235	0	1029	0	33	G1a	0.0	14	-1	-239	0	993	-10	48	G1a	0.0	29	-3	-195	0	1004	-11
3	G1a	4.3	47	3	-149	0	1768	-7	18	G1a	4.3	-10	-1	-188	0	1939	5	33	G1a	4.3	14	-1	-192	0	1920	-7	48	G1a	4.3	29	-3	-149	0	1742	2
4	G1a	0.0	29	6	-150	0	1859	13	19	G1a	0.0	21	12	-181	0	1825	26	34	G1a	0.0	45	-11	-184	0	1804	-28	49	G1a	0.0	12	-6	-150	0	1834	-17
4	G1a	4.2	29	6	-104	0	2392	-12	19	G1a	4.2	21	12	-135	0	2489	-24	34	G1a	4.2	45	-11	-138	0	2480	20	49	G1a	4.2	12	-6	-105	0	2368	8
5	G1a	0.0	29	6	-104	4	2391	-13	20	G1a	0.0	21	12	-135	-4	2488	-23	35	G1a	0.0	45	-11	-138	4	2478	19	50	G1a	0.0	12	-6	-105	-4	2368	8
5	G1a	0.1	29	6	-103	4	2401	-13	20	G1a	0.1	21	12	-134	-4	2501	-24	35	G1a	0.1	45	-11	-137	4	2491	20	50	G1a	0.1	12	-6	-103	-4	2378	9
6	G1a	0.0	-9	4	-106	0	2511	15	21	G1a	0.0	58	-3	-124	0	2393	3	36	G1a	0.0	80	4	-127	0	2380	-6	51	G1a	0.0	-24	-4	-106	0	2491	-18
6	G1a	4.3	-9	4	-52	0	2850	-4	21	G1a	4.3	58	-3	-71	0	2813	18	36	G1a	4.3	80	4	-73	0	2810	-24	51	G1a	4.3	-24	-4	-53	0	2833	-1
7	G1a	0.0	-55	35	-61	0	2950	59	22	G1a	0.0	100	46	-54	0	2721	80	37	G1a	0.0	119	-46	-54	0	2718	-85	52	G1a	0.0	-68	-35	-61	0	2935	-64
7	G1a	4.3	-55	35	-7	0	3096	-93	22	G1a	4.3	100	46	-1	0	2839	-116	37	G1a	4.3	119	-46	-1	0	2836	113	52	G1a	4.3	-68	-35	-8	0	3085	89
8	G1a	0.0	-57	-36	3	0	3095	-93	23	G1a	0.0	101	-46	-4	0	2840	-116	38	G1a	0.0	119	46	-4	0	2837	112	53	G1a	0.0	-68	35	3	0	3083	88
8	G1a	4.3	-57	-36	56	0	2967	61	23	G1a	4.3	101	-46	50	0	2742	82	38	G1a	4.3	119	46	49	0	2740	-84	53	G1a	4.3	-68	35	56	0	2958	-64
9	G1a	0.0	-14	-3	48	0	2863	-1	24	G1a	0.0	64	4	66	0	2836	20	39	G1a	0.0	81	-4	67	0	2834	-25	54	G1a	0.0	-23	3	48	0	2852	-4
9	G1a	4.3	-14	-3	102	0	2541	14	24	G1a	4.3	64	4	120	0	2436	5	39	G1a	4.3	81	-4	120	0	2430	-6	54	G1a	4.3	-23	3	101	0	2532	-15
10	G1a	0.0	22	-3	100	-4	2422	-15	25	G1a	0.0	31	-14	129	4	2550	-23	40	G1a	0.0	46	14	129	-4	2546	19	55	G1a	0.0	15	3	99	4	2411	11
10	G1a	0.1	22	-3	101	-4	2412	-14	25	G1a	0.1	31	-14	130	4	2537	-22	40	G1a	0.1	46	14	131	-4	2533	18	55	G1a	0.1	15	3	101	4	2401	10
11	G1a	0.0	22	-3	101	0	2413	-13	26	G1a	0.0	31	-14	130	0	2538	-23	41	G1a	0.0	46	14	131	0	2535	19	56	G1a	0.0	15	3	101	0	2401	10
11	G1a	4.2	22	-3	146	0	1894	1	26	G1a	4.2	31	-14	175	0	1896	38	41	G1a	4.2	46	14	176	0	1891	-38	56	G1a	4.2	15	3	146	0	1884	-2
12	G1a	0.0	-181	-5	168	0	1649	4	27	G1a	0.0	-218	-2	203	0	1833	-16	42	G1a	0.0	-205	2	206	0	1829	12	57	G1a	0.0	-184	4	167	0	1638	-8
12	G1a	4.3	-187	-5	224	0	802	25	27	G1a	4.3	-224	-2	258	0	837	-6	42	G1a	4.3	-211	2	261	0	820	3	57	G1a	4.3	-189	4	223	0	796	-25
13	G1a	0.0	-79	-3	215	0	952	-3	28	G1a	0.0	-108	4	252	0	1080	8	43	G1a	0.0	-103	-8	255	0	1075	-15	58	G1a	0.0	-78	1	212	0	941	-1
13	G1a	2.4	-82	-3	246	0	395	5	28	G1a	2.4	-111	4	283	0	435	-2	43	G1a	2.4	-106	-8	286	0	423	5	58	G1a	2.4	-82	1	243	0	391	-4
14	G1a	0.0	4	-5	243	0	484	-7	29	G1a	0.0	-2	0	286	0	553	4	44	G1a	0.0	3	-3	289	0	540	-6	59	G1a	0.0	4	2	240	0	479	4
14	G1a	1.9	4	-5	268	0	-1	3	29	G1a	1.9	-2	0	311	0	-13	4	44	G1a	1.9	3	-3	314	0	-33	0	59	G1a	1.9	4	2	265	0	-1	0
15	G1a	0.0	0	0	-13	0	-7	0	30	G1a	0.0	0	0	-13	0	-7	0	45	G1a	0.0	0	0	-13	0	-7	0	60	G1a	0.0	0	0	-13	0	-7	0
15	G1a	1.0	0	0	0	0	0	0	30	G1a	1.0	0	0	0	0	0	0	45	G1a	1.0	0	0	0	0	0	0	60	G1a	1.0	0	0	0	0	0	0

Fig. 76 – Sollecitazioni: peso proprio della carpenteria metallica – G1a

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF28 01 E ZZ CL V10009 001 B 61 di 180

Q13 – ritiro del calcestruzzo della soletta

Le tabelle riassumono i valori dei parametri di sollecitazione dovuti all'effetto del ritiro del calcestruzzo della soletta (modello di fase II).

SOLLECITAZIONI				(kN x m)				SOLLECITAZIONI				(kN x m)				SOLLECITAZIONI				(kN x m)				SOLLECITAZIONI				(kN x m)																									
Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2
1	Q13_RIT	0.0	-2329	0	0	0	2615	0	16	Q13_RIT	0.0	-2328	0	0	0	3018	0	31	Q13_RIT	0.0	-2329	0	0	0	3018	0	46	Q13_RIT	0.0	-2329	0	0	0	4494	0	0	0	0	0	4494	0	0											
1	Q13_RIT	1.0	-2329	0	0	0	2615	0	16	Q13_RIT	1.0	-2328	0	0	0	3018	0	31	Q13_RIT	1.0	-2329	0	0	0	3018	0	46	Q13_RIT	1.0	-2329	0	0	0	4494	0	0	0	0	0	4494	0	0											
2	Q13_RIT	0.0	-2383	14	-17	4	2690	16	17	Q13_RIT	0.0	-2126	17	25	2	2960	46	32	Q13_RIT	0.0	-2179	17	-34	4	2913	71	47	Q13_RIT	0.0	-2436	21	26	5	4293	107	0	0	0	0	0	0	0											
2	Q13_RIT	4.3	-2383	14	-17	4	2762	-42	17	Q13_RIT	4.3	-2126	17	25	2	2855	-29	32	Q13_RIT	4.3	-2179	17	-34	4	3061	-2	47	Q13_RIT	4.3	-2436	21	26	5	4179	17	0	0	0	0	0	0	0											
3	Q13_RIT	0.0	-2511	-8	-2	0	2856	-45	18	Q13_RIT	0.0	-2074	1	29	0	2822	-3	33	Q13_RIT	0.0	-2002	1	-30	1	3121	19	48	Q13_RIT	0.0	-2589	13	3	1	4125	84	0	0	0	0	0	0	0											
3	Q13_RIT	4.3	-2511	-8	-2	0	2866	-12	18	Q13_RIT	4.3	-2074	1	29	0	2696	-7	33	Q13_RIT	4.3	-2002	1	-30	1	3248	17	48	Q13_RIT	4.3	-2589	13	3	1	4113	30	0	0	0	0	0	0	0											
4	Q13_RIT	0.0	-2579	-13	9	-2	2860	-34	19	Q13_RIT	0.0	-2001	-4	19	-1	2681	-9	34	Q13_RIT	0.0	-1946	-17	-7	-2	3056	-9	49	Q13_RIT	0.0	-2650	-13	-21	-3	4305	21	0	0	0	0	0	0	0											
4	Q13_RIT	4.2	-2579	-13	9	-2	2821	19	19	Q13_RIT	4.2	-2001	-4	19	-1	2600	9	34	Q13_RIT	4.2	-1946	-17	-7	-2	3087	63	49	Q13_RIT	4.2	-2650	-13	-21	-3	4394	74	0	0	0	0	0	0	0											
5	Q13_RIT	0.0	-2579	-13	9	-3	4723	31	20	Q13_RIT	0.0	-2001	-4	19	-1	4046	18	35	Q13_RIT	0.0	-1946	-17	-7	-4	4000	52	50	Q13_RIT	0.0	-2650	-13	-21	-6	2761	58	0	0	0	0	0	0	0											
5	Q13_RIT	0.1	-2579	-13	9	-3	4722	32	20	Q13_RIT	0.1	-2001	-4	19	-1	4044	19	35	Q13_RIT	0.1	-1946	-17	-7	-4	4001	54	50	Q13_RIT	0.1	-2650	-13	-21	-6	2763	60	0	0	0	0	0	0	0											
6	Q13_RIT	0.0	-2648	-12	12	-2	4696	-15	21	Q13_RIT	0.0	-1901	-5	16	-1	4008	-6	36	Q13_RIT	0.0	-1974	-19	-3	-3	3593	-67	51	Q13_RIT	0.0	-2654	-17	-25	-4	3219	-65	0	0	0	0	0	0	0											
6	Q13_RIT	4.3	-2648	-12	12	-2	4644	37	21	Q13_RIT	4.3	-1901	-5	16	-1	3938	17	36	Q13_RIT	4.3	-1974	-19	-3	-3	3607	17	51	Q13_RIT	4.3	-2654	-17	-25	-4	3327	8	0	0	0	0	0	0	0											
7	Q13_RIT	0.0	-2691	-1	6	0	4642	11	22	Q13_RIT	0.0	-1832	0	1	0	3892	6	37	Q13_RIT	0.0	-1986	-7	2	-1	3409	-24	52	Q13_RIT	0.0	-2671	-9	-9	-1	3566	-32	0	0	0	0	0	0	0											
7	Q13_RIT	4.3	-2691	-1	6	0	4615	15	22	Q13_RIT	4.3	-1832	0	1	0	3886	7	37	Q13_RIT	4.3	-1986	-7	2	-1	3401	7	52	Q13_RIT	4.3	-2671	-9	-9	-1	3606	7	0	0	0	0	0	0	0											
8	Q13_RIT	0.0	-2690	1	-1	0	4620	12	23	Q13_RIT	0.0	-1838	-1	3	0	3887	4	38	Q13_RIT	0.0	-1986	7	-12	1	3382	6	53	Q13_RIT	0.0	-2666	7	9	1	3621	6	0	0	0	0	0	0	0											
8	Q13_RIT	4.3	-2690	1	-1	0	4624	9	23	Q13_RIT	4.3	-1838	-1	3	0	3873	8	38	Q13_RIT	4.3	-1986	7	-12	1	3432	-22	53	Q13_RIT	4.3	-2666	7	9	1	3581	-26	0	0	0	0	0	0	0											
9	Q13_RIT	0.0	-2643	11	-7	1	4645	31	24	Q13_RIT	0.0	-1920	5	-13	1	3913	13	39	Q13_RIT	0.0	-1974	18	-7	3	3589	16	54	Q13_RIT	0.0	-2639	14	27	4	3374	10	0	0	0	0	0	0	0											
9	Q13_RIT	4.3	-2643	11	-7	1	4676	-17	24	Q13_RIT	4.3	-1920	5	-13	1	3967	-9	39	Q13_RIT	4.3	-1974	18	-7	3	3618	-60	54	Q13_RIT	4.3	-2639	14	27	4	3259	-49	0	0	0	0	0	0	0											
10	Q13_RIT	0.0	-2565	7	-5	3	4749	32	25	Q13_RIT	0.0	-2034	1	-15	1	3960	14	40	Q13_RIT	0.0	-1952	10	-7	3	3993	55	55	Q13_RIT	0.0	-2626	7	27	5	2834	67	0	0	0	0	0	0	0											
10	Q13_RIT	0.1	-2565	7	-5	3	4750	31	25	Q13_RIT	0.1	-2034	1	-15	1	3962	14	40	Q13_RIT	0.1	-1952	10	-7	3	3994	54	55	Q13_RIT	0.1	-2626	7	27	5	2832	67	0	0	0	0	0	0	0											
11	Q13_RIT	0.0	-2565	7	-5	2	2849	20	26	Q13_RIT	0.0	-2034	1	-15	1	2513	6	41	Q13_RIT	0.0	-1952	10	-7	2	3080	64	56	Q13_RIT	0.0	-2626	7	27	3	4467	80	0	0	0	0	0	0	0											
11	Q13_RIT	4.2	-2565	7	-5	2	2872	-11	26	Q13_RIT	4.2	-2034	1	-15	1	2576	-1	41	Q13_RIT	4.2	-1952	10	-7	2	3107	20	56	Q13_RIT	4.2	-2626	7	27	3	4353	51	0	0	0	0	0	0	0											
12	Q13_RIT	0.0	-2567	6	-6	-1	2815	3	27	Q13_RIT	0.0	-2163	-2	19	-1	2870	1	42	Q13_RIT	0.0	-2178	2	42	-2	3033	24	57	Q13_RIT	0.0	-2706	-11	2	-2	3921	47	0	0	0	0	0	0	0											
12	Q13_RIT	4.3	-2567	6	-6	-1	2842	-23	27	Q13_RIT	4.3	-2163	-2	19	-1	2786	11	42	Q13_RIT	4.3	-2178	2	42	-2	2853	17	57	Q13_RIT	4.3	-2706	-11	2	-2	3912	96	0	0	0	0	0	0	0											
13	Q13_RIT	0.0	-2433	-11	11	-3	2782	-19	28	Q13_RIT	0.0	-2267	-13	5	-2	3705	-16	43	Q13_RIT	0.0	-2291	-16	42	-2	4021	-19	58	Q13_RIT	0.0	-2563	-14	-8	-3	4006	22	0	0	0	0	0	0	0											
13	Q13_RIT	2.4	-2433	-11	11	-3	2754	7	28	Q13_RIT	2.4	-2267	-13	5	-2	3693	15	43	Q13_RIT	2.4	-2291	-16	42	-2	3919	19	58	Q13_RIT	2.4	-2563	-14	-8	-3	4025	55	0	0	0	0	0	0	0											
14	Q13_RIT	0.0	-2395	-7	22	-3	4138	-13	29	Q13_RIT	0.0	-2205	-13	-19	-2	4188	-3	44	Q13_RIT	0.0	-2199	-11	14	-1	4380	-19	59	Q13_RIT	0.0	-2384	-17	-17	-2	4469	-10	0	0	0	0	0	0	0											
14	Q13_RIT	1.9	-2395	-7	22	-3	4095	1	29	Q13_RIT	1.9	-2205	-13	-19	-2	4224	22	44	Q13_RIT	1.9	-2199	-11	14	-1	4353	1	59	Q13_RIT	1.9	-2384	-17	-17	-2	4502	22	0	0	0	0	0	0	0											
15	Q13_RIT	0.0	-2329	0	0	0	3966	0	30	Q13_RIT	0.0	-2329	0	0	0	4494	0	45	Q13_RIT	0.0	-2329	0	0	0	4494	0	60	Q13_RIT	0.0	-2329	0	0	0	4494	0	0	0	0	0	0	0	0											
15	Q13_RIT	1.0	-2329	0	0	0	3966	0	30	Q13_RIT	1.0	-2329	0	0	0	4494	0	45	Q13_RIT	1.0	-2329	0	0	0	4494	0	60	Q13_RIT	1.0	-2329	0	0	0	4494	0	0	0	0	0	0	0	0											

Fig. 79 – Sollecitazioni: ritiro– Q13

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.							
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO V10009 001	REV. B	FOGLIO 62 di 180

Q1- treno LM71

Le tabelle riassumono i valori dei parametri di sollecitazione dovuti all'azione del treno LM71 (modello di fase III).

Il treno LM71 è definito nel modello f.e.m. come carico mobile, pertanto si riportano i parametri di sollecitazione che massimizzano la sollecitazione assiale, il momento flettente verticale ed il taglio verticale ed i relativi valori concomitanti.

SOLLECITAZIONI		(kN x m)						SOLLECITAZIONI		(kN x m)						SOLLECITAZIONI		(kN x m)																			
Obj	StepType	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	StepType	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	StepType	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	StepType	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2		
1	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	16	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	31	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	46	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	Max P	
1	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	16	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	31	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	0	46	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	Max P
1	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	16	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	31	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	46	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	Max V2
1	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	16	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	31	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	0	46	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	Max V2
1	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	16	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	31	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	46	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	Max M3
1	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	16	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	31	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	0	46	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	Max M3
1	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	16	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	31	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	46	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	Min P
1	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	16	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	31	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	0	46	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	Min P
1	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	16	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	31	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	46	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	Min V2
1	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	16	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	31	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	0	46	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	Min V2
1	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	16	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	31	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	46	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	Min M3
1	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	16	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	31	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	0	46	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	Min M3
2	Q1 LM71	0.00	51	17	-115	-1	742	110	17	Q1 LM71	0.00	651	23	-381	0	1242	136	32	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	47	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	Max P
2	Q1 LM71	4.30	51	17	-115	1	1235	39	17	Q1 LM71	4.30	651	23	-381	0	2883	37	32	Q1 LM71	4.30	0	0	0	0	0	0	0	47	Q1 LM71	4.30	0	0	0	0	0	0	Max P
2	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	17	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	32	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	47	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	Max V2
2	Q1 LM71	4.30	0	0	0	0	0	0	17	Q1 LM71	4.30	0	0	0	0	0	0	32	Q1 LM71	4.30	0	0	0	0	0	0	0	47	Q1 LM71	4.30	0	0	0	0	0	0	Max V2
2	Q1 LM71	0.00	48	15	-122	0	767	109	17	Q1 LM71	0.00	643	24	-374	0	1257	136	32	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	47	Q1 LM71	0.00	-42	7	-174	3	31	24	Max M3
2	Q1 LM71	4.30	45	13	-126	0	1303	50	17	Q1 LM71	4.30	650	23	-380	0	2884	36	32	Q1 LM71	4.30	-512	10	-857	2	1995	53	47	Q1 LM71	4.30	-141	21	-634	5	2463	27	Max M3	
2	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	17	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	32	Q1 LM71	0.00	-553	12	-763	2	-1690	110	47	Q1 LM71	0.00	-141	21	-635	5	-278	119	Min P	
2	Q1 LM71	4.30	0	0	0	0	0	0	17	Q1 LM71	4.30	0	0	0	0	0	0	32	Q1 LM71	4.30	-553	12	-763	2	1592	61	47	Q1 LM71	4.30	-141	21	-635	5	2452	28	Min P	
2	Q1 LM71	0.00	43	10	-128	-1	741	98	17	Q1 LM71	0.00	645	21	-384	-1	1209	131	32	Q1 LM71	0.00	-529	11	-857	2	-1731	102	47	Q1 LM71	0.00	-140	21	-636	5	-295	122	Min V2	
2	Q1 LM71	4.30	43	10	-128	-1	1291	53	17	Q1 LM71	4.30	645	21	-384	-1	2862	39	32	Q1 LM71	4.30	-529	11	-857	2	1956	55	47	Q1 LM71	4.30	-140	21	-636	5	2438	29	Min V2	
2	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	17	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	32	Q1 LM71	0.00	-529	11	-857	2	-1731	102	47	Q1 LM71	0.00	-108	14	-518	2	-360	102	Min M3	
2	Q1 LM71	4.30	0	0	0	0	0	0	17	Q1 LM71	4.30	0	0	0	0	0	0	32	Q1 LM71	4.30	0	0	0	0	0	0	0	47	Q1 LM71	4.30	0	0	0	0	0	0	Min M3
3	Q1 LM71	0.00	45	14	-31	-2	1240	32	18	Q1 LM71	0.00	342	4	-353	-8	2023	31	33	Q1 LM71	0.00	75	1	-232	1	1297	-7	48	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	Max P	
3	Q1 LM71	4.30	45	14	-31	-2	1372	-27	18	Q1 LM71	4.30	342	4	-353	-8	3542	15	33	Q1 LM71	4.30	75	1	-232	1	2296	-12	48	Q1 LM71	4.30	0	0	0	0	0	0	Max P	
3	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	18	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	33	Q1 LM71	0.00	30	1	82	0	791	-4	48	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	Max V2	
3	Q1 LM71	4.30	0	0	0	0	0	0	18	Q1 LM71	4.30	0	0	0	0	0	0	33	Q1 LM71	4.30	30	1	82	0	440	-9	48	Q1 LM71	4.30	0	0	0	0	0	0	Max V2	
3	Q1 LM71	0.00	17	13	-95	-11	2418	54	18	Q1 LM71	0.00	320	6	-330	-7	2115	32	33	Q1 LM71	0.00	12	-1	-417	-4	1885	7	48	Q1 LM71	0.00	-341	23	-498	-6	2218	88	Max M3	
3	Q1 LM71	4.30	17	13	-95	-11	2827	-2	18	Q1 LM71	4.30	340	5	-350	-7	3569	13	33	Q1 LM71	4.30	8	-2	-597	-4	4149	18	48	Q1 LM71	4.30	-344	24	-548	-6	4508	-9	Max M3	
3	Q1 LM71	0.00	-19	-1	-74	-10	1334	23	18	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	33	Q1 LM71	0.00	-80	-3	-315	-5	665	18	48	Q1 LM71	0.00	-346	24	-538	-6	2189	92	Min P	
3	Q1 LM71	4.30	-19	-1	-74	-10	1653	29	18	Q1 LM71	4.30	0	0	0	0	0	0	33	Q1 LM71	4.30	-80	-3	-315	-5	2019	33	48	Q1 LM71	4.30	-346	24	-538	-6	4504	-11	Min P	
3	Q1 LM71	0.00	10	9	-99	-12	2331	49	18	Q1 LM71	0.00	342	4	-353	-8	2023	31	33	Q1 LM71	0.00	-17	-3	-641	-4	1098	15	48	Q1 LM71	0.00	-344	24	-548	-6	2152	95	Min V2	
3	Q1 LM71	4.30	10	9	-99	-12	2758	9	18	Q1 LM71	4.30	342	4	-353	-8	3542	15	33	Q1 LM71	4.30	-17	-3	-641	-4	3856	26	48	Q1 LM71	4.30	-344	24	-548	-6	4508	-9	Min V2	
3	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	18	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	33	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	48	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	Min M3
3	Q1 LM71	4.30	0	0	0	0	0	0	18	Q1 LM71	4.30	0	0	0	0	0	0	33	Q1 LM71	4.30	0	0	0	0	0	0	0	48	Q1 LM71	4.30	0	0	0	0	0	0	Min M3
4	Q1 LM71	0.00	26	-1	-16	-4	1318	-39	19	Q1 LM71	0.00	196	-5	-289	-9	2368	-25	34	Q1 LM71	0.00	336	-10	-333	-7	3939	-49	49	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	Max P	
4	Q1 LM71	4.20	26	-1	-16	-4	1387	-34	19	Q1 LM71	4.20	196	-5	-289	-9	3584	-6	34	Q1 LM71	4.20	336	-10	-333	-7	5338	-8	49	Q1 LM71	4.20	0	0	0	0	0	0	Max P	
4	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	19	Q1 LM71	0.00	16	-1	1	-1	328	-4	34	Q1 LM71	0.00	129	0	186	-2	1992	-14	49	Q1 LM71	0.00	-131	1	7	-2	1335	-11	Max V2	
4	Q1 LM71	4.20	0	0	0	0	0	0	19	Q1 LM71	4.20	16	-1	1	-1	321	-1	34	Q1 LM71	4.20	129	0	186	-2	1212	-15	49	Q1 LM71	4.20	-131	1	7	-2	1307	-15	Max V2	
4	Q1 LM71	0.00	-43	2	-68	-15	3641	-59	19	Q1 LM71	0.00	156	-5	-295	-10	3003	-38	34	Q1 LM71	0.00	329	-9	-192	-7	4159	-47	49	Q1 LM71	0.00	-453	9	-373	-10	4276	-17	Max M3	
4	Q1 LM71	4.20	-47	2	-69	-15	3931	-66	19	Q1 LM71	4.20	173	-5	-310	-10	4276	-16																				

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	
COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF28 01 E ZZ CL V10009 001 B 64 di 180	

SOLLECITAZIONI										SOLLECITAZIONI										SOLLECITAZIONI										SOLLECITAZIONI										SOLLECITAZIONI									
(kN x m)										(kN x m)										(kN x m)										(kN x m)										(kN x m)									
Obj	StepType	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2		Obj	StepType	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2		Obj	StepType	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2		Obj	StepType	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2		Obj	StepType	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	
12	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	27	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	42	Q1 LM71	0.00	32	1	-75	1	323	-11	57	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	Max P									
12	Q1 LM71	4.32	0	0	0	0	0	0	0	27	Q1 LM71	4.32	0	0	0	0	0	0	0	42	Q1 LM71	4.32	32	1	-75	1	649	-13	57	Q1 LM71	4.32	0	0	0	0	0	0	0	0	Max P									
12	Q1 LM71	0.00	-227	10	107	10	2255	-80	27	Q1 LM71	0.00	-353	1	524	9	2972	-17	42	Q1 LM71	0.00	-140	-1	562	10	3309	3	57	Q1 LM71	0.00	-452	-7	535	9	3844	-14	Max V2													
12	Q1 LM71	4.32	-227	10	107	10	1794	-122	27	Q1 LM71	4.32	-353	1	524	9	2972	-17	42	Q1 LM71	4.32	-140	-1	562	10	881	9	57	Q1 LM71	4.32	-452	-7	535	9	1533	17	Max V2													
12	Q1 LM71	0.00	-231	8	102	9	2313	-87	27	Q1 LM71	0.00	-353	1	524	9	2972	-17	42	Q1 LM71	0.00	-127	-1	524	10	3540	-5	57	Q1 LM71	0.00	-452	-7	535	9	3844	-14	Max M3													
12	Q1 LM71	4.32	-231	8	101	9	1875	-121	27	Q1 LM71	4.32	-361	1	497	8	731	-24	42	Q1 LM71	4.32	-76	0	358	10	1545	-9	57	Q1 LM71	4.32	-466	-7	482	9	1597	17	Max M3													
12	Q1 LM71	0.00	-232	9	104	10	2311	-85	27	Q1 LM71	0.00	-369	1	478	8	723	-23	42	Q1 LM71	0.00	-142	-1	558	10	3354	0	57	Q1 LM71	0.00	-466	-7	482	9	3680	-14	Min P													
12	Q1 LM71	4.32	-232	9	104	10	1862	-123	27	Q1 LM71	4.32	-369	1	478	8	723	-23	42	Q1 LM71	4.32	-142	-1	558	10	942	6	57	Q1 LM71	4.32	-466	-7	482	9	1597	17	Min P													
12	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	27	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	42	Q1 LM71	0.00	32	1	-75	1	323	-11	57	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	Min V2										
12	Q1 LM71	4.32	0	0	0	0	0	0	27	Q1 LM71	4.32	0	0	0	0	0	0	0	42	Q1 LM71	4.32	32	1	-75	1	649	-13	57	Q1 LM71	4.32	0	0	0	0	0	0	0	0	Min V2										
12	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	27	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	42	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	57	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	Min M3									
12	Q1 LM71	4.32	0	0	0	0	0	0	27	Q1 LM71	4.32	0	0	0	0	0	0	0	42	Q1 LM71	4.32	0	0	0	0	0	0	0	57	Q1 LM71	4.32	0	0	0	0	0	0	0	0	Min M3									
13	Q1 LM71	0.00	10	-4	22	3	365	-22	28	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	43	Q1 LM71	0.00	5	0	-39	1	171	0	58	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	Max P										
13	Q1 LM71	2.41	10	-4	22	3	313	-12	28	Q1 LM71	2.41	0	0	0	0	0	0	0	43	Q1 LM71	2.41	5	0	-39	1	265	-1	58	Q1 LM71	2.41	0	0	0	0	0	0	0	0	Max P										
13	Q1 LM71	0.00	-13	2	138	15	1204	-26	28	Q1 LM71	0.00	-169	12	568	5	1876	-8	43	Q1 LM71	0.00	-113	5	683	3	2266	47	58	Q1 LM71	0.00	-175	-16	596	8	2194	-25	Max V2													
13	Q1 LM71	2.41	-13	2	138	15	872	-31	28	Q1 LM71	2.41	-169	12	568	5	505	-36	43	Q1 LM71	2.41	-113	5	683	3	617	35	58	Q1 LM71	2.41	-175	-16	596	8	756	12	Max V2													
13	Q1 LM71	0.00	-10	1	135	15	1224	-29	28	Q1 LM71	0.00	-169	12	568	5	1876	-8	43	Q1 LM71	0.00	-103	5	646	4	2346	44	58	Q1 LM71	0.00	-181	-16	590	8	2219	-28	Max M3													
13	Q1 LM71	2.41	-9	0	134	15	900	-31	28	Q1 LM71	2.41	-169	11	565	5	508	-36	43	Q1 LM71	2.41	-93	5	579	4	858	30	58	Q1 LM71	2.41	-181	-16	590	8	795	10	Max M3													
13	Q1 LM71	0.00	-17	5	120	13	923	-11	28	Q1 LM71	0.00	-176	10	510	5	1707	-15	43	Q1 LM71	0.00	-113	5	683	3	2266	47	58	Q1 LM71	0.00	-188	-14	551	8	2111	-25	Min P													
13	Q1 LM71	2.41	-17	5	120	13	633	-24	28	Q1 LM71	2.41	-176	10	510	5	475	-38	43	Q1 LM71	2.41	-113	5	683	3	617	35	58	Q1 LM71	2.41	-188	-14	551	8	781	10	Min P													
13	Q1 LM71	0.00	4	0	0	0	26	-2	28	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	43	Q1 LM71	0.00	5	0	-39	1	171	0	58	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	Min V2										
13	Q1 LM71	2.41	4	0	0	0	27	-2	28	Q1 LM71	2.41	0	0	0	0	0	0	0	43	Q1 LM71	2.41	5	0	-39	1	265	-1	58	Q1 LM71	2.41	0	0	0	0	0	0	0	0	Min V2										
13	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	28	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	43	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	58	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	Min M3									
13	Q1 LM71	2.41	0	0	0	0	0	0	28	Q1 LM71	2.41	0	0	0	0	0	0	0	43	Q1 LM71	2.41	0	0	0	0	0	0	0	58	Q1 LM71	2.41	0	0	0	0	0	0	0	0	Min M3									
14	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	29	Q1 LM71	0.00	61	-8	551	10	947	-9	44	Q1 LM71	0.00	96	17	845	0	1428	37	59	Q1 LM71	0.00	20	2	458	4	788	-5	Max P													
14	Q1 LM71	1.90	0	0	0	0	0	0	29	Q1 LM71	1.90	61	-8	551	10	-99	6	44	Q1 LM71	1.90	96	17	845	0	-178	4	59	Q1 LM71	1.90	20	2	458	4	-82	-8	Max P													
14	Q1 LM71	0.00	-63	6	134	11	658	-21	29	Q1 LM71	0.00	52	-11	588	11	1028	-13	44	Q1 LM71	0.00	96	17	845	0	1428	37	59	Q1 LM71	0.00	2	-1	628	4	1183	-5	Max V2													
14	Q1 LM71	1.90	-63	6	134	11	403	-32	29	Q1 LM71	1.90	52	-11	588	11	-88	7	44	Q1 LM71	1.90	96	17	845	0	-178	4	59	Q1 LM71	1.90	2	-1	628	4	-11	-4	Max V2													
14	Q1 LM71	0.00	-64	5	131	11	665	-23	29	Q1 LM71	0.00	51	-11	587	11	1029	-14	44	Q1 LM71	0.00	96	17	845	0	1428	37	59	Q1 LM71	0.00	-5	-2	625	4	1193	-5	Max M3													
14	Q1 LM71	1.90	-64	4	128	10	418	-32	29	Q1 LM71	1.90	-20	-5	60	1	21	1	44	Q1 LM71	1.90	16	8	120	2	26	2	59	Q1 LM71	1.90	-23	-4	302	-1	88	6	Max M3													
14	Q1 LM71	0.00	-64	5	131	11	665	-23	29	Q1 LM71	0.00	-20	-5	64	1	142	-9	44	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	59	Q1 LM71	0.00	-26	-5	263	0	576	-3	Min P												
14	Q1 LM71	1.90	-64	5	131	11	417	-32	29	Q1 LM71	1.90	-20	-5	64	1	21	1	44	Q1 LM71	1.90	0	0	0	0	0	0	0	59	Q1 LM71	1.90	-26	-5	263	0	77	6	Min P												
14	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	29	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	44	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	59	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	Min V2									
14	Q1 LM71	1.90	0	0	0	0	0	0	29	Q1 LM71	1.90	0	0	0	0	0	0	0	44	Q1 LM71	1.90	0	0	0	0	0	0	0	59	Q1 LM71	1.90	0	0	0	0	0	0	0	0	Min V2									
14	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	29	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	44	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	59	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	Min M3									
14	Q1 LM71	1.90	0	0	0	0	0	0	29	Q1 LM71	1.90	61	-8	556	11	-99	6	44	Q1 LM71	1.90	83	12	752	-1	-196	2	59	Q1 LM71	1.90	17	1	401	5	-99	-8	Min M3													
15	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	30	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	45	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	60	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	Max P									
15	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	30	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	0	45	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	0	60	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	Max P									
15	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	30	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	45	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	60	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	Max V2									
15	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	30	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	0	45	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	0	60	Q1 LM71	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	Max V2									
15	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0	0	0	30	Q1 LM71	0.00	0	0	0	0																																		

APPALTATORE:
Consorzio Soci
HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.

PROGETTAZIONE:
Mandatara Mandanti
ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.

PROGETTO ESECUTIVO
Relazione di calcolo

ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IF28 01 E ZZ CL VI0009 001 B 66 di 180

SOLLECITAZIONI										SOLLECITAZIONI										SOLLECITAZIONI										SOLLECITAZIONI									
(kN x m)										(kN x m)										(kN x m)										(kN x m)									
Obj	StepType	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2		Obj	StepType	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2		Obj	StepType	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2		Obj	StepType	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	
7	Q2 SW2	0.0	0	0	0	0	0	0	22	Q2 SW2	0.0	742	9	-98	1	7473	93	37	Q2 SW2	0.0	150	7	-48	2	4388	62	52	Q2 SW2	0.0	4	2	5	0	453	15	Max P			
7	Q2 SW2	4.3	0	0	0	0	0	0	22	Q2 SW2	4.3	742	9	-98	1	7895	54	37	Q2 SW2	4.3	150	7	-48	2	4594	30	52	Q2 SW2	4.3	4	2	5	0	433	5	Max P			
7	Q2 SW2	0.0	-356	13	146	4	4567	112	22	Q2 SW2	0.0	361	4	316	2	4662	48	37	Q2 SW2	0.0	47	11	104	1	3562	71	52	Q2 SW2	0.0	-14	10	9	2	1931	74	Max V2			
7	Q2 SW2	4.3	-356	13	146	4	3941	57	22	Q2 SW2	4.3	361	4	316	2	3302	30	37	Q2 SW2	4.3	47	11	104	1	3113	23	52	Q2 SW2	4.3	-14	10	9	2	1893	30	Max V2			
7	Q2 SW2	0.0	-625	7	-69	4	8253	176	22	Q2 SW2	0.0	731	9	-46	2	7573	93	37	Q2 SW2	0.0	53	10	10	2	5843	99	52	Q2 SW2	0.0	-159	8	-10	4	6368	204	Max M3			
7	Q2 SW2	4.3	-613	5	-103	3	8614	150	22	Q2 SW2	4.3	725	9	-176	1	7941	52	37	Q2 SW2	4.3	49	6	-77	1	5892	58	52	Q2 SW2	4.3	-161	8	-10	4	6411	171	Max M3			
7	Q2 SW2	0.0	-627	8	-55	4	8231	177	22	Q2 SW2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	37	Q2 SW2	0.0	-40	3	5	0	2600	47	52	Q2 SW2	0.0	-182	-1	-23	3	5906	166	Min P		
7	Q2 SW2	4.3	-627	8	-55	4	8469	143	22	Q2 SW2	4.3	0	0	0	0	0	0	0	37	Q2 SW2	4.3	-40	3	5	0	2581	33	52	Q2 SW2	4.3	-182	-1	-23	3	6006	170	Min P		
7	Q2 SW2	0.0	-384	-7	-287	1	5022	79	22	Q2 SW2	0.0	471	7	-435	0	4090	55	37	Q2 SW2	0.0	63	0	-148	1	3426	39	52	Q2 SW2	0.0	-168	-7	-27	3	4941	117	Min V2			
7	Q2 SW2	4.3	-384	-7	-287	1	6257	109	22	Q2 SW2	4.3	471	7	-435	0	5960	26	37	Q2 SW2	4.3	63	0	-148	1	4062	40	52	Q2 SW2	4.3	-168	-7	-27	3	5058	146	Min V2			
7	Q2 SW2	0.0	0	0	0	0	0	0	22	Q2 SW2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	37	Q2 SW2	0.0	0	0	0	0	0	0	52	Q2 SW2	0.0	0	0	0	0	0	0	Min M3		
7	Q2 SW2	4.3	0	0	0	0	0	0	22	Q2 SW2	4.3	0	0	0	0	0	0	0	37	Q2 SW2	4.3	0	0	0	0	0	0	52	Q2 SW2	4.3	0	0	0	0	0	0	Min M3		
8	Q2 SW2	0.0	0	0	0	0	0	0	23	Q2 SW2	0.0	756	-3	76	1	7887	64	38	Q2 SW2	0.0	135	0	87	0	4343	44	53	Q2 SW2	0.0	1	1	6	0	276	7	Max P			
8	Q2 SW2	4.3	0	0	0	0	0	0	23	Q2 SW2	4.3	756	-3	76	1	7560	76	38	Q2 SW2	4.3	135	0	87	0	3967	42	53	Q2 SW2	4.3	1	1	6	0	251	3	Max P			
8	Q2 SW2	0.0	-430	14	267	2	6115	134	23	Q2 SW2	0.0	441	-2	432	2	5897	39	38	Q2 SW2	0.0	88	5	167	0	4358	57	53	Q2 SW2	0.0	-118	13	31	-1	4918	161	Max V2			
8	Q2 SW2	4.3	-430	14	267	2	4968	73	23	Q2 SW2	4.3	441	-2	432	2	4040	47	38	Q2 SW2	4.3	88	5	167	0	3642	37	53	Q2 SW2	4.3	-118	13	31	-1	4785	105	Max V2			
8	Q2 SW2	0.0	-575	5	77	0	8595	167	23	Q2 SW2	0.0	731	-3	170	1	7934	65	38	Q2 SW2	0.0	41	0	106	0	5946	73	53	Q2 SW2	0.0	-199	0	10	-1	6371	186	Max M3			
8	Q2 SW2	4.3	-574	3	37	-1	8357	147	23	Q2 SW2	4.3	751	-2	40	1	7610	75	38	Q2 SW2	4.3	18	-3	24	0	5747	82	53	Q2 SW2	4.3	-199	0	10	-1	6327	187	Max M3			
8	Q2 SW2	0.0	-579	9	153	0	8524	174	23	Q2 SW2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	38	Q2 SW2	0.0	-53	-2	-4	0	2894	38	53	Q2 SW2	0.0	-200	-1	5	-1	6112	180	Min P		
8	Q2 SW2	4.3	-579	9	153	0	7867	135	23	Q2 SW2	4.3	0	0	0	0	0	0	0	38	Q2 SW2	4.3	-53	-2	-4	0	2913	48	53	Q2 SW2	4.3	-200	-1	5	-1	6090	183	Min P		
8	Q2 SW2	0.0	-272	-7	-165	-1	4028	60	23	Q2 SW2	0.0	407	0	-316	0	3380	34	38	Q2 SW2	0.0	-6	-6	-83	0	2879	26	53	Q2 SW2	0.0	-94	-9	-8	-1	2460	49	Min V2			
8	Q2 SW2	4.3	-272	-7	-165	-1	4739	88	23	Q2 SW2	4.3	407	0	-316	0	4740	34	38	Q2 SW2	4.3	-6	-6	-83	0	3238	54	53	Q2 SW2	4.3	-94	-9	-8	-1	2496	90	Min V2			
8	Q2 SW2	0.0	0	0	0	0	0	0	23	Q2 SW2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	38	Q2 SW2	0.0	0	0	0	0	0	0	53	Q2 SW2	0.0	0	0	0	0	0	0	Min M3		
8	Q2 SW2	4.3	0	0	0	0	0	0	23	Q2 SW2	4.3	0	0	0	0	0	0	0	38	Q2 SW2	4.3	0	0	0	0	0	0	53	Q2 SW2	4.3	0	0	0	0	0	0	Min M3		
9	Q2 SW2	0.0	0	0	0	0	0	0	24	Q2 SW2	0.0	699	-6	111	-6	7453	50	39	Q2 SW2	0.0	146	-1	282	-5	3668	26	54	Q2 SW2	0.0	0	0	6	0	176	3	Max P			
9	Q2 SW2	4.3	0	0	0	0	0	0	24	Q2 SW2	4.3	699	-6	111	-6	6976	75	39	Q2 SW2	4.3	146	-1	282	-5	2454	30	54	Q2 SW2	4.3	0	0	6	0	151	2	Max P			
9	Q2 SW2	0.0	-425	11	405	-5	6755	123	24	Q2 SW2	0.0	448	-7	445	-4	6112	27	39	Q2 SW2	0.0	62	-4	372	-8	5679	54	54	Q2 SW2	0.0	-146	2	61	-9	5120	124	Max V2			
9	Q2 SW2	4.3	-425	11	405	-5	5012	75	24	Q2 SW2	4.3	448	-7	445	-4	4200	58	39	Q2 SW2	4.3	62	-4	372	-8	4079	69	54	Q2 SW2	4.3	-146	2	61	-9	4859	114	Max V2			
9	Q2 SW2	0.0	-506	4	259	-7	8506	148	24	Q2 SW2	0.0	694	-7	137	-6	7485	48	39	Q2 SW2	0.0	-4	-7	330	-8	6104	59	54	Q2 SW2	0.0	-184	-4	43	-10	5958	159	Max M3			
9	Q2 SW2	4.3	-506	3	237	-7	7444	136	24	Q2 SW2	4.3	698	-6	99	-6	6986	74	39	Q2 SW2	4.3	-10	-7	315	-8	4718	91	54	Q2 SW2	4.3	-184	-4	43	-10	5773	176	Max M3			
9	Q2 SW2	0.0	-506	3	246	-7	8493	148	24	Q2 SW2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	39	Q2 SW2	0.0	-93	-7	128	-5	3694	40	54	Q2 SW2	0.0	-185	-3	39	-10	5761	155	Min P		
9	Q2 SW2	4.3	-506	3	246	-7	7433	134	24	Q2 SW2	4.3	0	0	0	0	0	0	0	39	Q2 SW2	4.3	-93	-7	128	-5	3146	71	54	Q2 SW2	4.3	-185	-3	39	-10	5594	167	Min V2		
9	Q2 SW2	0.0	-161	-6	-82	-2	2833	44	24	Q2 SW2	0.0	317	1	-287	-2	2435	27	39	Q2 SW2	0.0	-3	-1	-1	0	259	2	54	Q2 SW2	0.0	-16	-3	-1	-1	446	10	Min P			
9	Q2 SW2	4.3	-161	-6	-82	-2	3184	70	24	Q2 SW2	4.3	317	1	-287	-2	3668	24	39	Q2 SW2	4.3	-3	-1	-1	0	263	6	54	Q2 SW2	4.3	-16	-3	-1	-1	450	21	Min V2			
9	Q2 SW2	0.0	0	0	0	0	0	0	24	Q2 SW2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	39	Q2 SW2	0.0	0	0	0	0	0	0	54	Q2 SW2	0.0	0	0	0	0	0	0	Min M3		
9	Q2 SW2	4.3	0	0	0	0	0	0	24	Q2 SW2	4.3	0	0	0	0	0	0	0	39	Q2 SW2	4.3	0	0	0	0	0	0	54	Q2 SW2	4.3	0	0	0	0	0	0	Min M3		
10	Q2 SW2	0.0	0	0	0	0	0	0	25	Q2 SW2	0.0	547	-14	352	2	6758	32	40	Q2 SW2	0.0	128	-6	360	-17	3478	9	55	Q2 SW2	0.0	0	0	6	0	135	1	Max P			
10	Q2 SW2	0.1	0	0	0	0	0	0	25	Q2 SW2	0.1	547	-14	352	2	6723	33	40	Q2 SW2	0.1	128	-6	360	-17	3442	9	55	Q2 SW2	0.1	0	0	6	0	134	1	Max P			
10	Q2 SW2	0.0	-329	6	553	-30	6577	103	25	Q2 SW2	0.0	403	-13	566	5	5970	6	40	Q2 SW2	0.0	-11	-6	470	-22	5251	37	55	Q2 SW2	0.0	-92	4	72	-12	3699	44	Max V2			
10	Q2 SW2	0.1	-329	6	553	-30	6522	102	25	Q2 SW2	0.1	403	-13	566	5	5913	7	40	Q2 SW2	0.1	-11	-6	470	-22	5204	37	55	Q2 SW2	0.1	-92	4	72	-12	3691	44	Max V2			
10	Q2 SW2	0.0	-366	1	469	-26	7716	151	25	Q2 SW2	0.0	540	-15	376	2	6800	29	40	Q2 SW2	0.0	-70	-6	455	-22	5431	44	55	Q2 SW2	0.0	-102	12	46	-16	5006	99	Max M3			
10	Q2 SW2	0.1	-366	1	469	-26	7669	151	25	Q2 SW2	0.1	540	-15	375	2	6763	31	40	Q2 SW2	0.1	-70	-6	455	-22	5385	44	55	Q2 SW2	0.1	-102	12	46	-16	5002	98	Max M3			
10	Q2 SW2	0.0	-367																																				

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	<p style="text-align: center;">ITINERARIO NAPOLI – BARI</p> <p style="text-align: center;">RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</p>
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	
COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF28 01 E ZZ CL VI0009 001 B 68 di 180	

Q9 – variazione termica uniforme

Si riassumono i valori delle sollecitazioni dovute alla variazione termica uniforme applicata all’impalcato (modello di fase III).

