

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:
CONSORZIO:



SOCI:



PROGETTAZIONE:
MANDATARIA:



MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

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

VIADOTTI

ELBORATI GENERALI

Impalcato a struttura mista acc.-cls L=65,00m (Lc=63,00m) 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	002	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
B	Recepimento istruttoria	M ingegneria	10/06/2020	L.Zanelotti	10/06/2020	M.Vernaleone	10/06/2020	
								10/06/2020


File: IF2801EZZCLVI0009002B

n. Elab.: -

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> HIRPINIA AV	<u>Soci</u> 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> ROCKSOIL S.P.A.	<u>Mandanti</u> NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 002	REV. B	FOGLIO 2 di 171	

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	9
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.	17
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" 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;">3 di 171</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	A	3 di 171
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	A	3 di 171								

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	23
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	26
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	44
10.2.5	FRENATURA E AVVIAMENTO DEI TRENI (Q3, Q4)	44
10.2.6	AZIONE CENTRIFUGA (Q5, Q6)	45
10.2.7	SERPEGGIO (Q7, Q8)	47
10.2.8	RITIRO DEL CALCESTRUZZO (Q13)	47
10.2.9	VARIAZIONI TERMICHE	47
10.2.10	VENTO (Q14, Q15, Q16)	48
10.2.11	AZIONI SISMICHE	49
10.3	DETERMINAZIONE DELLA PRIMA FREQUENZA PROPRIA DI VIBRAZIONE	51
10.4	VERIFICHE DI RESISTENZA DEI CASSONI	52
10.4.1	GEOMETRIA DELL'IMPALCATO	52
10.4.2	SOLLECITAZIONI	56
10.4.3	CALCOLO DELLE TENSIONI	75
10.4.4	VERIFICA DI STABILITA' DEI PANNELLI D'ANIMA	80
10.5	VERIFICHE DI RESISTENZA E STABILITA' DELLE ASTE	82

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 171</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	A	4 di 171
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	A	4 di 171													

10.5.1	DIAGONALI DI CONTROVENTO SUPERIORI.....	82
10.5.2	DIAGONALI DI CONTROVENTO INFERIORI	84
10.5.3	DIAFRAMMI	86
10.6	VERIFICHE DI RESISTENZA DEI DIAFRAMMI DI TESTA	93
10.7	VERIFICHE A FATICA.....	94
10.7.1	DETTAGLIO 71: ATTACCHI TRASVERSALI.....	96
10.7.2	DETTAGLIO 80: GIUNTI TRASVERSALI A PIENA PENETRAZIONE.....	99
10.7.3	DETTAGLIO 80: SALDATURE A CORDONI D'ANGOLO	100
10.7.4	DETTAGLIO 112: GIUNTI BULLONATI.....	104
10.8	VERIFICA DI RESISTENZA DEI PIOLI CONNETTORI	107
10.9	VERIFICHE DI DEFORMABILITA' DELL'IMPALCATO	108
10.9.1	STATO LIMITE DI ESERCIZIO PER LA SICUREZZA DEL TRAFFICO FERROVIARIO.....	108
10.9.2	STATO LIMITE PER IL COMFORT DEI PASSEGGERI	108
10.10	CONTROFRECCIA DI MONTAGGIO	109
10.11	VERIFICHE IN FASE DI SOSTITUZIONE DEGLI APPARECCHI D'APPOGGIO.....	109
10.12	REAZIONI VINCOLARI.....	111
10.13	ESCURSIONE LONGITUDINALE, GIUNTI E VARCHI.....	112
10.14	ANTISOLLEVAMENTO	114
10.15	RITEGNI SISMICI LONGITUDINALI E TRASVERSALI.....	115
10.15.1	RITEGNO SISMICO TRASVERSALE.....	115
10.15.2	RITEGNO SISMICO LONGITUDINALE.....	116
11	IMPALCATO: EFFETTI LOCALI	119
11.1	VERIFICA DELLA SOLETTA	119
11.1.1	MODELLO DI CALCOLO.....	119
11.1.2	ANALISI DEI CARICHI.....	119
11.1.3	COMBINAZIONE DELLE AZIONI.....	126
11.1.4	VERIFICHE.....	128
11.2	VERIFICA PREDALLE IN FASE DI GETTO	144
11.2.1	MODALITA' DI ESECUZIONE DEL GETTO	144
11.2.2	CARICHI.....	144
11.2.3	VERIFICHE.....	145
12	EQUIPRESTAZIONALITA'	151
12.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	151
12.2	SEZIONI PRINCIPALI DEI CASSONI.....	152
12.3	VERIFICA A FLESSIONE SLU IN MEZZERIA.....	153
12.4	VERIFICA A TAGLIO – SLU.....	155
12.4.1	CALCOLO DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN APPOGGIO PREVISTA DA PROGETTO DEFINITIVO.....	155

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 171</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	A	5 di 171
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	A	5 di 171								

12.4.2 CALCOLO DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN APPOGGIO PREVISTA DA PROGETTO ESECUTIVO164

12.5 VERIFICHE DI RESISTENZA A FATICA168

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 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 002</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">6 di 171</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0009 002	B	6 di 171
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0009 002	B	6 di 171													
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 65m 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 002	REV. B	FOGLIO 7 di 171

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 002	REV. B	FOGLIO 8 di 171

- 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 002	REV. B	FOGLIO 9 di 171

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]

2.5.2 Anima trave principale

I	momento d'inerzia dell'irrigiditore rispetto alla sezione d'attacco con l'anima	[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 002	REV. B	FOGLIO 10 di 171

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>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 002	REV. B	FOGLIO 11 di 171

3 ELENCO DISEGNI

I disegni relativi al ponte in oggetto sono i seguenti:

- IF2801EZZBZVI0009009: Piante e sezione longitudinale
- IF2801EZZBZVI0009010: Piante e sezioni trasversali
- IF2801EZZBBVI0009001: Elementi e particolari costruttivi
- IF2801EZZBZVI0009011: Carpenterie profili, collegamenti principali e pioli Tav. 1 di 2
- IF2801EZZBZVI0009012: Carpenterie profili, collegamenti principali e pioli TAV. 2 di 2
- IF2801EZZBZVI0009013: Carpenterie profili, collegamenti principali e pioli TAV. 2 di 2
- IF2801EZZBZVI0009014: Apparecchi di appoggio e giunti
- IF2801EZZBZVI0009015: Carpenteria ritegno sismico e collegamento alla pila
- IF2801EZZBCVI0009002: Dispositivo antisollevamento
- IF2801EZZBZVI0007003: Lastre predalles: disposizione, carpenterie e dettagli
- IF2801EZZBZVI0007004: forometrie soletta, particolari costruttivi e finiture - tav. 1 di 2
- IF2801EZZBZVI0007005: forometrie soletta, particolari costruttivi e finiture - tav. 2 di 2

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 002	REV. B	FOGLIO 12 di 171

4 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il ponte in oggetto è realizzato in sistema misto acciaio-calcestruzzo con schema statico di trave appoggiata in singola campata di luce 63.00 m in asse appoggi e lunghezza complessiva 65.00 m.

La travata è simmetrica rispetto alla mezzeria ed è costituita da 5 conci di 3 tipologie: C1, C2, C3, disposti in successione, di lunghezza rispettivamente pari a 13,3 m, 12,6 m e 12,8 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 in calcestruzzo.

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 4,15 m per tutta la lunghezza del ponte.