SOLLECITAZIONI				(kN x m)				SOLLECITAZIONI				(kN x m)				SOLLECITAZIONI				(kN x m)				SOLLECITAZIONI				(kN x m)																																											
Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2																		
1	Q9 U	0.0	-2334	0	0	0	1572	0	16	Q9 U	0.0	-2334	0	0	0	1974	0	31	Q9 U	0.0	-2334	0	0	0	1974	0	46	Q9 U	0.0	-2334	0	0	0	3086	0	1	Q9 U	1.0	-2334	0	0	0	1974	0	0	0	0	0	3086	0																					
2	Q9 U	0.0	-2509	-26	-70	43	1530	4	17	Q9 U	0.0	-2098	47	88	-1	2158	82	32	Q9 U	0.0	-2191	-24	50	9	2082	14	47	Q9 U	0.0	-2555	49	-68	-31	2732	104	2	Q9 U	4.3	-2509	-26	-70	43	1831	115	17	Q9 U	4.3	-2098	47	88	-1	1780	-119	32	Q9 U	4.3	-2191	-24	50	9	1867	115	47	Q9 U	4.3	-2555	49	-68	-31	3024	-108
3	Q9 U	0.0	-2720	16	-45	8	1599	135	18	Q9 U	0.0	-1928	-9	73	15	2011	-12	33	Q9 U	0.0	-1897	11	38	-15	2293	38	48	Q9 U	0.0	-2792	-12	-66	-8	2558	-81	3	Q9 U	4.3	-2720	16	-45	8	1791	67	18	Q9 U	4.3	-1928	-9	73	15	1699	28	33	Q9 U	4.3	-1897	11	38	-15	2129	-10	48	Q9 U	4.3	-2792	-12	-66	-8	2842	-30
4	Q9 U	0.0	-2777	0	-15	2	1576	79	19	Q9 U	0.0	-1877	4	46	-1	1906	64	34	Q9 U	0.0	-1837	-21	27	-6	2265	-78	49	Q9 U	0.0	-2847	-18	-58	-12	2696	-75	4	Q9 U	4.2	-2777	0	-15	2	1641	80	19	Q9 U	4.2	-1877	4	46	-1	1712	49	34	Q9 U	4.2	-1837	-21	27	-6	2151	12	49	Q9 U	4.2	-2847	-18	-58	-12	2939	2
5	Q9 U	0.0	-2777	0	-15	3	3189	97	20	Q9 U	0.0	-1877	4	46	1	2783	58	35	Q9 U	0.0	-1837	-21	27	-9	2638	1	50	Q9 U	0.0	-2847	-18	-58	-15	1650	-17	5	Q9 U	0.1	-2777	0	-15	3	3190	97	20	Q9 U	0.1	-1877	4	46	1	2779	58	35	Q9 U	0.1	-1837	-21	27	-9	2635	3	50	Q9 U	0.1	-2847	-18	-58	-15	1655	-15
6	Q9 U	0.0	-2771	2	7	-7	3163	48	21	Q9 U	0.0	-1863	1	24	-6	2778	9	36	Q9 U	0.0	-1925	-24	8	-2	2385	-74	51	Q9 U	0.0	-2779	-28	-40	-4	1946	-123	6	Q9 U	4.3	-2771	2	7	-7	3134	40	21	Q9 U	4.3	-1863	1	24	-6	2673	2	36	Q9 U	4.3	-1925	-24	8	-2	2350	30	51	Q9 U	4.3	-2779	-28	-40	-4	2116	-4
7	Q9 U	0.0	-2786	-8	17	-2	3049	42	22	Q9 U	0.0	-1851	-16	3	0	2666	-32	37	Q9 U	0.0	-1962	7	-3	-3	2248	7	52	Q9 U	0.0	-2757	-1	-18	-3	2242	-38	7	Q9 U	4.3	-2786	-8	17	-2	3049	42	22	Q9 U	4.3	-1851	-16	3	0	2652	38	37	Q9 U	4.3	-1962	7	-3	-3	2259	-23	52	Q9 U	4.3	-2757	-1	-18	-3	2318	-34
8	Q9 U	0.0	-2771	-3	27	-3	3098	24	23	Q9 U	0.0	-1860	8	-10	-4	2616	21	38	Q9 U	0.0	-1943	-6	-23	4	2237	-25	53	Q9 U	0.0	-2762	11	7	3	2325	-33	8	Q9 U	4.3	-2771	-3	27	-3	2983	36	23	Q9 U	4.3	-1860	8	-10	-4	2659	-12	38	Q9 U	4.3	-1943	-6	-23	4	2337	1	53	Q9 U	4.3	-2762	11	7	3	2297	-78
9	Q9 U	0.0	-2773	-16	35	0	3113	34	24	Q9 U	0.0	-1907	-12	-24	2	2580	-18	39	Q9 U	0.0	-1873	24	-43	3	2364	23	54	Q9 U	0.0	-2783	45	32	6	2215	-43	9	Q9 U	4.3	-2773	-16	35	0	2964	101	24	Q9 U	4.3	-1907	-12	-24	2	2681	33	39	Q9 U	4.3	-1873	24	-43	3	2548	-82	54	Q9 U	4.3	-2783	45	32	6	2078	-238
10	Q9 U	0.0	-2721	-33	49	-12	3209	132	25	Q9 U	0.0	-2027	0	-29	-7	2517	36	40	Q9 U	0.0	-1786	6	-78	12	2631	-5	55	Q9 U	0.0	-2802	62	58	20	1920	-147	10	Q9 U	0.1	-2721	-33	49	-12	3204	136	25	Q9 U	0.1	-2027	0	-29	-7	2520	36	40	Q9 U	0.1	-1786	6	-78	12	2639	-5	55	Q9 U	0.1	-2802	62	58	20	1914	-153
11	Q9 U	0.0	-2721	-33	49	-8	1661	121	26	Q9 U	0.0	-2027	0	-29	-7	1435	30	41	Q9 U	0.0	-1786	6	-78	9	2157	6	56	Q9 U	0.0	-2802	62	58	13	3207	-135	11	Q9 U	4.2	-2721	-33	49	-8	1454	261	26	Q9 U	4.2	-2027	0	-29	-7	1558	31	41	Q9 U	4.2	-1786	6	-78	9	2486	-17	56	Q9 U	4.2	-2802	62	58	13	2962	-395
12	Q9 U	0.0	-3873	-28	150	-13	-1181	-152	27	Q9 U	0.0	-3362	-6	132	-4	-989	-72	42	Q9 U	0.0	-3107	46	65	-6	-531	59	57	Q9 U	0.0	-4096	7	174	24	-196	107	12	Q9 U	4.3	-3873	-28	150	-13	-1829	-31	27	Q9 U	4.3	-3362	-6	132	-4	-1560	-46	42	Q9 U	4.3	-3107	46	65	-6	-814	-138	57	Q9 U	4.3	-4096	7	174	24	-949	75
13	Q9 U	0.0	-3797	-4	164	-9	-2079	-43	28	Q9 U	0.0	-3535	27	128	-3	-1103	-95	43	Q9 U	0.0	-3261	-64	51	20	-416	-70	58	Q9 U	0.0	-3993	8	193	-5	-1141	72	13	Q9 U	2.4	-3797	-4	164	-9	-2476	-34	28	Q9 U	2.4	-3535	27	128	-3	-1411	-160	43	Q9 U	2.4	-3261	-64	51	20	-540	83	58	Q9 U	2.4	-3993	8	193	-5	-1606	54
14	Q9 U	0.0	-2508	188	75	-67	2565	332	29	Q9 U	0.0	-2253	-91	-31	26	2687	-130	44	Q9 U	0.0	-2155	93	-143	-15	2993	125	59	Q9 U	0.0	-2538	-216	99	68	3061	-388	14	Q9 U	1.9	-2508	188	75	-67	2422	-25	29	Q9 U	1.9	-2253	-91	-31	26	2747	44	44	Q9 U	1.9	-2155	93	-143	-15	3264	-52	59	Q9 U	1.9	-2538	-216	99	68	2873	22
15	Q9 U	0.0	-2334	0	0	0	2505	0	30	Q9 U	0.0	-2334	0	0	0	3086	0	45	Q9 U	0.0	-2334	0	0	0	3086	0	60	Q9 U	0.0	-2334	0	0	0	3086	0	15	Q9 U	1.0	-2334	0	0	0	2505	0	30	Q9 U	1.0	-2334	0	0	0	3086	0	45	Q9 U	1.0	-2334	0	0	0	3086	0	60	Q9 U	1.0	-2334	0	0	0	3086	0

Fig. 82 – Sollecitazioni: variazione termica uniforme – Q9

Q10 – gradiente termico

Si riassumono i valori delle sollecitazioni dovute al gradiente termico applicato all’impalcato (modello di fase III).

SOLLECITAZIONI				(kN x m)				SOLLECITAZIONI				(kN x m)				SOLLECITAZIONI				(kN x m)				SOLLECITAZIONI				(kN x m)																																												
Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2																			
1	Q10_grad	0.0	0	0	0	0	0	0	16	Q10_grad	0.0	0	0	0	0	0	0	31	Q10_grad	0.0	0	0	0	0	0	0	46	Q10_grad	0.0	0	0	0	0	0	0	1	Q10_grad	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																					
2	Q10_grad	0.0	-43	-3	3	-1	3	-23	17	Q10_grad	0.0	43	0	-3	-1	-17	-5	32	Q10_grad	0.0	15	0	2	-1	-62	4	47	Q10_grad	0.0	-56	4	-2	-1	-28	25	2	Q10_grad	4.3	-43	-3	3	-1	-12	-10	17	Q10_grad	4.3	43	0	-3	-1	-4	-6	32	Q10_grad	4.3	15	0	2	-1	-69	5	47	Q10_grad	4.3	-56	4	-2	-1	-18	6	
3	Q10_grad	0.0	-96	-5	3	0	-1	-33	18	Q10_grad	0.0	100	-1	-3	0	-27	-6	33	Q10_grad	0.0	113	-1	2	0	13	-7	48	Q10_grad	0.0	-117	5	-1	0	-23	23	3	Q10_grad	4.3	-96	-5	3	0	-12	-10	18	Q10_grad	4.3	100	-1	-3	0	-13	-3	33	Q10_grad	4.3	113	-1	2	0	6	-1	48	Q10_grad	4.3	-117	5	-1	0	-17	2	
4	Q10_grad	0.0	-117	-2	2	0	-11	-18	19	Q10_grad	0.0	123	0	-2	0	-19	-1	34	Q10_grad	0.0	128	0	1	0	-1	-2	49	Q10_grad	0.0	-134	2	-1	0	-12	8	4	Q10_grad	4.2	-117	-2	2	0	-20	-7	19	Q10_grad	4.2	123	0	-2	0	-11	-2	34	Q10_grad	4.2	128	0	1	0	-3	-1	49	Q10_grad	4.2	-134	2	-1	0	-10	0	
5	Q10_grad	0.0	-117	-2	2	0	-10	-3	20	Q10_grad	0.0	123	0	-2	0	-22	0	35	Q10_grad	0.0	128	0	1	0	-14	-4	50	Q10_grad	0.0	-134	2	-1	0	1	-5	5	Q10_grad	0.1	-117	-2	2	0	-10	-3	20	Q10_grad	0.1	123	0	-2	0	-22	0	35	Q10_grad	0.1	128	0	1	0	-14	-4	50	Q10_grad	0.1	-134	2	-1	0	1	-5	5
6	Q10_grad	0.0	-129	-1	1	0	-12	-7	21	Q10_grad	0.0	136	0	-1	0	-22	1	36	Q10_grad	0.0	137	0	0	0	-11	-2	51	Q10_grad	0.0	-143	1	0	0	-4	1	6	Q10_grad	4.3	-129	-1	1	0	-18	-3	21	Q10_grad	4.3	136	0	-1	0	-17	-1	36	Q10_grad	4.3</																

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.		RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 70 di 180

SOLLECITAZIONI		(kN x m)								SOLLECITAZIONI		(kN x m)								SOLLECITAZIONI		(kN x m)								SOLLECITAZIONI		(kN x m)																					
Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2									
1	Q15_v1	0.0	0	0	0	0	0	0	16	Q15_v1	0.0	0	0	0	0	0	0	31	Q15_v1	0.0	0	0	0	0	0	0	46	Q15_v1	0.0	0	0	0	0	0	0	61	Q15_v1	0.0	0	0	0	0	0	0	76	Q15_v1	0.0	0	0	0	0	0	0
1	Q15_v1	1.0	0	3	0	0	0	-2	16	Q15_v1	1.0	0	3	0	0	0	-2	31	Q15_v1	1.0	0	3	0	0	0	0	46	Q15_v1	1.0	0	3	0	0	0	0	61	Q15_v1	1.0	0	3	0	0	0	0	76	Q15_v1	1.0	0	3	0	0	0	0
2	Q15_v1	0.0	-118	-34	134	2	246	-2	17	Q15_v1	0.0	119	-5	-12	4	239	45	32	Q15_v1	0.0	-119	-6	-24	-1	-308	25	47	Q15_v1	0.0	101	-31	-98	-2	-214	-17	62	Q15_v1	0.0	-101	31	98	2	214	17	77	Q15_v1	0.0	101	-31	-98	-2	-207	111
2	Q15_v1	4.3	-118	-20	134	2	-330	115	17	Q15_v1	4.3	119	9	-12	4	291	36	32	Q15_v1	4.3	-119	-3	-24	-1	-203	43	47	Q15_v1	4.3	101	-28	-98	-2	207	111	62	Q15_v1	4.3	-101	28	98	2	-207	111									
3	Q15_v1	0.0	-332	-26	89	-1	73	74	18	Q15_v1	0.0	1	-4	-1	-1	129	64	33	Q15_v1	0.0	27	-5	-17	-3	-99	36	48	Q15_v1	0.0	304	-25	-72	-3	-108	42	63	Q15_v1	0.0	-304	25	72	3	108	42									
3	Q15_v1	4.3	-332	-12	89	-1	-308	155	18	Q15_v1	4.3	1	10	1	-1	125	49	33	Q15_v1	4.3	27	-2	-17	-3	-24	51	48	Q15_v1	4.3	304	-23	-72	-3	202	145	63	Q15_v1	4.3	-304	23	72	3	-202	145									
4	Q15_v1	0.0	-493	-20	60	-3	-6	101	19	Q15_v1	0.0	-100	-10	5	-2	18	46	34	Q15_v1	0.0	117	-7	-12	-2	3	38	49	Q15_v1	0.0	475	-19	-53	-4	-18	77	64	Q15_v1	0.0	-475	19	53	4	18	77									
4	Q15_v1	4.2	-493	-6	60	-3	-259	156	19	Q15_v1	4.2	-100	4	5	-2	-1	59	34	Q15_v1	4.2	117	-4	-12	-2	55	61	49	Q15_v1	4.2	475	-16	-53	-4	202	151	64	Q15_v1	4.2	-475	16	53	4	-202	151									
5	Q15_v1	0.0	-493	-6	60	-6	-220	175	20	Q15_v1	0.0	-100	4	5	-2	7	57	35	Q15_v1	0.0	117	-4	-12	-3	44	58	50	Q15_v1	0.0	475	-16	-53	-7	165	168	65	Q15_v1	0.0	-475	16	53	7	-165	168									
5	Q15_v1	0.1	-493	-6	60	-6	-226	176	20	Q15_v1	0.1	-100	4	5	-2	7	57	35	Q15_v1	0.1	117	-4	-12	-3	46	58	50	Q15_v1	0.1	475	-16	-53	-7	170	170	65	Q15_v1	0.1	-475	16	53	7	-170	170									
6	Q15_v1	0.0	-601	-18	36	-2	-32	132	21	Q15_v1	0.0	-167	-11	5	-2	-41	42	36	Q15_v1	0.0	174	-6	-8	-2	51	42	51	Q15_v1	0.0	594	-14	-33	-2	121	121	66	Q15_v1	0.0	-594	14	33	2	-121	121									
6	Q15_v1	4.3	-601	-3	36	-2	-186	177	21	Q15_v1	4.3	-167	3	5	-2	-105	51	36	Q15_v1	4.3	174	-3	-8	-2	84	63	51	Q15_v1	4.3	594	-12	-33	-2	163	177	66	Q15_v1	4.3	-594	12	33	2	-163	177									
7	Q15_v1	0.0	-657	-11	13	-1	-94	151	22	Q15_v1	0.0	-202	-9	3	-1	-79	49	37	Q15_v1	0.0	203	-3	-2	-1	88	53	52	Q15_v1	0.0	656	-6	-14	-1	85	150	67	Q15_v1	0.0	-656	6	14	1	-85	150									
7	Q15_v1	4.3	-657	3	13	-1	-148	168	22	Q15_v1	4.3	-202	5	3	-1	-92	56	37	Q15_v1	4.3	203	0	-2	-1	97	61	52	Q15_v1	4.3	656	-3	-14	-1	143	171	67	Q15_v1	4.3	-656	3	14	1	-143	171									
8	Q15_v1	0.0	-661	-4	-11	1	-154	166	23	Q15_v1	0.0	-208	-6	6	1	-77	55	38	Q15_v1	0.0	207	0	-1	0	94	60	53	Q15_v1	0.0	662	2	6	1	137	169	68	Q15_v1	0.0	-662	-2	-6	-1	-137	169									
8	Q15_v1	4.3	-661	10	-11	1	-107	152	23	Q15_v1	4.3	-208	8	6	1	-105	51	38	Q15_v1	4.3	207	3	-1	0	101	55	53	Q15_v1	4.3	662	5	6	1	111	153	68	Q15_v1	4.3	-662	-5	-6	-1	-111	153									
9	Q15_v1	0.0	-611	3	-37	2	-216	173	24	Q15_v1	0.0	-190	-3	11	2	-52	58	39	Q15_v1	0.0	188	3	0	1	86	62	54	Q15_v1	0.0	612	10	27	2	182	175	69	Q15_v1	0.0	-612	-10	-27	-2	-182	175									
9	Q15_v1	4.3	-611	17	-37	2	-57	131	24	Q15_v1	4.3	-190	11	11	2	-98	41	39	Q15_v1	4.3	188	6	0	1	87	45	54	Q15_v1	4.3	612	13	27	2	68	124	69	Q15_v1	4.3	-612	-13	-27	-2	-68	124									
10	Q15_v1	0.0	-496	4	-68	7	-267	176	25	Q15_v1	0.0	-165	-6	25	3	-1	51	40	Q15_v1	0.0	157	3	-5	3	56	55	55	Q15_v1	0.0	503	15	49	6	213	167	70	Q15_v1	0.0	-503	-15	-49	-6	-213	167									
10	Q15_v1	0.1	-496	5	-68	7	-260	175	25	Q15_v1	0.1	-165	-5	25	3	-3	52	40	Q15_v1	0.1	157	3	-5	3	57	55	55	Q15_v1	0.1	503	16	49	6	208	165	70	Q15_v1	0.1	-503	-16	-49	-6	-208	165									
11	Q15_v1	0.0	-496	5	-68	4	-299	157	26	Q15_v1	0.0	-165	-5	25	3	-18	55	41	Q15_v1	0.0	157	3	-5	2	71	58	56	Q15_v1	0.0	503	16	49	3	247	146	71	Q15_v1	0.0	-503	-16	-49	-3	-247	146									
11	Q15_v1	4.2	-496	18	-68	4	-12	108	26	Q15_v1	4.2	-165	9	25	3	-123	49	41	Q15_v1	4.2	157	6	-5	2	93	41	56	Q15_v1	4.2	503	18	49	3	42	75	71	Q15_v1	4.2	-503	-18	-49	-3	-42	75									
12	Q15_v1	0.0	-303	17	-134	0	-339	160	27	Q15_v1	0.0	-120	-9	23	2	82	49	42	Q15_v1	0.0	108	4	3	2	7	49	57	Q15_v1	0.0	314	25	107	3	249	141	72	Q15_v1	0.0	-314	-25	-107	-3	-249	141									
12	Q15_v1	4.3	-303	34	-134	0	241	49	27	Q15_v1	4.3	-120	9	23	2	-20	48	42	Q15_v1	4.3	108	8	3	2	-7	23	57	Q15_v1	4.3	314	29	107	3	-215	25	72	Q15_v1	4.3	-314	-29	-107	-3	215	25									
13	Q15_v1	0.0	-91	18	-141	3	-296	103	28	Q15_v1	0.0	-59	-8	47	0	132	41	43	Q15_v1	0.0	55	1	-10	2	-9	34	58	Q15_v1	0.0	95	27	104	4	173	102	73	Q15_v1	0.0	-95	-27	-104	-4	-173	102									
13	Q15_v1	2.4	-91	28	-141	3	44	48	28	Q15_v1	2.4	-59	2	47	0	18	48	43	Q15_v1	2.4	55	3	-10	2	16	28	58	Q15_v1	2.4	95	29	104	4	-77	33	73	Q15_v1	2.4	-95	-29	-104	-4	77	33									
14	Q15_v1	0.0	-144	32	-163	5	-100	28	29	Q15_v1	0.0	-18	13	78	-3	99	38	44	Q15_v1	0.0	25	19	-29	2	-34	35	59	Q15_v1	0.0	133	39	114	5	18	31	74	Q15_v1	0.0	-133	-39	-114	-5	-18	31									
14	Q15_v1	1.9	-144	41	-163	5	210	-41	29	Q15_v1	1.9	-18	22	78	-3	-50	4	44	Q15_v1	1.9	25	21	-29	2	21	-3	59	Q15_v1	1.9	133	41	114	5	-198	-45	74	Q15_v1	1.9	-133	-41	-114	-5	198	-45									
15	Q15_v1	0.0	0	-3	0	0	0	-2	30	Q15_v1	0.0	0	-5	0	0	0	-2	45	Q15_v1	0.0	0	-1	0	0	0	0	60	Q15_v1	0.0	0	-1	0	0	0	0	60	Q15_v1	0.0	0	-1	0	0	0	0									
15	Q15_v1	1.0	0	0	0	0	0	0	30	Q15_v1	1.0	0	0	0	0	0	0	45	Q15_v1	1.0	0	0	0	0	0	0	60	Q15_v1	1.0	0	0	0	0	0	0	60	Q15_v1	1.0	0	0	0	0	0	0									

Fig. 85 – Sollecitazioni: azione del vento Q15 – v1

SOLLECITAZIONI		(kN x m)								SOLLECITAZIONI		(kN x m)								SOLLECITAZIONI		(kN x m)								SOLLECITAZIONI		(kN x m)																					
Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2									
1	Q16_v1	0.0	0	0	0	0	0	0	16	Q16_v1	0.0	0	0	0	0	0	0	31	Q16_v1	0.0	0	0	0	0	0	0	46	Q16_v1	0.0	0	0	0	0	0	0	61	Q16_v1	0.0	0	0	0	0	0	0	76	Q16_v1	0.0	0	0	0	0	0	0
1	Q16_v1	1.0	0	3	0	0	0	-2	16	Q16_v1	1.0	0	3	0	0	0	-2	31	Q16_v1	1.0	0	3	0	0	0	0	46	Q16_v1	1.0	0	3	0	0	0	0	61	Q16_v1	1.0	0	3	0	0	0	0	76	Q16_v1	1.0	0	3	0	0	0	0
2	Q16_v1	0.0	-136	-39	133	1	240	-10	17	Q16_v1	0.0																																										

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	
COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF28 01 E ZZ CL VI0009 001 B 72 di 180	

SOLLECITAZIONI (kN x m)										SOLLECITAZIONI (kN x m)										SOLLECITAZIONI (kN x m)										SOLLECITAZIONI (kN x m)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	M1	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	M1	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	M1	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2	M1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	16	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	31	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	61	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	76	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	91	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	106	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	121	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	136	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	151	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	166	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	181	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	196	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	211	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	226	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	241	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	256	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	271	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	286	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	301	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	316	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	331	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	346	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	361	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	376	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	391	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	406	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	421	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	436	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	451	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	466	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	481	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	496	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	511	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	526	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	541	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	556	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	571	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	586	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	601	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	616	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	631	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	646	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	661	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	676	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	691	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	706	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	721	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	736	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	751	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	766	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	781	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	796	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	811	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	826	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	841	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	856	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	871	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	886	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	901	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	916	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	931	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	946	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	961	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	976	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	991	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1006	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1021	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1036	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1051	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1066	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1081	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1096	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1111	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1126	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1141	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1156	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1171	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1186	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1201	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1216	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1231	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1246	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1261	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1276	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1291	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1306	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1321	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1336	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1351	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1366	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1381	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1396	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1411	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1426	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1441	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1456	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1471	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1486	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1501	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1516	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1531	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1546	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1561	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1576	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1591	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1606	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1621	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1636	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1651	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1666	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1681	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1696	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1711	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1726	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1741	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1756	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1771	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1786	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1801	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1816	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1831	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1846	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1861	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1876	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1891	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1906	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1921	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1936	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1951	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1966	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1981	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1996	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2011	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2026	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2041	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2056	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2071	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2086	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2101	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2116	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2131	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2146	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2161	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2176	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2191	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2206	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2221	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2236	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2251	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2266	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2281	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2296	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2311	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2326	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2341	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2356	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2371	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2386	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2401	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2416	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2431	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2446	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2461	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2476	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2491	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2506	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2521	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2536	Q15_v2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	2551	Q15_v2	0.0	0	0	0	0

APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 73 di 180

10.4.3 CALCOLO DELLE TENSIONI

Le verifiche di resistenza delle sezioni composte si conduce confrontando le tensioni normali prodotte dal momento flettente e dallo sforzo normale con la tensione limite definita dalla normativa come f_y / γ_{M0} .

In corrispondenza della sezione di attacco dell'anima alla piattabanda si calcola inoltre la tensione ideale che tiene conto delle tensioni tangenziali e si confronta la tensione ideale di Von Mises con il limite di ammissibilità f_y / γ_{M0} .

Gli effetti delle sollecitazioni nelle varie configurazioni sono stati cumulati in termini di tensioni, utilizzando la sezione di solo acciaio per la Fase I e le sezioni composte omogeneizzate ad acciaio tramite i relativi coefficienti per la Fase II e per la Fase III.

Le tensioni σ e τ sono calcolate nei punti più significativi della sezione, come indicato in Fig. 90.

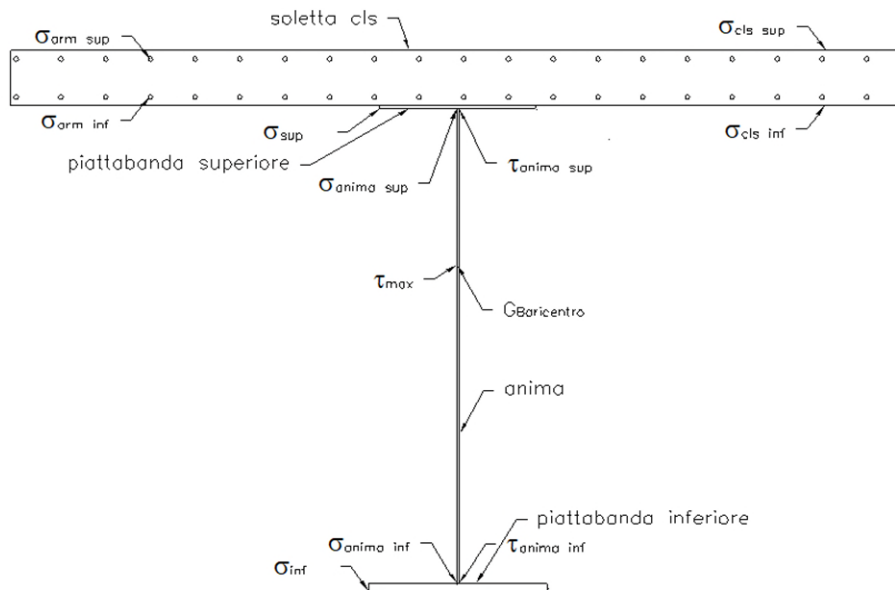


Fig. 90 – Posizioni della trave in cui sono calcolate le tensioni

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO V10009 001	REV. B	FOGLIO 74 di 180

Nelle tabelle seguenti si riassumono i risultati ottenuti in termini di tensioni sulla carpenteria metallica del cassone: le tensioni sempre inferiori ai limiti, pertanto la verifica di resistenza è soddisfatta.

TRAVE 1													TRAVE 2													
SEZ.	FR.	$\sigma_{(sup)}$ (N/mm ²)		$\sigma_{(inf)}$ (N/mm ²)		τ_{MAX} (N/mm ²)		τ_{MEDIO} (N/mm ²)		$\sigma_{id(an.sup)}$ (N/mm ²)	$\sigma_{id(an.inf)}$ (N/mm ²)	$\sigma_{(cls sup)}$ (N/mm ²)	SEZ.	FR.	$\sigma_{(sup)}$ (N/mm ²)		$\sigma_{(inf)}$ (N/mm ²)		τ_{MAX} (N/mm ²)		τ_{MEDIO} (N/mm ²)		$\sigma_{id(an.sup)}$ (N/mm ²)	$\sigma_{id(an.inf)}$ (N/mm ²)	$\sigma_{(cls sup)}$ (N/mm ²)	
		max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max			max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
C01-E	1	12	-32	6	-2	0	0	0	0	31	6	-2	C01-I	16	16	-43	8	-3	0	0	0	0	42	8	-3	
C01-E	2	14	-127	124	-13	84	33	82	32	166	156	-6	C01-I	17	19	-140	137	-39	89	26	87	24	175	171	-7	
C01-E	3	-47	-202	217	42	65	24	64	23	213	222	-9	C01-I	18	-45	-213	222	35	71	22	70	20	222	227	-9	
C01-E	4	-97	-254	277	84	47	17	46	16	256	272	-11	C01-I	19	-91	-261	287	77	54	16	53	15	258	275	-11	
C02-E	5	-101	-226	233	75	55	20	56	20	231	233	-10	C02-I	20	-103	-230	236	77	63	19	65	19	234	235	-11	
C02-E	6	-106	-257	260	78	37	11	37	11	254	252	-12	C02-I	21	-98	-248	264	78	46	12	47	11	245	253	-12	
C02-E	7	-126	-276	279	84	19	2	20	2	267	258	-12	C02-I	22	-106	-262	293	78	26	2	26	2	243	257	-12	
C02-E	8	-126	-277	280	83	20	3	20	3	268	259	-12	C02-I	23	-106	-262	294	79	25	2	26	2	243	257	-12	
C02-E	9	-107	-258	258	80	38	11	39	11	255	252	-11	C02-I	24	-99	-248	262	83	45	11	46	10	245	252	-12	
C02-E	10	-102	-226	231	75	57	20	58	20	232	232	-10	C02-I	25	-103	-231	235	82	62	18	63	18	236	232	-11	
C01-E	11	-96	-254	275	84	49	17	48	16	256	270	-11	C01-I	26	-92	-263	286	81	53	15	52	14	260	273	-12	
C01-E1	12	-31	-172	156	-20	63	20	61	18	185	164	-7	C01-I1	27	-33	-184	165	-12	68	18	65	17	196	170	-8	
C01-E2	13	-6	-91	91	-29	61	20	57	19	115	105	-4	C01-I2	28	-4	-103	93	-26	63	17	59	15	123	108	-5	
C01-E3	14	14	-60	42	-5	63	25	59	23	96	80	-3	C01-I3	29	16	-67	44	-4	64	20	60	18	97	83	-3	
C01-E3	15	12	-31	7	-3	0	0	0	0	31	7	-2	C01-I3	30	16	-41	9	-4	0	0	0	0	40	9	-3	

Fig. 91 – Tensioni nelle sezioni – Cassone 1 – Combinazioni SLU

TRAVE 3													TRAVE 4													
SEZ.	FR.	$\sigma_{(sup)}$ (N/mm ²)		$\sigma_{(inf)}$ (N/mm ²)		τ_{MAX} (N/mm ²)		τ_{MEDIO} (N/mm ²)		$\sigma_{id(an.sup)}$ (N/mm ²)	$\sigma_{id(an.inf)}$ (N/mm ²)	$\sigma_{(cls sup)}$ (N/mm ²)	SEZ.	FR.	$\sigma_{(sup)}$ (N/mm ²)		$\sigma_{(inf)}$ (N/mm ²)		τ_{MAX} (N/mm ²)		τ_{MEDIO} (N/mm ²)		$\sigma_{id(an.sup)}$ (N/mm ²)	$\sigma_{id(an.inf)}$ (N/mm ²)	$\sigma_{(cls sup)}$ (N/mm ²)	
		max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max			max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
C04-I	31	16	-43	8	-3	0	0	0	0	42	8	-3	C04-E	46	14	-39	29	-13	0	0	0	0	39	28	-3	
C04-I	32	21	-139	140	-35	87	28	85	26	173	172	-7	C04-E	47	16	-133	139	-20	82	32	80	30	167	167	-6	
C04-I	33	-42	-213	229	31	70	23	68	22	221	234	-10	C04-E	48	-45	-206	225	35	63	23	62	22	215	229	-9	
C04-I	34	-89	-262	294	75	54	17	53	16	260	281	-12	C04-E	49	-94	-260	288	76	47	15	46	15	261	283	-11	
C05-I	35	-102	-228	236	79	63	20	64	20	231	236	-11	C05-E	50	-102	-218	215	83	54	18	55	18	223	218	-10	
C05-I	36	-97	-247	262	82	46	12	47	12	243	250	-12	C05-E	51	-108	-251	248	85	36	10	37	9	248	241	-11	
C05-I	37	-105	-260	288	81	26	2	27	2	242	251	-12	C05-E	52	-127	-272	270	89	18	2	18	2	263	249	-12	
C05-I	38	-106	-260	289	82	26	1	26	1	241	252	-12	C05-E	53	-127	-272	271	89	18	3	19	3	264	249	-12	
C05-I	39	-99	-247	261	84	46	10	47	9	244	250	-12	C05-E	54	-108	-252	247	86	37	11	38	11	249	241	-11	
C05-I	40	-103	-230	237	81	63	16	64	16	234	236	-11	C05-E	55	-103	-218	214	84	56	19	57	19	224	217	-10	
C04-I	41	-90	-265	295	72	54	14	53	13	262	281	-12	C04-E	56	-94	-261	288	75	48	16	47	16	262	283	-11	
C04-I1	42	-32	-184	163	-7	68	20	65	19	196	169	-8	C04-E1	57	-29	-176	155	-15	62	19	60	17	187	162	-7	
C04-I2	43	-3	-104	92	-19	64	19	60	17	124	107	-5	C04-E2	58	-4	-96	93	-26	59	19	56	17	118	105	-4	
C04-I3	44	17	-67	47	-6	66	18	62	17	98	85	-3	C04-E3	59	14	-61	45	-6	61	23	57	21	93	80	-3	
C04-I3	45	16	-41	9	-4	0	0	0	0	40	9	-3	C04-E3	60	12	-33	12	-5	0	0	0	0	32	11	-2	

Fig. 92 – Tensioni nelle sezioni – Cassone 2 – Combinazioni SLU

Come si evince dalle tabelle, le tensioni sono sempre inferiori al limite $f_y / \gamma_{M0} = 345 / 1,05 = 328 \text{ N/mm}^2$, con un picco di tensione in corrispondenza del frame 41 nel quale si calcola una tensione massima sulle piattabande di 295 N/mm^2 . Pertanto la verifica di resistenza è soddisfatta ($\Delta = 0,90$).

La tensione massima di compressione all'estradosso della soletta risulta pari a -12 MPa , ossia inferiore alla tensione limite $f_{cd} = 0,85 \times 32 / 1,5 = 18,1 \text{ MPa}$ ($\Delta = 0,66$).

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 75 di 180

L'andamento delle tensioni sulle piattabande superiori ed inferiori dei cassoni è rappresentato nel grafico in Fig. 93.

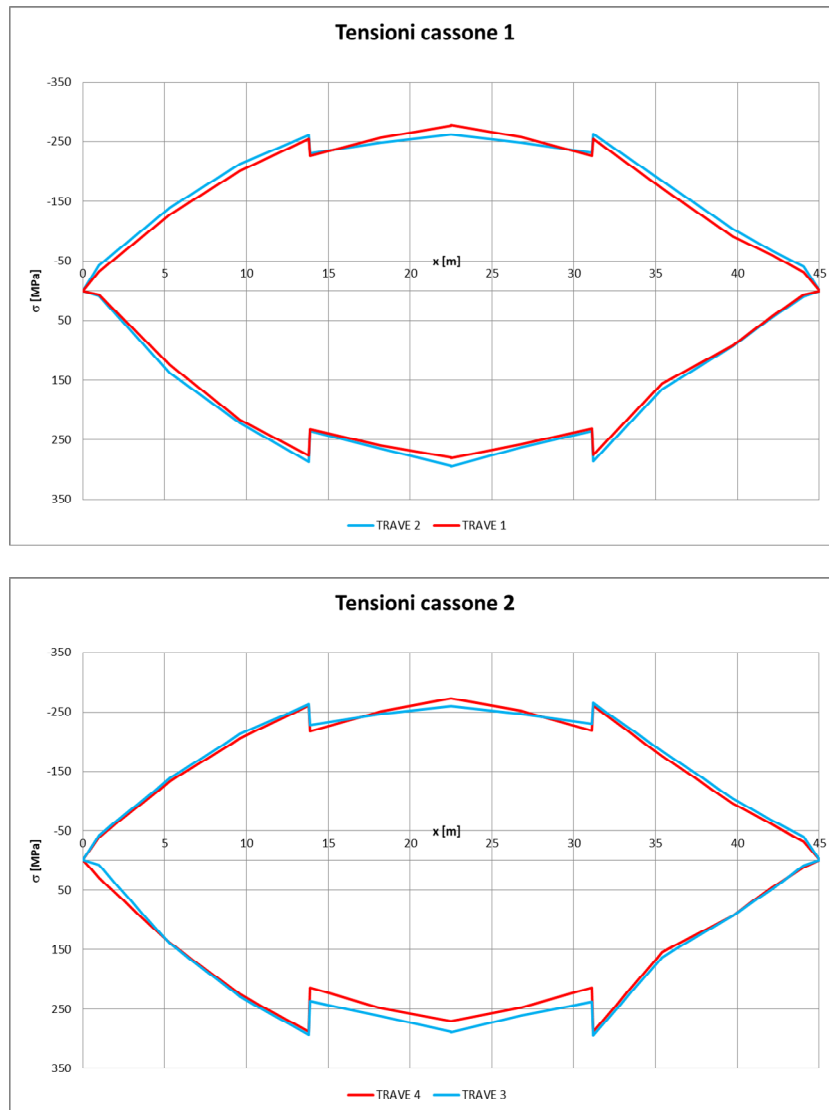


Fig. 93 – Tensione normale sulle piattabande superiori (in compressione) ed inferiori (in trazione) dei cassoni – Combinazioni SLU

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 76 di 180

Le tabelle seguenti (Fig. 94) riassumono i valori di tensione calcolati agli Stati Limite di Esercizio, con riferimento alla combinazione di carico caratteristica (rara).

TRAVE 1													TRAVE 2												
SEZ.	FR.	$\sigma_{(sup)}$ (N/mm ²)		$\sigma_{(inf)}$ (N/mm ²)		τ_{MAX} (N/mm ²)		τ_{MEDIO} (N/mm ²)		$\sigma_{id(an.sup)}$ (N/mm ²)	$\sigma_{id(an.inf)}$ (N/mm ²)	$\sigma_{(cls sup)}$ (N/mm ²)	SEZ.	FR.	$\sigma_{(sup)}$ (N/mm ²)		$\sigma_{(inf)}$ (N/mm ²)		τ_{MAX} (N/mm ²)		τ_{MEDIO} (N/mm ²)		$\sigma_{id(an.sup)}$ (N/mm ²)	$\sigma_{id(an.inf)}$ (N/mm ²)	$\sigma_{(cls sup)}$ (N/mm ²)
		max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
C01-E	1	8	-25	5	-2	0	0	0	0	24	4	-1	C01-I	16	11	-33	6	-2	0	0	0	0	33	6	-2
C01-E	2	10	-94	87	-9	59	33	58	31	119	110	-4	C01-I	17	13	-103	101	-27	62	27	61	26	126	122	-5
C01-E	3	-52	-147	153	44	45	25	44	24	155	156	-6	C01-I	18	-50	-156	157	39	50	23	49	21	162	160	-6
C01-E	4	-102	-185	194	86	33	17	32	16	186	191	-7	C01-I	19	-96	-191	202	81	38	17	38	16	188	193	-8
C02-E	5	-106	-165	164	80	38	20	39	20	168	164	-7	C02-I	20	-108	-169	167	81	45	20	45	20	171	166	-7
C02-E	6	-112	-187	183	83	26	11	26	11	185	178	-8	C02-I	21	-103	-182	187	82	33	12	33	12	179	178	-8
C02-E	7	-132	-201	198	87	13	3	14	3	195	183	-8	C02-I	22	-111	-191	208	82	18	3	19	2	177	181	-8
C02-E	8	-132	-202	198	87	16	3	16	3	196	183	-8	C02-I	23	-112	-191	208	82	18	2	18	2	177	181	-8
C02-E	9	-112	-188	183	82	27	11	28	11	186	178	-8	C02-I	24	-104	-181	186	83	32	11	33	10	179	178	-8
C02-E	10	-107	-165	165	77	40	21	41	21	169	165	-7	C02-I	25	-108	-169	168	82	44	18	45	18	171	166	-8
C01-E	11	-101	-185	195	82	34	18	34	17	186	191	-7	C01-I	26	-97	-192	203	77	38	15	37	14	190	194	-8
C01-E1	12	-35	-125	109	-9	44	21	42	20	134	114	-5	C01-I1	27	-38	-135	118	-3	48	20	46	18	143	121	-5
C01-E2	13	-10	-67	63	-18	42	21	40	20	82	72	-3	C01-I2	28	-9	-76	69	-22	45	19	42	17	90	79	-3
C01-E3	14	9	-45	31	-4	44	25	41	23	68	56	-2	C01-I3	29	11	-50	51	-28	47	19	44	17	72	63	-2
C01-E3	15	8	-24	5	-2	0	0	0	0	24	5	-1	C01-I3	30	10	-31	7	-2	0	0	0	0	31	7	-2

TRAVE 3													TRAVE 4												
SEZ.	FR.	$\sigma_{(sup)}$ (N/mm ²)		$\sigma_{(inf)}$ (N/mm ²)		τ_{MAX} (N/mm ²)		τ_{MEDIO} (N/mm ²)		$\sigma_{id(an.sup)}$ (N/mm ²)	$\sigma_{id(an.inf)}$ (N/mm ²)	$\sigma_{(cls sup)}$ (N/mm ²)	SEZ.	FR.	$\sigma_{(sup)}$ (N/mm ²)		$\sigma_{(inf)}$ (N/mm ²)		τ_{MAX} (N/mm ²)		τ_{MEDIO} (N/mm ²)		$\sigma_{id(an.sup)}$ (N/mm ²)	$\sigma_{id(an.inf)}$ (N/mm ²)	$\sigma_{(cls sup)}$ (N/mm ²)
		max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
C04-I	31	11	-33	6	-2	0	0	0	0	33	6	-2	C04-E	46	9	-31	22	-9	0	0	0	0	30	21	-2
C04-I	32	14	-103	99	-27	62	28	61	27	126	121	-5	C04-E	47	11	-99	99	-14	59	33	58	32	122	119	-4
C04-I	33	-47	-156	162	36	49	23	48	22	162	165	-7	C04-E	48	-50	-152	161	39	46	25	45	24	158	164	-6
C04-I	34	-94	-191	209	79	38	17	37	16	189	198	-8	C04-E	49	-100	-191	206	80	34	16	33	16	191	202	-8
C05-I	35	-107	-166	168	82	44	20	45	20	168	166	-7	C05-E	50	-107	-159	152	85	39	20	40	19	162	153	-7
C05-I	36	-102	-180	186	85	32	12	33	12	177	176	-8	C05-E	51	-113	-183	176	87	26	11	27	10	181	170	-8
C05-I	37	-110	-189	205	84	18	3	19	3	176	178	-8	C05-E	52	-133	-198	192	92	13	3	14	3	192	176	-8
C05-I	38	-111	-189	205	84	18	2	18	2	175	178	-8	C05-E	53	-132	-199	192	91	16	3	16	3	193	177	-8
C05-I	39	-104	-180	186	87	32	10	33	10	177	177	-8	C05-E	54	-113	-184	176	86	28	11	29	11	182	171	-8
C05-I	40	-108	-168	169	83	44	18	45	17	170	167	-8	C05-E	55	-108	-159	152	84	41	20	42	20	163	154	-7
C04-I	41	-95	-193	211	75	38	15	37	14	191	200	-8	C04-E	56	-99	-191	207	77	35	17	35	16	192	203	-8
C04-I1	42	-37	-135	118	-2	47	21	46	19	142	123	-5	C04-E1	57	-34	-130	111	-8	44	21	43	20	137	116	-5
C04-I2	43	-8	-77	71	-21	45	19	42	18	90	79	-3	C04-E2	58	-9	-71	66	-16	42	21	40	19	85	74	-3
C04-I3	44	12	-50	49	-26	46	20	43	18	71	60	-2	C04-E3	59	10	-45	32	-5	43	25	40	23	67	57	-2
C04-I3	45	10	-31	7	-2	0	0	0	0	31	7	-2	C04-E3	60	8	-25	9	-4	0	0	0	0	25	9	-1

Fig. 94 – Tensione normale sulle piattabande superiori ed inferiori dei cassoni – Combinazioni SLE

La tensione massima calcolata agli SLE risulta pari a +211 MPa (trazione nella piattabanda inferiore).

Il valore massimo di compressione calcolato all'estradosso della soletta è di 8,3 MPa e risulta inferiore al valore limite $0,55 \times f_{ck} = 18,3 \text{ MPa}$ ($\Delta=0,45$).