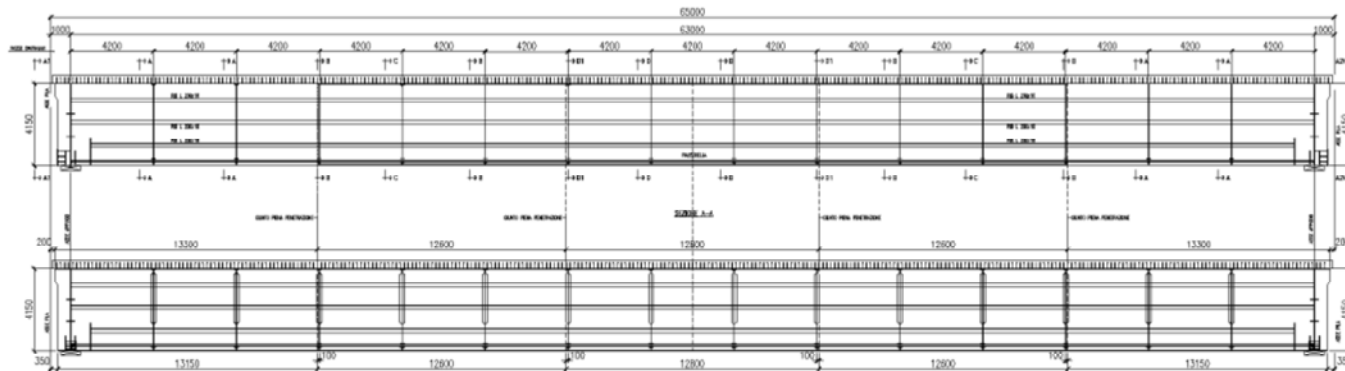


Fig. 1 – Prospetto longitudinale dell'impalcato

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 1550 m.

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 002	REV. B	FOGLIO 13 di 171

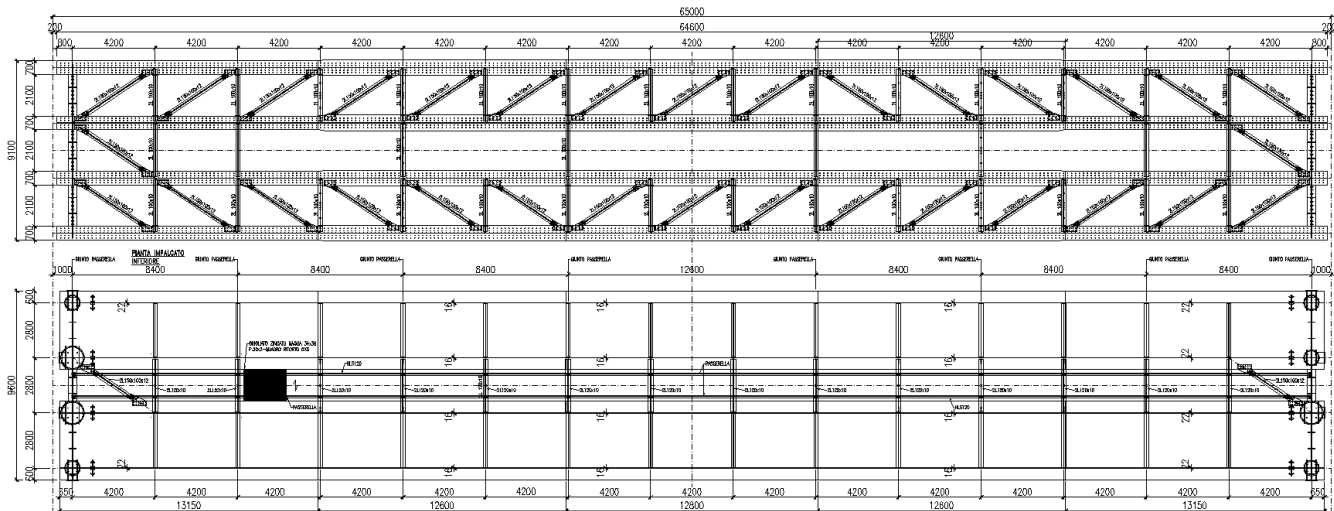


Fig. 2 – Pianta di impalcato (superiore ed inferiore)

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.

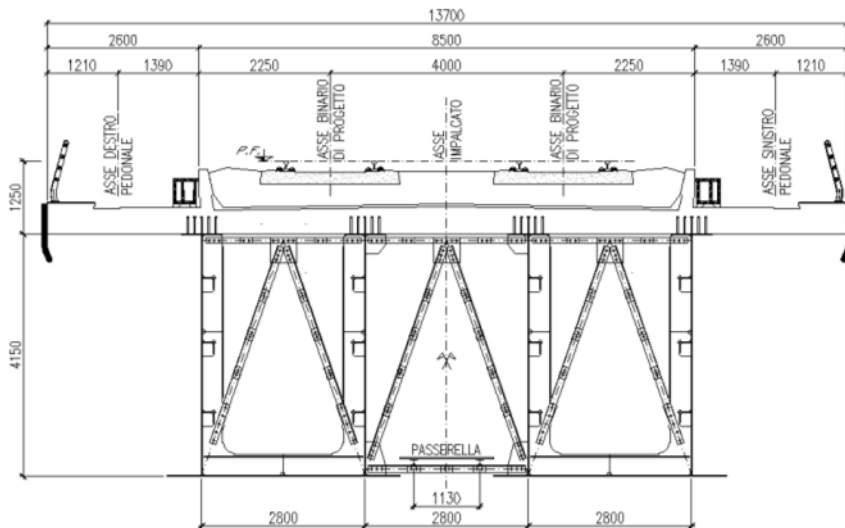


Fig. 3 – Sezione trasversale architettonica

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 002	REV. B	FOGLIO 14 di 171