I valori delle tensioni nei cassoni metallici (σ_{sup} e σ_{inf}) sono rappresentati nel grafico in Fig. 95.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 77 di 180
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

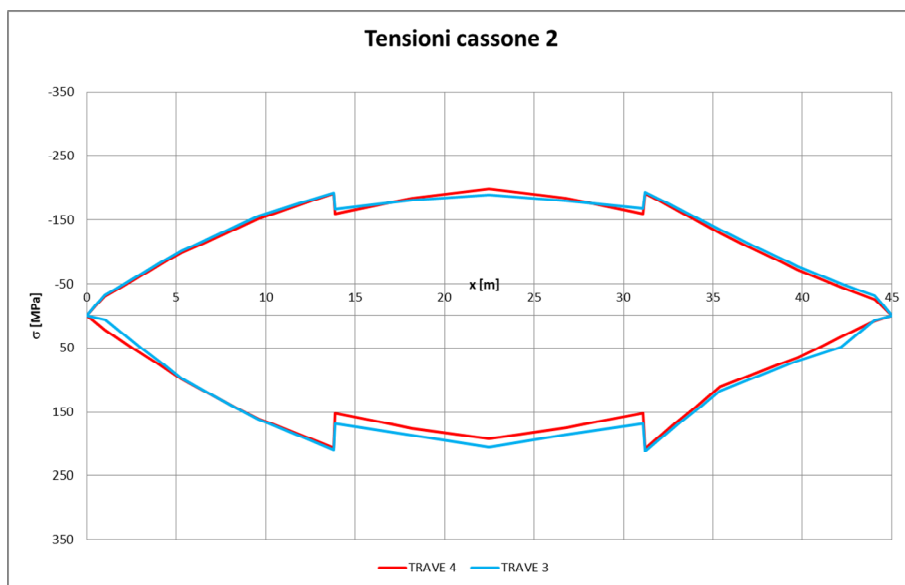
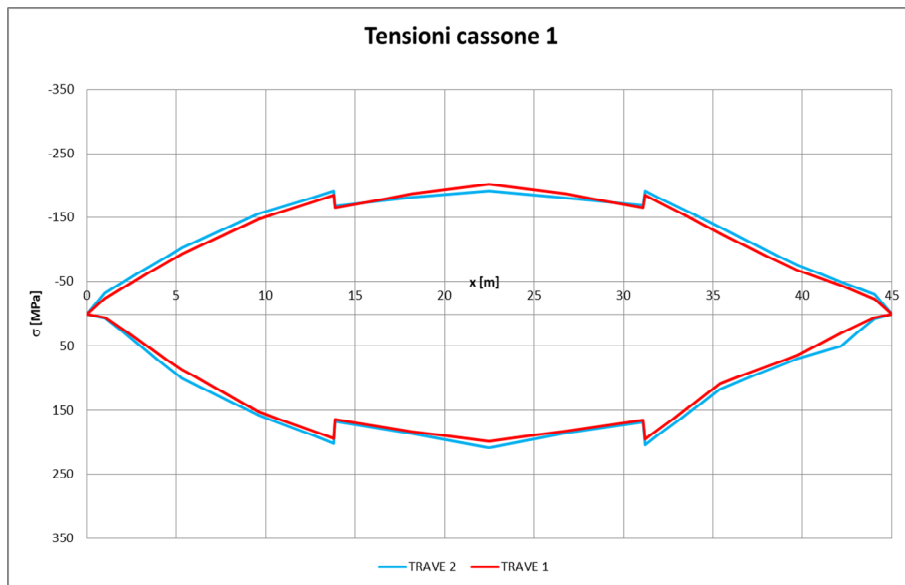


Fig. 95 – Tensione normale sulle piattabande superiori (in compressione) ed inferiori (in trazione) dei cassoni – Combinazioni SLE

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 78 di 180

10.4.4 VERIFICA DI STABILITA' DEI PANNELLI D'ANIMA

Si esegue la verifica dell'imbozzamento dei pannelli d'anima delle travi principali, secondo la CNR – 10011/97 che impone la seguente condizione:

$$\frac{\sigma_{cr,id}}{\sigma_{id}} \geq \beta \cdot v$$

Dove:

- σ_1 massima tensione di compressione sul pannello
- $\beta = \frac{\sigma_N + 0,8 \cdot \sigma_M}{\sigma_N + \sigma_M}$ se il rapporto geometrico $\alpha = a/h \leq 1.5$
- $\beta = 0,8$ se il rapporto geometrico $\alpha = a/h > 1.5$
- $v = 1,0$ nel metodo agli stati limite qui adottato.

Nelle verifiche si assume il segno negativo per le tensioni di compressione.

Come si evince dalle tabelle riportate sotto, la verifica risulta sempre soddisfatta.

TRAVE 1										TRAVE 2									
SEZ.	FR.	$\sigma_{(sup)}$ (N/mm ²)		$\sigma_{(inf)}$ (N/mm ²)		RI PANN1		RI PANN2		SEZ.	FR.	$\sigma_{(sup)}$ (N/mm ²)		$\sigma_{(inf)}$ (N/mm ²)		RI PANN1		RI PANN2	
		max	min	max	min	$\sigma_{cr,id}/\sigma_{id}$	βv	$\sigma_{cr,id}/\sigma_{id}$	βv			max	min	max	min	$\sigma_{cr,id}/\sigma_{id}$	βv	$\sigma_{cr,id}/\sigma_{id}$	βv
C01-E	1	12	-32	6	-2	10.8	0.9	16.2	1.0	C01-I	16	16	-43	8	-3	8.1	0.9	12.1	1.0
C01-E	2	14	-127	124	-13	1.9	1.0	1.6	1.0	C01-I	17	19	-140	137	-39	1.7	1.0	1.5	1.0
C01-E	3	-47	-202	217	42	1.6	1.0	2.0	1.0	C01-I	18	-45	-213	222	35	1.5	1.0	1.9	1.0
C01-E	4	-97	-254	277	84	1.3	1.0	2.6	1.0	C01-I	19	-91	-261	287	77	1.3	1.0	2.4	1.0
C02-E	5	-101	-226	233	75	1.4	1.0	1.5	1.0	C02-I	20	-103	-230	236	77	1.4	1.0	1.3	1.0
C02-E	6	-106	-257	260	78	1.3	1.0	2.2	1.0	C02-I	21	-98	-248	264	78	1.3	1.0	1.8	1.0
C02-E	7	-126	-276	279	84	1.2	1.0	2.8	1.0	C02-I	22	-106	-262	293	78	1.4	1.0	2.8	1.0
C02-E	8	-126	-277	280	83	1.2	1.0	2.8	1.0	C02-I	23	-106	-262	294	79	1.4	1.0	2.9	1.0
C02-E	9	-107	-258	258	80	1.3	1.0	2.1	1.0	C02-I	24	-99	-248	262	83	1.3	1.0	1.8	1.0
C02-E	10	-102	-226	231	75	1.4	1.0	1.5	1.0	C02-I	25	-103	-231	235	82	1.4	1.0	1.4	1.0
C01-E	11	-96	-254	275	84	1.3	1.0	2.5	1.0	C01-I	26	-92	-263	286	81	1.3	1.0	2.4	1.0
C01-E1	12	-31	-172	156	-20	1.8	1.0	1.2	1.0	C01-I1	27	-33	-184	165	-12	1.6	1.0	1.1	1.0
C01-E2	13	-6	-91	91	-29	2.6	1.0	1.1	1.0	C01-I2	28	-4	-103	93	-26	2.4	1.0	1.1	0.9
C01-E3	14	14	-60	42	-5	3.0	1.0	2.3	1.0	C01-I3	29	16	-67	44	-4	2.9	1.0	2.2	1.0
C01-E3	15	12	-31	7	-3	11.0	0.9	9.8	1.0	C01-I3	30	16	-41	9	-4	8.4	0.9	7.5	1.0

Fig. 96 – Verifica di stabilità dei pannelli d'anima – Cassone 1

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 79 di 180

TRAVE 3										TRAVE 4									
SEZ.	FR.	$\sigma_{(sup)}$ (N/mm ²)		$\sigma_{(inf)}$ (N/mm ²)		RI PANN1		RI PANN2		SEZ.	FR.	$\sigma_{(sup)}$ (N/mm ²)		$\sigma_{(inf)}$ (N/mm ²)		RI PANN1		RI PANN2	
		max	min	max	min	$\sigma_{cr,id}/\sigma_{id}$	βv	$\sigma_{cr,id}/\sigma_{id}$	βv			max	min	max	min	$\sigma_{cr,id}/\sigma_{id}$	βv	$\sigma_{cr,id}/\sigma_{id}$	βv
C04-I	31	16	-43	8	-3	8.1	0.9	12.1	1.0	C04-E	46	14	-39	29	-13	8.8	0.9	20.1	1.0
C04-I	32	21	-139	140	-35	1.8	1.0	1.5	1.0	C04-E	47	16	-133	139	-20	1.9	1.0	1.6	1.0
C04-I	33	-42	-213	229	31	1.5	1.0	1.9	1.0	C04-E	48	-45	-206	225	35	1.5	1.0	2.1	1.0
C04-I	34	-89	-262	294	75	1.3	1.0	2.4	1.0	C04-E	49	-94	-260	288	76	1.3	1.0	2.7	1.0
C05-I	35	-102	-228	236	79	1.4	1.0	1.4	1.0	C05-E	50	-102	-218	215	83	1.5	1.0	1.6	1.0
C05-I	36	-97	-247	262	82	1.4	1.0	1.8	1.0	C05-E	51	-108	-251	248	85	1.3	1.0	2.2	1.0
C05-I	37	-105	-260	288	81	1.4	1.0	2.8	1.0	C05-E	52	-127	-272	270	89	1.3	1.0	2.8	1.0
C05-I	38	-106	-260	289	82	1.4	1.0	2.8	1.0	C05-E	53	-127	-272	271	89	1.3	1.0	2.8	1.0
C05-I	39	-99	-247	261	84	1.3	1.0	1.8	1.0	C05-E	54	-108	-252	247	86	1.3	1.0	2.1	1.0
C05-I	40	-103	-230	237	81	1.4	1.0	1.3	1.0	C05-E	55	-103	-218	214	84	1.4	1.0	1.5	1.0
C04-I	41	-90	-265	295	72	1.3	1.0	2.4	1.0	C04-E	56	-94	-261	288	75	1.3	1.0	2.6	1.0
C04-I1	42	-32	-184	163	-7	1.6	1.0	1.2	1.0	C04-E1	57	-29	-176	155	-15	1.7	1.0	1.3	1.0
C04-I2	43	-3	-104	92	-19	2.4	1.0	1.2	0.9	C04-E2	58	-4	-96	93	-26	2.6	1.0	1.1	0.9
C04-I3	44	17	-67	47	-6	2.9	1.0	2.3	1.0	C04-E3	59	14	-61	45	-6	3.1	1.0	2.5	1.0
C04-I3	45	16	-41	9	-4	8.4	0.9	7.5	1.0	C04-E3	60	12	-33	12	-5	10.4	0.9	10.5	1.0

Fig. 97 – Verifica di stabilità dei pannelli d’anima – Cassone 2

Nello specifico risulta:

- Tensione massima sul bordo superiore del pannello d'anima inferiore $\sigma_1 = -73$ MPa
- Tensione sul bordo inferiore del pannello d'anima $\sigma_2 = 11$ MPa
- $\alpha = a / h = 1,9$ (rapporto tra lunghezza e altezza del pannello d'anima)

$$\psi = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = -0,15$$

$$k_\sigma = \frac{8,4}{\psi + 1,1} = 8,8 \text{ MPa e } k_\tau = \left(5,34 + \frac{4}{\alpha^2} \right) \cdot 0,8 = 5,15$$

$$\sigma_{cr,0} = 186200 \cdot (t/h)^2 = 17,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cr} = k_\sigma \cdot \sigma_{cr,0} = 154,6 \text{ MPa e } \tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_{cr,0} = 90 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cr,id} = \frac{\sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot \tau^2}}{\frac{1+\psi}{4} \cdot \frac{\sigma_1}{\sigma_{cr}} + \sqrt{\left(\frac{3-\psi}{4} \cdot \frac{\sigma_1}{\sigma_{cr}} \right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}} \right)^2}} = 147 \text{ MPa} < 0,8 \times 355 = 284 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{id} = 128 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{cr,id}}{\sigma_{id}} = 1,1 \geq \beta \cdot v = 1,0$$

→ verifica soddisfatta

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 80 di 180

10.5 VERIFICHE DI RESISTENZA E STABILITA' DELLE ASTE

Nei paragrafi seguenti si riassumono le verifiche di resistenza e stabilità delle aste che costituiscono il controvento orizzontale (superiore ed inferiore) ed i diaframmi intermedi del ponte.

10.5.1 CONTROVENTI SUPERIORI

I diagonali di controvento superiori sono costituiti da profili angolari accoppiati, bullonati alle piattabande superiori della trave a cassone tramite delle piastre bullonate.

Le aste collegano tra loro le piattabande superiori del singolo cassone per tutta la lunghezza del ponte, in modo da chiudere torsionalmente il cassone nella fase di getto della soletta, inoltre collegano i due cassoni alle loro estremità. Queste aste sono pertanto sollecitate dalle azioni di Fase I e dalle azioni di Fase II (azioni di lungo termine). In Fase III il cassone risulta chiuso superiormente dalla soletta.

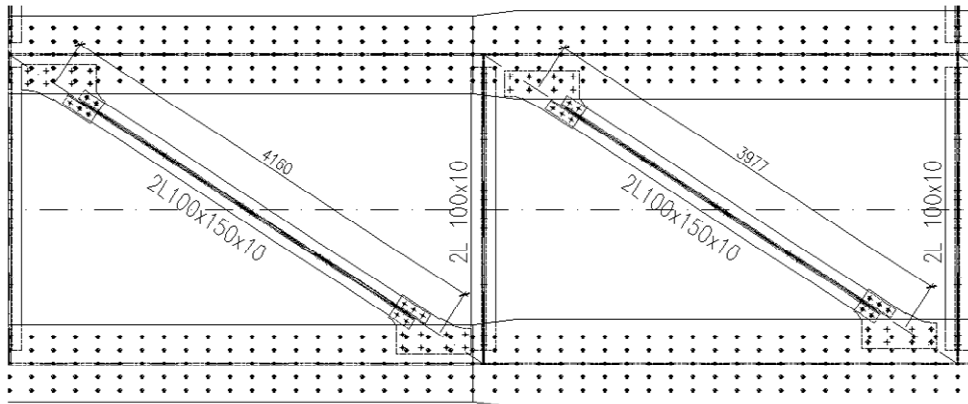


Fig. 98 – Pianta di controvento superiore

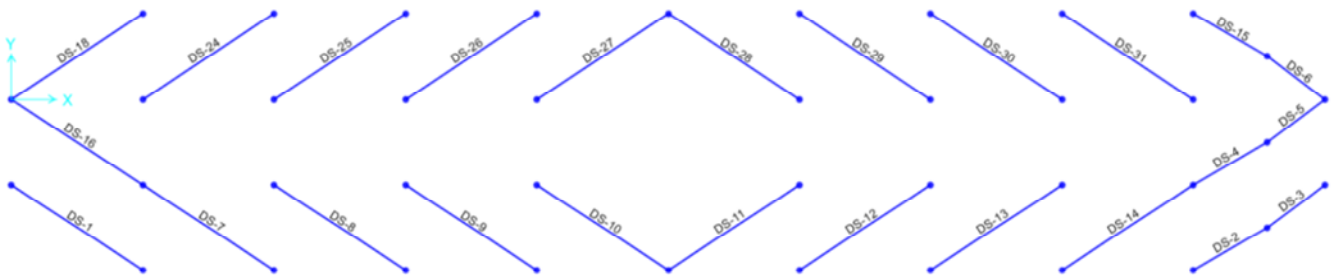


Fig. 99 – Modello FEM: label FRAME diagonali di controvento superiori

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 81 di 180

COMBINAZIONI - SLU		
Frame	Trazione	Compressione
	N [kN]	N [kN]
DS-25	0	-544
DS-28	0	-509
DS-29	0	-564
DS-24	0	-334
DS-18	12	-141
DS-1	33	-113
DS-7	0	-324
DS-12	0	-563
DS-11	0	-512
DS-8	0	-526
DS-16	0	-209
DS-30	0	-514
DS-14	0	-238
DS-31	0	-256
DS-13	0	-489
DS-27	0	-536
DS-10	0	-545
DS-26	0	-603
DS-9	0	-606
DS-15	29	-52
DS-6	32	-56
DS-4	0	-95
DS-5	0	-102
DS-2	42	-39
DS-3	45	-41

Si riassumono di seguito le verifiche di resistenza e stabilità delle aste maggiormente sollecitate, considerando la lunghezza libera di inflessione massima tra i casi presenti a progetto ossia 4,1 m (come indicato in Fig. 99):

- Profilo: 2L150x100x12
 - Materiale: S355
 - Area (lorda) = 5748 mm²
 - Sollecitazione assiale di compressione $N_{ED} = 606$ kN (Combinazione SLU)
 - Sollecitazione assiale di trazione $N_{ED} = 45$ kN (Combinazione SLU)
 - Bulloni M27 cl.10.9: n°4
 - Area netta = 5748 mm²
 - Piastra di nodo spessore 20 mm ($e_1 = 55$ mm)
-
- Forza massima sul singolo bullone $F_{Ed} = 151$ kN
 - Resistenza a rifollamento della piastra $F_{b,Rd,p} = 337$ kN > F_{Ed} → $\Delta = 0,45$ verifica soddisfatta
 - Resistenza a rifollamento dell'angolare $F_{b,Rd,L} = 202$ kN > F_{Ed} → $\Delta = 0,74$ verifica soddisfatta
 - Resistenza a taglio del singolo bullone $F_{V,Rd} = 220$ kN > F_{Ed} → $\Delta = 0,68$ verifica soddisfatta
 - Resistenza di calcolo a trazione $N_{t,Rd} = 1297$ kN > N_{ED} → $\Delta = 0,03$ verifica soddisfatta
 - Lunghezza $L_{0Y} = 4,16$ m → $\lambda_Y = 88$
 - Lunghezza $L_{0Z} = 0,8 \times 4,16 = 3,3$ m → $\lambda_Z = 89$
 - Resistenza all'instabilità $N_{b,Rd} = 860$ kN > N_{ED} → $\Delta = 0,70$ verifica soddisfatta

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 82 di 180
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

10.5.2 CONTROVENTI INFERIORI

I diagonali di controvento inferiori sono costituiti da profili angolari accoppiati, bullonati alle piattabande inferiori delle travi a cassone tramite delle piastre bullonate. Queste aste collegano tra loro i due cassoni, in corrispondenza delle estremità del ponte.

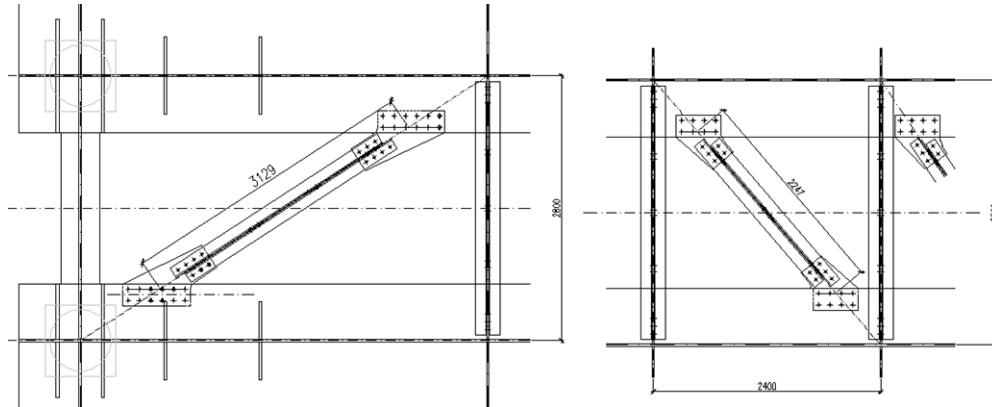


Fig. 100 – Pianta di controvento inferiore



Fig. 101 – Modello FEM: label FRAME diagonale di controvento inferiori

COMBINAZIONI - SLU			COMBINAZIONI - SISMA		
Frame	Trazione	Compressione	Frame	Trazione	Compressione
	N [kN]	N [kN]		N [kN]	N [kN]
DI-1	392	-211	DI-1	507	-375
66	540	-549	66	634	-632
68	528	-487	68	425	-388

Si riassumono di seguito le verifiche di resistenza e stabilità dell'asta maggiormente sollecitata (a destra in Fig. 100).

- Profilo: 2L120x10
- Materiale: S355
- Area (lorda) = 4640 mm²
- Sollecitazione assiale di compressione $N_{ED} = 632$ kN (Combinazione Sismica)
- Sollecitazione assiale di trazione $N_{ED} = 634$ kN (Combinazione Sismica)
- Bulloni M27 cl.10.9: n°4
- Area netta = 4080 mm²
- Piastra di nodo spessore 20 mm ($e_1 = 55$ mm)
- Forza massima sul singolo bullone $F_{Ed} = 159$ kN
- Resistenza a rifollamento della piastra $F_{b,Rd,p} = 361$ kN > F_{Ed} → $\Delta = 0,44$ verifica soddisfatta

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA AV	Soci SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: Mandatara ROCKSOIL S.P.A.	Mandanti NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 83 di 180

- Resistenza a rifollamento dell'angolare $F_{b,Rd,L} = 180 \text{ kN} > F_{Ed}$ → $\Delta = 0,88$ verifica soddisfatta
- Resistenza a taglio del singolo bullone $F_{V,Rd} = 220 \text{ kN} > F_{Ed}$ → $\Delta = 0,72$ verifica soddisfatta
- Resistenza di calcolo a trazione $N_{t,Rd} = 1498 \text{ kN} > N_{ED}$ → $\Delta = 0,42$ verifica soddisfatta
- Lunghezza $L_{0Y} = 2,24 \text{ m}$ → $\lambda_Y = 64$
- Lunghezza $L_{0Z} = 0,8 \times 2,24 = 1,8$ → $\lambda_z = 34$
- Resistenza all'instabilità $N_{b,Rd} = 1110 \text{ kN} > N_{ED}$ → $\Delta = 0,57$ verifica soddisfatta

Per quanto riguarda la verifica di stabilità dell'asta più lunga (a sinistra in Fig. 100) risulta:

- Sollecitazione assiale di compressione $N_{ED} = 380 \text{ kN}$ (Combinazione Sismica)
- Lunghezza $L_{0Y} = 3,1 \text{ m}$ → $\lambda_Y = 88$
- Lunghezza $L_{0Z} = 0,8 \times 3,1 = 2,5$ → $\lambda_z = 48$
- Resistenza all'instabilità $N_{b,Rd} = 788 \text{ kN} > N_{ED}$ → $\Delta = 0,48$ verifica soddisfatta

10.5.3 DIAFRAMMI

I diaframmi intermedi sono posizionati sia internamente a ciascun cassone, sia tra i due cassoni in modo da collegarli torsionalmente. I diaframmi hanno uno schema a V e sono costituiti da coppie di angolari bullonati a dei piatti saldati ai cassoni.

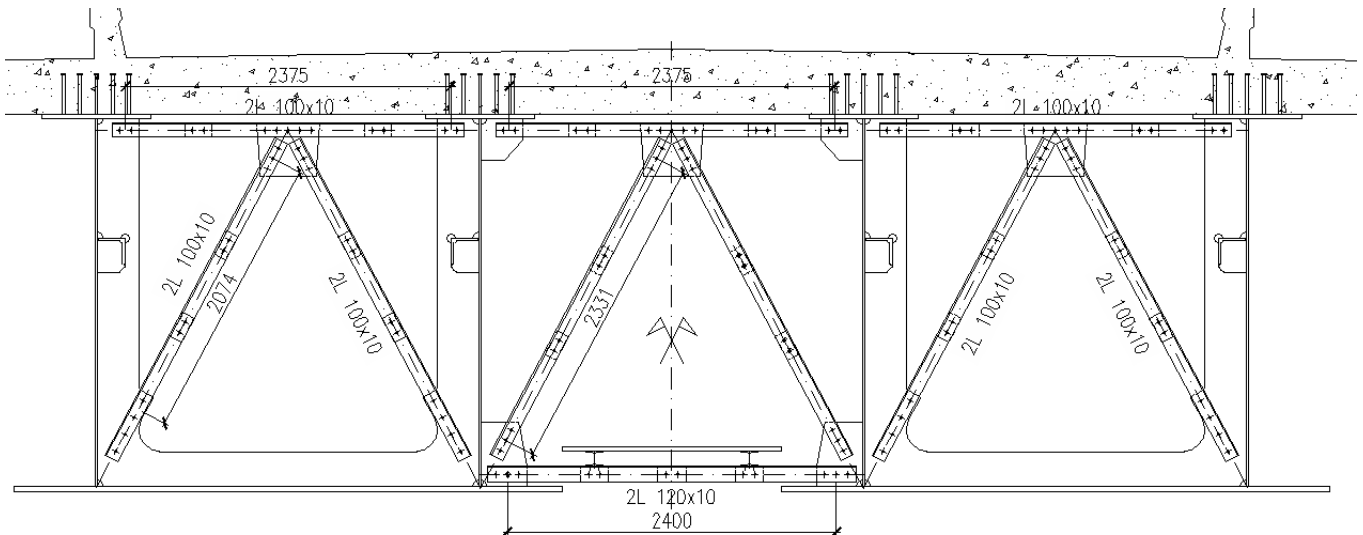


Fig. 102 – Sezione tipica: diaframma interno al cassone e diaframma di collegamento tra i cassoni (sezione tipica)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA						
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.		COMMESSA IF28		LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 84 di 180
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo								

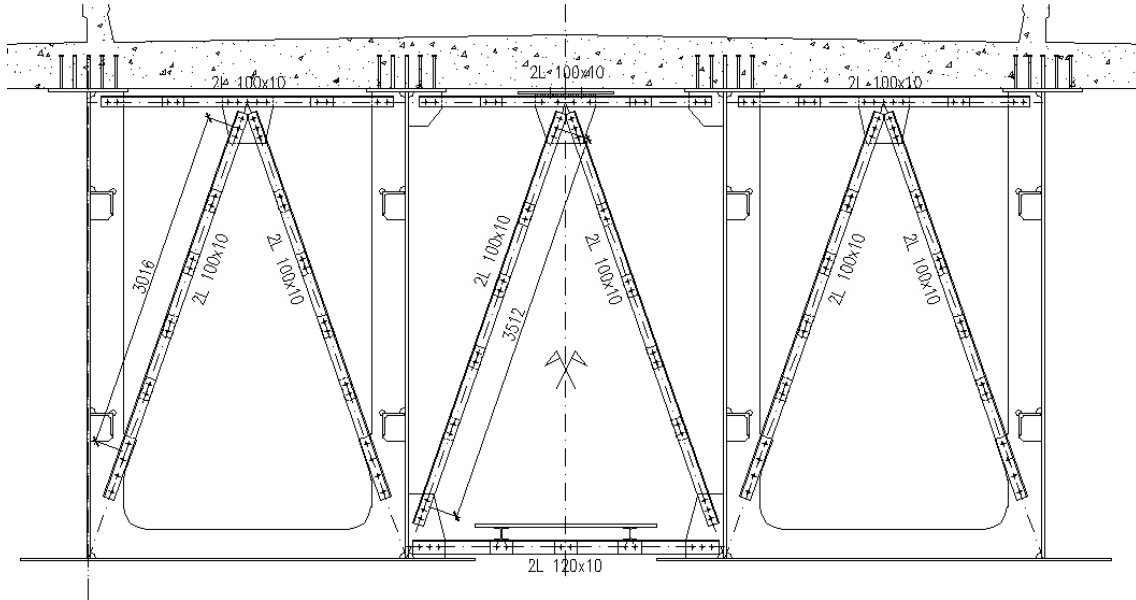


Fig. 103 – Sezione tipica: diaframma interno al cassone e diaframma di collegamento tra i cassoni (sezione H4150)

Si riassumono di seguito le verifiche di resistenza e stabilità dell'asta maggiormente sollecitata per i diaframmi tra i due cassoni:

- Profilo: 2L100x10
- Materiale: S355
- Area (lorda) = 3830 mm²
- Sollecitazione assiale di compressione $N_{ED} = 441$ kN (Combinazione SLI)
- Sollecitazione assiale di trazione $N_{ED} = 436$ kN (Combinazione SLU)
- Bulloni M27 cl.10.9: n°3
- Area netta = 3230 mm²
- Piastra di nodo spessore 20 mm ($e_1 = 55$ mm)

- Forza massima sul singolo bullone $F_{Ed} = 147$ kN
- Resistenza a rifollamento della piastra $F_{b,Rd,p} = 361$ kN > F_{Ed} → $\Delta = 0,41$ verifica soddisfatta
- Resistenza a rifollamento dell'angolare $F_{b,Rd,L} = 180$ kN > F_{Ed} → $\Delta = 0,41$ verifica soddisfatta
- Resistenza a taglio del singolo bullone $F_{V,Rd} = 220$ kN > F_{Ed} → $\Delta = 0,67$ verifica soddisfatta
- Resistenza di calcolo a trazione $N_{t,Rd} = 1204$ kN > N_{ED} → $\Delta = 0,36$ verifica soddisfatta
- Lunghezza $L_{0Y} = 2,3$ m → $\lambda_Y = 76$
- Lunghezza $L_{0Z} = 2,3$ m → $\lambda_Z = 50$
- Resistenza all'instabilità $N_{b,Rd} = 781$ kN > N_{ED} → $\Delta = 0,57$ verifica soddisfatta

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 85 di 180

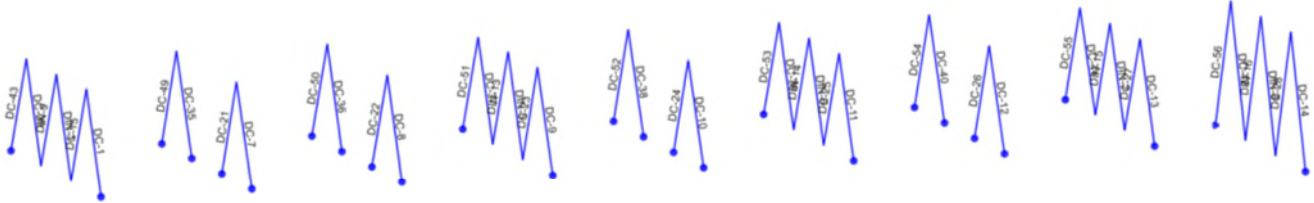


Fig. 104 – Modello FEM: label FRAME dei diaframmi

COMBINAZIONI - SLU			COMBINAZIONI - SISMA		
Frame	Trazione	Compressione	Frame	Trazione	Compressione
	N [kN]	N [kN]		N [kN]	N [kN]
DIN-9	251	-220	DIN-9	171	-155
DIN-1	218	-254	DIN-1	168	-152
DIN-13	415	-441	DIN-13	177	-141
DIN-5	436	-416	DIN-5	178	-133
DIN-14	389	-424	DIN-14	167	-128
DIN-6	419	-391	DIN-6	166	-127
DIN-15	316	-304	DIN-15	169	-144
DIN-7	302	-320	DIN-7	167	-146
DIN-16	151	-148	DIN-16	142	-131
DIN-8	146	-155	DIN-8	138	-132
181	68	-72	181	112	-110
182	68	-74	182	112	-112

Per i diaframmi all'interno dei cassoni, la verifica sull'asta maggiormente sollecitata risulta:

- Profilo: 2L100x10
 - Materiale: S355
 - Area (lorda) = 3830 mm²
 - Sollecitazione assiale di compressione $N_{ED} = 457$ kN (Combinazione SLU)
 - Sollecitazione assiale di trazione $N_{ED} = 457$ kN (Combinazione SLU)
 - Bulloni M27 cl.10.9: n°3
 - Area netta = 3230 mm²
 - Piastra di nodo spessore 20 mm ($e_1 = 55$ mm)
-
- Forza massima sul singolo bullone $F_{Ed} = 152$ kN
 - Resistenza a rifollamento della piastra $F_{b,Rd,p} = 361$ kN > F_{Ed} → $\Delta = 0,42$ verifica soddisfatta
 - Resistenza a rifollamento dell'angolare $F_{b,Rd,L} = 180$ kN > F_{Ed} → $\Delta = 0,42$ verifica soddisfatta
 - Resistenza a taglio del singolo bullone $F_{V,Rd} = 220$ kN > F_{Ed} → $\Delta = 0,69$ verifica soddisfatta
 - Resistenza di calcolo a trazione $N_{t,Rd} = 1204$ kN > N_{ED} → $\Delta = 0,38$ verifica soddisfatta
 - Lunghezza $L_{0Y} = 2,1$ m → $\lambda_Y = 69$
 - Lunghezza $L_{0Z} = 2,1$ m → $\lambda_Z = 43$
 - Resistenza all'instabilità $N_{b,Rd} = 853$ kN > N_{ED} → $\Delta = 0,54$ verifica soddisfatta

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF28 01 E ZZ CL VI0009 001 B 86 di 180

COMBINAZIONI - SLU			COMBINAZIONI - SISMA		
Frame	Trazione	Compressione	Frame	Trazione	Compressione
	N [kN]	N [kN]		N [kN]	N [kN]
DC-43	253	-90	DC-43	316	-97
DC-29	87	-255	DC-29	110	-314
DC-49	329	-124	DC-49	331	-23
DC-35	120	-330	DC-35	46	-332
DC-50	358	-131	DC-50	359	0
DC-36	128	-359	DC-36	18	-364
DC-51	457	-121	DC-51	432	0
DC-37	118	-457	DC-37	0	-437
DC-52	339	-210	DC-52	340	-25
DC-38	206	-339	DC-38	56	-345
DC-53	429	-120	DC-53	405	0
DC-39	117	-430	DC-39	0	-410
DC-54	310	-111	DC-54	311	0
DC-40	107	-310	DC-40	15	-317
DC-55	277	-71	DC-55	273	0
DC-41	68	-277	DC-41	13	-276
DC-56	140	-37	DC-56	192	-65
DC-42	33	-141	DC-42	68	-191
DC-15	132	-239	DC-15	122	-309
DC-1	239	-137	DC-1	309	-107
DC-21	162	-327	DC-21	53	-333
DC-7	326	-166	DC-7	332	-30
DC-22	137	-365	DC-22	19	-366
DC-8	364	-140	DC-8	361	0
DC-23	82	-452	DC-23	0	-428
DC-9	450	-86	DC-9	423	0
DC-24	160	-329	DC-24	41	-332
DC-10	328	-164	DC-10	327	-9
DC-25	78	-422	DC-25	0	-397
DC-11	420	-81	DC-11	392	0
DC-26	106	-308	DC-26	10	-315
DC-12	308	-109	DC-12	309	0
DC-27	95	-269	DC-27	13	-278
DC-13	268	-98	DC-13	276	0
DC-28	51	-135	DC-28	63	-186
DC-14	135	-55	DC-14	186	-60
175	72	-24	175	168	-114
176	18	-74	176	110	-169
177	29	-74	177	100	-161
179	71	-36	179	160	-105

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 87 di 180

Per le aste orizzontali superiori, la verifica sull'asta maggiormente sollecitata risulta:

- Profilo: 2L100x10
- Materiale: S355
- Area (lorda) = 3830 mm²
- Sollecitazione assiale di compressione $N_{ED} = 150$ kN (Combinazione SLU)
- Sollecitazione assiale di trazione $N_{ED} = 625$ kN (Combinazione SLU)
- Bulloni M27 cl.10.9: n°2
- Area netta = 3230 mm²
- Piastra di nodo spessore 20 mm ($e_1 = 55$ mm)

- Forza massima sul singolo bullone $F_{Ed} = 311$ kN
- Resistenza a rifollamento della piastra $F_{b,Rd,p} = 361$ kN > F_{Ed} → $\Delta = 0,86$ verifica soddisfatta
- Resistenza a rifollamento dell'angolare $F_{b,Rd,L} = 180$ kN > F_{Ed} → $\Delta = 0,86$ verifica soddisfatta
- Resistenza a taglio del singolo bullone $F_{V,Rd} = 220$ kN > F_{Ed} → $\Delta = 0,71$ verifica soddisfatta
- Resistenza di calcolo a trazione $N_{t,Rd} = 1204$ kN > N_{ED} → $\Delta = 0,52$ verifica soddisfatta

- Lunghezza $L_{0Y} = 2,4$ m → $\lambda_Y = 79$
- Lunghezza $L_{0Z} = 2,4$ m → $\lambda_Z = 52$
- Resistenza all'instabilità $N_{b,Rd} = 746$ kN > N_{ED} → $\Delta = 0,20$ verifica soddisfatta

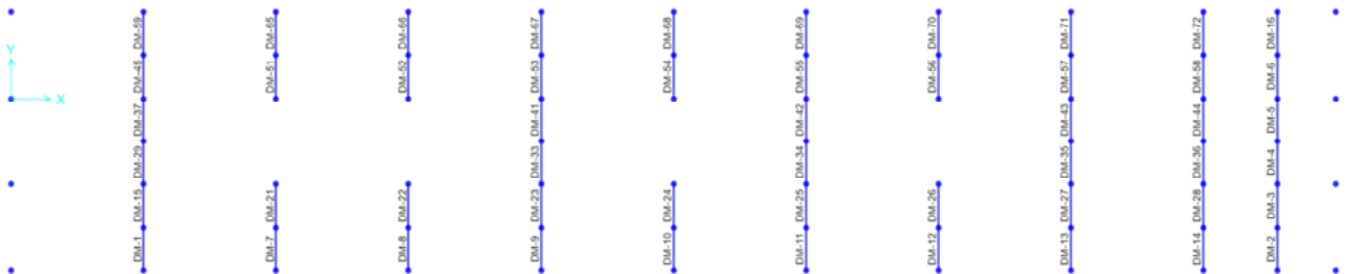


Fig. 105 – Modello FEM: label FRAME aste orizzontali superiori (tra i due cassoni e all'interno dei cassoni)

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 88 di 180

COMBINAZIONI - SLU			COMBINAZIONI - SISMA		
Frame	Trazione	Compressione	Frame	Trazione	Compressione
	N [kN]	N [kN]		N [kN]	N [kN]
DM-59	103	-89	DM-59	105	-114
DM-45	208	-23	DM-45	196	-13
DM-65	168	-71	DM-65	110	-71
DM-51	304	0	DM-51	250	0
DM-66	233	-11	DM-66	149	-26
DM-52	395	0	DM-52	317	0
DM-67	374	0	DM-67	240	0
DM-53	593	0	DM-53	466	0
DM-68	255	-3	DM-68	153	-21
DM-54	371	0	DM-54	300	0
DM-69	343	0	DM-69	217	0
DM-55	548	0	DM-55	428	0
DM-70	214	0	DM-70	137	-13
DM-56	361	0	DM-56	285	0
DM-71	127	-49	DM-71	84	-51
DM-57	271	0	DM-57	216	0
DM-72	33	-67	DM-72	40	-72
DM-58	101	-35	DM-58	85	-25
DM-15	180	-59	DM-15	176	-35
DM-1	87	-75	DM-1	82	-117
DM-21	300	-17	DM-21	248	0
DM-7	166	-41	DM-7	99	-61
DM-22	394	0	DM-22	317	0
DM-8	234	-9	DM-8	146	-25
DM-23	589	0	DM-23	460	0
DM-9	366	0	DM-9	241	0
DM-24	367	0	DM-24	293	0
DM-10	249	-21	DM-10	155	-24
DM-25	541	0	DM-25	422	0
DM-11	333	0	DM-11	219	0
DM-26	355	0	DM-26	283	0
DM-12	214	-4	DM-12	136	-15
DM-27	263	0	DM-27	215	0
DM-13	133	-38	DM-13	79	-50
DM-28	84	-49	DM-28	72	-30
DM-14	30	-71	DM-14	30	-76
DM-37	163	-116	DM-37	120	-51
DM-29	167	-90	DM-29	115	-47
DM-35	192	-129	DM-35	112	-49
DM-43	199	-149	DM-43	114	-52
DM-44	79	-83	DM-44	60	-56
DM-36	81	-78	DM-36	62	-56
DM-42	588	0	DM-42	361	0
DM-34	579	0	DM-34	368	0
DM-41	625	0	DM-41	396	0
DM-33	623	0	DM-33	398	0
DM-16	27	-49	DM-16	43	-60
DM-6	59	-38	DM-6	60	-45
DM-3	53	-46	DM-3	52	-43
DM-2	27	-48	DM-2	40	-60
DM-5	64	-51	DM-5	56	-43
DM-4	53	-53	DM-4	51	-45

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 89 di 180

Per le aste orizzontali inferiori, la verifica sull'asta maggiormente sollecitata risulta:

- Profilo: 2L120x10
 - Materiale: S355
 - Area (lorda) = 4640 mm²
 - Sollecitazione assiale di compressione N_{ED} = 613 kN (Combinazione Sismica)
 - Sollecitazione assiale di trazione N_{ED} = 522 kN (Combinazione Sismica)
 - Bulloni M27 cl.10.9: n°3
 - Area netta = 4040 mm²
 - Piastra di nodo spessore 20 mm (e₁ = 55mm)
-
- Forza massima sul singolo bullone F_{Ed} = 204 kN
 - Resistenza a rifollamento della piastra F_{b,Rd,p} = 361 kN > F_{Ed} → Δ = 0,57 verifica soddisfatta
 - Resistenza a rifollamento dell'angolare F_{b,Rd,L} = 180 kN > F_{Ed} → Δ = 0,57 verifica soddisfatta
 - Resistenza a taglio del singolo bullone F_{V,Rd} = 220 kN > F_{Ed} → Δ = 0,46 verifica soddisfatta
 - Resistenza di calcolo a trazione N_{t,Rd} = 1498 kN > N_{ED} → Δ = 0,35 verifica soddisfatta
 - Lunghezza L_{0Y} = 2,4 m → λ_Y = 68
 - Lunghezza L_{0Z} = 2,4 m → λ_Z = 46
 - Resistenza all'instabilità N_{b,Rd} = 1051 kN > N_{ED} → Δ = 0,58 verifica soddisfatta



Fig. 106 – Modello FEM: label FRAME aste orizzontali inferiori (tra i due cassoni)

COMBINAZIONI - SLU			COMBINAZIONI - SISMA		
Frame	Trazione	Compressione	Frame	Trazione	Compressione
	N [kN]	N [kN]		N [kN]	N [kN]
DIM-1	139	-185	DIM-1	522	-613
DIM-5	177	-322	DIM-5	53	-247
DIM-6	151	-295	DIM-6	47	-245
DIM-7	138	-36	DIM-7	383	-351
DIM-8	97	-96	DIM-8	298	-322
180	188	-257	180	325	-396

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 90 di 180

10.6 VERIFICHE DEL DIAFRAMMA DI TESTA

Si verifica il diaframma di testa considerando la massima sollecitazione tagliante calcolata. Poiché i diaframmi di testa hanno altezze diverse, si esaminano entrambi i casi.

Diaframma H4150

Il taglio massimo nel traverso risulta pari a 5953 kN e si ottiene dalla combinazione di calcolo sismica.

La resistenza all'instabilità per taglio del pannello d'anima privo di irrigidimenti intermedi è definito dalla normativa come la somma di due termini: la resistenza dell'anima $V_{bw,Rd}$ ed il contributo fornito dalle piattabande $V_{bf,Rd}$, ossia:

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

Trascurando il contributo fornito dalle piattabande e trascurando la presenza degli irrigidimenti verticali e trasversali del pannello, la resistenza all'instabilità per taglio dell'anima risulta:

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = \frac{0,73 \cdot 345 \cdot 4105 \cdot 30}{\sqrt{3} \cdot 1,05} = 17054 \text{ kN} > 5953 \text{ kN} \quad \rightarrow \Delta = 0,35 \text{ verifica soddisfatta}$$

Dove il parametro χ_w è definito dalla tabella C4.2.VII della normativa italiana (Fig. 107) ed è funzione di λ_w .

Tabella C4.2.VII Coefficienti χ_w per il calcolo della resistenza all'instabilità a taglio del pannello

Coefficiente di snellezza	Coefficiente χ_w per montanti d'appoggio rigidi	Coefficiente χ_w per gli altri casi
$\lambda_w < 0,83/\eta$	η	η
$(0,83/\eta) \leq \lambda_w < 1,08$	$0,83/\lambda_w$	$0,83/\lambda_w$
$\lambda_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\lambda_w$

Fig. 107 – Tabella C4.2.VII del DM 2008

Nel caso in esame risulta:

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot t^2}{12(1 - \nu^2) \cdot h_w} = 190000 \left(\frac{t}{h_w} \right)^2 = 10,15 \text{ MPa}$$

$$k_\tau = 4,00 + 5,34 \cdot \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 = 15,5 \text{ per } a / h_w < 1$$

$$\tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_E = 157 \text{ MPa}$$

$$\lambda_w = 0,76 \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr}}} = 1,13 > 1,08 \quad \rightarrow \chi_w = 0,83 / \lambda_w = 0,73$$

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 91 di 180

Diaframma H2750

Si verifica il diaframma di testa considerando la massima sollecitazione tagliante calcolata.

Il taglio massimo nel traverso risulta pari a 4448 kN e si ottiene dalla combinazione di calcolo sismica.

La resistenza all'instabilità per taglio del pannello d'anima privo di irrigidimenti intermedi è definito dalla normativa come la domma di due termini: la resistenza dell'anima $V_{bw,Rd}$ ed il contributo fornito dalle piattabande $V_{bf,Rd}$, ossia:

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

Trascurando il contributo fornito dalle piattabande e trascurando la presenza degli irrigidimenti verticali e trasversali del pannello, la resistenza all'instabilità per taglio dell'anima risulta:

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = \frac{0,86 \cdot 345 \cdot 2705 \cdot 30}{\sqrt{3} \cdot 1,05} = 13239 \text{ kN} > 4448 \text{ kN} \quad \rightarrow \Delta = 0,34 \text{ verifica soddisfatta}$$

Dove il parametro χ_w è definito dalla tabella C4.2.VII della normativa italiana (Fig. 107) ed è funzione di λ_w .

Nel caso in esame risulta:

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot t^2}{12(1-\nu^2) \cdot h_w} = 190000 \left(\frac{t}{h_w} \right)^2 = 23,37 \text{ MPa}$$

$$k_\tau = 5,34 + 4,0 \cdot \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 = 9,07 \text{ per } a / h_w > 1$$

$$\tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_E = 212 \text{ MPa}$$

$$\lambda_w = 0,76 \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr}}} = 0,97 < 1,08 \quad \rightarrow \chi_w = 0,83 / \lambda_w = 0,86$$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 92 di 180

10.7 VERIFICHE A FATICA

Le verifiche di resistenza a fatica sono effettuate con il metodo dei coefficienti λ come definito nel “Manuale di progettazione delle opere civili – parte II – sezione 2 – ponti e strutture”. Si riconduce pertanto la verifica a fatica ad una verifica convenzionale di resistenza, confrontando il delta convenzionale di tensione di progetto $\Delta\sigma_{Ed}$ con la classe del particolare $\Delta\sigma_c$.

La variazione di tensione convenzionale di calcolo $\Delta\sigma_{Ed}$ è definita come:

$$\Delta\sigma_{Ed} = \lambda \cdot \Phi_2 \cdot \Delta\sigma_{71}$$

dove:

- $\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4$ è un fattore di correzione che tiene conto della lunghezza di influenza, del volume di traffico, della vita di progetto del ponte e della contemporaneità dei transiti
- $\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,82 = 1,05$ è il coefficiente di incremento dinamico del sovraccarico teorico
- $\Delta\sigma_{71}$ è la differenza di tensione tra i valori estremi σ_{max} e σ_{min} dovuti al sovraccarico teorico di calcolo adottato per il ponte (LM71) nella posizione più sfavorevole. Trattandosi di doppio binario, i valori tensionali sono calcolati considerando ambedue i binari caricati con il modello LM71; la contemporaneità dei transiti è tenuta in considerazione tramite il coefficiente riduttivo λ_4 .

La verifica impone che:

$$\Delta\sigma_{Ed} \leq \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}} \quad \text{e} \quad \Delta\tau_{Ed} \leq \frac{\Delta\tau_c}{\gamma_{Mf}}$$

dove:

- $\Delta\sigma_c$ e $\Delta\tau_c$ rappresentano la resistenza a fatica corrispondente a 2×10^6 cicli da ricavare sulle curve SN corrispondenti al particolare strutturale in esame
- $\gamma_{Mf} = 1,35$ per i ponti ferroviari metallici, considerati opere “sensibili ai fenomeni di fatica”

	Conseguenza della rottura per fatica	
	Moderate	Significative
Danneggiamento accettabile (strutture poco sensibili alla rottura per fatica)	$\gamma_{Mf}=1,00$	$\gamma_{Mf}=1,15$
Vita utile (strutture sensibili alla rottura per fatica)	$\gamma_{Mf}=1,15$	$\gamma_{Mf}=1,35$

Fig. 108 – Coefficienti parziali per verifiche a fatica

Il fattore di correzione si calcola come:

$$\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \leq \lambda_{max} = 1,4$$

In particolare:

λ_1 dipende dalla lunghezza di influenza dell'elemento.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 93 di 180

Per stati tensionali provenienti da sollecitazioni di flessione $L = 43 \text{ m}$ e quindi $\lambda_1 = 0,64$. Per stati tensionali provenienti da sollecitazioni taglianti, $L = 43 \text{ m}$ nelle sezioni di mezzeria ($\lambda_1 = 0,64$) ed $L = 0,4 \times 43\text{m} = 17\text{m}$ nelle sezioni in appoggio ($\lambda_1 = 0,70$).

λ_2 tiene conto del volume di traffico: si assume 25×10^6 tonnellate all'anno per ciascun binario

Traffico annuo [10^6 t/binario]	5	10	15	20	25	30	35	40	50
λ_2	0.72	0.83	0.90	0.96	1.00	1.04	1.07	1.10	1.15

Fig. 109 – Valori di λ_2 in termini di volume di traffico annuo

λ_3 tiene conto della vita di progetto del ponte (100 anni)

Vita utile a fatica [anni]	50	60	70	80	90	100	120
λ_3	0.87	0.90	0.93	0.96	0.98	1.00	1.04

Fig. 110 – Valori di λ_3 – vita utile a fatica

λ_4 tiene conto della contemporaneità dei convogli tramite il fattore $n = 0,33$ (corrisponde alla percentuale dei treni che si incrociano sul ponte) e si calcola come:

$$\lambda_4 = \sqrt[5]{n + (1-n) \cdot (a^5 + (1-a)^5)}$$

Dove "a" è il rapporto tra l'intervallo di tensione $\Delta\sigma_1$ ottenuto con il modello di carico su un solo binario e l'intervallo di tensione ottenuto con il modello di carico su due binari $\Delta\sigma_{1+2}$, calcolati nella medesima sezione.

Il fattore totale λ risulta pertanto pari a $\lambda_1 \times 1,0 \times 1,0 \times \lambda_4$.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	IF28	01	E ZZ CL	VI0009 001	B	94 di 180

10.7.1 Dettaglio 71: attacchi trasversali

80 (a) 71 (b)		Attacchi trasversali 6) Saldati a una piastra 7) Nervature verticali saldate a un profilo o a una trave composta 8) Diagrammi di travi a cassone composte, saldati all'anima o alla piattabanda (a) $l \leq 50$ mm (b) $50 < l \leq 80$ mm Le classi sono valide anche per nervature anulari	6) e 7) Le parti terminali delle saldature devono essere molate accuratamente per eliminare tutte le rientranze presenti 7) Se la nervatura termina nell'anima, $\Delta\sigma$ deve essere calcolato usando le tensioni principali
------------------	--	---	---

Fig. 111 – Dettaglio 71 – attacchi trasversali (DM2008)

Si verifica il dettaglio 71 considerando la variazione di tensione in corrispondenza della saldatura tra stiffener e piattabanda (superiore e inferiore) della trave a cassone.

Nelle tabelle seguenti si riassumono i risultati per tutti i beam del modello, nelle sezioni iniziali e finali di ciascun elemento beam. Si riportano di seguito i calcoli relativi alla sezione maggiormente sollecitata (beam 34).

- $\Delta\sigma_1 = 28$ MPa
- $\Delta\sigma_2 = 22$ MPa
- $\Delta\sigma_{1+2} = 49$ MPa
- $\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 = 0,64 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,82 = 0,53$
- $\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82 = 1,05$
- $\Delta\sigma_{Ed} = 28$
- $k_s \cdot \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}} = 52,3$
- $\Delta = 0,52 \rightarrow$ verifica soddisfatta

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF28 01 E ZZ CL VI0009 001 B 95 di 180

DETT.71: STIFFENER - ANIMA IINF.			DETT.71: STIFFENER - ANIMA IINF.			DETT.71: STIFFENER - ANIMA SUP			DETT.71: STIFFENER - ANIMA SUP		
FRAME	ratio		FRAME	ratio		FRAME	ratio		FRAME	ratio	
1	C01-E	0.00	31	C04-I	0.00	1	C01-E	0.00	31	C04-I	0.00
1	C01-E	0.00	31	C04-I	0.00	1	C01-E	0.00	31	C04-I	0.00
2	C01-E	0.01	32	C04-I	0.01	2	C01-E	0.06	32	C04-I	0.19
2	C01-E	0.04	32	C04-I	0.07	2	C01-E	0.19	32	C04-I	0.26
3	C01-E	0.05	33	C04-I	0.05	3	C01-E	0.23	33	C04-I	0.22
3	C01-E	0.08	33	C04-I	0.10	3	C01-E	0.36	33	C04-I	0.41
4	C01-E	0.09	34	C04-I	0.09	4	C01-E	0.39	34	C04-I	0.39
4	C01-E	0.11	34	C04-I	0.12	4	C01-E	0.49	34	C04-I	0.52
5	C02-E	0.11	35	C05-I	0.13	5	C02-E	0.41	35	C05-I	0.44
5	C02-E	0.11	35	C05-I	0.13	5	C02-E	0.42	35	C05-I	0.44
6	C02-E	0.12	36	C05-I	0.12	6	C02-E	0.42	36	C05-I	0.43
6	C02-E	0.13	36	C05-I	0.14	6	C02-E	0.48	36	C05-I	0.50
7	C02-E	0.13	37	C05-I	0.14	7	C02-E	0.48	37	C05-I	0.49
7	C02-E	0.14	37	C05-I	0.15	7	C02-E	0.50	37	C05-I	0.52
8	C02-E	0.14	38	C05-I	0.15	8	C02-E	0.50	38	C05-I	0.52
8	C02-E	0.13	38	C05-I	0.14	8	C02-E	0.48	38	C05-I	0.49
9	C02-E	0.13	39	C05-I	0.14	9	C02-E	0.48	39	C05-I	0.50
9	C02-E	0.12	39	C05-I	0.12	9	C02-E	0.43	39	C05-I	0.43
10	C02-E	0.11	40	C05-I	0.13	10	C02-E	0.42	40	C05-I	0.44
10	C02-E	0.11	40	C05-I	0.13	10	C02-E	0.42	40	C05-I	0.44
11	C01-E	0.10	41	C04-I	0.13	11	C01-E	0.49	41	C04-I	0.52
11	C01-E	0.09	41	C04-I	0.09	11	C01-E	0.40	41	C04-I	0.38
12	C01-E1	0.07	42	C04-I1	0.10	12	C01-E1	0.24	42	C04-I1	0.27
12	C01-E1	0.05	42	C04-I1	0.05	12	C01-E1	0.13	42	C04-I1	0.09
13	C01-E2	0.03	43	C04-I2	0.06	13	C01-E2	0.11	43	C04-I2	0.13
13	C01-E2	0.02	43	C04-I2	0.02	13	C01-E2	0.05	43	C04-I2	0.04
14	C01-E3	0.02	44	C04-I3	0.02	14	C01-E3	0.05	44	C04-I3	0.08
14	C01-E3	0.01	44	C04-I3	0.01	14	C01-E3	0.02	44	C04-I3	0.01
15	C01-E3	0.00	45	C04-I3	0.00	15	C01-E3	0.00	45	C04-I3	0.00
15	C01-E3	0.00	45	C04-I3	0.00	15	C01-E3	0.00	45	C04-I3	0.00
16	C01-I	0.00	46	C04-E	0.00	16	C01-I	0.00	46	C04-E	0.00
16	C01-I	0.00	46	C04-E	0.00	16	C01-I	0.00	46	C04-E	0.00
17	C01-I	0.01	47	C04-E	0.01	17	C01-I	0.20	47	C04-E	0.06
17	C01-I	0.07	47	C04-E	0.04	17	C01-I	0.26	47	C04-E	0.19
18	C01-I	0.05	48	C04-E	0.05	18	C01-I	0.22	48	C04-E	0.22
18	C01-I	0.10	48	C04-E	0.08	18	C01-I	0.41	48	C04-E	0.36
19	C01-I	0.09	49	C04-E	0.09	19	C01-I	0.39	49	C04-E	0.39
19	C01-I	0.12	49	C04-E	0.11	19	C01-I	0.52	49	C04-E	0.49
20	C02-I	0.13	50	C05-E	0.11	20	C02-I	0.44	50	C05-E	0.41
20	C02-I	0.13	50	C05-E	0.12	20	C02-I	0.44	50	C05-E	0.42
21	C02-I	0.12	51	C05-E	0.12	21	C02-I	0.43	51	C05-E	0.42
21	C02-I	0.14	51	C05-E	0.13	21	C02-I	0.50	51	C05-E	0.48
22	C02-I	0.14	52	C05-E	0.13	22	C02-I	0.49	52	C05-E	0.48
22	C02-I	0.15	52	C05-E	0.14	22	C02-I	0.52	52	C05-E	0.50
23	C02-I	0.15	53	C05-E	0.14	23	C02-I	0.52	53	C05-E	0.50
23	C02-I	0.14	53	C05-E	0.13	23	C02-I	0.49	53	C05-E	0.49
24	C02-I	0.15	54	C05-E	0.13	24	C02-I	0.50	54	C05-E	0.48
24	C02-I	0.12	54	C05-E	0.12	24	C02-I	0.43	54	C05-E	0.43
25	C02-I	0.13	55	C05-E	0.11	25	C02-I	0.44	55	C05-E	0.42
25	C02-I	0.13	55	C05-E	0.11	25	C02-I	0.44	55	C05-E	0.42
26	C01-I	0.13	56	C04-E	0.10	26	C01-I	0.52	56	C04-E	0.49
26	C01-I	0.09	56	C04-E	0.09	26	C01-I	0.38	56	C04-E	0.40
27	C01-I1	0.10	57	C04-E1	0.07	27	C01-I1	0.27	57	C04-E1	0.24
27	C01-I1	0.05	57	C04-E1	0.05	27	C01-I1	0.09	57	C04-E1	0.13
28	C01-I2	0.06	58	C04-E2	0.03	28	C01-I2	0.13	58	C04-E2	0.11
28	C01-I2	0.02	58	C04-E2	0.02	28	C01-I2	0.04	58	C04-E2	0.05
29	C01-I3	0.02	59	C04-E3	0.02	29	C01-I3	0.08	59	C04-E3	0.05
29	C01-I3	0.01	59	C04-E3	0.01	29	C01-I3	0.01	59	C04-E3	0.01
30	C01-I3	0.00	60	C04-E3	0.00	30	C01-I3	0.00	60	C04-E3	0.00
30	C01-I3	0.00	60	C04-E3	0.00	30	C01-I3	0.00	60	C04-E3	0.00

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 96 di 180

10.7.2 Dettaglio 80: giunti trasversali a piena penetrazione

80		Saldature senza piatto di sostegno 9) Giunti trasversali in travi composte, in assenza di lunette di scarico 10) Giunti trasversali completi di profili laminati, in presenza di lunette di scarico 11) Giunti trasversali di lamiere, piatti, profilati e travi composte Per spessori $t > 25$ mm, si deve adottare una classe ridotta del coefficiente $k_s = (25/t)^{0.2}$	Saldature effettuate da entrambi i lati, non molate e sottoposte a controlli non distruttivi. Le saldature devono essere iniziate e terminate su tacchi d'estremità, da rimuovere una volta completata la saldatura I bordi esterni delle saldature devono essere molati in direzione degli sforzi Sovraspessore di saldatura non maggiore del 20% della larghezza del cordone, per i dettagli 9) e 11), o del 10% per il dettaglio 10, con zone di transizione regolari
----	--	--	---

Fig. 112 – Dettaglio 80 – giunti trasversali (DM2008)

Si verifica il dettaglio 80 considerando la variazione di tensione in corrispondenza della saldatura all'intradosso del cassone (filo inferiore della piattabanda inferiore).

Nella tabella seguente si riassumono i risultati nelle sezioni di giunto. Si riportano di seguito i calcoli relativi alla sezione maggiormente sollecitata (beam 34).

- $\Delta\sigma_1 = 28$ MPa
- $\Delta\sigma_2 = 22$ MPa
- $\Delta\sigma_{1+2} = 50$ MPa
- $\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 = 0,63 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,82 = 0,53$
- $\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82 = 1,05$
- $\Delta\sigma_{Ed} = 28$
- $k_s \cdot \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}} = 59$
- $\Delta = 0,47 \rightarrow$ verifica soddisfatta

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 97 di 180

DETT.80: GIUNTO PIENA PENETRAZIONE TRASVERSALE		
FRAME		ratio
4	C01-E	0.44
5	C02-E	0.39
10	C02-E	0.39
11	C01-E	0.44
19	C01-I	0.47
20	C02-I	0.41
25	C02-I	0.41
26	C01-I	0.47
34	C04-I	0.47
35	C05-I	0.41
40	C05-I	0.41
41	C04-I	0.47
49	C04-E	0.44
50	C05-E	0.39
55	C05-E	0.40
56	C04-E	0.45

10.7.3 Dettaglio 80: cordoni d'angolo

Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
80		<p>8) Cordoni d'angolo continui soggetti a sforzi di sconnessione, quali quelli di composizione tra anima e piattabanda in travi composte saldate</p> <p>9) Giunzioni a sovrapposizione a cordoni d'angolo soggette a tensioni tangenziali</p>	<p>8) $\Delta\tau$ deve essere calcolato in riferimento alla sezione di gola del cordone</p> <p>9) $\Delta\tau$ deve essere calcolato in riferimento alla sezione di gola del cordone, considerando la lunghezza totale del cordone, che deve terminare a più di 10 mm dal bordo della piastra</p>

Fig. 113 – Dettaglio 80 – saldatura longitudinale anima-piattabanda (DM2008)

Si verifica il dettaglio 80 considerando la variazione di tensione in corrispondenza del cordone di saldatura tra l'anima e le piattabande (superiore ed inferiore) del cassone

Nella tabella seguente si riassumono i risultati calcolati nelle sezioni di inizio e fine di ciascun beam del modello FEM. Si riportano di seguito i calcoli relativi alla sezione maggiormente sollecitata (beam 17).

- $\Delta\tau_1 = 6 \text{ MPa}$
- $\Delta\tau_2 = 13 \text{ MPa}$
- $\Delta\tau_{1+2} = 18 \text{ MPa}$
- $\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 = 0,63 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,82 = 0,54$
- $\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82 = 1,05$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 98 di 180

- $\Delta\tau_{Ed} = 11$
- $k_s \cdot \frac{\Delta\tau_C}{\gamma_{Mf}} = 59,3$
- $\Delta = 0,18 \rightarrow$ verifica soddisfatta

DETT.80: cordoni - ptb sup			DETT.80: cordoni - ptb sup			DETT.80: cordoni - ptb sup			DETT.80: cordoni - ptb sup		
FRAME		ratio	FRAME		ratio	FRAME		ratio	FRAME		ratio
1	C01-E	0.00	16	C01-I	0.00	31	C04-I	0.00	46	C04-E	0.00
1	C01-E	0.00	16	C01-I	0.00	31	C04-I	0.00	46	C04-E	0.00
2	C01-E	0.12	17	C01-I	0.18	32	C04-I	0.18	47	C04-E	0.12
2	C01-E	0.12	17	C01-I	0.18	32	C04-I	0.18	47	C04-E	0.12
3	C01-E	0.10	18	C01-I	0.14	33	C04-I	0.14	48	C04-E	0.10
3	C01-E	0.10	18	C01-I	0.14	33	C04-I	0.14	48	C04-E	0.10
4	C01-E	0.08	19	C01-I	0.11	34	C04-I	0.11	49	C04-E	0.08
4	C01-E	0.08	19	C01-I	0.11	34	C04-I	0.11	49	C04-E	0.08
5	C02-E	0.10	20	C02-I	0.14	35	C05-I	0.14	50	C05-E	0.10
5	C02-E	0.10	20	C02-I	0.14	35	C05-I	0.14	50	C05-E	0.10
6	C02-E	0.07	21	C02-I	0.11	36	C05-I	0.11	51	C05-E	0.07
6	C02-E	0.07	21	C02-I	0.11	36	C05-I	0.11	51	C05-E	0.07
7	C02-E	0.05	22	C02-I	0.09	37	C05-I	0.09	52	C05-E	0.05
7	C02-E	0.05	22	C02-I	0.09	37	C05-I	0.09	52	C05-E	0.05
8	C02-E	0.05	23	C02-I	0.09	38	C05-I	0.09	53	C05-E	0.05
8	C02-E	0.05	23	C02-I	0.09	38	C05-I	0.09	53	C05-E	0.05
9	C02-E	0.07	24	C02-I	0.11	39	C05-I	0.11	54	C05-E	0.07
9	C02-E	0.07	24	C02-I	0.11	39	C05-I	0.11	54	C05-E	0.07
10	C02-E	0.09	25	C02-I	0.14	40	C05-I	0.14	55	C05-E	0.09
10	C02-E	0.09	25	C02-I	0.14	40	C05-I	0.14	55	C05-E	0.09
11	C01-E	0.08	26	C01-I	0.12	41	C04-I	0.12	56	C04-E	0.08
11	C01-E	0.08	26	C01-I	0.12	41	C04-I	0.12	56	C04-E	0.08
12	C01-E1	0.09	27	C01-I1	0.13	42	C04-I1	0.13	57	C04-E1	0.09
12	C01-E1	0.09	27	C01-I1	0.13	42	C04-I1	0.13	57	C04-E1	0.09
13	C01-E2	0.08	28	C01-I2	0.12	43	C04-I2	0.12	58	C04-E2	0.08
13	C01-E2	0.08	28	C01-I2	0.12	43	C04-I2	0.12	58	C04-E2	0.08
14	C01-E3	0.08	29	C01-I3	0.13	44	C04-I3	0.13	59	C04-E3	0.08
14	C01-E3	0.08	29	C01-I3	0.13	44	C04-I3	0.13	59	C04-E3	0.08
15	C01-E3	0.00	30	C01-I3	0.00	45	C04-I3	0.00	60	C04-E3	0.00
15	C01-E3	0.00	30	C01-I3	0.00	45	C04-I3	0.00	60	C04-E3	0.00

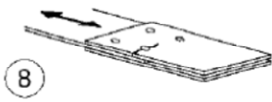
APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.							
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 99 di 180

DETT.80: cordoni - ptb inf			DETT.80: cordoni - ptb inf			DETT.80: cordoni - ptb inf			DETT.80: cordoni - ptb inf		
FRAME		ratio	FRAME		ratio	FRAME		ratio	FRAME		ratio
1	C01-E	0.00	16	C01-I	0.00	31	C04-I	0.00	46	C04-E	0.00
1	C01-E	0.00	16	C01-I	0.00	31	C04-I	0.00	46	C04-E	0.00
2	C01-E	0.09	17	C01-I	0.14	32	C04-I	0.13	47	C04-E	0.09
2	C01-E	0.09	17	C01-I	0.14	32	C04-I	0.13	47	C04-E	0.09
3	C01-E	0.07	18	C01-I	0.11	33	C04-I	0.11	48	C04-E	0.07
3	C01-E	0.07	18	C01-I	0.11	33	C04-I	0.11	48	C04-E	0.07
4	C01-E	0.06	19	C01-I	0.09	34	C04-I	0.09	49	C04-E	0.06
4	C01-E	0.06	19	C01-I	0.09	34	C04-I	0.09	49	C04-E	0.06
5	C02-E	0.08	20	C02-I	0.12	35	C05-I	0.12	50	C05-E	0.08
5	C02-E	0.08	20	C02-I	0.12	35	C05-I	0.12	50	C05-E	0.08
6	C02-E	0.06	21	C02-I	0.09	36	C05-I	0.09	51	C05-E	0.06
6	C02-E	0.06	21	C02-I	0.09	36	C05-I	0.09	51	C05-E	0.06
7	C02-E	0.04	22	C02-I	0.08	37	C05-I	0.08	52	C05-E	0.04
7	C02-E	0.04	22	C02-I	0.08	37	C05-I	0.08	52	C05-E	0.04
8	C02-E	0.04	23	C02-I	0.08	38	C05-I	0.08	53	C05-E	0.04
8	C02-E	0.04	23	C02-I	0.08	38	C05-I	0.08	53	C05-E	0.04
9	C02-E	0.06	24	C02-I	0.10	39	C05-I	0.10	54	C05-E	0.06
9	C02-E	0.06	24	C02-I	0.10	39	C05-I	0.10	54	C05-E	0.06
10	C02-E	0.08	25	C02-I	0.12	40	C05-I	0.12	55	C05-E	0.08
10	C02-E	0.08	25	C02-I	0.12	40	C05-I	0.12	55	C05-E	0.08
11	C01-E	0.05	26	C01-I	0.09	41	C04-I	0.09	56	C04-E	0.05
11	C01-E	0.05	26	C01-I	0.09	41	C04-I	0.09	56	C04-E	0.05
12	C01-E1	0.06	27	C01-I1	0.10	42	C04-I1	0.10	57	C04-E1	0.06
12	C01-E1	0.06	27	C01-I1	0.10	42	C04-I1	0.10	57	C04-E1	0.06
13	C01-E2	0.05	28	C01-I2	0.09	43	C04-I2	0.09	58	C04-E2	0.05
13	C01-E2	0.05	28	C01-I2	0.09	43	C04-I2	0.09	58	C04-E2	0.05
14	C01-E3	0.05	29	C01-I3	0.09	44	C04-I3	0.09	59	C04-E3	0.05
14	C01-E3	0.05	29	C01-I3	0.09	44	C04-I3	0.09	59	C04-E3	0.05
15	C01-E3	0.00	30	C01-I3	0.00	45	C04-I3	0.00	60	C04-E3	0.00
15	C01-E3	0.00	30	C01-I3	0.00	45	C04-I3	0.00	60	C04-E3	0.00

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 100 di 180

10.7.4 Dettaglio 112: giunti bullonati

Si verifica il dettaglio 112 considerando la variazione di tensione assiale presente nelle aste che costituiscono i diaframmi.

Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
112		8) Giunti bullonati con coprigiunti doppi e bulloni AR precaricati o bulloni precaricati iniettati	$\Delta\sigma$ riferiti alla sezione lorda

Nelle tabelle seguenti si riassumono i risultati per tutti i beam del modello, nelle sezioni iniziali e finali di ciascun elemento beam. Si riportano di seguito i calcoli relativi alla sezione maggiormente sollecitata, corrispondente ad un'asta diagonale di diaframma tra i due cassoni (beam DIN-13).

- $\Delta N_1 = 189 \text{ kN}$
- $\Delta N_2 = 189 \text{ kN}$
- $\Delta \sigma_1 = 49 \text{ MPa}$
- $\Delta \sigma_2 = 49 \text{ MPa}$
- $\Delta \sigma_{1+2} = 98 \text{ MPa}$
- $\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 = 0,64 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,82 = 0,53$
- $\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82 = 1,05$
- $\Delta \sigma_{Ed} = 54,5$
- $k_s \cdot \frac{\Delta \sigma_c}{\gamma_{Mf}} = 83$
- $\Delta = 0,65 \rightarrow$ verifica soddisfatta

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 101 di 180

DETT.112: GIUNTO BULLONATO					
ASTA DIAGONALE INTERNA AI CASSONI					
FRAME		ratio	FRAME		ratio
DC-1	2 L 100 x10	0.14	DC-36	2 L 100 x10	0.21
DC-7	2 L 100 x10	0.19	DC-37	2 L 100 x10	0.23
DC-8	2 L 100 x10	0.21	DC-38	2 L 100 x10	0.23
DC-9	2 L 100 x10	0.23	DC-39	2 L 100 x10	0.22
DC-10	2 L 100 x10	0.23	DC-40	2 L 100 x10	0.17
DC-11	2 L 100 x10	0.22	DC-41	2 L 100 x10	0.14
DC-12	2 L 100 x10	0.17	DC-42	2 L 100 x10	0.06
DC-13	2 L 100 x10	0.13	DC-43	2 L 100 x10	0.14
DC-14	2 L 100 x10	0.06	DC-49	2 L 100 x10	0.19
DC-15	2 L 100 x10	0.14	DC-50	2 L 100 x10	0.21
DC-21	2 L 100 x10	0.19	DC-51	2 L 100 x10	0.23
DC-22	2 L 100 x10	0.21	DC-52	2 L 100 x10	0.23
DC-23	2 L 100 x10	0.23	DC-53	2 L 100 x10	0.22
DC-24	2 L 100 x10	0.23	DC-54	2 L 100 x10	0.17
DC-25	2 L 100 x10	0.22	DC-55	2 L 100 x10	0.14
DC-26	2 L 100 x10	0.17	DC-56	2 L 100 x10	0.06
DC-27	2 L 100 x10	0.13	175	2 L 100 x10	0.03
DC-28	2 L 100 x10	0.06	176	2 L 100 x10	0.03
DC-29	2 L 100 x10	0.14	177	2 L 100 x10	0.03
DC-35	2 L 100 x10	0.19	179	2 L 100 x10	0.03

DETT.112: GIUNTO BULLONATO		
ASTA DIAGONALE TRA I CASSONI		
FRAME		ratio
DIN-1	2 L 100 x10	0.34
DIN-5	2 L 100 x10	0.65
DIN-6	2 L 100 x10	0.63
DIN-7	2 L 100 x10	0.46
DIN-8	2 L 100 x10	0.22
DIN-9	2 L 100 x10	0.34
DIN-13	2 L 100 x10	0.65
DIN-14	2 L 100 x10	0.63
DIN-15	2 L 100 x10	0.46
DIN-16	2 L 100 x10	0.22
181	2 L 100 x10	0.09
182	2 L 100 x10	0.09

DETT.112: GIUNTO BULLONATO					
ASTA ORIZZONTALE SUPERIORE					
FRAME		ratio	FRAME		ratio
DM-1	2 L 100 x10	0.06	DM-34	2 L 100 x10	0.29
DM-2	2 L 100 x10	0.01	DM-35	2 L 100 x10	0.21
DM-3	2 L 100 x10	0.01	DM-36	2 L 100 x10	0.08
DM-4	2 L 100 x10	0.03	DM-37	2 L 100 x10	0.15
DM-5	2 L 100 x10	0.03	DM-41	2 L 100 x10	0.30
DM-6	2 L 100 x10	0.01	DM-42	2 L 100 x10	0.29
DM-7	2 L 100 x10	0.09	DM-43	2 L 100 x10	0.21
DM-8	2 L 100 x10	0.09	DM-44	2 L 100 x10	0.08
DM-9	2 L 100 x10	0.11	DM-45	2 L 100 x10	0.06
DM-10	2 L 100 x10	0.11	DM-51	2 L 100 x10	0.09
DM-11	2 L 100 x10	0.10	DM-52	2 L 100 x10	0.09
DM-12	2 L 100 x10	0.08	DM-53	2 L 100 x10	0.10
DM-13	2 L 100 x10	0.06	DM-54	2 L 100 x10	0.11
DM-14	2 L 100 x10	0.02	DM-55	2 L 100 x10	0.10
DM-15	2 L 100 x10	0.06	DM-56	2 L 100 x10	0.08
DM-16	2 L 100 x10	0.01	DM-57	2 L 100 x10	0.06
DM-21	2 L 100 x10	0.09	DM-58	2 L 100 x10	0.02
DM-22	2 L 100 x10	0.09	DM-59	2 L 100 x10	0.06
DM-23	2 L 100 x10	0.10	DM-65	2 L 100 x10	0.09
DM-24	2 L 100 x10	0.11	DM-66	2 L 100 x10	0.09
DM-25	2 L 100 x10	0.10	DM-67	2 L 100 x10	0.11
DM-26	2 L 100 x10	0.08	DM-68	2 L 100 x10	0.11
DM-27	2 L 100 x10	0.06	DM-69	2 L 100 x10	0.10
DM-28	2 L 100 x10	0.02	DM-70	2 L 100 x10	0.08
DM-29	2 L 100 x10	0.15	DM-71	2 L 100 x10	0.06
DM-33	2 L 100 x10	0.30	DM-72	2 L 100 x10	0.02

DETT.112: GIUNTO BULLONATO		
ASTA ORIZZONTALE INFERIORE		
FRAME		ratio
DIM-1	2 L 120 x10	0.04
DIM-2	2 L 120 x10	0.08
DIM-3	2 L 120 x10	0.11
DIM-4	2 L 120 x10	0.13
DIM-5	2 L 120 x10	0.13
DIM-6	2 L 120 x10	0.12
DIM-7	2 L 120 x10	0.06
DIM-8	2 L 120 x10	0.10
DIM-9	2 L 120 x10	0.11
180	2 L 120 x10	0.09

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 102 di 180

10.8 VERIFICA DI RESISTENZA DEI PIOLI CONNETTORI

Il collegamento tra soletta in calcestruzzo e travi metalliche è realizzato tramite dei pioli tipo Nelson in acciaio St3-3k di diametro $d = 22$ mm e altezza $h = 300$ mm.

La resistenza del singolo connettore è definita dalla normativa pari al minore dei valori ottenuti dalle seguenti formule:

$$P_{Rd,a} = 0,8 \cdot f_t \cdot (\pi \cdot d^2 / 4) / \gamma_V = 109,5 \text{ kN}$$

$$P_{Rd,c} = 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot (f_{ck} \cdot E_c)^{0,5} / \gamma_V = 73 \text{ kN}$$

dove:

- $\alpha = 1,0$ ($h/d = 13,6 > 4,0$)
- $\gamma_V = 1,25$
- $f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 33,2 \text{ MPa}$
- $E_c = 12\,663 \text{ MPa}$

Pertanto la resistenza del singolo connettore risulta di 73 kN.

Come definito dalla normativa ferroviaria, la connessione a taglio nelle travi miste acciaio-calcestruzzo si effettua a completo ripristino. La forza di scorrimento che il connettore deve assorbire è pari a:

$$V = M / z = \min(R_c; R_a) = 122\,200 \text{ kN}$$

Dove:

- $R_c = 0,85 \cdot f_{ck} \cdot A_c / \gamma_c + f_{yk} \cdot A_s / \gamma_a = (0,85 \times 33,2 \times 5,6 / 1,5 + 0,043 \times 450 / 1,15) \times 1000 = 122\,200 \text{ kN}$
(resistenza della soletta di calcestruzzo armata)
- $R_a = A_a \cdot f_{yd} / \gamma_a = 0,55 \times 345 \times 1000 / 1,05 = 180\,000 \text{ kN}$ (resistenza a trazione della trave in acciaio)

Il numero minimo di pioli risulta pertanto pari a: $122\,200 \text{ kN} / 73 = 1674$

Dividendo il numero di pioli sulle quattro piattabande risulta un totale di 420 pioli per ala, calcolati su metà lunghezza del ponte.

Disponendo i pioli in fila per 5 risulta un passo massimo di 0,27 m.

L'interasse massimo definito da progetto tra le file di pioli è di 0,20m ossia minore di 0,27, pertanto i connettori a pioli sono verificati.

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA AV	Soci SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandatara ROCKSOIL S.P.A.	Mandanti NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 103 di 180

10.9 VERIFICHE DI DEFORMABILITA' DELL'IMPALCATO

10.9.1 Stato limite di esercizio per la sicurezza del traffico ferroviario

Il manuale di progettazione delle opere civili "RFI DTC SICS MA IFS 001 A" prescrive al §2.5.1.8.3.2.2. "Requisiti concernenti le deformazioni e le vibrazioni" prescrive una limitazione alla deformazione verticale dell'impalcato tra gli stati limite di servizio per la sicurezza del traffico ferroviario.

Il valore massimo di deformazione verticale ammesso è calcolato come $L/600$ che corrisponde a 75 mm.

La freccia massima calcolata con i modelli di carico LM71 e SW2 (incrementati con il coefficiente dinamico e con il coefficiente di adattamento α) è di 28 mm (< 75 mm). La verifica è pertanto soddisfatta.

10.9.2 Stato limite per il comfort dei passeggeri

La normativa ferroviaria limita i valori della freccia verticale per i ponti in funzione della luce e del numero delle campate consecutive, dello schema statico del ponte e della velocità di percorrenza del convoglio.

Nel caso in esame si tratta di un ponte di luce 43m con velocità di progetto 200 km/h, per cui il limite L/δ risulta di 1450 dal grafico di Fig. 114. La freccia limite pertanto risulta di $43000/1450 = 30$ mm.

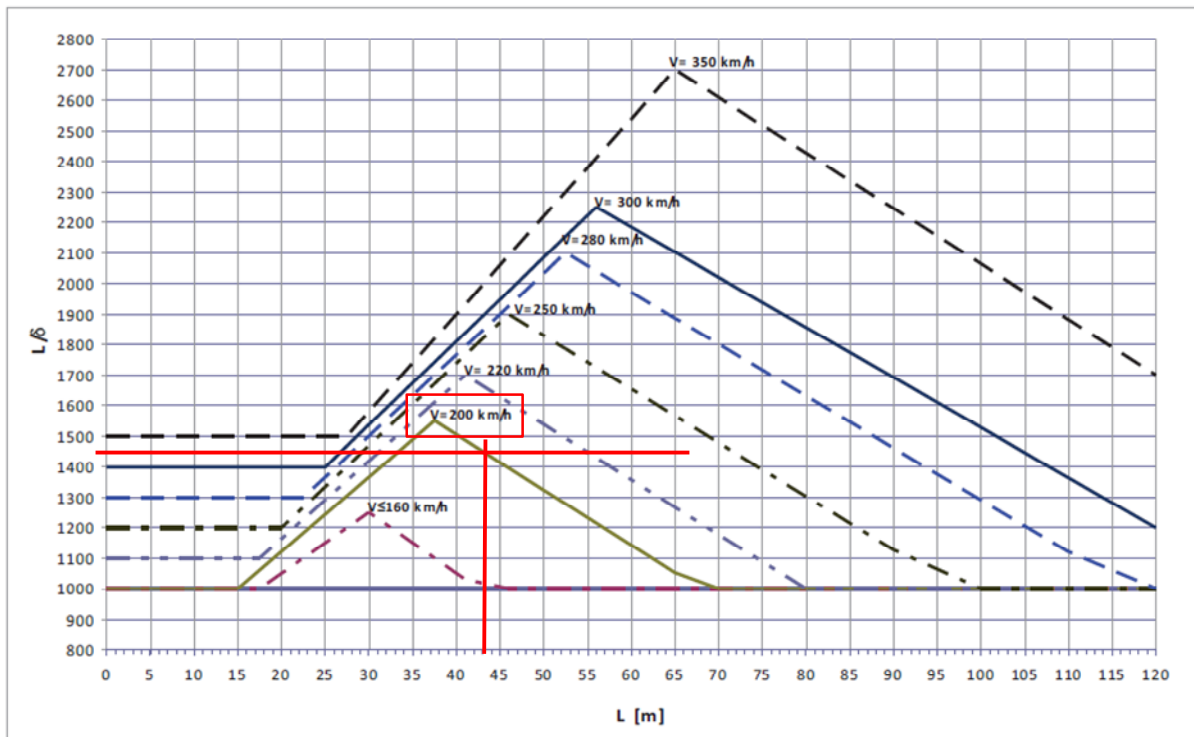


Fig. 114 – Valori del limite di deformabilità L/d per il comfort dei passeggeri
(estratto dal manuale di progettazione delle opere civili RFI DTC SICS MA IFS 001 A)

La deformazione del ponte ottenuta dal modello FEM considerando il modello di carico LM71 (con il relativo incremento dinamico e coefficiente di adattamento α) risulta di 15 mm ossia inferiore al limite previsto da normativa. La verifica è pertanto soddisfatta.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 104 di 180

10.10 CONTROFRECCIA DI MONTAGGIO

Si prevede opportuna controfreccia di costruzione come definita da normativa, al fine di contrastare le deformazioni elastiche dovute ai seguenti carichi:

- peso proprio della struttura metallica e della soletta (f_p);
- peso delle opere di finitura (f_r);
- effetti del ritiro e della viscosità (f_r);
- carichi verticali da traffico (f_s)

La controfreccia risulta quindi:

$$c_f = f_p + f_r + f_r + 0,25 \times \Phi \times f_s = 65 + 31 + 11 + 0,25 \times 1,07 \times 23 = 115 \text{ mm} \approx 120 \text{ mm}$$

10.11 VERIFICHE IN FASE DI SOSTITUZIONE DEGLI APPARECCHI D'APPOGGIO

Per la sostituzione degli apparecchi d'appoggio sono previsti 8 punti di sollevamento: si dispongono due martinetti in corrispondenza di ciascuna anima del cassone.

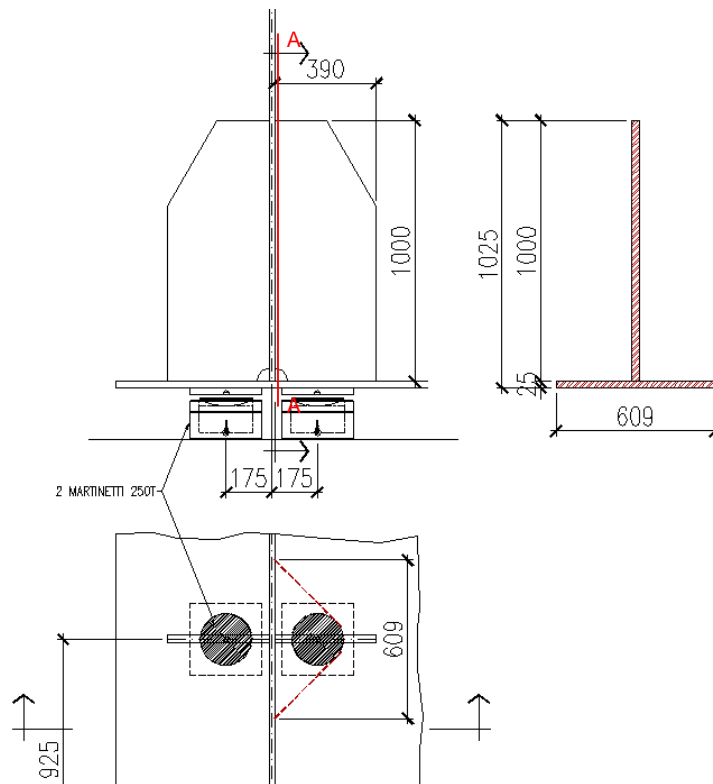


Fig. 115 – Sollevamento per sostituzione apparecchi d'appoggio

In questa fase, il ponte è soggetto solamente ai pesi propri ed ai sovraccarichi permanenti portati, per cui il carico totale da sollevare è di 18260 kN (SLE). I martinetti devono essere posizionati sotto le quattro anime del cassone, in corrispondenza degli appositi alloggi. L'azione esercitata dal martinetto viene trasferita all'anima della trave tramite la saldatura verticale del piatto di irrigidimento verticale. Come si evince dalle reazioni vincolari riportate al §10.12, la forza massima che deve esercitare il martinetto per il sollevamento è pari a 2680 kN.

Le sollecitazioni agenti in corrispondenza della sezione A-A di Fig. 115 risulta:

- Taglio $V = 2680 \times 1,5 / 2 = 2010 \text{ kN}$ (SLU)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 105 di 180

- Momento flettente $M = 2680 \times 1,5 / 2 \times 0,175 = 352 \text{ kNm (SLU)}$

La verifica della nervatura di irrigidimento risulta:

- sp. piatto = 30mm
- altezza piatto = 1000 mm
- larghezza piattabanda inferiore = 610 mm
- sp. piattabanda inferiore = 25 mm
- Inerzia $J = 5,37 \times 10^9 \text{ mm}^4$
- Modulo $W_{sup} = 8,9 \times 10^6 \text{ mm}^4$
- Modulo $W_{inf} = 1,28 \times 10^7 \text{ mm}^4$
- Tensione massima $\sigma_{sup} = M / W = 36 \text{ MPa}$
- tensione tangenziale $\tau = 2010 \times 1000 / (1000 \times 30) = 67 \text{ MPa}$
- tensione ideale $\sigma_{id} = (36^2 + 3 \times 67^2)^{0.5} = 122 < 345 / 1,05 = 329 \text{ MPa} \rightarrow \Delta = 0,37 - \text{verificato}$

Si verifica la saldatura a cordone d'angolo di collegamento della nervatura verticale all'anima della trave:

- sp. piatto = 30mm
- lato di un cordone di saldatura = $0,7 \times 30 = 21 \text{ mm}$
- gola della saldatura = 15 mm
- altezza saldatura = 1000 mm
- Inerzia $J = 5,12 \times 10^9 \text{ mm}^4$
- Modulo $W_{sup} = 7,6 \times 10^6 \text{ mm}^4$
- Modulo $W_{inf} = 1,46 \times 10^7 \text{ mm}^4$
- Tensione nella saldatura (estremo superiore) $n_{sup\perp} = M / W = 46 \text{ MPa}$
- tensione tangenziale $t_{||} = 2010 \times 1000 / (1000 \times 15 \times 2) = 67 \text{ MPa}$
- tensione totale = $(46^2 + 67^2)^{0.5} = 82 < 0,7 \times 345 = 242 \text{ MPa} \rightarrow \Delta = 0,34 - \text{verificato}$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E Z Z CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 106 di 180

10.12 REAZIONI

Le tabelle seguenti riassumono le reazioni vincolari ottenute per la combinazione SLU e SLV.

Si ricorda che la disposizione degli appoggi al di sotto del ponte di 45m è funzione della composizione dei viadotti VI01, VI02, VI03 e VI04, come già illustrato al §0. Pertanto gli appoggi fissi della travata da 45m sono posizionati o sotto al traverso di testa di 4,15m, o sotto al traverso di testa di altezza 2,75m, in funzione della posizione della travata all'interno del viadotto.

Si riportano di seguito le tabelle delle reazioni vincolari, relative alle due casistiche. In entrambi i casi, le reazioni trasversali calcolate (FY) per le condizioni di carico statiche sono state divise tra i due dispositivi previsti da progetto, come già spiegato in precedenza.

Appoggi fissi sotto al diaframma H2750

La tabella seguente riassume le reazioni vincolari per le principali condizioni di carico.

REAZIONI VINCOLARI			G1a	G1c	G2	Q13_RIT	Q1_LM71_max	Q1_LM71_min	Q2_SW2_max	Q2_SW2_min	Q3_LM71	Q4_SW2	Q9_U	Q10_grad	Q14_v1	Q15_v1	Q16_v1	Q17_folia	Q14_v2	Q15_v2	Q16_v2	SISMA_LONG	SISMA_TRASY	SISMA_VERT		
			kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
pila A	RA1	F1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	RA1	F2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	RA1	F3	260	895	1502	5	829	-65	1099	-87	-25	-8	190	0	-387	-508	-541	143	230	435	542	-637	-3530	-6700		
	RA2	F1	-18	-45	-25	-90	835	-863	1097	-1135	-493	-616	-91	-38	-88	-188	-164	0	84	186	165	-9959	-747	105		
	RA2	F2	-1	-1	-1	-3	27	-28	36	-37	-23	28	-3	-1	-248	-354	-390	0	248	354	390	490	-5506	-1929		
	RA2	F3	340	737	791	-29	1210	-40	1376	-23	-22	-44	-226	1	155	120	149	-31	1	-47	-150	0	0	0	0	
	RA3	F1	18	45	25	90	863	-835	1135	-1097	-500	-588	91	38	88	188	164	0	-84	-186	-165	-9568	747	-105		
	RA3	F2	-1	-1	-1	-3	27	-28	36	-37	-23	28	-3	-1	-248	-354	-390	0	248	354	390	-502	-5291	1936		
	RA3	F3	347	753	788	30	1223	-41	1395	-24	-27	-39	-190	-7	107	104	18	-30	49	-32	-19	0	0	0	0	
	RA4	F1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RA4	F2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RA4	F3	258	892	1502	-7	813	-48	1077	-64	-18	-21	226	6	126	284	375	143	-280	-356	-374	-640	3530	-6716		
pila B	RB1	F1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	RB1	F2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	RB1	F3	294	901	1492	8	852	-111	1125	-151	39	4	190	3	-469	-623	-667	143	310	547	669	639	-5054	-6846		
	RB2-U	F1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	RB2-U	F2	1	3	2	6	56	-54	74	-71	46	-55	6	2	-505	-704	-779	0	506	705	780	12	-10906	-7		
	RB2-U	F3	374	735	799	-13	1017	-31	1085	-14	16	43	-118	4	167	154	156	-31	7	-63	-158	0	0	0	0	
	RB3	F1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	RB3	F2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RB3	F3	377	747	801	18	1072	-32	1168	-15	22	24	-259	-12	89	66	118	-29	-71	-129	-120	0	0	0	0	
	RB4	F1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RB4	F2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RB4	F3	290	894	1491	-13	783	-47	1036	-62	16	41	187	5	213	403	392	143	-246	-354	-391	638	5054	-6825		

Le tabelle seguenti riassumono le reazioni vincolari ottenute per la combinazione SLU e SLV.

	tipo appoggi	COMBINAZIONI SLU				tipo appoggi	COMBINAZIONI SISMICHE		
		max FX	max FY	max FZ			max FX	max FY	max FZ
		[kN]	[kN]	[kN]			[kN]	[kN]	[kN]
pila a	multi	-	-	6445	pila a	multi	-	-	10992
	fisso	2963	747	6065		fisso	10637	6372	2354
	fisso	3310	747	6056		fisso	10246	6023	2370
	multi	-	-	6181		multi	-	-	11000
pila b	multi	-	-	6774	pila b	multi	-	-	11663
	uni	-	1494	6184		uni	-	11059	2370
	multi	-	-	6182		multi	-	-	2446
	multi	-	-	6355		multi	-	-	11589

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 107 di 180



Fig. 116 – Schema di vincolo – caso 1

Appoggi fissi sotto al diaframma H2750

La tabella seguente riassume le reazioni vincolari per le principali condizioni di carico.