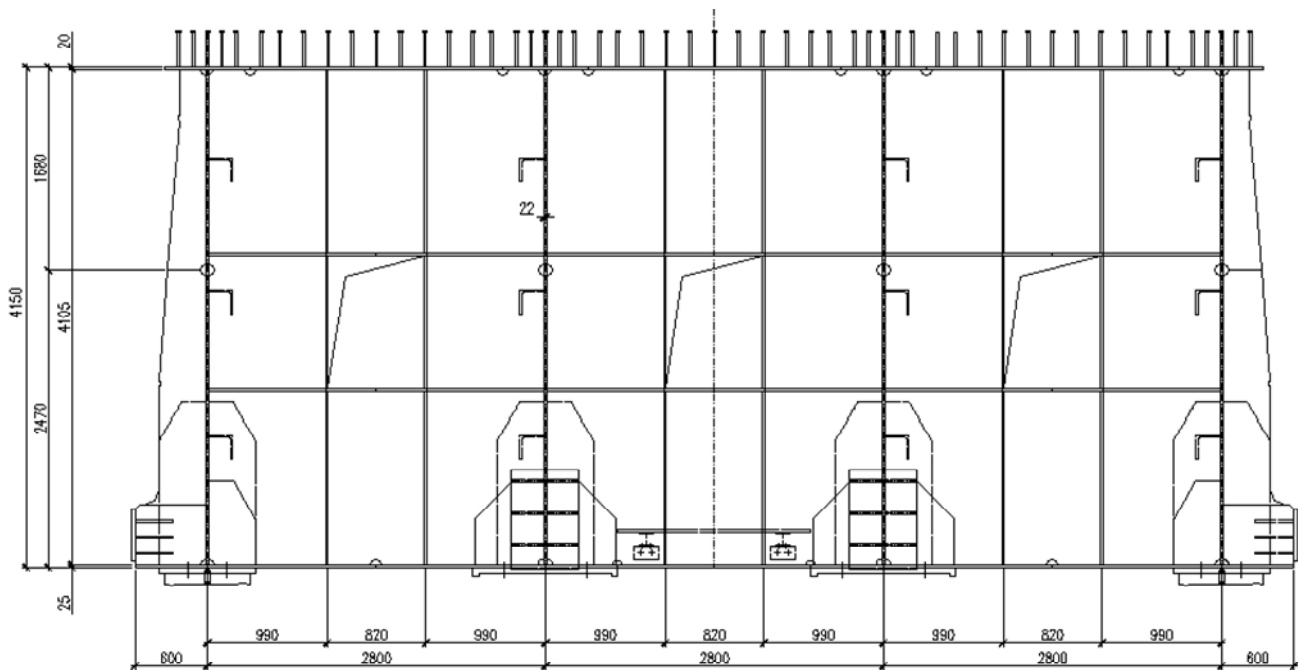


Fig. 4 – Diaframma di testa

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

- 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



Fig. 5 – Schema appoggi

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="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VI0009 002</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">15 di 171</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0009 002	B	15 di 171
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0009 002	B	15 di 171													
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: 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 002	REV. B	FOGLIO 16 di 171

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.

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 002	REV. B	FOGLIO 17 di 171

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)

- $5 < \varnothing < 30$ 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.

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 002	REV. B	FOGLIO 18 di 171

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

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 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 002	REV. B	FOGLIO 19 di 171

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: <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 002	REV. B	FOGLIO 20 di 171

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 4500 kN, di cui:

- peso dei cassoni: 3900 kN
- peso dei traversi di testa: 250 kN
- peso dei profili laminati: 350 kN (incluso il peso di piastrame e bullonature)

Il peso totale della soletta in calcestruzzo risulta pari a 9460 kN, in quanto:

- peso predalle = $25 \times 0,05 \times 13,7 \times 65 = 1113$ kN
- peso getto di calcestruzzo (sp.medio 0,375m) = $25 \times 0,375 \times 13,7 \times 65 = 8348$ 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): $2 \times (25 \text{ kN/m}^3 \times 0,2 \times 0,82) = 2 \times 4,1 \text{ kN/m}$
- Veelette: $2 \times 1,50 \text{ kN/m}$
- 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, è sufficiente utilizzare i coefficienti dinamici definiti dalla normativa ferroviaria.