REAZIONI VINCOLARI			G1a	G1c	G2	Q13_RIT	Q1_LM71_max	Q1_LM71_min	Q2_SW2_max	Q2_SW2_min	Q3_LM71	Q4_SW2	Q9_U	Q10_grad	Q14_v1	Q15_v1	Q16_v1	Q17_folia	Q14_v2	Q15_v2	Q16_v2	SISMA_LONG	SISMA_TRASV	SISMA_VERT		
			kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
pila A	RA1	F1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	RA1	F2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	RA1	F3	258	892	1501	6	761	-40	1013	-48	-41	-25	213	2	-380	-492	-526	143	223	418	527	-959	-3421	-6720	0	
	RA2	F1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	RA2	F2	0	-1	0	1	61	-60	79	-78	-46	57	17	2	-484	-683	-758	0	484	683	758	-2	-10718	-6	0	
	RA2	F3	343	744	796	-11	1074	-35	1170	-17	-27	-46	-214	8	171	155	179	-30	-15	-82	-180	0	0	0	0	0
	RA3	F1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	RA3	F2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RA3	F3	346	750	784	13	1074	-36	1172	-18	-23	-38	-206	-14	89	67	-15	-30	65	5	14	0	0	0	0	0
	RA4	F1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RA4	F2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
RA4	F3	258	891	1502	-8	751	-28	1000	-33	-34	-42	207	4	119	269	362	143	-273	-341	-361	-954	3421	-6696	0		
pila B	RB1	F1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	RB1	F2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	RB1	F3	293	898	1490	0	877	-122	1155	-161	25	-14	194	0	-473	-632	-675	143	314	555	677	959	-5176	-6824	0	
	RB2	F1	-7	-22	0	20	938	-921	1221	-1198	-498	-591	262	26	88	194	172	-2	-87	-196	-173	-9799	467	-85	0	
	RB2	F2	0	1	0	-1	30	-31	39	-40	23	-28	-9	-1	-258	-364	-400	0	259	365	401	-480	-5774	-1346	0	
	RB2	F3	375	741	799	-17	1271	-37	1466	-20	46	76	-205	-4	139	93	102	-30	35	-2	-104	0	0	0	0	
	RB3	F1	7	22	0	-20	921	-938	1198	-1221	-495	-613	-262	-26	-88	-194	-172	2	87	196	173	-9728	-467	85	0	
	RB3	F2	0	1	0	-1	30	-31	39	-40	23	-28	-9	-1	-258	-364	-400	0	259	365	401	482	-5210	1352	0	
	RB3	F3	375	741	801	23	1296	-38	1503	-21	56	69	-186	-5	113	119	166	-30	-95	-183	-168	0	0	0	0	
	RB4	F1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
RB4	F2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
RB4	F3	291	896	1493	-6	850	-91	1121	-120	-2	21	197	8	220	420	407	143	-253	-370	-405	953	5176	-6847	0		

Le tabelle seguenti riassumono le reazioni vincolari ottenute per la combinazione SLU e SLV.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.		COMMESSA LOTTO CODIFICA IF28 01 E ZZ CL		DOCUMENTO REV. FOGLIO VI0009 001 B 108 di 180		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

	tipo appoggi	COMBINAZIONI SLU				tipo appoggi	COMBINAZIONI SISMICHE		
		max FX	max FY	max FZ			max FX	max FY	max FZ
		[kN]	[kN]	[kN]			[kN]	[kN]	[kN]
pila a	multi	-	-	6423	pila a	multi	-	-	11076
	uni	-	1478	6204		uni	-	10865	2378
	multi	-	-	6049		multi	-	-	2362
	multi	-	-	6124		multi	-	-	11020
pila b	multi	-	-	6782	pila b	multi	-	-	11770
	fisso	3408	772	6112		fisso	10408	6475	2424
	fisso	3403	772	6195		fisso	10351	5761	2431
	multi	-	-	6472		multi	-	-	11763

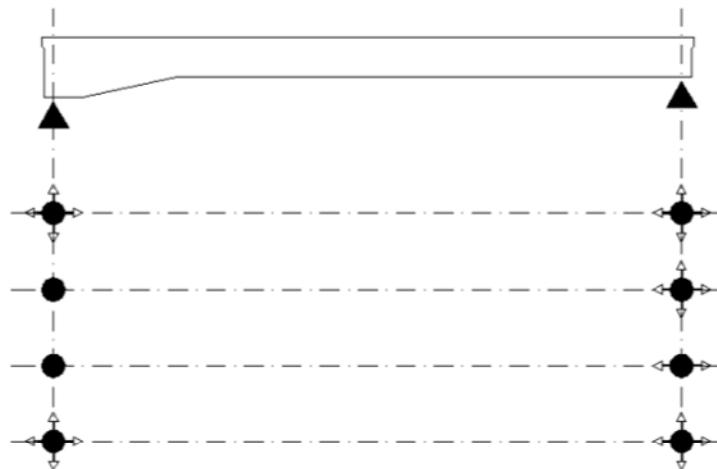


Fig. 117 – Schema di vincolo – caso 2

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 109 di 180

10.13 ESCURSIONE LONGITUDINALE, GIUNTI E VARCHI

Per la definizione dei varchi si rimanda alla relazione di calcolo IF2801EZZCLVI0000001A.

Si riassumono di seguito i risultati per ciascun viadotto:

- $E_{L,min}$ = escursione longitudinale minima definita dalla normativa
- $E_{C,min}$ = corsa minima degli apparecchi d'appoggio definita dalla normativa
- E_C = corsa degli apparecchi d'appoggio
- $E_{G,min}$ = escursione minima dei giunti definita dalla normativa
- E_G = escursione dei giunti
- E_V = ampiezza dei varchi
- E_R = distanza del ritegno longitudinale

VI01	L ponte	Appoggio	$E_{L,min}$	E_V	E_R	$E_{G,min}$	E_G	$E_{C,min}$	E_C
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
P12	cap	-	-	200	-	145	225	-	-
	45	Mobile	270		190			170	300
P13	65	Fisso	-	250	5±2	175	300	-	-
		Mobile	325		240			205	300
P14	45	Fisso	-	200	5±2	145	225	-	-
		Mobile	270		190			170	300
P15	cap	Fisso	-	200	5±2	140	225	-	-
		-	-		-			-	-

VI02	L ponte	Appoggio	$E_{L,min}$	E_V	E_R	$E_{G,min}$	E_G	$E_{C,min}$	E_C
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
P01	cap	-	-	200	-	140	225	-	-
	45	Fisso	-		5±2			-	-
P02	65	Mobile	270	200	190	145	225	170	300
		Fisso	-		5±2			-	-
P03	45	Mobile	325	250	240	175	300	205	300
		Fisso	-		5±2			-	-
P04	cap	Mobile	275	200	190	150	225	170	300
		-	-		-			-	-

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.							
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 110 di 180

VI03	L ponte	Appoggio	E _{L,min}	E _V	E _R	E _{G,min}	E _G	E _{C,min}	E _C
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
S01	45	Mobile	270	200	190	145	225	170	300
P01		Fisso	-		5±2			-	-
P02	65	Mobile	420	250	240	220	300	265	300
		Fisso	-		5±2			-	-
P03	65	Mobile	395	250	240	210	300	250	300
		Fisso	-		5±2			-	-
P04	65	Mobile	395	250	240	220	300	250	300
		Fisso	-		5±2			-	-
P05	65	Mobile	420	250	240	175	300	265	300
		Fisso	-		5±2			-	-
P06	65	Mobile	325	200	240	145	225	205	300
		Fisso	-		5±2			-	-
S02	45	Mobile	265	50	190	-	50	170	300
		Fisso	-		5±2			-	-

VI04	L ponte	Appoggio	E _{L,min}	E _V	E _R	E _{G,min}	E _G	E _{C,min}	E _C
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
P03	cap	-	-	200	-	150	225	-	-
	45	Fisso	-		5±2			-	-
P04	65	Mobile	320	200	190	170	225	200	300
		Fisso	-		5±2			-	-
P05	45	Mobile	405	250	240	215	300	255	300
		Fisso	-		5±2			-	-
P06	cap	Mobile	275	200	190	150	225	170	300
		-	-		-			-	-

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 111 di 180

10.14 ANTISOLLEVAMENTO

In condizioni sismiche si rende necessario il dispositivo di antiribaltamento.

Le reazioni verticali calcolate in caso di sisma in corrispondenza della sezione di minor altezza (H trave = 2750 mm) sono le seguenti:

- Reazione totale per peso proprio della carpenteria = 1204 kN
- Reazione totale per peso proprio della soletta = 3274 kN
- Reazione verticale per carichi permanenti = 4581 kN
- Reazione per convogli ferroviari = 0,2 x 3940 = 786 kN
- Reazione verticale totale = 9845 kN

Considerando il baricentro di queste forze, si determina un momento ribaltante pari a:

- peso proprio della carpenteria = 1204 x 1,0 = 1204 kNm
- peso proprio della soletta = 3274 x 3 = 9822 kNm
- carichi permanenti = 4581 x 3,5 = 16034 kNm
- convogli ferroviari = 786 x 4 kN = 3143 kNm
- momento ribaltante totale = 34733 kNm
- momento stabilizzante totale = 9845 / (8,4/2) = 41348 kNm

Considerando un coefficiente di sicurezza antiribaltamento di 1,25, è necessario garantire un momento stabilizzante di 43416 kNm. Pertanto il dispositivo anti-sollevamento deve fornire un momento stabilizzante di 43416 – 41348 = 2068 kNm, che corrisponde ad una forza di sollevamento di 308 kN.

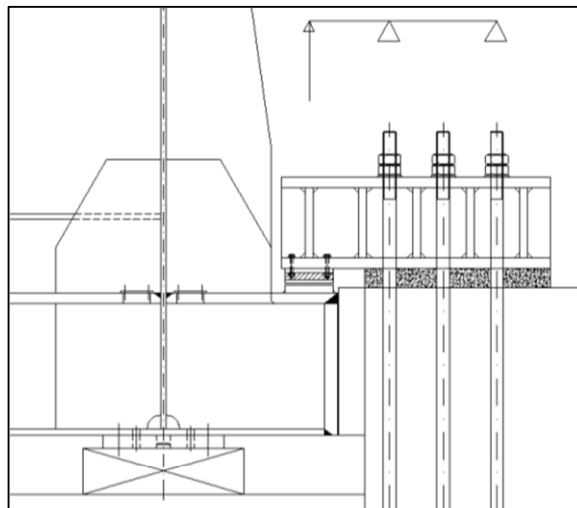


Fig. 118 – Sistema antisollevamento

La forza di sollevamento è ripresa tramite un composto saldato posto nella parte più esterna del cassone e rappresenta una sollecitazione tagliante per il composto saldato costituito da 2HEM300. Pertanto risulta:

$$V = 308 \text{ kN}$$

$$A = 2 \times 30310 = 60620 \text{ mm}^2$$

La tensione risulta pertanto $\tau = V / A = 5 \text{ MPa} < 345 / 3^{0,5} / 1,05 = 190 \text{ MPa} \rightarrow \Delta = 0,03$ verifica soddisfatta

La trazione sulle barre si determina tramite uno schema di trave in semplice appoggio caricata all'estremità dello sbalzo con una forza $V = 308 \text{ kN}$, pertanto la forza di trazione sulle barre risulta di 539kN. Tale forza divisa per 3

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 112 di 180

barre M48, determina una trazione di 180 kN per barra che corrisponde ad una tensione di $180 \times 1000 / 1377 = 130 \text{ MPa} < 355 \text{ MPa}$.

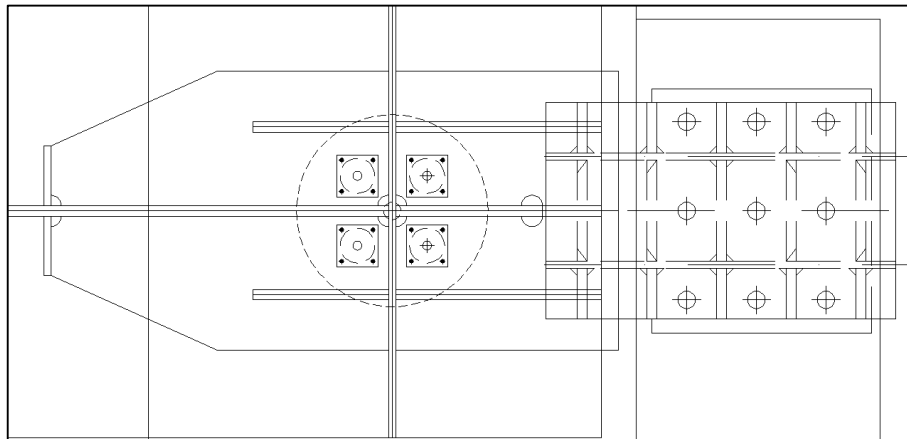


Fig. 119 – Sistema anti-sollevamento - pianta

In corrispondenza della sezione opposta ($H \text{ trave} = 4150 \text{ mm}$), risulta:

- Reazione totale per peso proprio della carpenteria = 1336 kN
- Reazione totale per peso proprio della soletta = 3280 kN
- Reazione verticale per carichi permanenti = 4585 kN
- Reazione per convogli ferroviari = $0,2 \times 3940 = 788 \text{ kN}$
- Reazione verticale totale = 9989 kN

Considerando il baricentro di queste forze, si determina un momento ribaltante pari a:

- peso proprio della carpenteria = $1336 \times 1,6 = 2138 \text{ kNm}$
- peso proprio della soletta = $3280 \times 4,4 = 14432 \text{ kNm}$
- carichi permanenti = $4585 \times 4,9 = 22467 \text{ kNm}$
- convogli ferroviari = $786 \times 4 \text{ kN} = 3143 \text{ kNm}$
- momento ribaltante totale = 49785 kNm
- momento stabilizzante totale = $9989 / (8,4/2) = 41954 \text{ kNm}$

Considerando un coefficiente di sicurezza antiribaltamento di 1,25, è necessario garantire un momento stabilizzante di 62231 kNm. Pertanto il dispositivo anti-sollevamento deve fornire un momento stabilizzante di $62231 - 41954 = 20277 \text{ kNm}$, che corrisponde ad una forza di sollevamento di 3017 kN.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 113 di 180
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

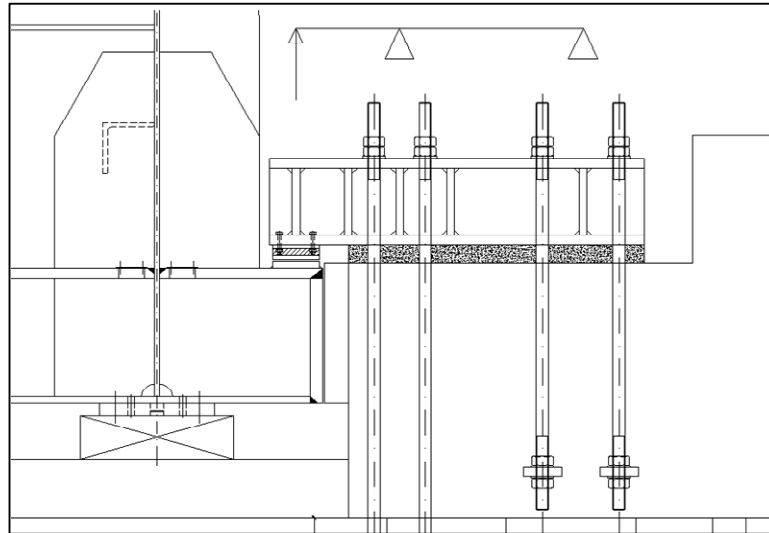


Fig. 120 – Sistema antisollevamento

La forza di sollevamento è ripresa tramite un composto saldato posto nella parte più esterna del cassone e rappresenta una sollecitazione tagliante per il composto saldato costituito da 2HEM300. Pertanto risulta:

$$V = 3017 \text{ kN}$$

$$A = 2 \times 30310 = 60620 \text{ mm}^2$$

La tensione risulta pertanto $\tau = V / A = 50 \text{ MPa} < 345 / 3^{0.5} / 1,05 = 190 \text{ MPa} \rightarrow \Delta = 0,26$ verifica soddisfatta

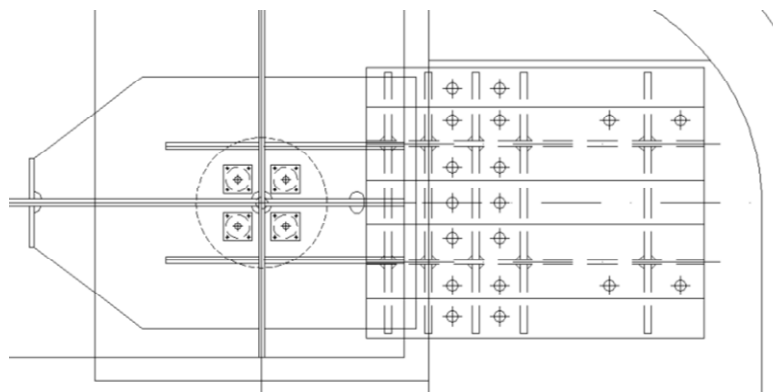


Fig. 121 – Sistema antisollevamento - pianta

La trazione sulle barre si determina tramite uno schema di trave in semplice appoggio caricata all'estremità dello sbalzo con una forza $V = 3017 \text{ kN}$, pertanto la forza di trazione sulle barre risulta di 4714 kN . Tale forza divisa per 14 barre M48, determina una trazione di 336 kN per barra che corrisponde ad una tensione di $336 \times 1000 / 1377 = 245 \text{ MPa} < 355 \text{ MPa}$.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 114 di 180

10.15 RITEGNI SISMICI LONGITUDINALI E TRASVERSALI

I ritegni sismici trasversali e longitudinali sono realizzati tramite elementi in carpenteria saldati o bullonati al cassone.

10.15.1 Ritegno sismico trasversale

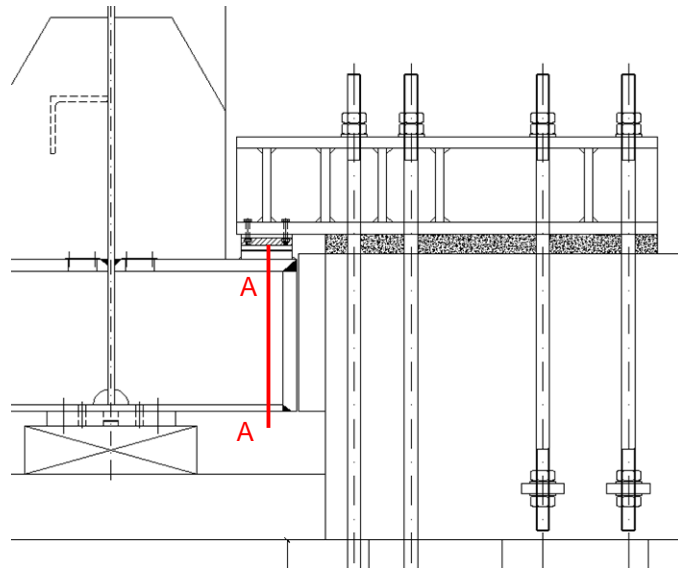


Fig. 122 – Ritegno sismico laterale

Il ritegno sismico laterale è realizzato tramite un elemento in carpenteria metallica saldato al cassone.

Il ritegno è di tipo unidirezionale in quanto lavora solamente a compressione, in battuta sulla pila. La forza trasversale massima agente risulta pari a 12395 kN, come si evince dalle reazioni vincolari riportate al § 10.12.

Si verifica la tensione di compressione presente nella sezione A-A di carpenteria metallica indicata in Fig. 122

- N° 3 Piatti verticali: Altezza $H = 450$ mm; Spessore $t = 30$ mm
- Area totale = $3 \times 450 \times 30 = 40500$ mm²
- Compressione $\sigma = 12395 \times 1000 / 40500 = 306$ MPa < $345/1,05 = 328$ MPa $\rightarrow \Delta = 0,93$

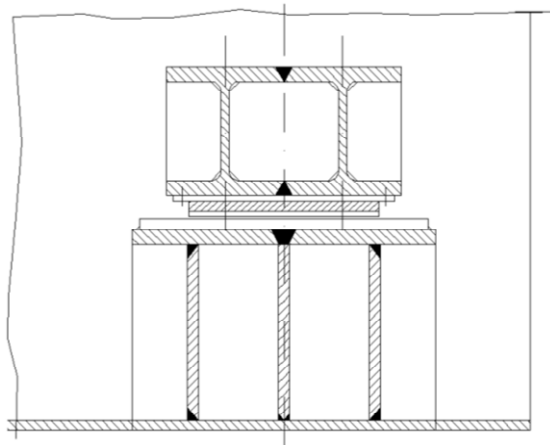


Fig. 123 – Ritegno sismico laterale – sezione A-A

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 115 di 180
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

10.15.2 Ritegno sismico longitudinale

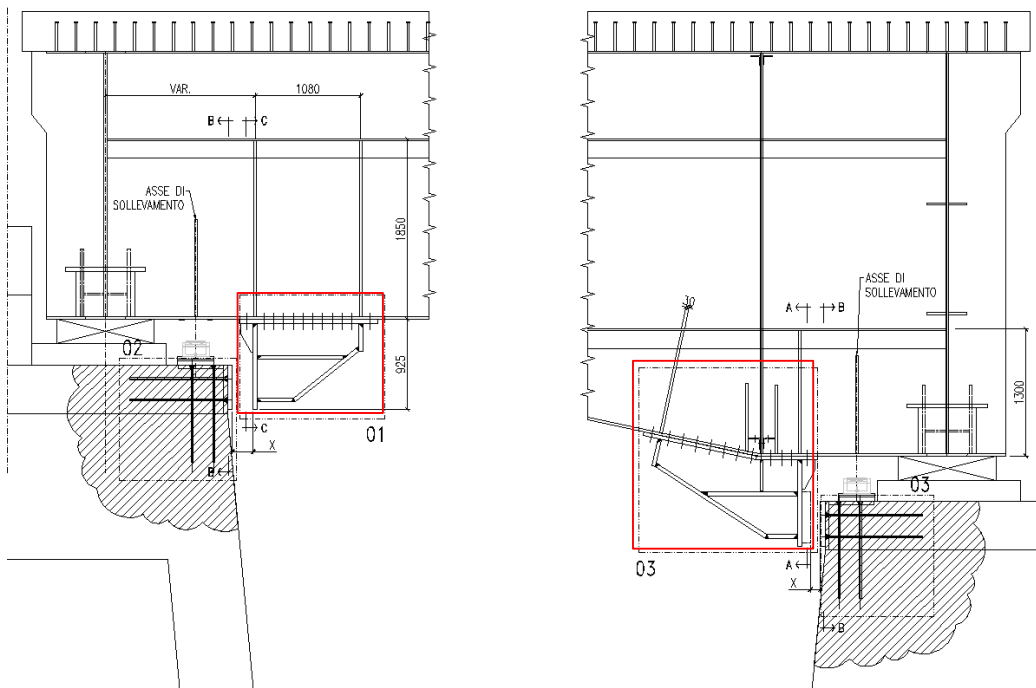


Fig. 124 – Ritegno sismico longitudinale

Il ritegno sismico longitudinale è costituito da quattro composti saldati bullonati alla piattabanda inferiore del cassone in corrispondenza delle quattro anime dell'impalcato.

La forza sismica longitudinale totale è pari a 20883 kN, come indicato nelle tabelle al §10.12; pertanto la forza che agisce su ciascun dispositivo risulta pari a $20883 / 4 = 5220$ kN.

Nel calcolo si assume, a favore di sicurezza, un'eccentricità del piatto di battuta di 675 mm rispetto alla sezione bullonata

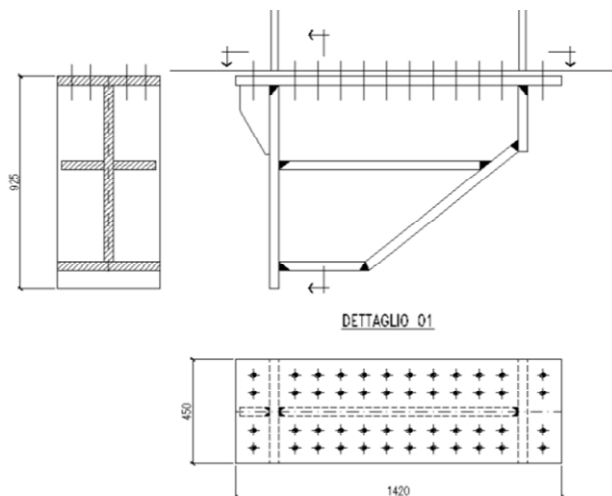


Fig. 125 – Ritegno sismico longitudinale – dettaglio 01

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E Z Z CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 116 di 180
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

Per la verifica della sezione di attacco del composto metallico alla flangia, si considera il profilo del ritegno sismico con altezza minore (dettaglio_01 in Fig. 124). La sezione resistente è costituita da una sezione a doppio T di altezza totale 1120 mm con piattabanda 450mm x 40 mm e anima di spessore 40mm.

La sezione è soggetta a taglio e flessione, per cui la verifica risulta:

- $M = 5220 \times (0,675 - 0,04) = 3315 \text{ kNm}$
- $J = 1,43 \times 10^{10} \text{ mm}^4$
- $W = 2,54 \times 10^7 \text{ mm}^3$
- $\sigma = M/W = 205,1 \text{ MPa}$
- $\tau_{\text{max}} = 88 \text{ MPa}$
- $\tau_{\text{a-p}} = 56,6 \text{ MPa}$
- $\sigma_{\text{id}} = 214,1 \text{ MPa} < 345 / 1,05 = 329 \text{ MPa} \rightarrow \Delta = 0,65 \text{ verificato}$

Per la verifica della flangia del dettaglio 01 si considera:

- N° bulloni = 48 M27 cl.10.9
- Precarico bulloni $F_{p,c} = 171 \text{ kN}$ (come da tabella materiali)
- $M = 5220 \times 0,675 = 3445 \text{ kNm}$

Il collegamento è realizzato tramite bulloni M27 cl.10.9. Come previsto dalla normativa ferroviaria si considera una riduzione della resistenza del 15% nel calcolo del giunto.

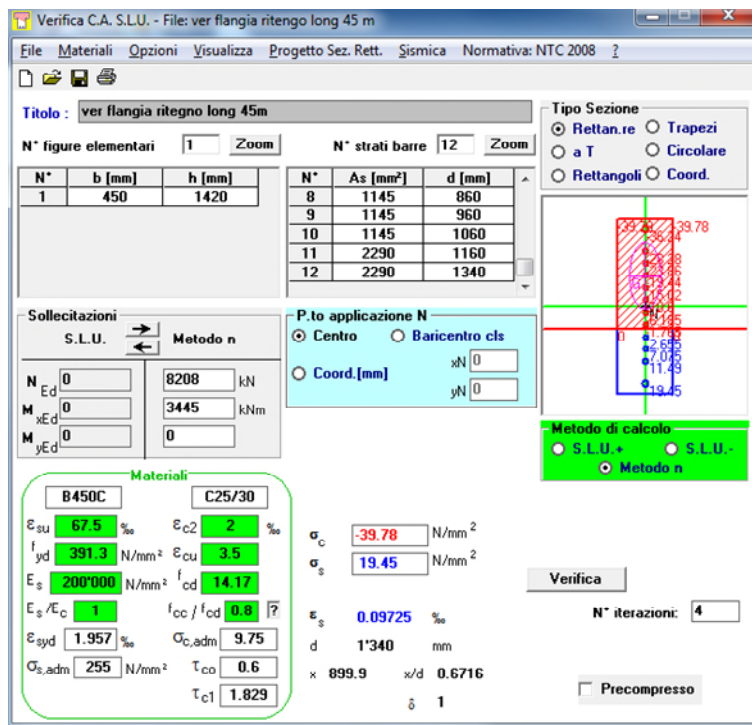


Fig. 126 – Verifica della flangia precaricata dettaglio 01

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 117 di 180

La massima tensione nei bulloni è pari a 19,45 N/mm², che corrisponde ad una forza di trazione di 11,2 kN. Sommando questa forza al precarico del bullone (171 kN) si determina la forza assiale nel gambo del bullone che risulta pari a 11,2+171 = 182,2 kN. Tale valore è inferiore alla resistenza a trazione del bullone 10.9 calcolata da normativa e ridotta del 15% come prescritto dalla normativa ferroviaria. Risultato:

$$F_{t,Rd} = (1 - 0,15) 0,9 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2} = 0,85 \times 0,9 \times 1000 \times 459 / 1,25 = 281 \text{ kN} > 182,2 \text{ kN} \rightarrow \Delta = 0,65$$

La forza tagliante su ciascun bullone è pari a 5220 / 48 = 109 kN, inferiore alla resistenza a taglio di un bullone M27 cl.10.9 ridotta del 15%:

$$F_{v,Rd} = (1 - 0,15) 0,6 f_{tb} A / \gamma_{M2} = 0,85 \times 0,6 \times 1000 \times 573 / 1,25 = 234 \text{ kN} > 109 \text{ kN} \rightarrow \Delta = 0,47$$

Combinando la trazione ed il taglio sui bulloni, la verifica risulta:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} = \frac{109}{234} + \frac{182}{1,4 \cdot 281} = 0,47 + 0,46 = 0,93 \leq 1,0 \rightarrow \text{verificato}$$

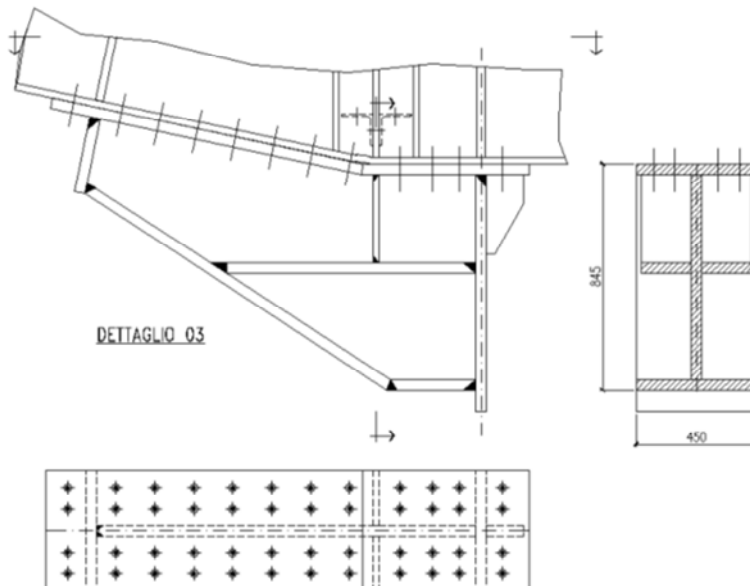


Fig. 127 – Ritegno sismico longitudinale - dettaglio 03

Per la verifica della flangia del dettaglio 03 si considera:

- N° bulloni = 48 M27 cl.10.9
- Precarico bulloni $F_{p,c} = 171 \text{ kN}$ (come da tabella materiali)
- $M = 5220 \times 0,675 = 3445 \text{ kNm}$

Il collegamento è realizzato tramite bulloni M27 cl.10.9. Come previsto dalla normativa ferroviaria si considera una riduzione della resistenza del 15% nel calcolo del giunto, trattandosi di una condizione di carico eccezionale (sismica).

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 118 di 180
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

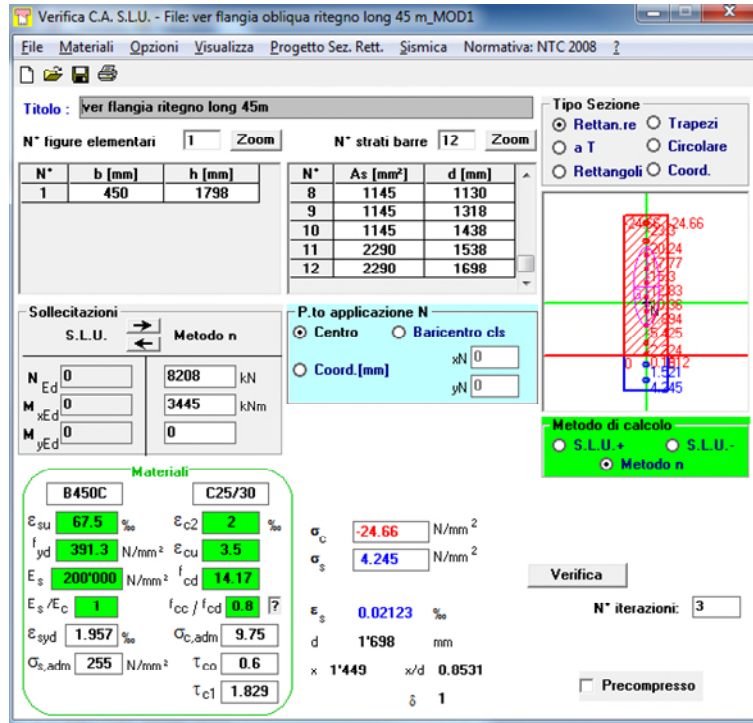


Fig. 128 – Verifica della flangia precaricata dettaglio 03

La massima tensione nei bulloni è pari a 4,2 N/mm², che corrisponde ad una forza di trazione di 2,4 kN. Sommando questa forza al precarico del bullone (171 kN) si determina la forza assiale nel gambo del bullone che risulta pari a 2,4+171 = 173,4 kN. Tale valore è inferiore alla resistenza a trazione del bullone 10.9 calcolata da normativa e ridotta del 15% come prescritto dalla normativa ferroviaria. Risultata:

$$F_{t,Rd} = (1 - 0,15) 0,9 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2} = 0,85 \times 0,9 \times 1000 \times 459 / 1,25 = 281 \text{ kN} > 173,4 \text{ kN} \rightarrow \Delta = 0,62$$

La forza tagliante su ciascun bullone è pari a 5220 / 48 = 109 kN, inferiore alla resistenza a taglio di un bullone M27 cl.10.9 ridotta del 15%:

$$F_{v,Rd} = (1 - 0,15) 0,6 f_{tb} A / \gamma_{M2} = 0,85 \times 0,6 \times 1000 \times 573 / 1,25 = 234 \text{ kN} > 109 \text{ kN} \rightarrow \Delta = 0,47$$

Combinando la trazione ed il taglio sui bulloni, la verifica risulta:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} = \frac{109}{234} + \frac{173,4}{1,4 \cdot 281} = 0,47 + 0,44 = 0,91 \leq 1,0 \rightarrow \text{verificato}$$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 119 di 180
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

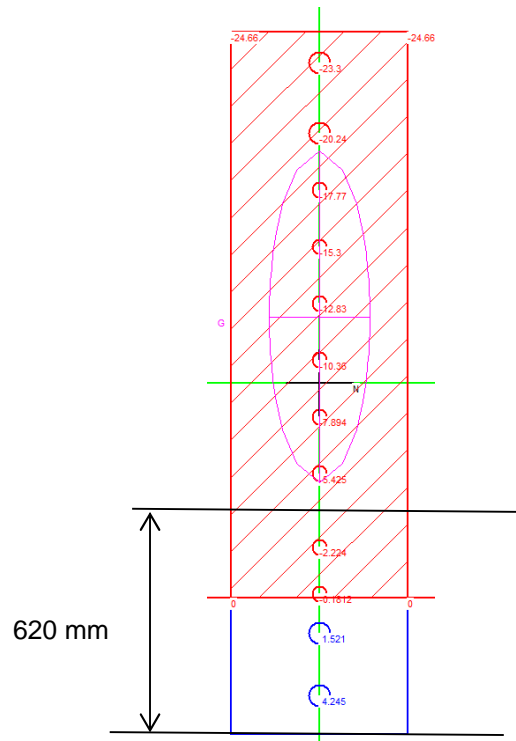


Fig. 129 – Verifica della flangia precaricata dettaglio 03

Scomponendo la forza di taglio (5220 kN) nella parte inclinata della piattabanda inferiore del cassone si ottiene una forza di trazione sulla bullonatura pari a 1085 kN (Fig. 130). Questa forza corrisponde ad una decompressione della flangia pari a:

$$\sigma = N/A = 1085\text{kN} / (1178 \times 450\text{mm}^2) = + 2 \text{ MPa}$$

Sommando questa tensione di trazione con la compressione minima nella flangia, calcolata in corrispondenza della piega della piattabanda inferiore del cassone $\sigma = - (5,4+2,2) / 2 = -3,8 \text{ MPa}$ (Fig. 129), si ottiene una compressione totale di $- 3,8 + 2 = - 1,8 \text{ MPa}$. Pertanto la flangia rimane sempre compressa.

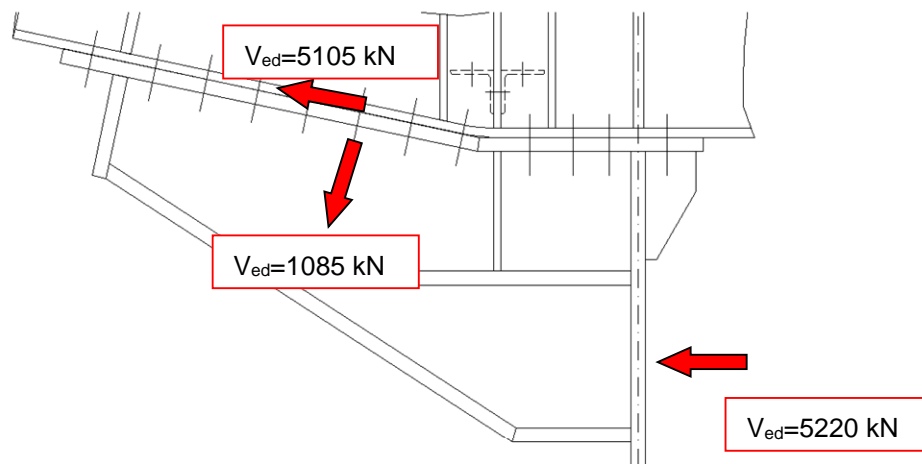


Fig. 130 – Scomposizione delle forze nella flangia

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 120 di 180
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

Si verifica lo spessore della flangia per il dettaglio 01 calcolando il massimo sforzo di trazione sui bulloni, dovuto al solo momento flettente (Fig. 131).

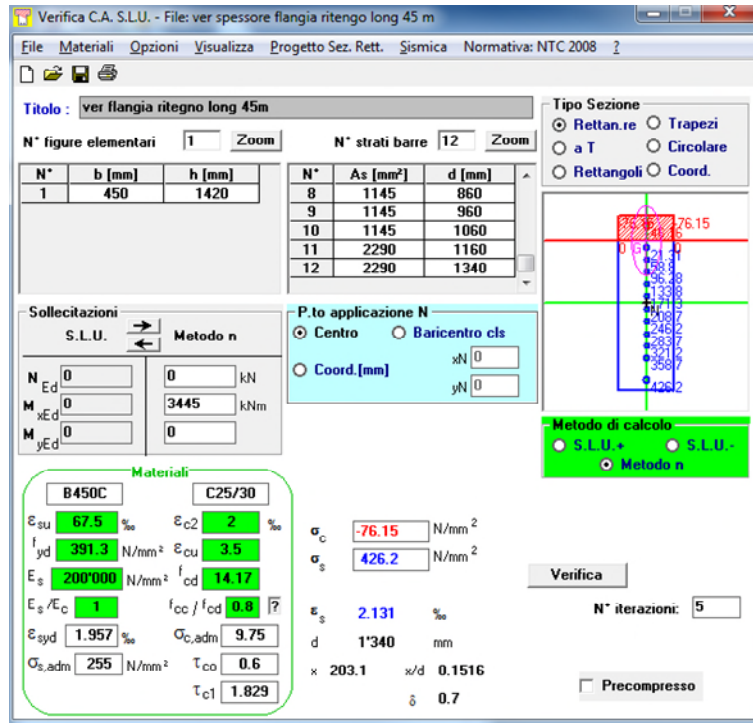


Fig. 131 – Verifica dello spessore della flangia

Il massimo sforzo di trazione sui bulloni è pari a:

$$F_{t,Ed} = \sigma_{t,Ed} \times A = 426 \times 572 = 243 \text{ kN}$$

La distanza del bullone maggiormente sollecitato dalla piattabanda del doppio T è di 70 mm pertanto il momento flettente risulta di: $243 \times 4 \times 0,07 = 68,2 \text{ kNm}$.

La tensione nella flangia risulta pertanto di:

$$\sigma_{Ed} = M / W_{pl} = 68,2 \times 10^6 / (3 \times 10^8 / 252) = 58 \text{ MPa} < 345/1,05 = 328 \text{ MPa} \quad \rightarrow \Delta = 0,17 \text{ verificato}$$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 121 di 180

11 IMPALCATO: EFFETTI LOCALI

La soletta è costituita da lastre predalle e da un getto in calcestruzzo di spessore variabile.

La soletta è armata trasversalmente con due strati di barre $\phi 20/20$ (sia superiori che inferiori). Nelle zone in appoggio sulle travi di bordo sono previste ulteriori barre superiori $\phi 20/20$ per rinforzare la parte tesa a sbalzo. L'armatura longitudinale è costituita da barre $\phi 14/20$.

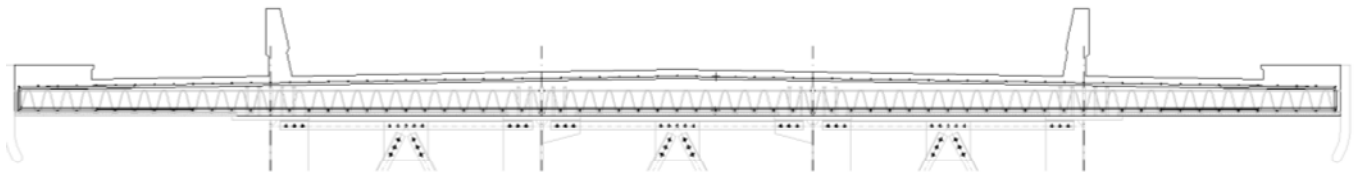


Fig. 132 – Sezione trasversale della soletta

Si rimanda ai disegni di progetto per ulteriori dettagli.

Nelle verifiche della soletta è stato trascurato, a favore di sicurezza, il suo contributo nel caso di momento positivo (campata) .

11.1 VERIFICA DELLA SOLETTA

Nei paragrafi seguenti si descrivono i modelli di carico, l'analisi dei carichi e le verifiche di resistenza effettuate nelle sezioni maggiormente sollecitate.

11.1.1 MODELLO DI CALCOLO

Lo schema statico della soletta in fase di esercizio è quello di trave continua su 4 appoggi con sbalzi laterali. Tramite il software SAP2000 si crea il modello ad elementi finiti rappresentante la soletta tramite elementi beam di altezza variabile e larghezza pari a 1 m.

Nel modello vengono applicati i carichi agli elementi beam, come descritto nei paragrafi seguenti.

11.1.2 ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti strutturali (dead)

Il peso proprio del getto di calcestruzzo non viene considerato nella verifica della soletta in quanto è un carico portato dalle lastre predalle e dai tralicci di armatura.

Carichi permanenti non strutturali (g2)

Si considerano i seguenti carichi permanenti portati in 1 m di larghezza di soletta:

- Ballast (sp=0.8 m) su una lunghezza di 8.2 m: $18 \text{ kN/m}^3 \times 0,80 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 14,4 \text{ kN/m}$
- Barriere antirumore (h=4m) a distanza 0.15 m dal bordo: $2 \times (4 \times 4) = 2 \times 16 \text{ kN}$
- Cavidotti e impianti a 0.2m dall'asse trave: $2 \times 11,20 \text{ kN}$
- Velette sul bordo: $2 \times 1,50 \text{ kN}$
- Cordoli laterali (20 cm x 82 cm): $2 \times (25 \text{ kN/m}^3 \times 0,2 \times 0,82) = 2 \times 4,1 \text{ kN}$
- Massetto (sp. 5cm) su una lunghezza di 1.83 m: $25 \text{ kN/m}^3 \times 0,05 \text{ m} = 1,25 \text{ kN/m}$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo		IF28	01	E ZZ CL	VI0009 001	B	122 di 180

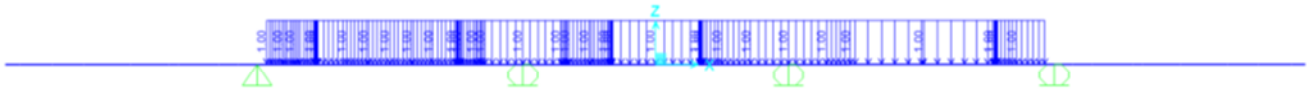


Fig. 133 – Modello di calcolo: ballast



Fig. 134 – Modello di calcolo: barriere antirumore



Fig. 135 – Modello di calcolo: cavidotti



Fig. 136 – Modello di calcolo: velette



Fig. 137 – Modello di calcolo: cordoli



Fig. 138 – Modello di calcolo: massetto

Carichi viaggianti

I carichi viaggianti si ripartiscono tramite diffusione all'interno dello spessore del ballast e dello spessore della soletta: a partire dalla base dalle traversine 240x20 con interasse di 60 cm, si considera una diffusione con inclinazione 1:4 all'interno dello strato di ballast e con inclinazione di 1:1 all'interno della soletta, fino al piano medio della soletta. Si ottengono pertanto le seguenti lunghezze di ripartizione:

- Longitudinalmente: 1,40 m (L_long);
- Trasversalmente: 3,10 m (L_trasv).

Il modello di carico LM71 (Q1_LM71) è costituito da 4 forze concentrate di 250 kN che vengono ripartite su un'area di 3,1 x 1,4 m². Risulta pertanto una pressione pari a:

$$q_{1_LM71} = F \times \alpha \times \phi_3 / (3,10 \times 1,40) = 97 \text{ kN/m}^2$$

dove:

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 123 di 180

- F = 250 kN (carico assiale relativo al treno LM71)
- A = 1,1
- $\phi_3 = 1,53$

Avendo quindi considerato una sezione larga 1 m, si applicherà un carico distribuito di 97 kN/m su 3,10 m a partire dall'asse del binario (Fig. 139).