Nel caso in esame, si utilizzano i coefficienti definiti dalla normativa, in quanto la frequenza propria della struttura è al limite del fuso (§10.3).

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 63 m, pertanto l'incremento dinamico ϕ risulta 1,01.

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 002	REV. B	FOGLIO 21 di 171

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 della luce tra le travi trasversali ($2,8 \text{ m} \times 3 = 8,4 \text{ m}$), 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 <p>- mensole trasversali supportanti carichi ferroviari: se $e > 0,50 \text{ m}$, essendo e la distanza fra l'asse della rotaia più esterna e il filo esterno dell'anima più esterna della struttura principale longitudinale, occorre uno studio specifico.</p>	<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 RFI 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).

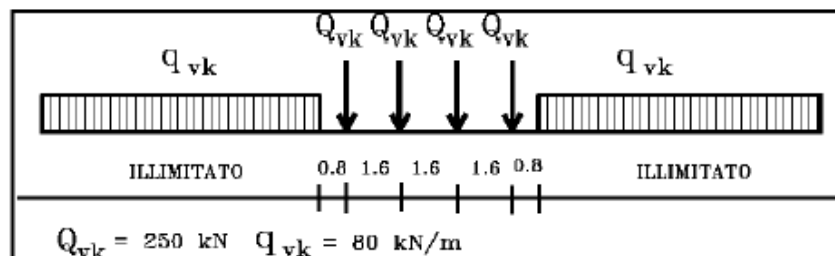


Fig. 12 – Modello di carico LM71 – estratto da DM2018 § 5.2.2.3.1

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

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 002	REV. B	FOGLIO 22 di 171

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.

$$e_g = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2} = 340 \text{ mm (dove } R = 1550 \text{ m e } L = 65 \text{ m)}$$

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.

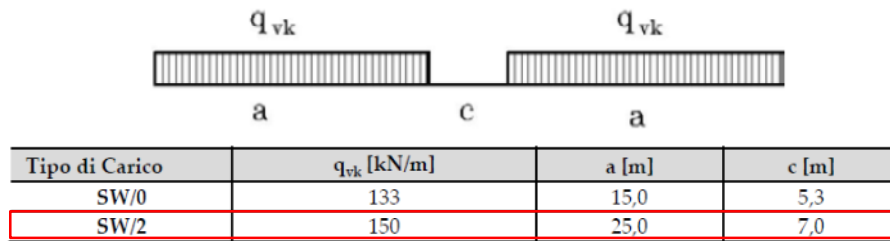


Fig. 13 – Modello di carico SW/2 – estratto da DM2018

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 .

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 002	REV. B	FOGLIO 23 di 171

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:

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

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

dove:

Q_{tk} - q_{tk} = 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 $\alpha = 1,0$

$$Q_{tk} = Q_{vk} = 0kN$$

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

Il traffico verticale associato è pari a Φ x SW/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: Mandatario 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 002	REV. B	FOGLIO 24 di 171

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

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

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

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

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

$$Q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha Q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha Q_{vk}) = \frac{200^2}{127 \cdot 1550} \cdot (0,63 \cdot 1,0 \cdot 250) = 32,1 \text{ kN}$$

dove 0,63 con $L_f = 65 \text{ m}$

$$q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha q_{vk}) = \frac{200^2}{127 \cdot 1550} \cdot (0,63 \cdot 1,0 \cdot 80) = 10,3 \text{ kN/m}$$

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 $\Phi \times \text{LM/71}$.

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 % $\rightarrow kh = 0,7$

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 002	REV. B	FOGLIO 25 di 171

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

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

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

Si considera l'utilizzo di additivi anti-ritiro che consentono di ottenere un valore di contrazione per ritiro:

$$\epsilon = \epsilon_{cs} / 2 = -134 \times 10^{-6}.$$

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.

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 002	REV. B	FOGLIO 26 di 171

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.



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 $z = 50$ m risulta pertanto un coefficiente di esposizione C_e pari a 3,47.