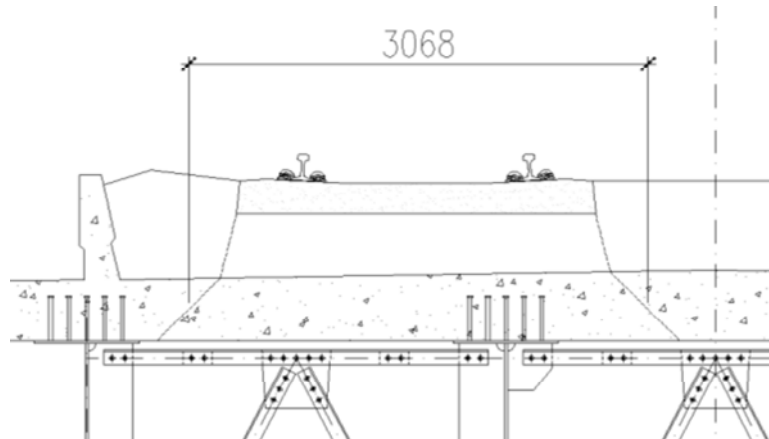


Fig. 139 – Ripartizione del carico

Il modello di carico SW2 (Q1_SW/2) è costituito da una distribuzione uniforme del carico che viene ripartita su una larghezza di 3,10m, ottenendo pertanto una pressione di:

$$q_{1_SW/2} = q \times \phi_3 / (3,10) = 74,1 \text{ kN/m}^2$$

dove:

- q = 150 kN/m (carico assiale distribuito relativo al treno SW/2)
- $\phi_3 = 1,53$

Avendo quindi considerato una sezione larga 1 m, si applicherà un carico distribuito di 74,1 kN/m su 3,10 m di larghezza.

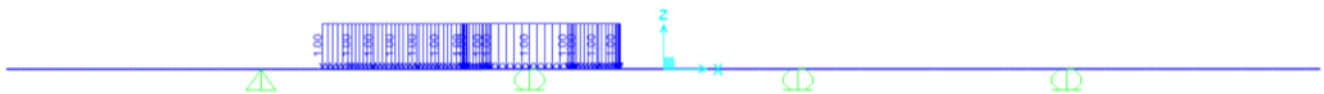


Fig. 140 – Modello di calcolo: treno LM71

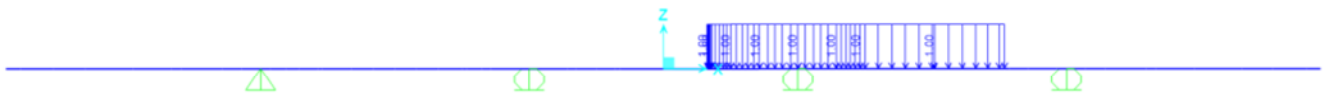


Fig. 141 – Modello di calcolo: treno SW2

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 124 di 180

Forza centrifuga

L'effetto della forza centrifuga su un carico viaggiante che sta percorrendo una curva si traduce in una modifica della pressione esercitata sulla struttura sottostante che da uniforme diviene trapezia con valori più elevati sul lato esterno della curva.

Per il modello di carico LM71, la forza centrifuga si calcola come (q_4_{LM71}):

- $q_v = 250 / 1,40 = 178,5$ kN/m (carico verticale viaggiante al metro)
- $q_t = c \times q_v = 0,129 \times 178,5 = 23$ kN/m (azione orizzontale centrifuga al metro)

dove:

$c = (V^2) / (127 \times R) \times f = 0,129$ per treno LM71, con $V = 200$ Km/h, $R = 1550$ m (caso b nell'analisi dei carichi)

La forza q_t applicata secondo normativa ad 1,8 m al di sopra del P.F., presenta un braccio rispetto al piano medio della soletta $b = 2,835$ m e quindi il momento torcente sulla soletta risulta pari a:

$$M_{torc} = q_t \times b = 23 (1,8 + 0,8 + 0,235) = 65,2 \text{ kNm/m}$$

Tale momento torcente si traduce in una distribuzione di tensioni triangolare applicata su 3,10 m, variabile linearmente tra $-42,1$ kN/m e $+42,1$ kN/m.

Per il modello di carico SW2, la forza centrifuga ($q_4_{SW/2}$) si calcola come:

- $q_v = 150 / 1,40 = 107,2$ kN/m (carico verticale viaggiante al metro)
- $q_t = c \times q_v = 0,051 \times 107,2 = 5,44$ kN/m (azione orizzontale centrifuga al metro)

dove:

$c = (V^2) / (127 \times R) \times f = 0,051$ per treno SW/2, con $V = 100$ Km/h, $R = 1550$ m

La forza q_t applicata secondo normativa ad 1,8 m al di sopra del P.F., presenta un braccio rispetto al piano medio della soletta $b = 2,835$ m e quindi il momento torcente sulla soletta risulta pari a:

$$M_{torc} = q_t \times b = 5,44 \times (1,8 + 0,8 + 0,235) = 15,4 \text{ kNm/m}$$

Analogamente al caso precedente, il momento torcente si traduce in una distribuzione di tensioni triangolare applicata su 3,10 m variabile linearmente tra -10 kN/m e 10 kN/m.

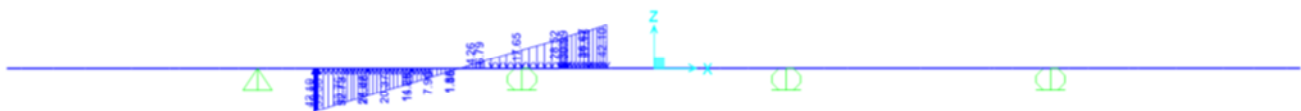


Fig. 142 – Modello di calcolo: forza centrifuga treno LM71

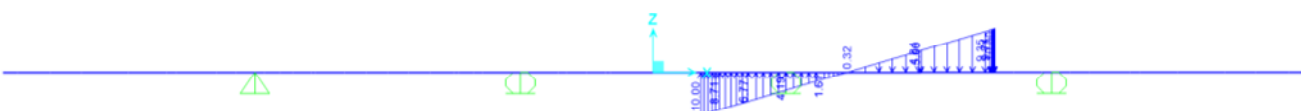


Fig. 143 – Modello di calcolo: forza centrifuga treno SW2

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 125 di 180

Carico variabile sui marciapiedi

Per la verifica della sezione della soletta si applica un carico di folla pari a 10 kN/m. Come indicato nella normativa, tale carico non è considerato contemporaneamente ai convogli ferroviari.

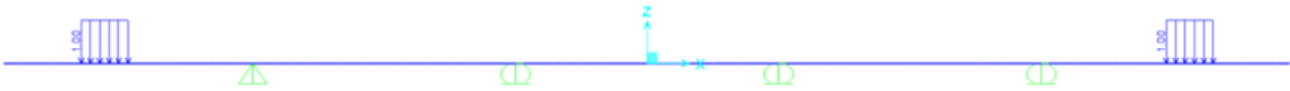


Fig. 144 – Modello di calcolo: folla

Serpeggio

Il serpeggio si considera in modo analogo a quanto descritto per la forza centrifuga. L'azione trasversale concentrata di 100 kN viene distribuita su una lunghezza di 3m, ottenendo:

$$q_s = F_s / 3 = 100 / 3 = 33,3 \text{ kN/m (azione orizzontale centrifuga al metro)}$$

Come indicato nella normativa, la forza di serpeggio è applicata alla rotaia, pertanto il braccio della forza rispetto al piano medio della soletta è di 1,15 m; si ottiene un momento torcente sulla soletta pari a:

$$M_{\text{torc}} = q_s \times b = 33,3 \times 1.15 = 38,3 \text{ kNm/m}$$

Tale momento torcente si traduce in una distribuzione di tensioni triangolare applicata su 3,10 m variabile linearmente tra -24,7 kN/m e 24,7 kN/m.

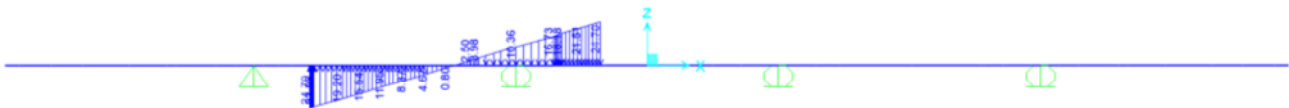


Fig. 145 – Modello di calcolo: serpeggio treno LM71

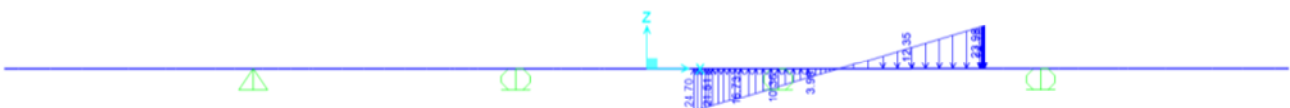


Fig. 146 – Modello di calcolo: serpeggio treno SW2

VENTO (Q6)

Per quanto riguarda il vento, si distingue l'azione esercitata sulle barriere da quella esercitata sul convoglio.

Il vento sulle barriere (Q6_BARRIERE) si calcola considerando un'altezza delle barriere di 5,2 m ed una pressione di 2,5 kN/m² (come indicato nella documentazione ricevuta). Si ottiene un carico uniformemente distribuito pari a:

$$q_{\text{barr}} = q_{v,1} \times 5,2 = 2,5 \times 5,2 = 13 \text{ kN/m}$$

Tale carico è applicato ad una distanza di $5,2 / 2 + 0,3 = 2,9$ m dal piano medio della soletta, pertanto il momento applicato alla soletta risulta:

$$M_{\text{barr}} = q_{\text{barr}} \times b = 13 \times 2,9 = 37,7 \text{ kNm/m}$$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 126 di 180

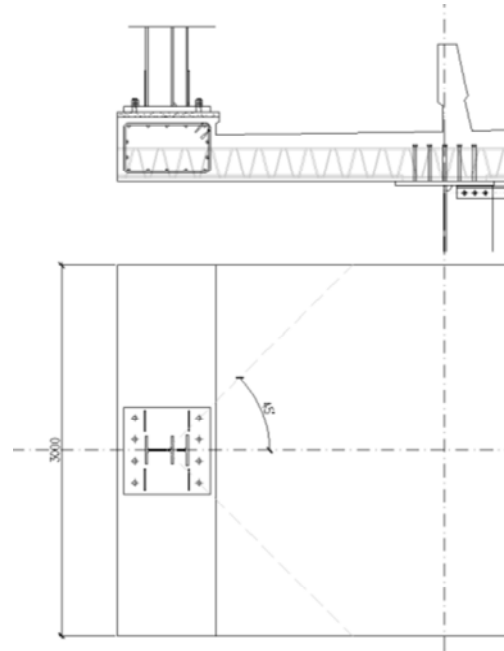


Fig. 147 – Barriera antirumore: diffusione del carico nella soletta

Considerando che:

- i montanti delle barriere antirumore hanno passo 3m
- il carico derivante dalle barriere antirumore si diffonde all'interno della soletta (Fig. 147) interessando una sezione larga più di 3 metri in corrispondenza dell'asse dell'anima della trave di bordo;
- la larghezza della sezione di calcestruzzo considerata nel modello di calcolo è pari a 1m

si applica al modello di calcolo un carico pari ad 1/3 del totale, ossia di 37,7 kNm..

L'effetto del vento su un convoglio (Q6_TRENO) si calcola in modo analogo a quanto descritto per l'azione centrifuga. Considerando un'altezza di 4 metri dal piano del ferro, il carico uniforme risulta:

$$q_{\text{treno}} = q_{v,1} \times 4,00 = 2,39 \times 4 = 9,56 \text{ kN/m (dove } q_{v,1} \text{ è la pressione del vento calcolata al §8.11)}$$

Tale azione si applica ad un'altezza di 2m dal piano del ferro e pertanto il braccio totale, rispetto al piano medio della soletta, risulta di 3,05m. Il momento torcente risulta:

$$M_{\text{torc}} = q_{\text{treno}} \times b = 9,56 \times 3,05 = 29,2 \text{ kNm/m}$$

Il momento torcente si traduce in una distribuzione di tensioni triangolare applicata su 3,10 m variabile linearmente tra -18,8 kN/m e 18,8 kN/m.

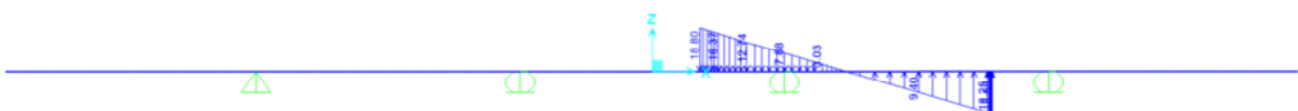


Fig. 148 – Modello di calcolo: vento su convoglio

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 127 di 180

DERAGLIAMENTO

Si riportano di seguito le posizioni del carico relativamente ai due casi di deragliamento indicati nelle Norme Ferroviarie.

Tali posizioni sono state definite in maniera da determinare, per le diverse sollecitazioni, la condizione più gravosa a seconda della sezione di calcestruzzo considerata

- caso 1: $q_{svio1} = 60 / 0,45 = 133 \text{ kN/m}$;
- caso 2: $q_{svio2} = 80 \times 1,4 / 0,45 = 249 \text{ kN/m}$.

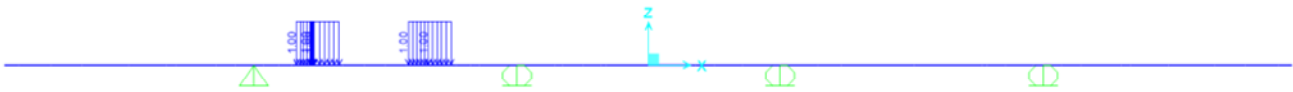


Fig. 149 – Modello di calcolo: deragliamento – caso 1 a

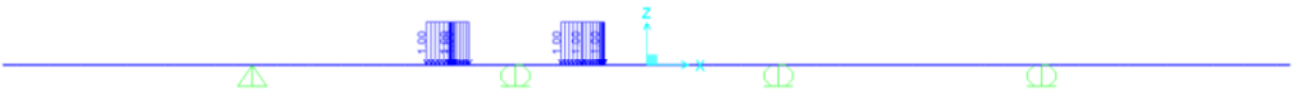


Fig. 150 – Modello di calcolo: deragliamento – caso 1 b

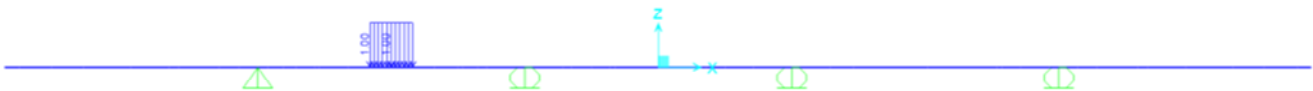


Fig. 151 – Modello di calcolo: deragliamento – caso 2 a

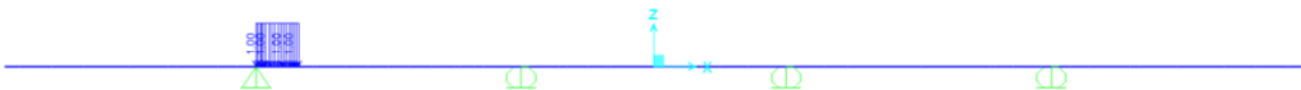


Fig. 152 – Modello di calcolo: deragliamento – caso 2 b

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 130 di 180

11.1.4 VERIFICHE

Si riportano nelle tabelle seguenti, per gli stati limite indicati, le sollecitazioni massime considerate nella verifica delle sezioni della soletta; tali valori sono stati determinati tramite l'involuppo delle sollecitazioni dovute alle combinazioni di carico definite al paragrafo precedente.

SEZIONE A (APPOGGIO)			SEZIONE B (CAMPATA)		
	M (kNm)	TAGLIO (kN)		M (kNm)	TAGLIO (kN)
SLU	-130	188	SLU	107	70
SLE RARA	-86	128	SLE RARA	70	44
SLE FREQ	-75	118	SLE FREQ	62	37
SLE QP	-	-	SLE QP	54	36

SEZIONE C (APPOGGIO)			SEZIONE D (CAMPATA)		
	M (kNm)	TAGLIO (kN)		M (kNm)	TAGLIO (kN)
SLU	-102	248	SLU	39	41
SLE RARA	-69	171	SLE RARA	22	36
SLE FREQ	-67	145	SLE FREQ	18	20
SLE QP	-61	150	SLE QP	-	8

11.1.4.1 SEZIONE A

Dati della sezione:

- Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo $h = 410$ mm
- Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo $b = 1000$ mm
- Copriferro $d' = 60$ mm
- Ricoprimento dell'armatura $c = 80$ mm
- Altezza utile della sezione $d = 350$ mm
- Armatura compressa $5 \phi 20$: $A_s = 1570$ mm²
- Armatura tesa $5+5 \phi 20$: $A_s = 3140$ mm²
- Distanza tra i baricentri delle barre: $s = 200$ mm
- Barre ad aderenza migliorata
- Condizioni ambientali: molto aggressive
- Sollecitazione: Flessione
- Carico di lunga durata
- Coefficiente di omogeneizzazione $n = 15$

Verifica agli Stati Limite Ultimi

Parametri della sollecitazione:

- Momento flettente $M = -130$ kNm
- Taglio = 188 kN

Il momento resistente è di 362 kNm pertanto la verifica è soddisfatta ($\Delta = 0,36$).

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B FOGLIO 131 di 180

Verifica C.A. S.L.U. - File: ver SLU esercizio soletta appoggio sezione A_RC

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo : _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	410	1	3142	80
			2	1571	330

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} -130 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[mm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} -362.6 kNm
σ_c -18.13 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 10.59 ‰
d 330 mm
x 81.95 x/d 0.2483
δ 0.7504

Materiali B450C C32/40 mc
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} 18.13
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 12.25
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
τ_{c1} 2.114

Metodo di calcolo S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n
Tipo flessione Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 mm Col. modello
Precompresso

La resistenza a taglio è definita dalla normativa come:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{s1} / (b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ($\leq 0,02$);

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

Pertanto risulta:

- $\rho = 0,009$
- $K = 1,76$
- $v_{min} = 0,47$
- $V_{Rd,c,min} = 164 \text{ kN}$
- $V_{Rd} = 228,6 \text{ kN} > V_{Ed} = 188 \text{ kN} \rightarrow$ verifica soddisfatta ($\Delta = 0,82$)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 132 di 180

Verifica agli Stati Limite di esercizio – tensioni

I valori massimi di tensione ammessi nel calcestruzzo dalla normativa ferroviaria in fase di esercizio sono i seguenti:

- per combinazione di carico caratteristica (rara): $0,55 f_{ck}$
- per combinazione di carico quasi permanente: $0,40 f_{ck}$

I valori massimi di trazione ammessi nell'acciaio, per armature ordinarie, per la combinazione di carico caratteristica (rara) sono pari a $0,75 f_{yk}$.

Le tensioni calcolate nella sezione in esame risultano:

- combinazione di carico caratteristica (rara): $\sigma_c = 5,4 \text{ MPa} < 18,3 \text{ MPa} \rightarrow (\Delta = 0,29)$
- combinazione di carico caratteristica (rara): $\sigma_s = 86,5 \text{ MPa} < 337,5 \text{ MPa} \rightarrow (\Delta = 0,26)$
- combinazione di carico quasi permanente: $\sigma_c = 0 \text{ MPa} < 13,3 \text{ MPa} \rightarrow (\Delta = 0,0)$

Verifica agli Stati Limite di esercizio – fessurazione

Si prendono in considerazione le seguenti combinazioni:

- combinazioni quasi permanenti;
- combinazioni frequenti.

Considerando condizioni ambientali molto aggressive e in presenza di armatura poco sensibile, l'apertura di fessure massima ammessa dalla normativa è di $w_1=0,2 \text{ mm}$.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 133 di 180

Fattore dipendente dalla durata del carico	α_e	15.000
	k_t	0.400
	k_1	0.800
	k_2	0.500
	k_3	3.400
	k_4	0.425

Combinazione di carico frequente

Posizione dell'asse neutro dal lembo compresso	x	9.44
Tensione nell'arma. tesa valutata considerando la sezione fessurata	σ_s [N/mm ²]	75.4
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	10.5
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	1052.1
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ_{eff}	0.030
Deformazione unitaria media delle barre	ϵ_{sm}	0.000
Distanza massima tra le fessure:	Δ_{smax}	38.59
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.0087
	w_l	0.0200
	Δ	0.44

Combinazione di carico quasi permanente

Posizione dell'asse neutro dal lembo compresso	x	0.00
Tensione nell'arm. tesa valutata considerando la sezione fessurata	σ_s [N/mm ²]	0.0
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	13.7
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	1366.7
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ_{eff}	0.023
Deformazione unitaria media delle barre	ϵ_{sm}	0.000
Distanza massima tra le fessure:	Δ_{smax}	41.99
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.0000
	w_l	0.0200
	Δ	0.00

Le verifiche di fessurazione sono soddisfatte.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B FOGLIO 134 di 180

11.1.4.2 SEZIONE B

Dati della sezione:

- Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo $h = 380$ mm
- Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo $b = 1000$ mm
- Copriferro $d' = 10$ mm
- Ricoprimento dell'armatura $c = 80$ mm
- Altezza utile della sezione $d = 370$ mm
- Armatura compressa $5 \phi 20$: $A_s = 1570$ mm²
- Armatura tesa $5 \phi 20$: $A_s = 1570$ mm²
- Distanza tra i baricentri delle barre: $s = 200$ mm
- Barre ad aderenza migliorata
- Condizioni ambientali: molto aggressive
- Sollecitazione: Flessione
- Carico di lunga durata
- Coefficiente di omogeneizzazione $n = 15$

Verifica agli Stati Limite Ultimi

Parametri della sollecitazione:

- Momento flettente $M = 107$ kNm
- Taglio = 70 kN

Il momento resistente è di 228 kNm pertanto la verifica è soddisfatta ($\Delta = 0,47$).

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 135 di 180

Verifica agli Stati Limite di esercizio – tensioni

I valori massimi di tensione ammessi nel calcestruzzo dalla normativa ferroviaria in fase di esercizio sono i seguenti:

- per combinazione di carico caratteristica (rara): $0,55 f_{ck}$
- per combinazione di carico quasi permanente: $0,40 f_{ck}$

I valori massimi di trazione ammessi nell'acciaio, per armature ordinarie, per la combinazione di carico caratteristica (rara) sono pari a $0,75 f_{yk}$.

Le tensioni calcolate nella sezione in esame risultano:

- combinazione di carico caratteristica (rara): $\sigma_c = 4,8 \text{ MPa} < 18,3 \text{ MPa} \rightarrow (\Delta = 0,26)$
- combinazione di carico caratteristica (rara): $\sigma_s = 127,4 \text{ MPa} < 337,5 \text{ MPa} \rightarrow (\Delta = 0,38)$
- combinazione di carico quasi permanente: $\sigma_c = 2,3 \text{ MPa} < 13,3 \text{ MPa} \rightarrow (\Delta = 0,17)$

Verifica agli Stati Limite di esercizio – fessurazione

Si prendono in considerazione le seguenti combinazioni:

- combinazioni quasi permanenti;
- combinazioni frequenti.

Considerando condizioni ambientali molto aggressive e in presenza di armatura poco sensibile, l'apertura di fessure massima ammessa dalla normativa è di $w_1=0,2 \text{ mm}$.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 136 di 180

	α_e	15.000
Fattore dipendente dalla durata del carico	k_t	0.400
	k_1	0.800
	k_2	0.500
	k_3	3.400
	k_4	0.425

Combinazione di carico frequente

Posizione dell'asse neutro dal lembo compresso	x	6.76
Tensione nell'arma. tesa valutata considerando la sezione fessurata	σ_s [N/mm ²]	112.8
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	2.5
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	250.0
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ_{eff}	0.063
Deformazione unitaria media delle barre	ϵ_{sm}	0.000
Distanza massima tra le fessure:	Δ_{smax}	32.61
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.0121
	w_l	0.0200
	Δ	0.61

Combinazione di carico quasi permanente

Posizione dell'asse neutro dal lembo compresso	x	9.47
Tensione nell'arm. tesa valutata considerando la sezione fessurata	σ_s [N/mm ²]	99.6
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	2.5
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	250.0
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ_{eff}	0.063
Deformazione unitaria media delle barre	ϵ_{sm}	0.000
Distanza massima tra le fessure:	Δ_{smax}	32.61
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.0100
	w_l	0.0200
	Δ	0.50

Le verifiche di fessurazione sono soddisfatte.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 137 di 180
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

11.1.4.3 SEZIONE C

Dati della sezione:

- Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo $h = 450 \text{ mm}$
- Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo $b = 1000 \text{ mm}$
- Copriferro $d' = 60 \text{ mm}$
- Ricoprimento dell'armatura $c = 80 \text{ mm}$
- Altezza utile della sezione $d = 390 \text{ mm}$
- Armatura compressa $5 \phi 20: A_s = 1570 \text{ mm}^2$
- Armatura tesa $5 \phi 20: A_s = 1570 \text{ mm}^2$
- Distanza tra i baricentri delle barre: $s = 200 \text{ mm}$
- Barre ad aderenza migliorata
- Condizioni ambientali: molto aggressive
- Sollecitazione: Flessione
- Carico di lunga durata
- Coefficiente di omogeneizzazione $n = 15$

Verifica agli Stati Limite Ultimi

Parametri della sollecitazione:

- Momento flettente $M = -102 \text{ kNm}$
- Taglio = 248 kN

Il momento resistente è di 220 kNm pertanto la verifica è soddisfatta ($\Delta = 0,46$).

Verifica C.A. S.L.U. - File: ver SLU esercizio soletta appoggio sezione C_RC

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo:

N* figure elementari Zoom N* strati barre Zoom

N*	b [mm]	h [mm]	N*	A _s [mm ²]	d [mm]
1	1000	450	1	1571	80
			2	1571	390

Solllecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} kNm

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

Materiali: B450C C32/40 mc

ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
E_s N/mm² f_{cd} ‰
E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} N/mm²
σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰
τ_{c1} ‰

M_{xRd} kNm
σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d mm
x x/d
δ

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

Tipo flessione: Retta Deviata

N* rett.

Calcola MRd Dominio M-N
L₀ mm Col. modello

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 138 di 180

La resistenza a taglio è definita dalla normativa come:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ($\leq 0,02$);

$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$ è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

In assenza di armatura specifica a taglio, la resistenza della soletta è pari a: $\rho = 0,004$

- $K = 1,72$
- $v_{\min} = 0,45$
- $V_{Rd,c,\min} = 170,6 \text{ kN}$
- $V_{Rd} = 186 \text{ kN}$

Si aggiunge pertanto un ferro piegato di diametro 20mm passo 20mm in corrispondenza della sezione di appoggio che fornisce una resistenza a taglio di 433 kN così calcolata:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad (4.1.17)$$

dove V_{Ed} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad (4.1.18)$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta) \quad (4.1.19)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}) \quad (4.1.20)$$

dove d , b_w e σ_{cp} hanno il significato già visto in § 4.1.2.1.3.1. e inoltre si è posto:

A_{sw} area dell'armatura trasversale;

s interasse tra due armature trasversali consecutive;

α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

f'_{cd} resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd} = 0,5 \cdot f_{cd}$);

α_c coefficiente maggiorativo pari a 1 per membrature non compresse

$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$ per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$

1,25 per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$

2,5(1 - σ_{cp}/f_{cd}) per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 139 di 180

Dove:

- $A_{sw} = 1571 \text{ mm}^2$
- $S = 20 \text{ cm}$
- $\alpha = 30^\circ$
- $\text{Cotg } \theta = 2,5$
- $V_{Rd,c} = 1829 \text{ kN}$
- $V_{Rd,s} = 433 \text{ kN}$
- $V_{Rd} = 433 \text{ kN} > V_{Ed} = 248 \text{ kN} \rightarrow$ verifica soddisfatta ($\Delta = 0,57$)

Verifica agli Stati Limite di esercizio – tensioni

I valori massimi di tensione ammessi nel calcestruzzo dalla normativa ferroviaria in fase di esercizio sono i seguenti:

- per combinazione di carico caratteristica (rara): $0,55 f_{ck}$
- per combinazione di carico quasi permanente: $0,40 f_{ck}$

I valori massimi di trazione ammessi nell'acciaio, per armature ordinarie, per la combinazione di carico caratteristica (rara) sono pari a $0,75 f_{yk}$.

Le tensioni calcolate nella sezione in esame risultano:

- combinazione di carico caratteristica (rara): $\sigma_c = 4,8 \text{ MPa} < 18,3 \text{ MPa} \rightarrow (\Delta = 0,26)$
- combinazione di carico caratteristica (rara): $\sigma_s = 120,9 \text{ MPa} < 337,5 \text{ MPa} \rightarrow (\Delta = 0,36)$
- combinazione di carico quasi permanente: $\sigma_c = 2,8 \text{ MPa} < 13,3 \text{ MPa} \rightarrow (\Delta = 0,21)$

Verifica agli Stati Limite di esercizio – fessurazione

Si prendono in considerazione le seguenti combinazioni:

- combinazioni quasi permanenti;
- combinazioni frequenti.

Considerando condizioni ambientali molto aggressive e in presenza di armatura poco sensibile, l'apertura di fessure massima ammessa dalla normativa è di $w_1=0,2 \text{ mm}$.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 140 di 180

Fattore dipendente dalla durata del carico	α_e	15.000
	k_t	0.400
	k_1	0.800
	k_2	0.500
	k_3	3.400
	k_4	0.425
Combinazione di carico frequente		
Posizione dell'asse neutro dal lembo compresso	x	7.49
Tensione nell'arma. tesa valutata considerando la sezione fessurata	σ_s [N/mm ²]	117.4
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	12.5
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	1250.4
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ_{eff}	0.013
Deformazione unitaria media delle barre	ϵ_{sm}	0.000
Distanza massima tra le fessure:	Δ_{smax}	54.26
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.0191
	w_l	0.0200
	Δ	0.96
Combinazione di carico quasi permanente		
Posizione dell'asse neutro dal lembo compresso	x	10.59
Tensione nell'arm. tesa valutata considerando la sezione fessurata	σ_s [N/mm ²]	110.7
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	11.5
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	1146.9
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ_{eff}	0.014
Deformazione unitaria media delle barre	ϵ_{sm}	0.000
Distanza massima tra le fessure:	Δ_{smax}	52.02
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.0173
	w_l	0.0200
	Δ	0.86

Le verifiche di fessurazione sono soddisfatte.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 141 di 180
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

11.1.4.4 SEZIONE D

Dati della sezione:

- Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo $h = 420$ mm
- Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo $b = 1000$ mm
- Copriferro $d' = 10$ mm
- Ricoprimento dell'armatura $c = 80$ mm
- Altezza utile della sezione $d = 410$ mm
- Armatura compressa $5 \phi 20$: $A_s = 1570$ mm²
- Armatura tesa $5 \phi 20$: $A_s = 1570$ mm²
- Distanza tra i baricentri delle barre: $s = 200$ mm
- Barre ad aderenza migliorata
- Condizioni ambientali: molto aggressive
- Sollecitazione: Flessione
- Carico di lunga durata
- Coefficiente di omogeneizzazione $n = 15$

Verifica agli Stati Limite Ultimi

Parametri della sollecitazione:

- Momento flettente $M = 39$ kNm
- Taglio = 41 kN

Il momento resistente è di 252 kNm pertanto la verifica è soddisfatta ($\Delta = 0,15$).

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. Key data points visible include:

- Section Properties:**

N°	b [mm]	h [mm]	N°	A _s [mm ²]	d [mm]
1	1000	420	1	1571	410
			2	1571	80
- Material Properties:**
 - B450C: $E_{su} = 67.5$ %, $f_{yd} = 391.3$ N/mm², $E_s = 200000$ N/mm², $E_s/E_c = 15$, $E_{syd} = 1.957$ %, $\sigma_{s,adm} = 255$ N/mm²
 - C32/40 mc: $\epsilon_{c2} = 2$ %, $\epsilon_{cu} = 3.5$ %, $f_{cd} = 18.13$ N/mm², $f_{cc}/f_{cd} = 0.8$, $\sigma_{c,adm} = 12.25$ N/mm², $\tau_{c0} = 0.7333$, $\tau_{c1} = 2.114$
- Design Parameters:**
 - Momento flettente: $M_{xRd} = 252.4$ kNm
 - Carico applicato: $N = 391.3$ N/mm²
 - Stato limite ultimo: $\sigma_c = -18.13$ N/mm², $\sigma_s = 391.3$ N/mm², $\epsilon_c = 3.5$ %, $\epsilon_s = 19.41$ %
 - Dimensioni: $d = 410$ mm, $x = 62.62$, $x/d = 0.1527$, $\delta = 0.7$
- Verification:** The software indicates that the design is satisfactory with a margin $\Delta = 0,15$.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 142 di 180

Verifica agli Stati Limite di esercizio – tensioni

I valori massimi di tensione ammessi nel calcestruzzo dalla normativa ferroviaria in fase di esercizio sono i seguenti:

- per combinazione di carico caratteristica (rara): $0,55 f_{ck}$
- per combinazione di carico quasi permanente: $0,40 f_{ck}$

I valori massimi di trazione ammessi nell'acciaio, per armature ordinarie, per la combinazione di carico caratteristica (rara) sono pari a $0,75 f_{yk}$.

Le tensioni calcolate nella sezione in esame risultano:

- combinazione di carico caratteristica (rara): $\sigma_c = 1,3 \text{ MPa} < 18,3 \text{ MPa} \rightarrow (\Delta = 0,07)$
- combinazione di carico caratteristica (rara): $\sigma_s = 36 \text{ MPa} < 337,5 \text{ MPa} \rightarrow (\Delta = 0,11)$
- combinazione di carico quasi permanente: $\sigma_c = 0 \text{ MPa} < 13,3 \text{ MPa} \rightarrow (\Delta = 0,0)$

Verifica agli Stati Limite di esercizio – fessurazione

Si prendono in considerazione le seguenti combinazioni:

- combinazioni quasi permanenti;
- combinazioni frequenti.

Considerando condizioni ambientali molto aggressive e in presenza di armatura poco sensibile, l'apertura di fessure massima ammessa dalla normativa è di $w_1=0,2 \text{ mm}$.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 143 di 180

Fattore dipendente dalla durata del carico	α_e	15.000
	k_t	0.400
	k_1	0.800
	k_2	0.500
	k_3	3.400
	k_4	0.425
Combinazione di carico frequente		
Posizione dell'asse neutro dal lembo compresso	x	7.18
Tensione nell'arma. tesa valutata considerando la sezione fessurata	σ_s [N /m m 2]	29.5
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	2.5
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	250.0
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ_{eff}	0.063
Deformazione unitaria media delle barre	ϵ_{sm}	0.000
Distanza massima tra le fessure:	Δ_{smax}	32.61
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.0029
	w_l	0.0200
	Δ	0.14
Combinazione di carico quasi permanente		
Posizione dell'asse neutro dal lembo compresso	x	0.00
Tensione nell'arm. tesa valutata considerando la sezione fessurata	σ_s [N /m m 2]	0.0
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	2.5
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	250.0
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ_{eff}	0.063
Deformazione unitaria media delle barre	ϵ_{sm}	0.000
Distanza massima tra le fessure:	Δ_{smax}	32.61
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.0000
	w_l	0.0200
	Δ	0.00

Le verifiche di fessurazione sono soddisfatte.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 144 di 180

11.1.4.5 VERIFICHE A FATICA DELLE BARRE D'ARMATURA

Come definito nel “Manuale di progettazione delle opere civili – parte 2 – sezione 2”, per l'acciaio d'armatura ordinaria si può ritenere adeguata la resistenza a fatica se è soddisfatta l'espressione:

$$\gamma_{F,fatt} \cdot \Delta\sigma_{s,eq}(N^*) \leq \frac{\Delta\sigma_{Rsk}(N^*)}{\gamma_{S,fatt}}$$

Dove:

- $\gamma_{F,fatt} = 1$ (fattore parziale di sicurezza per il carico da fatica)
- $\gamma_{S,fatt} = 1,15$ (fattore di sicurezza parziale per l'acciaio)
- $\Delta\sigma_{Rsk} = 162,5 MPa$ è l'intervallo di tensione dovuto ad N^* cicli e ricavato dalla curva S-N

Tipo di armatura	N*	esponente delle tensioni		$\Delta\sigma_{Rsk}$ (MPa) at N* cycles
		k ₁	k ₂	
Barre diritte o piegate ¹	10 ⁶	5	9	162,5
Barre saldate e reti	10 ⁷	3	5	58,5
Dispositivi di giunzione	10 ⁷	3	5	35

Nota 1: I valori per $\Delta\sigma_{Rsk}$ sono quelli relativi alle barre diritte. Per barre piegate i valori possono ottenersi adottando un fattore di riduzione $\zeta = 0,35 + 0,026 D / \phi$.

dove:
D è il diametro del mandrino
 ϕ è il diametro della barra

Fig. 154 – Parametri per le curve S-N relative agli acciai ordinari – estratto dal “Manuale di progettazione delle opere civili”

L'intervallo di tensioni equivalenti al danno per l'armatura ordinaria si calcola con la relazione:

$$\Delta\sigma_{s,eq} = \lambda_s \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{s,71}$$

Dove:

- $\phi_2 = 1.53$ (coefficiente dinamico)
- $\lambda_{s1} = 0.95$ (campata) fattore che tiene conto del tipo di elemento e dell'effetto del traffico in funzione della linea di influenza dell'elemento stesso
- $\lambda_{s1} = 0.85$ (appoggio)
- $\lambda_{s2} = \sqrt[k_2]{\frac{Vol}{25 \cdot 10^6}} = 1,0$ per un volume di traffico pari a 25×10^6 t/anno
- $\lambda_{s3} = \sqrt[k_2]{\frac{N_{anni}}{100}} = 1,0$ per una vita utile di 100 anni
- $\lambda_{s4} = \sqrt[n + (1-n) \cdot s_1^{k_2} + (1-n) \cdot s_2^{k_2}] = 1,0$ dove $s_1 = \frac{\Delta\sigma_1}{\Delta\sigma_{1+2}}$ e $s_2 = \frac{\Delta\sigma_2}{\Delta\sigma_{1+2}}$
- $\Delta\sigma_{s,71}$ è l'intervallo di tensione calcolato nell'armatura della soletta dovuto al carico concentrato del treno LM71 (250 kN) ripartito sulle traversine e sulla larghezza trasversale di 3,1 m definita al § 11.1.2 - Fig. 139. Pertanto, considerando un carico distribuito $q = 250 / (3,1 \times 1,4) = 57,7$ kN/m si ottiene un momento flettente di 36 kNm in appoggio e di 32,8 kNm in campata.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B FOGLIO 145 di 180

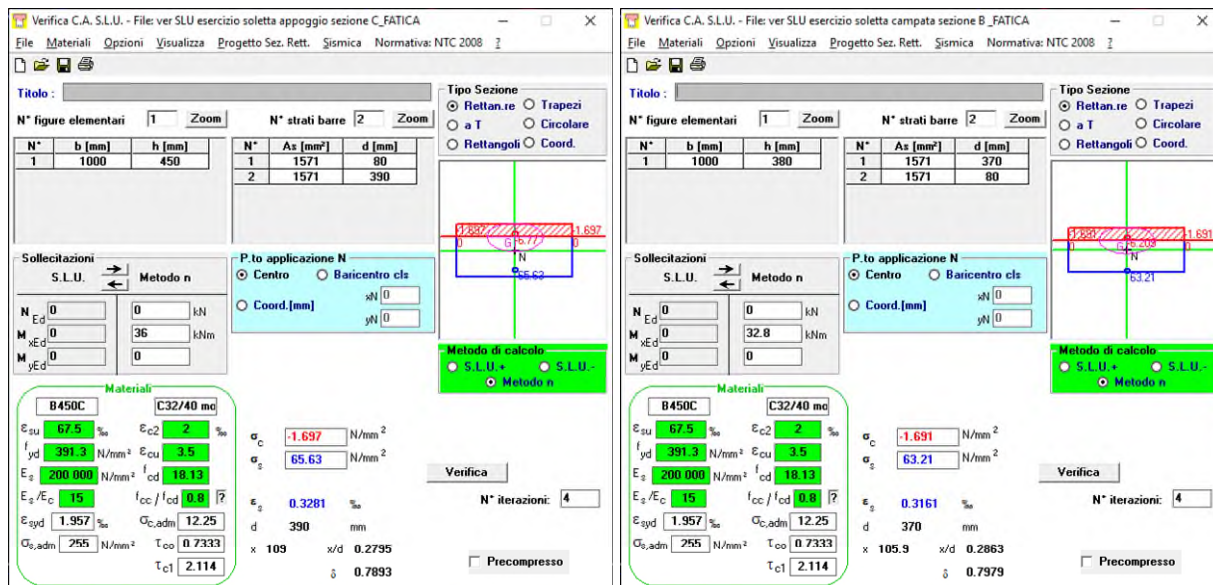


Fig. 155 – Tensioni sulle barre d'armatura - Sezione in appoggio (sinistra) e in campata (destra)

L'intervallo di tensioni equivalente risulta pertanto:

- in appoggio: $\Delta\sigma_{s,71} = 65,6 \text{ MPa} \rightarrow \Delta\sigma_{s,eq} = \lambda_s \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{s,71} = 85,3 \text{ MPa} < 141,3 \text{ MPa} \rightarrow \Delta = 0,60$
- in campata: $\Delta\sigma_{s,71} = 63,2 \text{ MPa} \rightarrow \Delta\sigma_{s,eq} = \lambda_s \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{s,71} = 91,9 < 141,3 \text{ MPa} \rightarrow \Delta = 0,65$

Le verifiche risultano pertanto soddisfatte.

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA AV	Soci SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: Mandatara ROCKSOIL S.P.A.	Mandanti NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 146 di 180

11.2 VERIFICA PREDALLE IN FASE DI GETTO

La lastra predalle tipica ha una larghezza di 2400mm ed è costituita da una lastra in calcestruzzo di spessore 50mm armata con tralicci posti ad interasse 60cm. I tralicci sono alti 250mm e sono costituiti da un corrente superiore $\phi 14$, da due correnti inferiori $2\phi 12$ e da due staffe diagonali $\phi 10$.

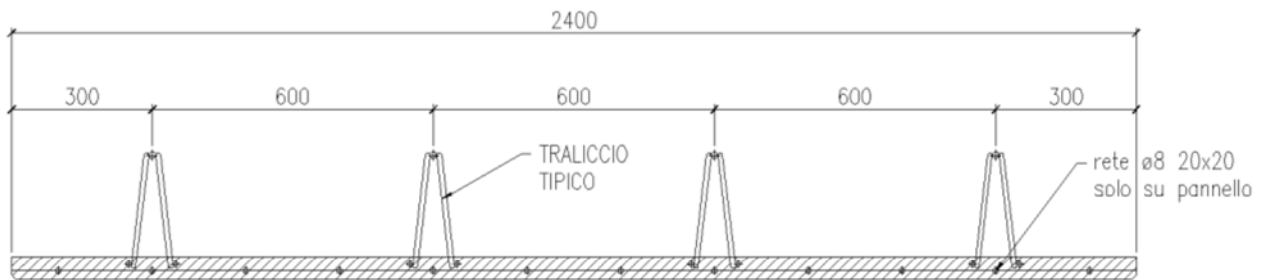


Fig. 156 – Sezione della lastra prefabbricata

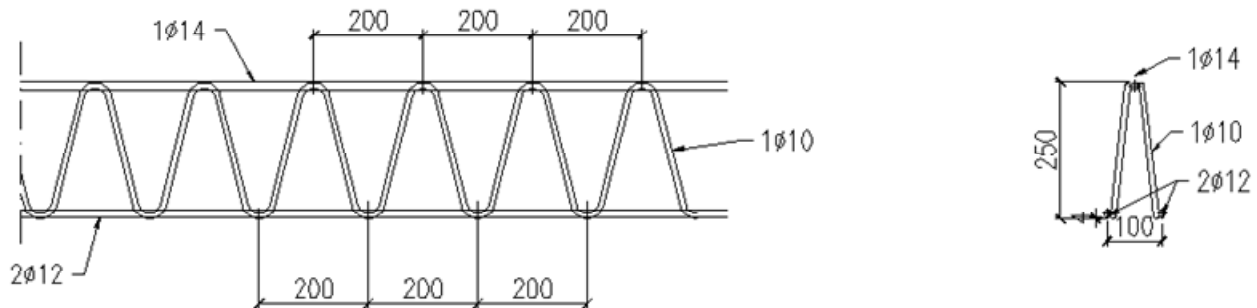


Fig. 157 – Traliccio

11.2.1 MODALITA' DI ESECUZIONE DEL GETTO

Le dalle in calcestruzzo sono verificate per resistere al peso proprio del calcestruzzo in fase di getto. Il getto della soletta è effettuato in due fasi:

- Fase 1: getto delle campate interne, delle zone soprastanti le piattabande superiori delle travi di bordo e di un tratto a sbalzo lungo 1,15 m misurato dall'asse dell'anima della trave di bordo;
- Fase 2: getto della restante parte dello sbalzo

11.2.2 CARICHI

I carichi considerati nella verifica sono i seguenti:

- peso proprio delle predalle (G1): $0,05\text{m} \times 25 \text{ kN/m}^3 = 1,25 \text{ kN/m}^2$
- peso del getto di sp. 420 mm in fase 1 (G2): $0,42\text{m} \times 25 \text{ kN/m}^3 = 10,5 \text{ kN/m}^2$
- peso del getto di sp. 350 mm in fase 2 (G2): $0,35\text{m} \times 25 \text{ kN/m}^3 = 8,75 \text{ kN/m}^2$
- peso dell'armatura trasversale e longitudinale (G2) $0,7 \text{ kN/m}^2$
- sovraccarico mezzi d'opera (Q1): 1 kN/m^2

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 147 di 180

Nel determinare il carico agente nelle fasi di getto, si considera, a favore di sicurezza, lo spessore della soletta nella sezione di maggiore altezza al netto dello spessore della lastra predalle (50mm). Risulta pertanto uno spessore di 420 mm in fase 1 e di 350 mm in fase 2.

11.2.3 VERIFICHE

11.2.3.1 FASE 1 – SEZIONE DI MEZZERIA

La fase 1 prevede il getto della soletta nelle zone in campata, ossia nelle zone comprese tra le anime dei cassoni. Per la verifica si considera uno schema di trave in semplice appoggio, con una distanza tra gli appoggi pari a 2,3 m. A favore di sicurezza, si trascura il getto degli sbalzi in modo da massimizzare il momento sollecitante nella sezione di mezzeria.

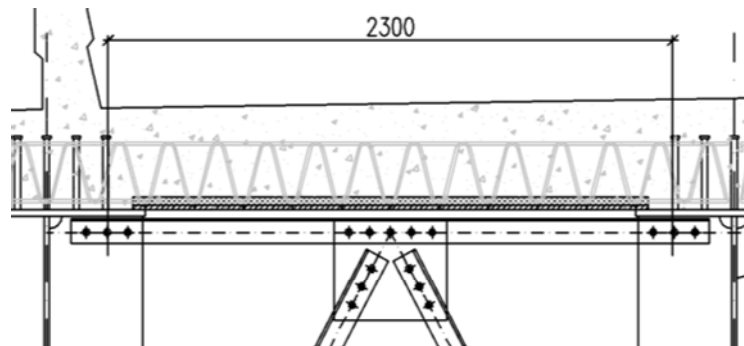


Fig. 158 – Schema statico in fase di getto - fase 1

Per la verifica si considera una sezione larga 600mm (corrispondente al passo dei tralicci).

Il carico agente sulla trave in semplice appoggio è:

$$q = (1,35 \cdot G_1 + 1,5 \cdot G_2 + 1,5 \cdot Q_1) \cdot 0,6 = 12 \text{ kN/m}$$

I parametri di sollecitazioni relativi alla sezione in campata risultano:

$$V_{Ed} = qL/2 = 13,79 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = qL^2/8 = 7,93 \text{ kNm}$$

Verifica del corrente superiore (compressivo):

$$N_{Ed, \text{sup}} = \frac{M_{Ed}}{h} = 31,72 \text{ kN}$$

il corrente superiore del traliccio è soggetto ad una forza di compressione

Per la verifica si considerano i seguenti parametri:

- Altezza del traliccio $h = 250 \text{ mm}$
- Luce libera di inflessione del corrente superiore $l_0 = 200 \text{ mm}$
- Area di armatura $A(\phi 14) = 154 \text{ mm}^2$
- Inerzia della sezione $J(\phi 14) = 1886 \text{ mm}^4$
- Tensione di snervamento dell'acciaio d'armatura $f_{yk} = 450 \text{ MPa}$
- coefficiente di sicurezza $\gamma_{M1} = 1,1$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 148 di 180

- coefficienti $\chi = 0,64$ (come indicato in § 4.2.4.1.3 del DM 2008); $\phi = 1,01$ e $\alpha = 0,49$ (curva c)
- snellezza adimensionale: $\bar{\lambda} = 0,84$ e $N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{l_0^2} = 97,7kN$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 40kN$$

La resistenza ad instabilità risulta: $\rightarrow \Delta = 0,79$ verifica soddisfatta

Verifica dei correnti inferiori (tesi)

$$N_{Ed,sup} = \frac{M_{Ed}}{2h} = 15,86kN$$

Il corrente inferiore del traliccio è soggetto ad una forza di trazione

Per la verifica si considerano i seguenti parametri:

- Area della sezione resistente $A(\phi 12) = 113 mm^2$
- tensione di snervamento dell'acciaio d'armatura $f_{yk} = 450 MPa$
- coefficiente di sicurezza $\gamma_{M0} = 1,05$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 48,47kN$$

La resistenza a trazione risulta: $\rightarrow \Delta = 0,33$ verifica soddisfatta

Verifica dei diagonali (compressi)

$$N_{Ed,diag} = \frac{V_{Ed}}{2} \cdot \frac{l_d}{h} = 7,42kN$$

Ipotizzando che il carico sia portato tutto dai diagonali si ottiene una compressione

Per la verifica si considerano i seguenti parametri:

- altezza del traliccio $h = 250 mm$
- lunghezza del diagonale $l_d = 269 mm$
- luce libera di inflessione del diagonale $l_0 = 269 mm$
- area resistente $A(\phi 10) = 79 mm^2$
- inerzia $J(\phi 10) = 491 mm^4$
- tensione di snervamento dell'acciaio $f_{yk} = 450 MPa$
- coefficiente di sicurezza $\gamma_{M1} = 1,1$
- coefficienti $\chi = 0,29$ (come indicato in § 4.2.4.1.3 del DM 2008);, $\phi = 2,1$ e $\alpha = 0,49$ (curva c)
- snellezza adimensionale $\bar{\lambda} = 1,59$ e $N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{l_0^2} = 14kN$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 9,27kN$$

La resistenza ad instabilità risulta $\rightarrow \Delta = 0,8$ verifica soddisfatta

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA AV	Soci SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: Mandatara ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 149 di 180

11.2.3.2 FASE 1 – SEZIONE IN APPOGGIO

Si verifica la sezione in appoggio sulla trave di bordo considerando uno schema a mensola della lastra e caricata con il getto di fase 1.

La lunghezza del getto è di $0,4 + 0,75 = 1,15$ m dall'asse dell'anima.

La sezione resistente è costituita dal solo traliccio.

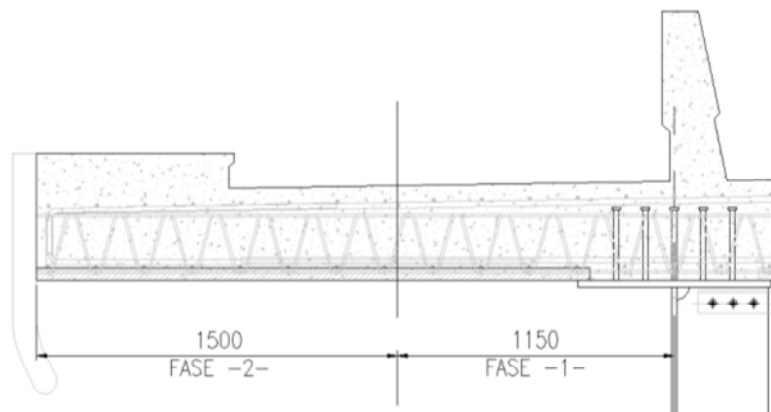


Fig. 159 – Getto di fase 2 - sbalzo

Verifica del corrente inferiore (compresso):

$$N_{Ed, sup} = \frac{M_{Ed}}{2h} = 13,94 kN$$

il corrente superiore del traliccio è soggetto ad una forza di compressione

Per la verifica si considerano i seguenti parametri:

- Altezza del traliccio $h = 250$ mm
- Luce libera di inflessione del corrente superiore $l_0 = 200$ mm
- Area di armatura $A(\phi 12) = 113 \text{ mm}^2$
- Inerzia della sezione $J(\phi 12) = 1018 \text{ mm}^4$
- Tensione si snervamento dell'acciaio d'armatura $f_{yk} = 450 \text{ MPa}$
- coefficiente di sicurezza $\gamma_{M1} = 1,1$
- coefficienti $\chi = 0,55$ (come indicato in § 4.2.4.1.3 del DM 2008); $\phi = 1,17$ e $\alpha = 0,49$ (curva c)
- snellezza adimensionale: $\bar{\lambda} = 0,98$ e $N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{l_0^2} = 52,7 kN$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 25,46 kN$$

La resistenza ad instabilità risulta:

$\rightarrow \Delta = 0,55$ verifica soddisfatta

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 150 di 180

Verifica dei correnti superiore (teso)

$$N_{Ed, sup} = \frac{M_{Ed}}{h} = 27,88 kN$$

Il corrente superiore del traliccio è soggetto ad una forza di trazione

Per la verifica si considerano i seguenti parametri:

- Area della sezione resistente $A(\phi 14) = 154 \text{ mm}^2$
- tensione di snervamento dell'acciaio d'armatura $f_{yk} = 450 \text{ MPa}$
- coefficiente di sicurezza $\gamma_{M0} = 1,05$

$$N_{pl, Rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 66 kN$$

La resistenza a trazione risulta:

$$\rightarrow \Delta = 0,42 \text{ verifica soddisfatta}$$

Verifica dei diagonali (compressi)

$$N_{Ed, diag} = \frac{V_{Ed}}{2} \cdot \frac{l_d}{h} = 4,84 kN$$

Ipotizzando che il carico sia portato tutto dai diagonali si ottiene una compressione

Per la verifica si considerano i seguenti parametri:

- altezza del traliccio $h = 250 \text{ mm}$
- lunghezza del diagonale $l_d = 269 \text{ mm}$
- luce libera di inflessione del diagonale $l_0 = 269 \text{ mm}$
- area resistente $A(\phi 10) = 79 \text{ mm}^2$
- inerzia $J(\phi 10) = 491 \text{ mm}^4$
- tensione di snervamento dell'acciaio $f_{yk} = 450 \text{ MPa}$
- coefficiente di sicurezza $\gamma_{M1} = 1,1$
- coefficienti $\chi = 0,29$ (come indicato in § 4.2.4.1.3 del DM 2008);, $\phi = 2,1$ e $\alpha = 0,49$ (curva c)

$$\bullet \text{ snellezza adimensionale } \bar{\lambda} = 1,59 \text{ e } N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{l_0^2} = 14 kN$$

$$N_{b, Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 9,3 kN$$

La resistenza ad instabilità risulta

$$\rightarrow \Delta = 0,52 \text{ verifica soddisfatta}$$

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 151 di 180

11.2.3.3 FASE 2 – SEZIONE A 1,15M DALL’ASSE ANIMA

Si verifica la sezione posta a 1,15m dall’asse dell’anima, considerando uno schema a mensola di lunghezza 1,5m e con il carico relativo al getto della soletta di fase 2.

La sezione resistente è costituita dal traliccio e dalla lastra predalle.

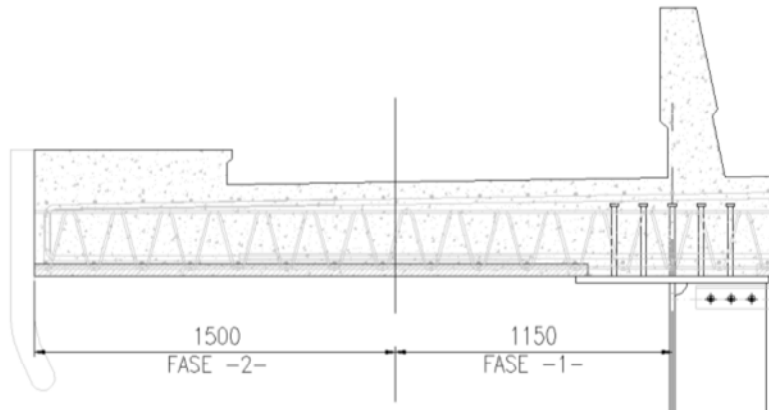


Fig. 160 – Getto di fase 2 - sbalzo

Come mostrato in Fig. 161, la tensione massima sul corrente superiore (teso) risulta pari a 259 MPa, ossia inferiore al limite di $450 / 1,05 = 429$ MPa. La tensione sul calcestruzzo è di 2,78 MPa ossia inferiore al limite di $f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 0,85 \times 32 \text{ Mpa} / 1,5 = 18,13$ MPa

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

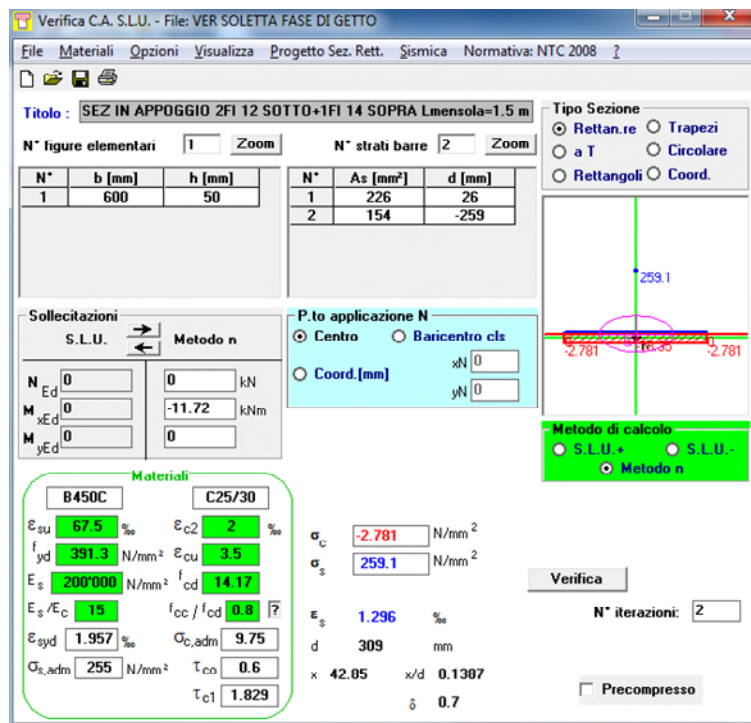


Fig. 161 – Calcolo delle tensioni nella sezione

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 152 di 180

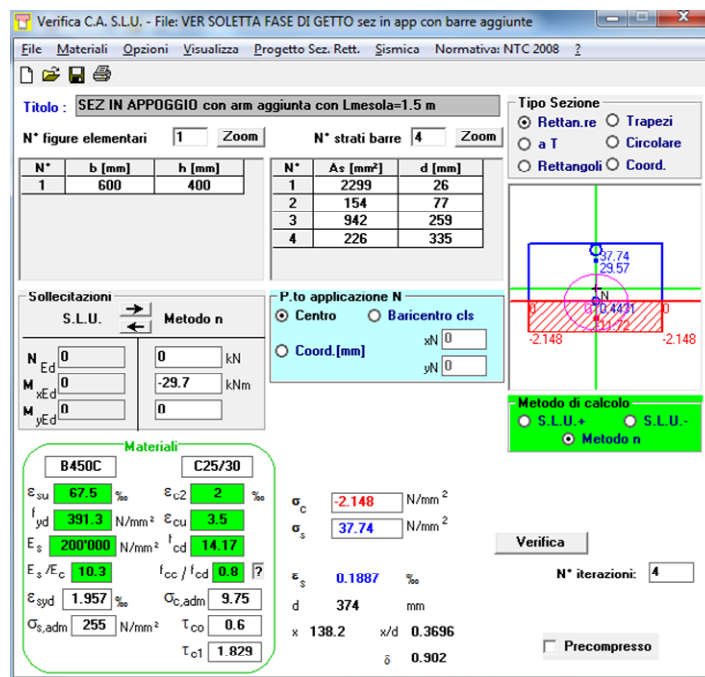
11.2.3.4 FASE 2 – SEZIONE IN APPOGGIO

In ultima analisi si verifica la sezione in appoggio con il carico del getto di fase 2.

Il getto del calcestruzzo di fase 2 determina una trazione nel corrente superiore, che si somma alla tensione già presente nella barra e dovuta al getto di fase 1 (calcolato in precedenza).

Le tensioni dovute al getto di fase 2 si calcolano considerando la sezione di calcestruzzo armato. Si ottiene una trazione nelle barre superiori pari a 37,7 MPa che sommata a quella di fase 1 (76,1 MPa) determina una tensione totale di trazione pari a 113,8 MPa, ossia inferiore al limite di $450 / 1,05 = 429$ MPa.

La sezione risulta verificata.



APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 153 di 180

12 EQUIPRESTAZIONALITA'

Nel presente capitolo si analizzano le riserve di resistenza garantite dal progetto definitivo (PD) e il progetto esecutivo (PE) di cui alla presente relazione di calcolo. Le differenze si limitano a differenti scelte nella distribuzione dei materiali e nell'impiego di irrigidimenti longitudinali differenti per numero e per caratteristiche inerziali.

L'ottimizzazione eseguita nel PE trova origine nella necessità di ottimizzare i formati lamiera approvvigionabili rispettando la logica di contenere al limite le saldature di composizione.

A tal scopo sono stati individuati i principali parametri che definiscono la prestazione, ossia il livello di sfruttamento delle strutture dell'impalcato, in termini di massima sollecitazione allo stato limite ultimo flessionale in mezzera della campata, tagliante in appoggio e in relazione alla verifica dello stato limite per fatica.

Atteso che le sollecitazioni derivanti dai carichi non sono esattamente le medesime del PD nel PE, la verifica è stata riportata relativamente alle sollecitazioni dichiarate nel PD per le verifiche a flessione e taglio.

L'analisi conduce a tassi di sfruttamento che differiscono ora a favore dell'uno ora dell'altro per quantità percentuali trascurabili se rapportate al tasso di utilizzo rispetto al massimo sfruttato del materiale: dal 50 all'80%.

Per le verifiche a fatica ci si può limitare a un raffronto tra i valori di variazione tensionale riportati per il caso più critico.

Occorre evidenziare che nell'impossibilità di individuare alcuni parametri fondamentali per il calcolo delle sollecitazioni riportate nel PD, sono state sviluppate alcune calcolazioni estrapolate dai dati dichiarati in relazione di calcolo, al fine di rendere equiparabili i tassi di sfruttamento delle sezioni nei due progetti.

Risulta in definitiva che le sezioni resistenti di cui al progetto del PE sono equiprestazionali se non migliorative delle sezioni considerate nel PD.

12.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

I documenti di riferimento per il Progetto Definitivo sono:

- IF0G01D09BZVI0007003A (943.pdf): Impalcato a struttura mista acc.-cls L=45m (Lc=43.00m) doppio binario: pianta, prospetto e sezioni
- IF0G01D09BZVI0007004A (944.pdf): Impalcato a struttura mista acc.-cls L=45m (Lc=43.00m) doppio binario: sezioni e particolari
- IF0G01D09CLVI0007002A (945.pdf): Impalcato a struttura mista acc.-cls L=45m (Lc=43.00m) doppio binario: Relazione di calcolo

I documenti di riferimento per il Progetto Esecutivo sono:

- IF2801EZZBZVI0009001: Pianta e sezione longitudinale
- IF2801EZZBZVI0009002: Pianta e sezioni trasversali

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 154 di 180

12.2 SEZIONI PRINCIPALI DEI CASSONI

Le sezioni dei cassoni definite nel PD e nel PE sono le seguenti:

PROGETTO DEFINITIVO (PD)		PROGETTO ESECUTIVO (PE)	
<u>C01</u>	Piatt. sup.: 2x800x22 mm ² Piatt. Inf.: 4000x30 mm ² anima: 2x2698x24 mm ² Altezza totale: 2750 mm N° Rib: 1 Sezione Rib: piatto (150xsp.non definito)	<u>C01</u>	Piatt. sup.: 2x700x20 mm ² Piatt. Inf.: 4000x25 mm ² anima: 2x2705x22 mm ² Altezza totale: 2750 mm N° Rib: 1 sezione Rib: L200x200x18
<u>C02</u> <u>C03</u>	Piatt. sup.: 2x1000x35 mm ² Piatt. Inf.: 4000x40 mm ² anima: 2x2675x20 mm ² Altezza totale: 2750 mm N° Rib: 1 Sezione Rib: piatto (150xsp.non definito)	<u>C02</u>	Piatt. sup.: 2x800x30 mm ² Piatt. Inf.: 4000x35 mm ² anima: 2x2685x18 mm ² Altezza totale: 2750 mm N° Rib: 1 sezione Rib: L200x200x18
<u>C04</u>	<i>Sezione iniziale:</i> Piatt. sup.: 2x800x22 mm ² Piatt. Inf.: 4000x30 mm ² anima: 2x2698x24 mm ² Altezza totale: 2750 mm N° Rib: 1 Sezione Rib: piatto (150xsp.non definito) <i>Sezione finale:</i> Piatt. sup.: 2x800x22 mm ² Piatt. Inf.: 4000x30 mm ² anima: 2x4098x24 mm ² Altezza totale: 4150 mm N° Rib: 1 Sezione Rib: piatto (150xsp.non definito)	<u>C03</u>	<i>Sezione iniziale:</i> Piatt. sup.: 2x700x20 mm ² Piatt. Inf.: 4000x25 mm ² anima: 2x2705x22 mm ² Altezza totale: 2750 mm N° Rib: 1 sezione Rib: L200x200x18 <i>Sezione finale:</i> Piatt. sup.: 2x700x20 mm ² Piatt. Inf.: 4000x25 mm ² anima: 2x4105x22 mm ² Altezza totale: 4150 mm N° Rib: 2 sezione Rib: L200x200x18

Nelle tabelle seguenti si riassumono le caratteristiche geometrico-inerziali delle sezioni in fase I (solo acciaio), fase II (azioni di lunga durata) e fase III (azioni di breve durata) del PE. I valori relativi alla fase III si confrontano con quelli riportati nella RC del PD, omogeneizzando la sezione mista ad acciaio (n fase III = $210000/33346 = 6,3$).

I valori di area e inerzia delle sezioni in fase I e fase II non sono riportati nella RC del PD e sono stati calcolati.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.							
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 155 di 180

In tabella si indica con:

- $A_{PD,cls}$: area indicata in RC del PD relativa alla sezione di impalcato omogeneizzata a calcestruzzo
- $A_{PD,acc}$: area della sezione di impalcato omogeneizzata ad acciaio, calcolata come $A_{PD,cls} / n$
- $J_{PD,cls}$: inerzia indicata in RC del PD relativa alla sezione di impalcato omogeneizzata a calcestruzzo
- $J_{PD,acc}$: inerzia della sezione di impalcato omogeneizzata ad acciaio, calcolata come $J_{PD,cls} / n$

I valori in tabella si riferiscono all'intero impalcato (due cassoni e soletta).

fase I	PE			fase II	PE	n =	16,7
	A	$J_{PE,acc}$	Y_G		A	$J_{PE,acc}$	Y_G
	[mm ²]	[mm ⁴]	[mm]		[mm ²]	[mm ⁴]	[mm]
C01	510128	5.55E+11	1007	C01	839000	1.34E+12	1783
C02	585408	7.14E+11	963	C02	914400	1.58E+12	1690
C03 (inizio)	510128	5.55E+11	1007	C03 (inizio)	839000	1.34E+12	1783
C03 (fine)	633328	1.50E+12	1637	C03 (fine)	962200	3.14E+12	2577

fase III	PE			n = 6,3	PD					n = 6,3	$J_{PE,acc} / J_{PD,acc}$
	A	$J_{PE,acc}$	Y_G		Concio	$A_{PD,cls}$	$A_{PD,acc}$	$J_{PD,cls}$	$J_{PD,acc}$		
Concio PE	[mm ²]	[mm ⁴]	[mm]	PD	[mm ²]	[mm ²]	[mm ⁴]	[mm ⁴]	[mm]	[-]	
C01	1347000	1.81E+12	2237	C01	8989600	1426921	1.28E+13	2.03E+12	2175	0.89	
C02	1422200	2.14E+12	2154	C02 C03	9625200	1527810	1.46E+13	2.32E+12	2106	0.92	
C03 (inizio)	1347000	1.81E+12	2237	C04 (inizio)	8989600	1426921	1.28E+13	2.03E+12	2175	0.89	
C03 (fine)	1470200	4.23E+12	3202	C04 (fine)	9836000	1561270	2.98E+13	4.73E+12	3114	0.89	

12.3 VERIFICA A FLESSIONE SLU IN MEZZERIA

Essenzialmente il problema consiste nel confrontare le tensioni calcolate sulla base dei medesimi parametri di sollecitazione, ottenuti in relazione all'analisi dei carichi dichiarata in relazione di calcolo (RC).

I Parametri della sollecitazione (PDS) riportati in RC del PD, non coincidono con quelli ottenuti nel PE, sostanzialmente la differenza è tutta in Fase II. Per medesimi PDS i tassi di sfruttamento delle sezioni in termini di tensioni longitudinali differiscono, ma sono inferiori nel PE.

Facendo un confronto tra le tensioni principali massime dichiarate nel PD e nel PE, quella che sembra, senza ulteriori valutazioni, presentare la maggiore differenza in valore assoluto è quella in corrispondenza della piattabanda superiore.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 156 di 180

Le tensioni, calcolate dividendo i Momenti indicati in tabella § 7.4.5 (da PD) per il W_{PE} della sezione definita da PE con sezione omogeneizzata a calcestruzzo per la fase 2 e 3 e sezione in solo acciaio per la fase 1), risulta pari a 218 MPa (compressione) nel PE con uno sfruttamento della resistenza del materiale pari a $218/(345/1.05) = 66\%$

Nel PD risulta per pari sollecitazione una tensione pari a -201 MPa, con uno sfruttamento della massima resistenza del materiale pari dunque al 61%.

Il limite è talmente lontano che la differenza di prestazione non è apprezzabile.

I valori di momento utilizzati per il calcolo sono riportati in Fig. 162 e ripresi dal PD ossia:

- M fase 1 = 30.129 kNm
- M fase 2 = 39.523 kNm
- M fase 3 = 45.351 kNm
- $P_u = 3111$ kN (trazione nella trave – come definito in RC del PD)

TABLE: Bridge Super Design EUROCODE 38 - SteelUCompUltimate-FlxPos										
Station	Location	Girder	P_u	$M_{uNonComp}$	M_{uTerm}	M_{uTerm}	f_{buComp}	f_{buTens}	f_{Deck}	DCRatio
m	Text	Text	KN	KN-m	KN-m	KN-m	KN/m ²	KN/m ²	KN/m ²	Unitless
22.46	Before	Left Exterior Girder	3110.8	30128.8	39522.9	45350.7	-201136	239851	-9473	0.68
22.46	Before	Right Exterior Girder	591.9	30132.2	39528.4	41612.0	-199337	232698	-8970	0.66
22.46	After	Left Exterior Girder	3097.5	30128.8	39522.9	45364.6	-201143	239878	-9474	0.68
22.46	After	Right Exterior Girder	575.8	30132.2	39528.3	41636.7	-199349	232746	-8973	0.66
24.78	Before	Left Exterior Girder	3057.8	29488.6	38675.9	44545.2	-196928	235043	-9292	0.66
24.78	Before	Right Exterior Girder	546.7	29492.7	38682.4	40792.6	-195127	227868	-8788	0.64
24.78	After	Left Exterior Girder	4218.8	29035.2	38077.0	44696.6	-194301	233025	-9261	0.66
24.78	After	Right Exterior Girder	1672.5	29057.2	38113.5	40879.8	-192585	225830	-8751	0.64
27.09	Before	Left Exterior Girder	2922.9	28141.8	36911.5	42557.0	-187960	224401	-8874	0.63
27.09	Before	Right Exterior Girder	503.2	28144.2	36915.6	39149.4	-186316	217879	-8416	0.61
27.09	After	Left Exterior Girder	2873.1	28141.9	36911.7	42583.6	-187974	224453	-8878	0.63

Fig. 162 - estratto della Relazione di calcolo del Progetto Definitivo - §7.4.5

I moduli di resistenza calcolati rispetto al bordo superiore della piattabanda superiore del cassone del PE sono i seguenti:

- W fase 1 = $2,0 \times 10^8$ mm³
- W fase 2 = $7,46 \times 10^8$ mm³
- W fase 3 = $1,80 \times 10^9$ mm³

Risulta pertanto:

- σ fase 1 = -151 MPa
 - σ fase 2 = -53 MPa
 - σ fase 3 = -25 MPa
- $\sigma_{FL,PE} = -(151 + 53 + 25) = -229$ MPa (compressione)

Aggiungendo alla tensione calcolata la tensione dovuta alla trazione indicata come P_u in tabella, si ottiene:

- σ fase 1 = $5700 \times 1000 / 415600 = 13,7$ MPa
- $\sigma_{tot,PE} = -229 + 11 = -218$ MPa (compressione) → $\Delta = 218 / 201 \approx 8\%$

In merito alle tensioni principali al lembo inferiore risulta:

- W fase 1 = $3,71 \times 10^8$ mm³
- W fase 2 = $4,67 \times 10^8$ mm³
- W fase 3 = $4,95 \times 10^8$ mm³

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	IF28	01	E ZZ CL	VI0009 001	B	157 di 180

Risulta pertanto:

- σ fase 1 = 81 MPa
- σ fase 2 = 85 MPa
- σ fase 3 = 92 MPa
- $\sigma_{FL,PE} = 81 + 85 + 92 = 258$ MPa (trazione)

Aggiungendo alla tensione calcolata la tensione dovuta alla trazione indicata come Pu in tabella, si ottiene:

- σ fase 1 = $3110 \times 1000 / 292800 = 11$ MPa
- $\sigma_{tot} = 258 + 11 = 269$ MPa (trazione) → $269 / 240 \approx 12\%$

Anche in questo caso la differenza non è apprezzabile dato il basso sfruttamento delle caratteristiche di resistenza del materiale.

12.4 VERIFICA A TAGLIO – SLU

Nei paragrafi seguenti si confrontano la resistenza nei confronti dello stato limite tagliante dei due progetti PD e PE.

12.4.1 CALCOLO DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN APPOGGIO PREVISTA DA PROGETTO DEFINITIVO

In Fig. 163 si riporta la sovrapposizione tra il grafico delle tensioni tangenziali riportato in Figura 59 nella relazione di calcolo del PD (linea blu) con quello delle tensioni tangenziali del PE (linea rossa).

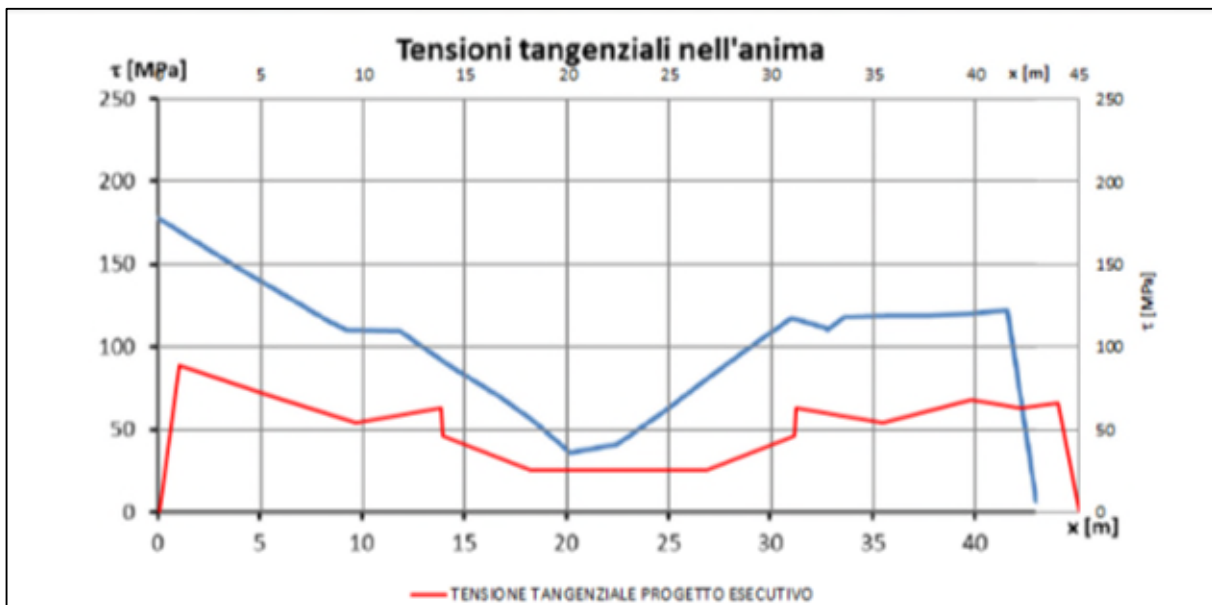


Fig. 163 - Confronto delle tensioni tangenziali del Progetto Definitivo e del Progetto Esecutivo sovrapposizione dei due grafici

Al §7.4.6. della relazione del PD è riportata una tabella che riassume la verifica della sezione composta SLU per taglio.

La verifica viene effettuata confrontando il taglio sollecitante ($V_u + V_{tor}$) con il taglio resistente ($V_{rd} = V_p$).

Il taglio sollecitante è dato dalla somma del taglio su un'anima (V_u) e dal taglio derivante dalla torsione (V_{tor}).

Nei paragrafi seguenti si riporta il calcolo relativo alle due sezioni di appoggio: $H = 2750$ mm e $H = 4150$ mm.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 158 di 180

12.4.1.1 SEZIONE H = 2750 MM

Si prende come riferimento la sezione in appoggio in corrispondenza della sezione con H = 2750 mm, quindi si analizza la verifica riportata in relazione di calcolo con i valori indicati per la "Station" 0.00m, ovvero la sezione di appoggio.

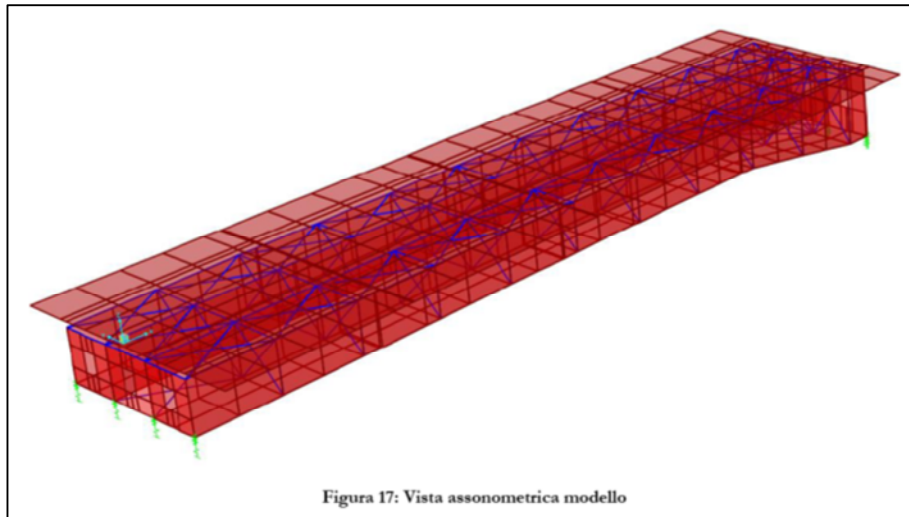


Figura 17: Vista assonometrica modello

Fig. 164 - Relazione di calcolo del Progetto Definitivo (figura 17): modello FEM con sistema di riferimento

TABLE: Bridge Super Design EUROCODE 40 - SteelUCompUltimate-Shear									
Station	Location	Girder	Vu	Tu	Vtor	Vrd	Vp	Lamdaw	DCRatio
m	Text	Text	KN	KN-m	KN	KN	KN	Unitless	Unitless
0.00	After	Left Exterior Girder	5520.9	6086.7	1070.9	13207.6	13207.6	1.591	0.50
0.00	After	Right Exterior Girder	5114.8	3622.7	454.0	13207.6	13207.6	1.591	0.42
2.10	Before	Left Exterior Girder	5118.1	5263.1	926.0	13207.6	13207.6	1.591	0.46
2.10	Before	Right Exterior Girder	4754.6	2898.3	363.2	13207.6	13207.6	1.591	0.39
2.10	After	Left Exterior Girder	4988.2	5015.4	882.5	13207.6	13207.6	1.591	0.44
2.10	After	Right Exterior Girder	4638.6	2703.1	338.8	13207.6	13207.6	1.591	0.38
4.20	Before	Left Exterior Girder	4613.4	4547.6	800.1	13207.6	13207.6	1.591	0.41
4.20	Before	Right Exterior Girder	4283.3	2376.1	297.8	13207.6	13207.6	1.591	0.35
4.20	After	Left Exterior Girder	4484.2	4434.5	780.3	13207.6	13207.6	1.591	0.40
4.20	After	Right Exterior Girder	4126.0	2601.5	326.0	13207.6	13207.6	1.591	0.34
6.30	Before	Left Exterior Girder	4125.9	4179.7	735.4	13207.6	13207.6	1.591	0.37

Fig. 165 - estratto della Relazione di calcolo del Progetto Definitivo - §7.4.6

Il taglio resistente VRd è calcolato come da normativa EN1993-1-1 eq.6.18 (come dichiarato a pagina 89 della relazione di calcolo del Progetto Definitivo) e risulta:

- $A_v = 2.685 \times 24 = 64.440 \text{ mm}^2$ (dimensioni ricavate dalla sezione definita al §7.4.1)
- $f_y = 355$
- $V_{pl,Rd} = 64.440 \times 355 / 30.5 / 1,0 = 13.207 \text{ kN} *$
- $\Delta = (5521 + 1071) / 13.207 = 0,50$

*Il valore di snervamento dovrebbe essere pari a 345 e il coefficiente $\gamma_m = 1.05$.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 159 di 180

6.2.6 Shear

(1) The design value of the shear force V_{Ed} at each cross section should satisfy:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.17)$$

where $V_{c,Rd}$ is the design shear resistance. For plastic design $V_{c,Rd}$ is the design plastic shear resistance $V_{pl,Rd}$ as given in (2). For elastic design $V_{c,Rd}$ is the design elastic shear resistance calculated using (4) and (5).

(2) In the absence of torsion the design plastic shear resistance is given by:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} \quad (6.18)$$

where A_v is the shear area.

EN 1993-1-1: 2005 (E)

(3) The shear area A_v may be taken as follows:

a) rolled I and H sections, load parallel to web $A - 2bt_f + (t_w + 2r) t_f$ but not less than $\eta h_w t_w$

b) rolled channel sections, load parallel to web $A - 2bt_f + (t_w + r) t_f$

c) rolled T-section, load parallel to web $0,9 (A - bt_f)$

d) welded I, H and box sections, load parallel to web $\eta \sum (h_w t_w)$

e) welded I, H, channel and box sections, load parallel to flanges $A - \sum (h_w t_w)$

f) rolled rectangular hollow sections of uniform thickness:

load parallel to depth $Ah/(b+h)$

load parallel to width $Ab/(b+h)$

g) circular hollow sections and tubes of uniform thickness $2A/\pi$

where A is the crosssectional area;

b is the overall breadth;

h is the overall depth;

h_w is the depth of the web;

r is the root radius;

t_f is the flange thickness;

t_w is the web thickness (If the web thickness is not constant, t_w should be taken as the minimum thickness.).

η see EN 1993-1-5.

NOTE η may be conservatively taken equal 1,0.

Fig. 166 - estratto da EN 1993-1-1: resistenza a taglio della sezione in acciaio

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 160 di 180

La formula (6.18) della normativa equivale al calcolo della tensione media nell'anima, da cui risulta:

$$\tau = \frac{V_{Ed}}{A_v} = \frac{6592 \cdot 1000}{64440} = 102 \text{ MPa} < 355 / \sqrt{3} / 1,05 = 195 \text{ MPa} \rightarrow \Delta = 0,52$$

Questo valore di tensione risulta pari all'incirca alla metà del valore di tensione tangenziale riportato nel grafico di Figura 59 della relazione di calcolo del PD e riportato in blu in Fig. 163 del presente documento.

Nel PD si considera pertanto la resistenza plastica della sezione, sebbene l'Eurocodice EN1993-1-5 prescriva il calcolo della resistenza ad instabilità per taglio agli SLU nel caso in cui il rapporto h_w/t sia maggiore di $\frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_\tau}$.

5 Resistance to shear

5.1 Basis

(1) This section gives rules for shear resistance of plates considering shear buckling at the ultimate limit state where the following criteria are met:

- the panels are rectangular within the angle limit stated in 2.3;
- stiffeners, if any, are provided in the longitudinal or transverse direction or both;
- all holes and cut outs are small (see 2.3);
- members are of uniform cross section.

(2) Plates with h_w/t greater than $\frac{72}{\eta} \varepsilon$ for an unstiffened web, or $\frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_\tau}$ for a stiffened web, should be checked for resistance to shear buckling and should be provided with transverse stiffeners at the supports, where $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y [N/mm^2]}}$.

Fig. 167 - estratto da EN 1993-1-5: resistenza a taglio

Nel PD il rapporto h_w/t risulta uguale a $2685/24 = 112$

Il valore limite è $\frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_\tau} = \frac{31}{1,2} \cdot 0,81 \sqrt{7,93} = 59$

Per il calcolo di k_τ si fa riferimento all'appendice A dell'Eurocodice e risulta:

- N° stiffener longitudinali = 1
- Passo stiffener $a = 4200$ mm
- Altezza anima $h_w = 2685$ mm
- $\alpha = a / h_w = 1,56 < 3$
- $I_{sl} = 1,96 \times 10^7$ mm⁴ (considerando uno stiffener di larghezza 150 mm e spessore 15 mm – lo spessore viene qui ipotizzato in quanto non quotato a disegno)

$$\rightarrow k_\tau = 4,1 + \frac{6,3 + 0,18 \cdot \frac{I_{sl}}{t^3 h_w}}{\alpha^2} + 2,2 \cdot \sqrt[3]{\frac{I_{sl}}{t^3 h_w}} = 4,1 + \frac{6,3 + 0,18 \cdot \frac{1,96 \cdot 10^7 / 3}{24^3 \cdot 2685}}{1,56^2} + 2,2 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,96 \cdot 10^7 / 3}{24^3 \cdot 2685}} = 7,93$$

$$\rightarrow \frac{h_w}{t} = 112 > \frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_\tau} = 59, \text{ pertanto è necessario determinare la resistenza ad instabilità del pannello d'anima.}$$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 161 di 180

A.3 Shear buckling coefficients

(1) For plates with rigid transverse stiffeners and without longitudinal stiffeners or with more than two longitudinal stiffeners, the shear buckling coefficient k_τ can be obtained as follows:

$$k_\tau = 5,34 + 4,00 (h_w / a)^2 + k_{\tau sl} \quad \text{when } a / h_w \geq 1$$

$$k_\tau = 4,00 + 5,34 (h_w / a)^2 + k_{\tau sl} \quad \text{when } a / h_w < 1$$
(A.5)

where $k_{\tau sl} = 9 \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 \sqrt[4]{ \left(\frac{I_{sl}}{t^3 h_w} \right)^3 }$ but not less than $\frac{2,1}{t} \sqrt[3]{ \frac{I_{sl}}{h_w} }$

a is the distance between transverse stiffeners (see Figure 5.3);

I_{sl} is the second moment of area of the longitudinal stiffener about the $z-z$ axis, see Figure 5.3 (b).

For webs with two or more longitudinal stiffeners, not necessarily equally spaced, I_{sl} is the sum of the stiffness of the individual stiffeners.

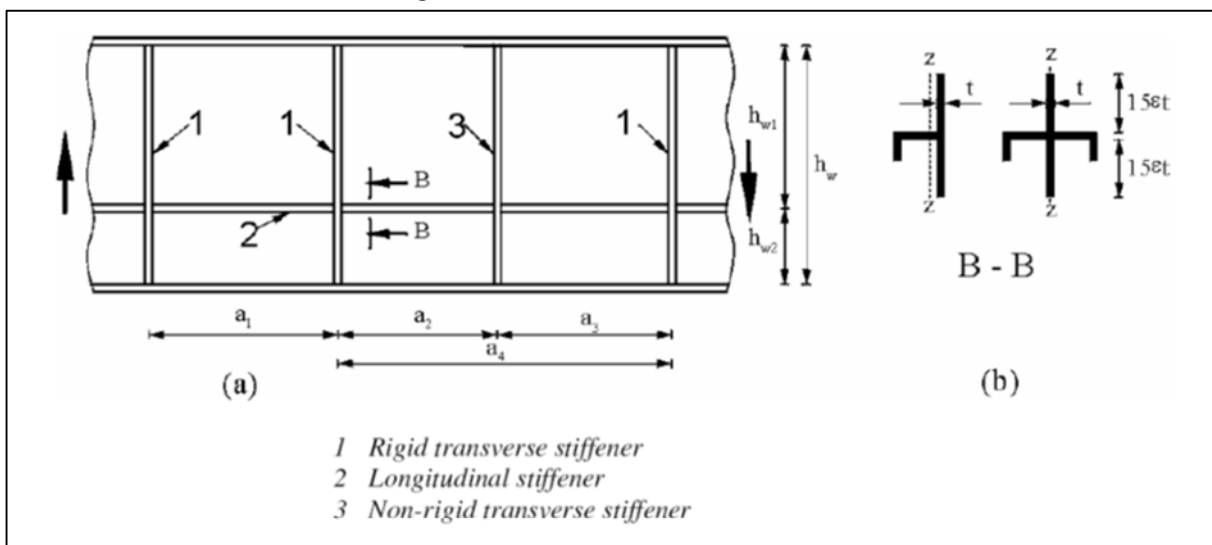
NOTE: No intermediate non-rigid transverse stiffeners are allowed for in equation (A.5).

(2) The equation (A.5) also applies to plates with one or two longitudinal stiffeners, if the aspect ratio

$\alpha = \frac{a}{h_w}$ satisfies $\alpha \geq 3$. For plates with one or two longitudinal stiffeners and an aspect ratio $\alpha < 3$ the shear buckling coefficient should be taken from:

$$k_\tau = 4,1 + \frac{6,3 + 0,18 \frac{I_{sl}}{t^3 h_w}}{\alpha^2} + 2,2 \sqrt[3]{ \frac{I_{sl}}{t^3 h_w} }$$
(A.6)

Fig. 168 - estratto da EN 1993-1-5: annex A



(4) The second moment of area of a longitudinal stiffener should be reduced to 1/3 of its actual value when calculating k_τ . Formulae for k_τ taking this reduction into account in A.3 may be used.

Fig. 169 - estratto da EN 1993-1-5: paragrafo 5.3

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 162 di 180

Per il calcolo della resistenza all'instabilità del pannello d'anima si calcola $V_{bw,Rd}$ come indicato al §5.2 dell'EN 1993-1-5.

5.2 Design resistance

(1) For unstiffened or stiffened webs the design resistance for shear should be taken as:

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} \quad (5.1)$$

in which the contribution from the web is given by:

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} \quad (5.2)$$

and the contribution from the flanges $V_{bf,Rd}$ is according to 5.4.

Fig. 170 - estratto da EN 1993-1-5: paragrafo 5.2

La resistenza dipende dal coefficiente χ_w , che si ricava dalla tabella 5.1 della normativa in funzione di λ_w , che a sua volta è funzione della tensione σ_E (appendice A).

- $$\sigma_E = \frac{\pi^2 E \cdot t^2}{12(1-\nu^2)b^2} = 190000 \left(\frac{t}{b}\right)^2 = 190000 \left(\frac{24}{2685}\right)^2 = 15,2 MPa$$
- $$\tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_E = 7,93 \times 15,2 = 120,5 MPa$$

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 163 di 180

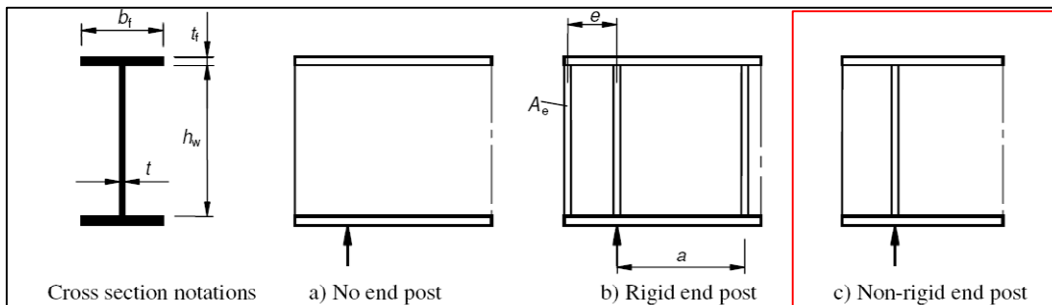


Figure 5.1: End supports

5.3 Contribution from the web

(1) For webs with transverse stiffeners at supports only and for webs with either intermediate transverse stiffeners or longitudinal stiffeners or both, the factor χ_w for the contribution of the web to the shear buckling resistance should be obtained from Table 5.1 or Figure 5.2.

Table 5.1: Contribution from the web χ_w to shear buckling resistance

	Rigid end post	Non-rigid end post
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

(3) The slenderness parameter $\bar{\lambda}_w$ in Table 5.1 and Figure 5.2 should be taken as:

$$\bar{\lambda}_w = 0,76 \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr}}} \quad (5.3)$$

where $\tau_{cr} = k_\tau \sigma_E$ (5.4)

NOTE 1: Values for σ_E and k_τ may be taken from Annex A.

Fig. 171 - estratto da EN 1993-1-5: paragrafo 5.2 e 5.3

Annex A [informative] – Calculation of critical stresses for stiffened plates

A.1 Equivalent orthotropic plate

(1) Plates with at least three longitudinal stiffeners may be treated as equivalent orthotropic plates.

(2) The elastic critical plate buckling stress of the equivalent orthotropic plate may be taken as:

$$\sigma_{\sigma,p} = k_{\sigma,p} \sigma_E \quad (A.1)$$

where $\sigma_E = \frac{\pi^2 E t^2}{12(1-\nu^2)b^2} = 190000 \left(\frac{t}{b}\right)^2$ in [MPa]

$k_{\sigma,p}$ is the buckling coefficient according to orthotropic plate theory with the stiffeners smeared over the plate;

b is defined in Figure A.1;

t is the thickness of the plate.

Fig. 172 - estratto da EN 1993-1-5: annex A

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 164 di 180

Considerando la condizione di “NON RIGID END POST” la verifica risulta:

$$\lambda_w = 0,76 \cdot \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr}}} = 0,76 \cdot \sqrt{\frac{355}{120,5}} = 1,3 > 1,08 \rightarrow \chi_w = 0,83 / \lambda_w = 0,64$$

$$\rightarrow V_{bWRd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} = \frac{0,64 \cdot 355 \cdot 2685 \cdot 24}{\sqrt{3} \cdot 1,1} = 7684 \text{ kN} > 6592 \text{ kN} \quad \rightarrow \Delta=0,86 \text{ verificato}$$

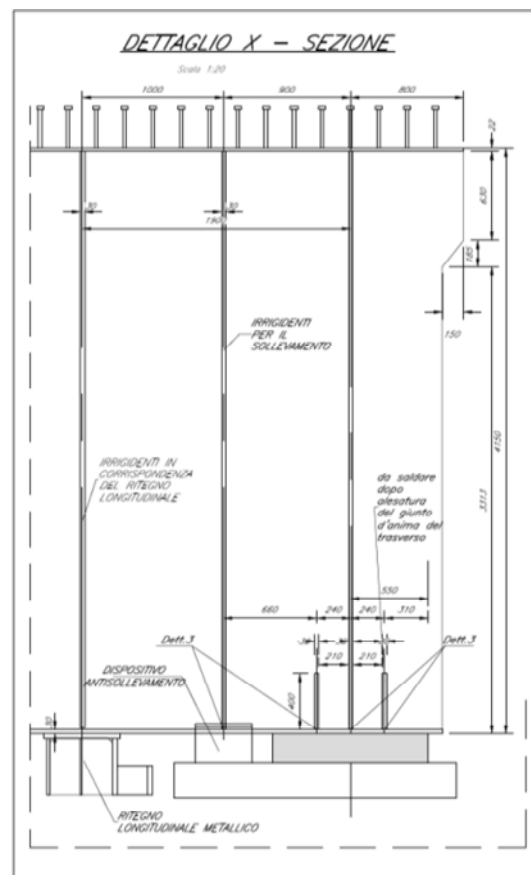
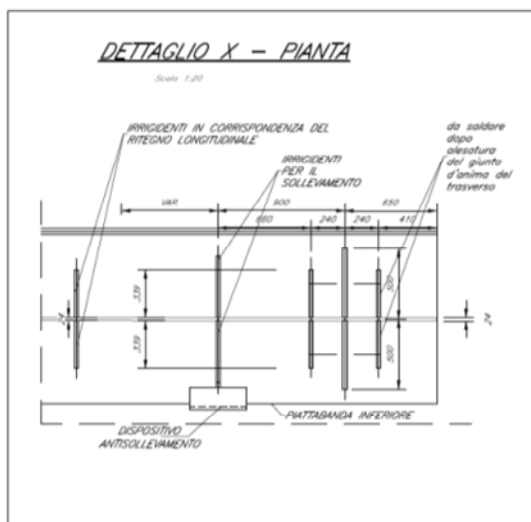


Fig. 173 - estratto dal disegno “944.pdf” ricevuto

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 165 di 180

12.4.1.2 SEZIONE H = 4150 MM

Si prende come riferimento la sezione in appoggio in corrispondenza della sezione con H = 4150 mm, quindi si analizza la verifica riportata in relazione di calcolo con i valori indicati per la "Station" 43.00m, ovvero la sezione di appoggio.

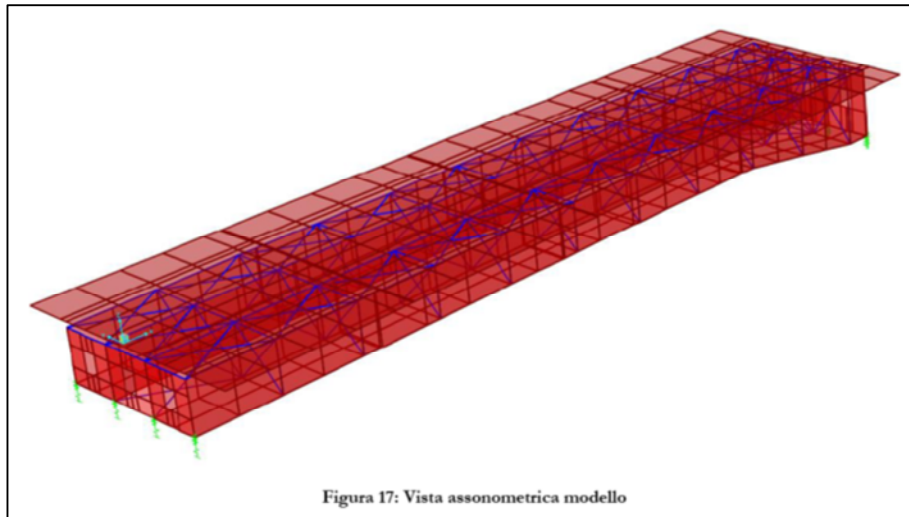


Figura 17: Vista assometrica modello

Fig. 174 - Relazione di calcolo del Progetto Definitivo (figura 17): modello FEM con sistema di riferimento

TABLE: Bridge Super Design EUROCODE 40 - SteelUCompUltimate-Shear									
Station	Location	Girder	Vu	Tu	Vtor	Vrd	Vp	Lamdaw	DCRatio
m	Text	Text	KN	KN-m	KN	KN	KN	Unitless	Unitless
41.60	Before	Left Exterior Girder	5252.1	7916.3	1399.9	20094.2	20094.2	2.421	0.33
41.60	Before	Right Exterior Girder	4627.2	4308.6	530.4	20094.2	20094.2	2.421	0.26
41.60	After	Left Exterior Girder	5432.2	8320.5	1471.4	20094.2	20094.2	2.421	0.34
41.60	After	Right Exterior Girder	4777.8	4580.2	563.8	20094.2	20094.2	2.421	0.27
43.00	Before	Left Exterior Girder	5671.9	8524.8	1507.5	20094.2	20094.2	2.421	0.36
43.00	Before	Right Exterior Girder	4949.4	4778.1	588.2	20094.2	20094.2	2.421	0.28
43.00	After	Left Exterior Girder	311.2	352.0	62.3	20094.2	20094.2	2.421	0.02
43.00	After	Right Exterior Girder	189.3	231.4	28.5	20094.2	20094.2	2.421	0.01

Fig. 175 - estratto della Relazione di calcolo del Progetto Definitivo - §7.4.6

Il taglio resistente VRd è calcolato come da normativa EN1993-1-1 eq.6.18 (come dichiarato a pagina 87 della relazione di calcolo del Progetto Definitivo) e risulta:

- $A_v = 98.040 \times 355 / 30.5 / 1,0 = 20.094 \text{ kN}^*$
- $f_y = 355$
- $V_{pl,Rd} = 98.040 \times 355 / 30.5 / 1,0 = 20.094 \text{ kN}^*$
- $\Delta = (5672 + 1508) / 20.094 = 0,36$

*Il valore di snervamento dovrebbe essere pari a 345 e il coefficiente $\gamma_m = 1.05$.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 166 di 180

6.2.6 Shear

(1) The design value of the shear force V_{Ed} at each cross section should satisfy:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.17)$$

where $V_{c,Rd}$ is the design shear resistance. For plastic design $V_{c,Rd}$ is the design plastic shear resistance $V_{pl,Rd}$ as given in (2). For elastic design $V_{c,Rd}$ is the design elastic shear resistance calculated using (4) and (5).

(2) In the absence of torsion the design plastic shear resistance is given by:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} \quad (6.18)$$

where A_v is the shear area.

EN 1993-1-1: 2005 (E)

(3) The shear area A_v may be taken as follows:

a) rolled I and H sections, load parallel to web $A - 2bt_f + (t_w + 2r) t_f$ but not less than $\eta h_w t_w$

b) rolled channel sections, load parallel to web $A - 2bt_f + (t_w + r) t_f$

c) rolled T-section, load parallel to web $0,9 (A - bt_f)$

d) welded I, H and box sections, load parallel to web $\eta \sum (h_w t_w)$

e) welded I, H, channel and box sections, load parallel to flanges $A - \sum (h_w t_w)$

f) rolled rectangular hollow sections of uniform thickness:

load parallel to depth $Ah/(b+h)$

load parallel to width $Ab/(b+h)$

g) circular hollow sections and tubes of uniform thickness $2A/\pi$

where A is the crosssectional area;

b is the overall breadth;

h is the overall depth;

h_w is the depth of the web;

r is the root radius;

t_f is the flange thickness;

t_w is the web thickness (If the web thickness is not constant, t_w should be taken as the minimum thickness.).

η see EN 1993-1-5.

NOTE η may be conservatively taken equal 1,0.

Fig. 176 - estratto da EN 1993-1-1: resistenza a taglio della sezione in acciaio

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 167 di 180

La formula (6.18) della normativa equivale al calcolo della tensione media nell'anima, da cui risulta:

$$\tau = \frac{V_{Ed}}{A_v} = \frac{7180 \cdot 1000}{98040} = 73 \text{ MPa} < 355 / \sqrt{3} / 1,05 = 195 \text{ MPa} \rightarrow \Delta = 0,38$$

Questo valore di tensione risulta pari all'incirca alla metà del valore di tensione tangenziale riportato nel grafico di Figura 59 della relazione di calcolo del PD e riportato in blu in Fig. 163 del presente documento.

Nel PD si considera pertanto la resistenza plastica della sezione, sebbene l'Eurocodice EN1993-1-5 prescriva il calcolo della resistenza ad instabilità per taglio agli SLU nel caso in cui il rapporto h_w/t sia maggiore di $\frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_\tau}$.

5 Resistance to shear

5.1 Basis

(1) This section gives rules for shear resistance of plates considering shear buckling at the ultimate limit state where the following criteria are met:

- the panels are rectangular within the angle limit stated in 2.3;
- stiffeners, if any, are provided in the longitudinal or transverse direction or both;
- all holes and cut outs are small (see 2.3);
- members are of uniform cross section.

(2) Plates with h_w/t greater than $\frac{72}{\eta} \varepsilon$ for an unstiffened web, or $\frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_\tau}$ for a stiffened web, should be checked for resistance to shear buckling and should be provided with transverse stiffeners at the supports, where $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y [N/mm^2]}}$.

Fig. 177 - estratto da EN 1993-1-5: resistenza a taglio

Nel PD il rapporto h_w/t risulta uguale a $4085/24 = 170$.

$$\text{Il valore limite è } \frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_\tau} = \frac{31}{1,2} \cdot 0,81 \cdot \sqrt{11,77} = 72.$$

Per il calcolo di k_τ si fa riferimento all'appendice A dell'Eurocodice e risulta:

- N° stiffener longitudinali = 1
- Passo stiffener $a = 4000$ mm
- Altezza anima $h_w = 4085$ mm
- $\alpha = a / h_w = 0,98 < 3$
- $I_{sl} = 1,96 \times 10^7 \text{ mm}^4$ (considerando uno stiffener di larghezza 150 mm e spessore 15 mm – lo spessore viene qui ipotizzato in quanto non quotato a disegno)

$$\rightarrow k_\tau = 4,1 + \frac{6,3 + 0,18 \cdot \frac{I_{sl}}{t^3 h_w}}{\alpha^2} + 2,2 \cdot \sqrt[3]{\frac{I_{sl}}{t^3 h_w}} = 4,1 + \frac{6,3 + 0,18 \cdot \frac{1,96 \cdot 10^7 / 3}{24^3 \cdot 4085}}{0,98^2} + 2,2 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,96 \cdot 10^7 / 3}{24^3 \cdot 4085}} = 11,77$$

$$\rightarrow \frac{h_w}{t} = 170 > \frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_\tau} = 72, \text{ pertanto è necessario determinare la resistenza ad instabilità del pannello d'anima.}$$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 168 di 180

A.3 Shear buckling coefficients

(1) For plates with rigid transverse stiffeners and without longitudinal stiffeners or with more than two longitudinal stiffeners, the shear buckling coefficient k_τ can be obtained as follows:

$$k_\tau = 5,34 + 4,00 (h_w / a)^2 + k_{\tau sl} \quad \text{when } a / h_w \geq 1$$

$$k_\tau = 4,00 + 5,34 (h_w / a)^2 + k_{\tau sl} \quad \text{when } a / h_w < 1$$
(A.5)

where $k_{\tau sl} = 9 \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 \sqrt[4]{\left(\frac{I_{sl}}{t^3 h_w} \right)^3}$ but not less than $\frac{2,1}{t} \sqrt[3]{\frac{I_{sl}}{h_w}}$

a is the distance between transverse stiffeners (see Figure 5.3);

I_{sl} is the second moment of area of the longitudinal stiffener about the $z-z$ axis, see Figure 5.3 (b).

For webs with two or more longitudinal stiffeners, not necessarily equally spaced, I_{sl} is the sum of the stiffness of the individual stiffeners.

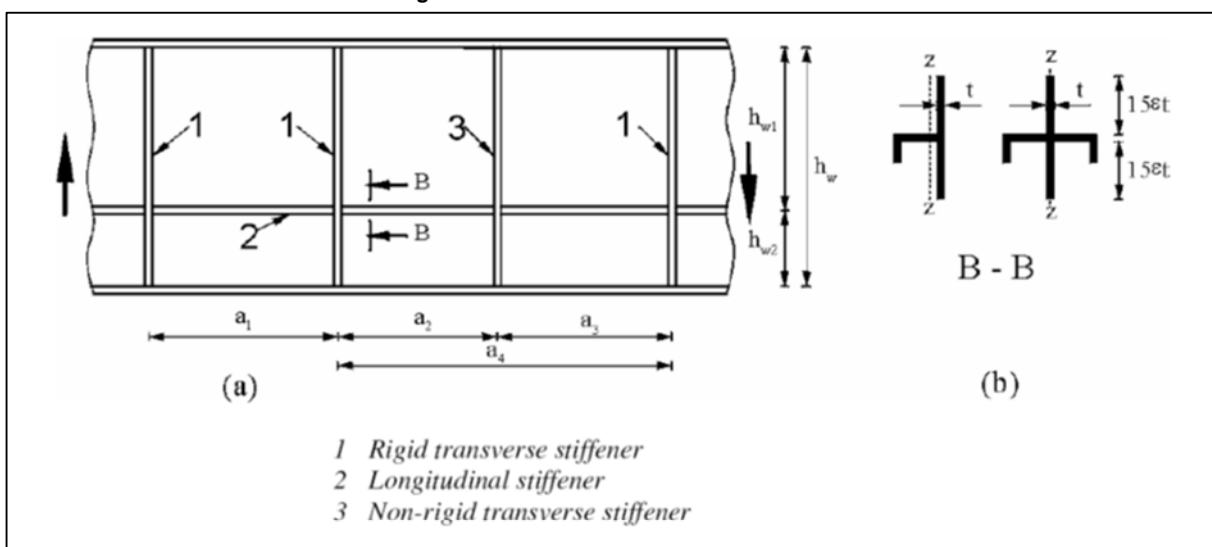
NOTE: No intermediate non-rigid transverse stiffeners are allowed for in equation (A.5).

(2) The equation (A.5) also applies to plates with one or two longitudinal stiffeners, if the aspect ratio

$\alpha = \frac{a}{h_w}$ satisfies $\alpha \geq 3$. For plates with one or two longitudinal stiffeners and an aspect ratio $\alpha < 3$ the shear buckling coefficient should be taken from:

$$k_\tau = 4,1 + \frac{6,3 + 0,18 \frac{I_{sl}}{t^3 h_w}}{\alpha^2} + 2,2 \sqrt[3]{\frac{I_{sl}}{t^3 h_w}}$$
(A.6)

Fig. 178 - estratto da EN 1993-1-5: annex A



(4) The second moment of area of a longitudinal stiffener should be reduced to 1/3 of its actual value when calculating k_τ . Formulae for k_τ taking this reduction into account in A.3 may be used.

Fig. 179 - estratto da EN 1993-1-5: paragrafo 5.3

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 169 di 180

Per il calcolo della resistenza all'instabilità del pannello d'anima si calcola $V_{bw,Rd}$ come indicato al §5.2 dell'EN 1993-1-5.

5.2 Design resistance

(1) For unstiffened or stiffened webs the design resistance for shear should be taken as:

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} \quad (5.1)$$

in which the contribution from the web is given by:

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} \quad (5.2)$$

and the contribution from the flanges $V_{bf,Rd}$ is according to 5.4.

Fig. 180 - estratto da EN 1993-1-5: paragrafo 5.2

La resistenza dipende dal coefficiente χ_w , che si ricava dalla tabella 5.1 della normativa in funzione di λ_w , che a sua volta è funzione della tensione σ_E (appendice A).

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 170 di 180

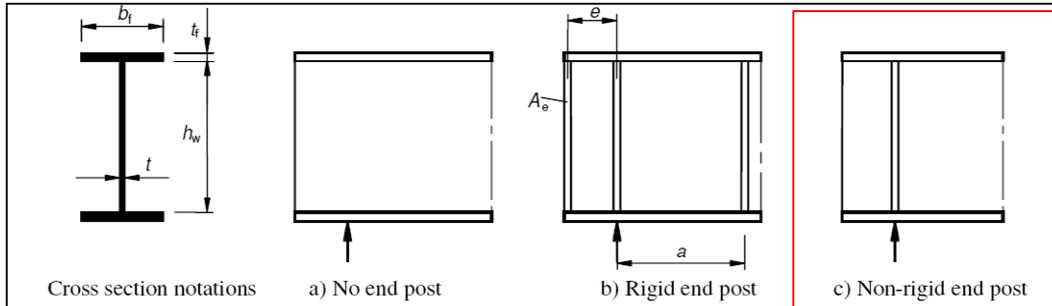


Figure 5.1: End supports

5.3 Contribution from the web

(1) For webs with transverse stiffeners at supports only and for webs with either intermediate transverse stiffeners or longitudinal stiffeners or both, the factor χ_w for the contribution of the web to the shear buckling resistance should be obtained from Table 5.1 or Figure 5.2.

Table 5.1: Contribution from the web χ_w to shear buckling resistance

	Rigid end post	Non-rigid end post
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

(3) The slenderness parameter $\bar{\lambda}_w$ in Table 5.1 and Figure 5.2 should be taken as:

$$\bar{\lambda}_w = 0,76 \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr}}} \quad (5.3)$$

where $\tau_{cr} = k_\tau \sigma_E$ (5.4)

NOTE 1: Values for σ_E and k_τ may be taken from Annex A.

Fig. 181 - estratto da EN 1993-1-5: paragrafo 5.2 e 5.3

Annex A [informative] – Calculation of critical stresses for stiffened plates

A.1 Equivalent orthotropic plate

(1) Plates with at least three longitudinal stiffeners may be treated as equivalent orthotropic plates.

(2) The elastic critical plate buckling stress of the equivalent orthotropic plate may be taken as:

$$\sigma_{\sigma,p} = k_{\sigma,p} \sigma_E \quad (A.1)$$

where $\sigma_E = \frac{\pi^2 E t^2}{12(1-\nu^2)b^2} = 190000 \left(\frac{t}{b}\right)^2$ in [MPa]

$k_{\sigma,p}$ is the buckling coefficient according to orthotropic plate theory with the stiffeners smeared over the plate;

b is defined in Figure A.1;

t is the thickness of the plate.

Fig. 182 - estratto da EN 1993-1-5: annex A

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 171 di 180

- $$\sigma_E = \frac{\pi^2 E \cdot t^2}{12(1-\nu^2)b^2} = 190000 \left(\frac{t}{b}\right)^2 = 190000 \left(\frac{24}{4085}\right)^2 = 6,6 \text{ MPa}$$
- $$\tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_E = 11,77 \times 6,6 = 77,7 \text{ MPa}$$

Considerando la condizione di "NON RIGID END POST" la verifica risulta:

$$\lambda_w = 0,76 \cdot \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr}}} = 0,76 \cdot \sqrt{\frac{355}{77,7}} = 1,62 > 1,08 \rightarrow \chi_w = 0,83 / \lambda_w = 0,51$$

$$\rightarrow V_{bWRd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} = \frac{0,51 \cdot 355 \cdot 4085 \cdot 24}{\sqrt{3} \cdot 1,1} = 9316 \text{ kN} > 5672 + 1508 = 7180 \text{ kN} \rightarrow \Delta = 0,77 \text{ verificato}$$

Il tasso di utilizzo della sezione risulta pertanto maggiore di quanto indicato nella tabella del §7.4.6 della relazione di calcolo del PD.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 172 di 180

Si rimanda alla definizione della normativa al §9.3 (Fig. 183) per la definizione di “Rigid end post” e “Non rigid end post”.

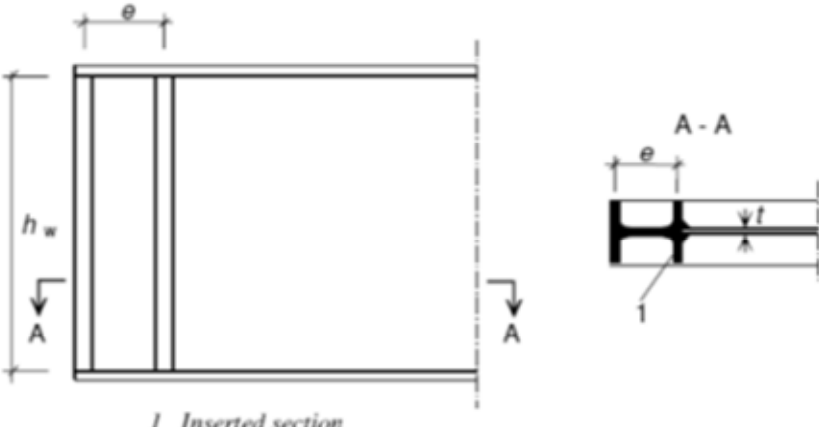
9.3 Shear

9.3.1 Rigid end post

(1) The rigid end post (see Figure 5.1) should act as a bearing stiffener resisting the reaction from the support (see 9.4), and should be designed as a short beam resisting the longitudinal membrane stresses in the plane of the web.

NOTE: For the effects of eccentricity due to movements of bearings, see EN 1993-2.

(2) A rigid end post should comprise of two double-sided transverse stiffeners that form the flanges of a short beam of length h_w , see Figure 5.1 (b). The strip of web plate between the stiffeners forms the web of the short beam. Alternatively, a rigid end post may be in the form of a rolled section, connected to the end of the web plate as shown in Figure 9.6.



1 Inserted section

Figure 9.6: Rolled section forming an end-post

(3) Each double sided stiffener consisting of flats should have a cross sectional area of at least $4h_w t^2 / e$, where e is the centre to centre distance between the stiffeners and $e > 0,1 h_w$, see Figure 5.1 (b). Where a rolled section other than flats is used for the end-post its section modulus should be not less than $4h_w t^2$ for bending around a horizontal axis perpendicular to the web.

(4) As an alternative the girder end may be provided with a single double-sided stiffener and a vertical stiffener adjacent to the support so that the subpanel resists the maximum shear when designed with a non-rigid end post.

9.3.2 Stiffeners acting as non-rigid end post

(1) A non-rigid end post may be a single double sided stiffener as shown in Figure 5.1 (c). It may act as a bearing stiffener resisting the reaction at the girder support (see 9.4).

Fig. 183 - estratto da eurocodice EN 1993-1-5: §9.3

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 173 di 180

12.4.2 CALCOLO DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN APPOGGIO PREVISTA DA PROGETTO ESECUTIVO

Si determina la resistenza a taglio della sezione in appoggio prevista dal PE in modo analogo a quanto effettuato al paragrafo precedente per il PD.

12.4.2.1 SEZIONE $H = 2750$ MM

Il Progetto Esecutivo differisce dal Progetto Definitivo per i seguenti elementi:

- Spessore anima = 22 mm (anziché 24 mm)
- n° 1 stiffener longitudinale L200x200x18 (anziché un solo piatto di dimensione 150xt – t non definito, ipotizzato da 15)
- passo stiffener trasversali a = 4300 mm (anziché 4200 mm).

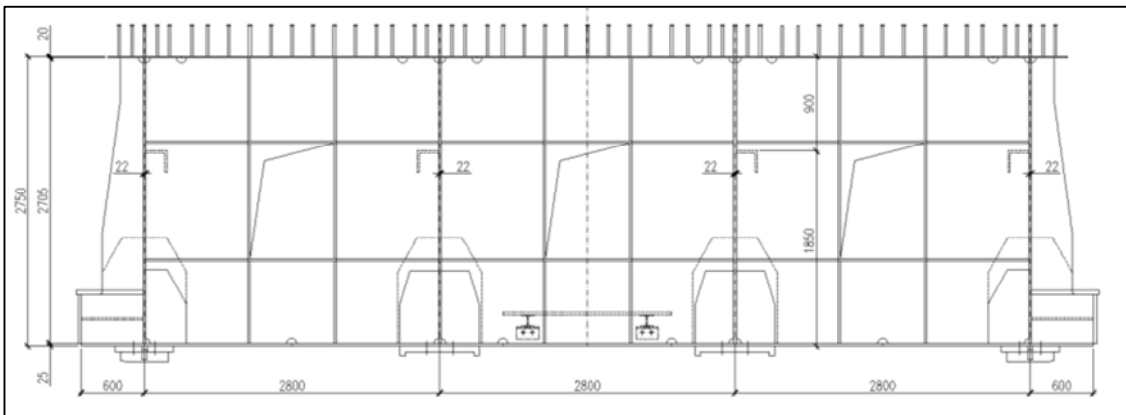


Fig. 184 - Progetto Esecutivo - Sezione in appoggio

L'eurocodice EN1993-1-5 (Fig. 167) prescrive il calcolo della resistenza a taglio tenendo conto degli effetti dell'instabilità agli SLU nel caso in cui il rapporto h_w/t sia maggiore di $\frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_\tau}$. Nel PE il rapporto h_w/t risulta

uguale a $2705/22 = 123$. Il valore limite è $\frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_\tau} = \frac{31}{1,2} \cdot 0,81 \cdot \sqrt{9,41} = 64$.

Per il calcolo di k_τ si fa riferimento all'appendice A dell'eurocodice (Fig. 185) e risulta:

- N° stiffener longitudinali = 1
- Passo stiffener a = 4300 mm
- Altezza anima $h_w = 2705$ mm
- $\alpha = a / h_w = 1,59 < 3$
- $I_{sl} = 1,58 \times 10^8 \text{ mm}^4$ (inerzia calcolata per uno stiffener L200x200x18)

$$\rightarrow k_\tau = 4,1 + \frac{6,3 + 0,18 \cdot \frac{I_{sl}}{t^3 h_w}}{\alpha^2} + 2,2 \cdot \sqrt[3]{\frac{I_{sl}}{t^3 h_w}} = 4,1 + \frac{6,3 + 0,18 \cdot \frac{1,58 \cdot 10^8 / 3}{22^3 \cdot 2705}}{1,59^2} + 2,2 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,58 \cdot 10^8 / 3}{22^3 \cdot 2705}} = 9,41$$

$\rightarrow \frac{h_w}{t} = 123 > \frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_\tau} = 64$, pertanto è necessario determinare la resistenza ad instabilità del pannello d'anima.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 174 di 180

A.3 Shear buckling coefficients

(1) For plates with rigid transverse stiffeners and without longitudinal stiffeners or with more than two longitudinal stiffeners, the shear buckling coefficient k_{τ} can be obtained as follows:

$$\begin{aligned}
 k_{\tau} &= 5,34 + 4,00 (h_w / a)^2 + k_{\text{stl}} && \text{when } a / h_w \geq 1 \\
 k_{\tau} &= 4,00 + 5,34 (h_w / a)^2 + k_{\text{stl}} && \text{when } a / h_w < 1
 \end{aligned}
 \tag{A.5}$$

where $k_{\text{stl}} = 9 \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 \sqrt[4]{ \left(\frac{I_{\text{stl}}}{t^3 h_w} \right)^3 }$ but not less than $\frac{2,1}{t} \sqrt[3]{ \frac{I_{\text{stl}}}{h_w} }$

a is the distance between transverse stiffeners (see Figure 5.3);

I_{stl} is the second moment of area of the longitudinal stiffener about the z-z axis, see Figure 5.3 (b).

For webs with two or more longitudinal stiffeners, not necessarily equally spaced, I_{stl} is the sum of the stiffness of the individual stiffeners.

NOTE: No intermediate non-rigid transverse stiffeners are allowed for in equation (A.5).

(2) The equation (A.5) also applies to plates with one or two longitudinal stiffeners, if the aspect ratio $\alpha = \frac{a}{h_w}$ satisfies $\alpha \geq 3$. For plates with one or two longitudinal stiffeners and an aspect ratio $\alpha < 3$ the shear buckling coefficient should be taken from:

$$k_{\tau} = 4,1 + \frac{6,3 + 0,18 \frac{I_{\text{stl}}}{t^3 h_w}}{\alpha^2} + 2,2 \sqrt[3]{ \frac{I_{\text{stl}}}{t^3 h_w} }
 \tag{A.6}$$

Fig. 185 - estratto EN1993-1-5 – appendice A

Per il calcolo della resistenza all'instabilità del pannello d'anima si calcola $V_{bw,Rd}$ come indicato al §5.2 dell'EN 1993-1-5 (Fig. 170).

La resistenza dipende dal coefficiente χ_w , che si ricava dalla tabella 5.1 della normativa in funzione di λ_w , che a sua volta è funzione della tensione σ_E (appendice A).

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.							
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 175 di 180

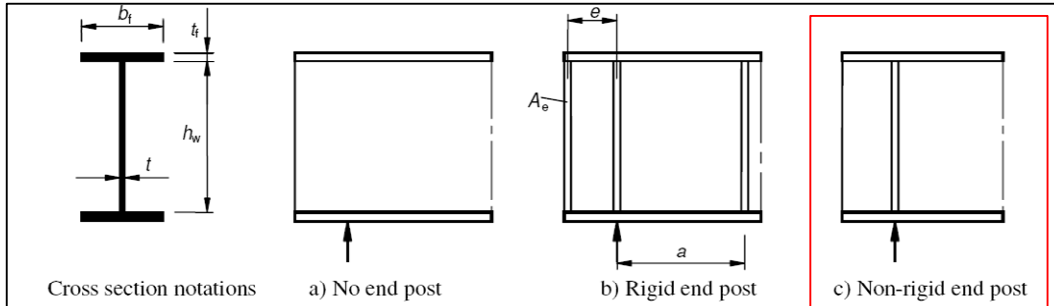


Figure 5.1: End supports

5.3 Contribution from the web

(1) For webs with transverse stiffeners at supports only and for webs with either intermediate transverse stiffeners or longitudinal stiffeners or both, the factor χ_w for the contribution of the web to the shear buckling resistance should be obtained from Table 5.1 or Figure 5.2.

Table 5.1: Contribution from the web χ_w to shear buckling resistance

	Rigid end post	Non-rigid end post
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

(3) The slenderness parameter $\bar{\lambda}_w$ in Table 5.1 and Figure 5.2 should be taken as:

$$\bar{\lambda}_w = 0,76 \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr}}} \quad (5.3)$$

$$\text{where } \tau_{cr} = k_\tau \sigma_E \quad (5.4)$$

NOTE 1: Values for σ_E and k_τ may be taken from Annex A.

Fig. 186 - estratto da EN 1993-1-5: paragrafo 5.2 e 5.3

Come indicato in appendice A della EN 1993-1-5 (Fig. 172), risulta:

- $\sigma_E = \frac{\pi^2 E \cdot t^2}{12(1-\nu^2)b^2} = 190000 \left(\frac{t}{b}\right)^2 = 190000 \left(\frac{22}{2705}\right)^2 = 12,57 \text{ MPa}$
- $\tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_E = 9,41 \times 12,57 = 118,3 \text{ MPa}$

Essendo nella condizione "Non rigid end post", risulta:

$$\lambda_w = 0,76 \cdot \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr}}} = 0,76 \cdot \sqrt{\frac{355}{118,3}} = 1,32 > 1,08 \rightarrow \chi_w = 0,83/\lambda_w = 0,63$$

$$\rightarrow V_{bwRd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} = \frac{0,63 \cdot 355 \cdot 2705 \cdot 22}{\sqrt{3} \cdot 1,1} = 6986 \text{ kN}$$

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA AV	Soci SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: Mandatara ROCKSOIL S.P.A.	Mandanti NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 176 di 180

La resistenza a taglio risulta maggiore della resistenza a taglio calcolata per la sezione in appoggio del PD

$$V_{bwRd,PE} = 6986 \text{ kN} < V_{bwRd,PD} = 7684 \text{ kN} \rightarrow \Delta = \frac{V_{bwRd,PE}}{V_{bwRd,PD}} = 0,91$$

12.4.2.2 SEZIONE H = 4150 MM

Il Progetto Esecutivo differisce dal Progetto Definitivo per i seguenti elementi:

- Spessore anima = 22 mm (anziché 24 mm)
- n° 2 stiffeners longitudinali L200x200x18 (anziché un solo piatto di dimensione 150xt – t non definito, ipotizzato da 15)
- passo stiffener trasversale a = 2400 mm (anziché 4000 mm, riferito al penultimo pannello).

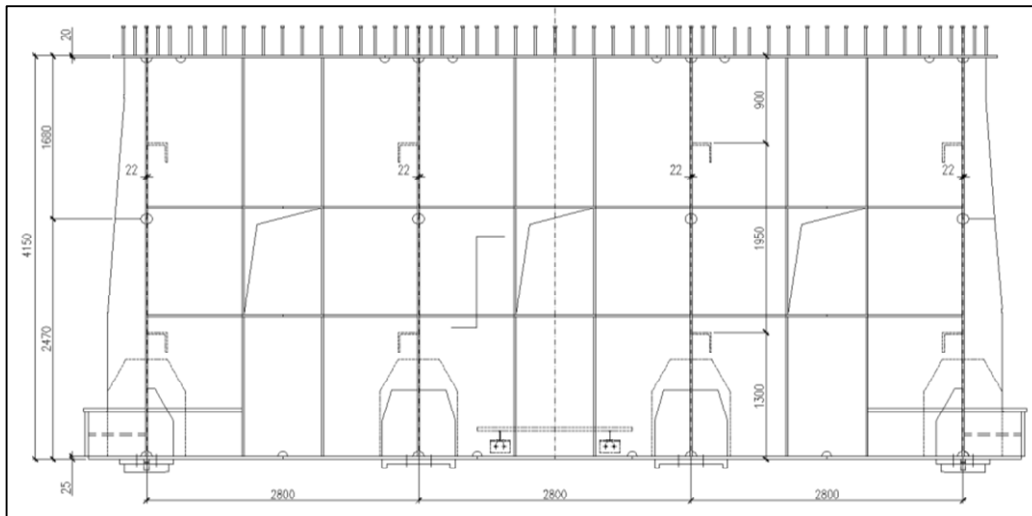


Fig. 187 - Progetto Esecutivo - Sezione in appoggio

L'eurocodice EN1993-1-5 (Fig. 167) prescrive il calcolo della resistenza a taglio tenendo conto degli effetti dell'instabilità agli SLU nel caso in cui il rapporto hw/t sia maggiore di $\frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_{\tau}}$.

Nel PE il rapporto hw/t risulta uguale a $4105/22 = 187$. Il valore limite è $\frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_{\tau}} = \frac{31}{1,2} \cdot 0,81 \cdot \sqrt{26,8} = 108$.

Per il calcolo di k_{τ} si fa riferimento all'appendice A dell'eurocodice e risulta:

- N° stiffener longitudinali = 2
- Passo stiffener a = 2400 mm (a favore di sicurezza si considera il penultimo campo)
- Altezza anima $hw = 4105$ mm (a favore di sicurezza si considera l'altezza massima)
- $\alpha = a / hw = 0,58 < 3$
- $I_{sl} = 1,58 \times 10^8 \text{ mm}^4$ (profilo angolare L200x200x18)

$$k_{\tau} = 4,1 + \frac{6,3 + 0,18 \cdot \frac{I_{sl}}{t^3 h_w}}{\alpha^2} + 2,2 \cdot \sqrt[3]{\frac{I_{sl}}{t^3 h_w}} = 4,1 + \frac{6,3 + 0,18 \cdot \frac{2 \cdot 1,58 \cdot 10^8 / 3}{22^3 \cdot 4105}}{0,58^2} + 2,2 \cdot \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 1,58 \cdot 10^8 / 3}{22^3 \cdot 4105}} = 26,8$$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 177 di 180

$$\rightarrow \frac{h_w}{t} = 187 > \frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_\tau} = 108$$

pertanto è necessario determinare la resistenza ad instabilità del pannello d'anima.

Per il calcolo della resistenza all'instabilità del pannello d'anima si calcola $V_{bw,Rd}$ come indicato al §5.2 dell'EN 1993-1-5. La resistenza dipende dal coefficiente χ_w , che si ricava dalla tabella 5.1 della normativa in funzione di $\bar{\lambda}_w$, che a sua volta è funzione della tensione σ_E (appendice A).

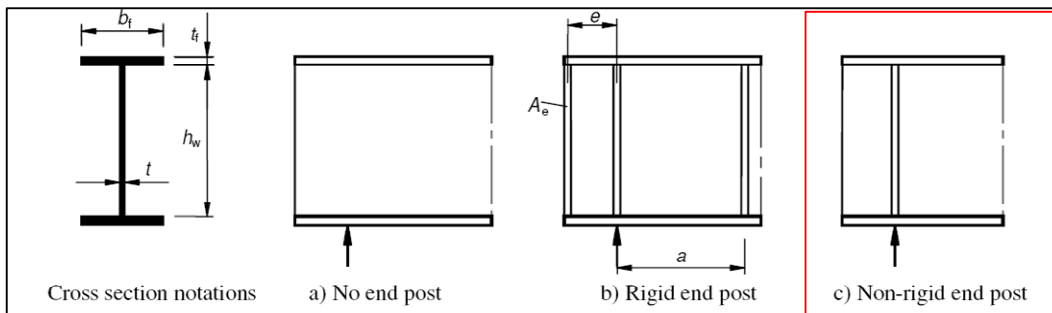


Figure 5.1: End supports

5.3 Contribution from the web

(1) For webs with transverse stiffeners at supports only and for webs with either intermediate transverse stiffeners or longitudinal stiffeners or both, the factor χ_w for the contribution of the web to the shear buckling resistance should be obtained from Table 5.1 or Figure 5.2.

Table 5.1: Contribution from the web χ_w to shear buckling resistance

	Rigid end post	Non-rigid end post
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

- $\sigma_E = \frac{\pi^2 E \cdot t^2}{12(1-\nu^2)b^2} = 190000 \left(\frac{t}{b}\right)^2 = 190000 \left(\frac{22}{4105}\right)^2 = 5,46 \text{ MPa}$

- $\tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_E = 26,8 \times 5,46 = 146 \text{ MPa}$

Considerando la condizione "NON RIGID END POST" risulta:

$$\lambda_w = 0,76 \cdot \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr}}} = 0,76 \cdot \sqrt{\frac{355}{146}} = 1,18 > 1,08 \rightarrow \chi_w = 0,83/\lambda_w = 0,70$$

$$\rightarrow V_{bwRd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} = \frac{0,70 \cdot 355 \cdot 4105 \cdot 22}{\sqrt{3} \cdot 1,1} = 11780 \text{ N}$$

La resistenza a taglio per instabilità del PE risulta maggiore della resistenza del PD:

$$V_{bwRd,PE} = 11780 \text{ N} > V_{bwRd,PD} = 9316 \text{ kN} \quad \rightarrow \quad \Delta = \frac{V_{bwRd,PE}}{V_{bwRd,PD}} = 1,26$$

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 178 di 180

12.5 VERIFICHE DI RESISTENZA A FATICA

Le verifiche di resistenza a fatica riportate nella relazione di calcolo del Progetto Definitivo sono effettuate tramite il metodo dei coefficienti λ previsto dalla normativa ferroviaria (Fig. 188).

CAPITOLO 2 – METODO DEI COEFFICIENTI λ

E' possibile ricondurre la verifica a fatica ad una verifica convenzionale di resistenza, confrontando il delta ideale convenzionale di tensione di progetto, $\Delta\sigma_{E,d}$, descritto nel seguito, con la classe del particolare $\Delta\sigma_c$.

Il delta di tensione convenzionale di calcolo $\Delta\sigma_{E,d}$ è dato da:

$$\Delta\sigma_{E,d} = \lambda \cdot \Phi_2 \cdot \Delta\sigma_{71}$$

Per essere in sicurezza nei riguardi della fatica dovrà verificarsi la seguente condizione:

$$\Delta\sigma_{E,d} \leq \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}}$$

esprimibile con identica forma anche in termini di tensioni tangenziali:

$$\Delta\tau_{E,d} \leq \frac{\Delta\tau_c}{\gamma_{Mf}}$$

Dove:

λ è un fattore di correzione i cui valori numerici sono definiti in 2.1;

$\Delta\sigma_{71}$ è la differenza di tensione tra i valori estremi σ_{\max} e σ_{\min} dovuti a sovraccarico teorico di calcolo adottato per il ponte (LM71) posto nella posizione più sfavorevole;

$\Delta\sigma_c$ è la resistenza alla fatica corrispondente a 2×10^6 cicli da ricavare sulle curve SN corrispondenti al particolare strutturale esaminato (Figure 1.5-1 e 1.5-3);

Φ_2 è il coefficiente di incremento dinamico del sovraccarico teorico valutato mediante la seguente formula:

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\phi} - 0,2} + 0,82 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$$

dove L_ϕ rappresenta la lunghezza "caratteristica" in metri, così come definita in Tab. 1.4.2.5.3-1 della Specifica RFI DTC INC PO SP IFS 001 A.

Fig. 188 - estratto da RFI DTC INC PO SP IFS 003 A

La normativa ferroviaria "RFI DTC INC PO SP IFS 003 A 27122011", citata nella relazione ricevuta, al § 2.4 specifica che "...i dati tensionali andranno calcolati considerando ambedue i binari caricati.." (Fig. 189).

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 179 di 180

2.4 INFLUENZA DEL DOPPIO BINARIO

Nel caso di ponti a doppio binario, si dovrà tener conto delle possibilità di incrocio dei treni sul ponte per la verifica degli elementi delle pareti principali e delle travi trasversali.

In tal caso, i dati tensionali andranno calcolati considerando ambedue i binari caricati, ma apportando ai valori numerici di $\Delta\sigma_i$ ($\Delta\tau_i$) così determinati, il fattore correttivo λ_4 di seguito riportato:

$$\lambda_4 = \sqrt[3]{n + [1-n] \cdot [a^5 + (1-a)^5]}$$

dove:

$$a = \frac{\Delta\sigma_1}{\Delta\sigma_{1+2}}$$

in cui:

$\Delta\sigma_1$ è l'intervallo di tensione nella sezione da verificare ottenuta con il modello di carico su un solo binario;

$\Delta\sigma_{1+2}$ è l'intervallo di tensione nella stessa sezione ottenuta con il modello di carico su due binari qualsiasi.

n è uguale alla percentuale dei treni che si incrociano sul ponte, la quale salvo diverse indicazioni da parte del Gestore dell'Infrastruttura si assumerà pari al 33,3%.

Fig. 189 - estratto da RFI DTC INC PO SP IFS 003 A - § 2.4

Prendendo come riferimento la verifica di resistenza a fatica relativa alla sezione di giunto dei conci 3-4 (§7.7.3. della relazione di calcolo del Progetto Definitivo), si osserva quanto segue:

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 001	REV. B	FOGLIO 180 di 180

<i>7.7.3 Sezione di giunto conci 3-4</i>	
piattabanda inferiore sp = 40 mm	
$\Delta\sigma_C =$	71 Mpa classe del dettaglio
sp =	40 mm spessore lamiera
$k_s =$	0.91 coefficiente riduttivo della classe del dettaglio
$\Delta\sigma_{C,rid} =$	64.63 Mpa classe del dettaglio ridotta
$\Delta\sigma_{s,71} = \Delta\sigma_{LM/71}$	37.20 Treno LM/71
$\Delta\sigma_{SW/2} =$	45.00 Mpa 1 treno di carico (SW/2)
$\Delta\sigma_{SW/2+LM71} =$	82.20 Mpa 2 treni di carico (SW/2+LM71)
$\lambda_1 =$	0.64 (per L = 43 m)
n =	0.33 percentuale dei treni che si incrociano sul ponte
a =	0.55 tensione per 1 solo binario carico/tensione per 2 binari carichi
$\lambda_4 =$	0.82
$\lambda =$	0.53
$\Delta\sigma_{E,d} = \lambda * \Phi_2 * \Delta\sigma_{LM71} =$	46.34 < $\Delta\sigma_{C,rid} / \gamma_m =$ 47.87 OK
	0.97

Fig. 190 - estratto dalla relazione di calcolo del Progetto Definitivo - §7.7.3

Il tasso di utilizzo massimo riscontrato nelle verifiche a fatica del PD è pari a 0,97, mentre il tasso di utilizzo massimo nelle verifiche del PE è pari a 0,52 (§10.7.1 - dettaglio 71 della relazione di calcolo del PE).

$$\Delta = \frac{0.97}{0.52} = 1.87$$

Pertanto nelle verifiche a fatica il PE è più prestazionale del PD.