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 002	REV. B	FOGLIO 27 di 171

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: $2,39 \times 4,15 = 9,92 \text{ kN/m}$
- sulla trave sottovento: $0,48 \times 4,15 = 1,99 \text{ kN/m}$

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

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

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 = $5,3 \text{ m}$

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:

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

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 002	REV. B	FOGLIO 28 di 171
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

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 ($\psi_{2j} = 0,2$)

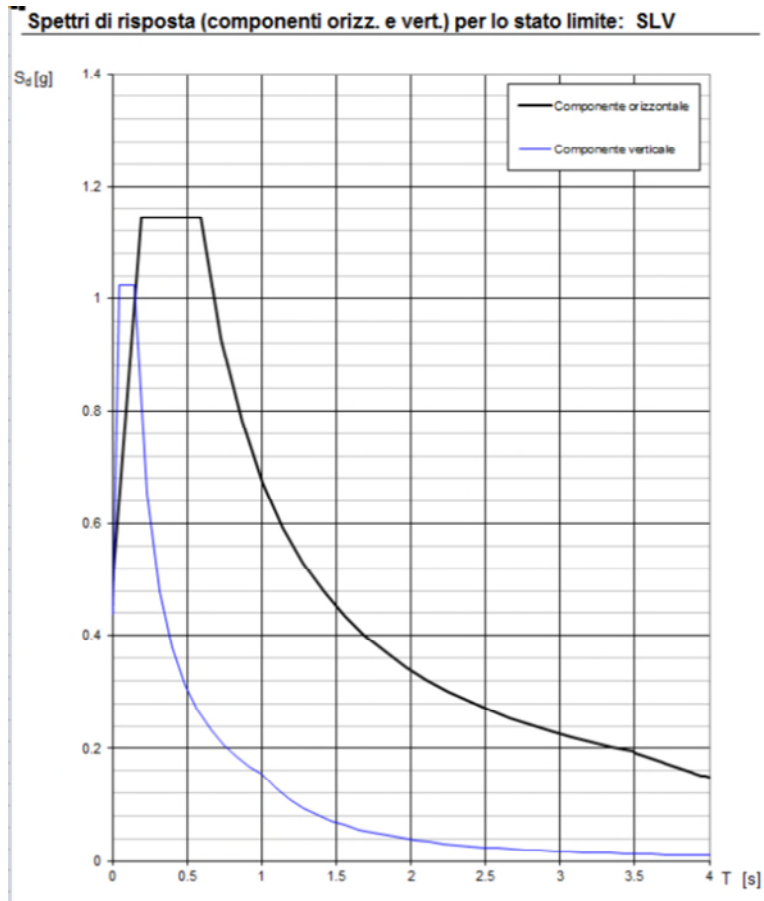


Fig. 17 – Spettro di risposta di progetto – componente orizzontale e verticale

Parametri indipendenti <table border="1"> <tr><td>STATO LIMITE</td><td>SLV</td></tr> <tr><td>a_g</td><td>0.472 g</td></tr> <tr><td>F_{0v}</td><td>2.338</td></tr> <tr><td>T_C^*</td><td>0.424 s</td></tr> <tr><td>S_S</td><td>1.038</td></tr> <tr><td>C_C</td><td>1.393</td></tr> <tr><td>S_T</td><td>1.000</td></tr> <tr><td>q</td><td>1.000</td></tr> </table>		STATO LIMITE	SLV	a_g	0.472 g	F_{0v}	2.338	T_C^*	0.424 s	S_S	1.038	C_C	1.393	S_T	1.000	q	1.000	Parametri indipendenti <table border="1"> <tr><td>STATO LIMITE</td><td>SLV</td></tr> <tr><td>a_{gv}</td><td>0.438 g</td></tr> <tr><td>S_S</td><td>1.000</td></tr> <tr><td>S_T</td><td>1.000</td></tr> <tr><td>q</td><td>1.000</td></tr> <tr><td>T_B</td><td>0.050 s</td></tr> <tr><td>T_C</td><td>0.150 s</td></tr> <tr><td>T_D</td><td>1.000 s</td></tr> </table>		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
STATO LIMITE	SLV																																		
a_g	0.472 g																																		
F_{0v}	2.338																																		
T_C^*	0.424 s																																		
S_S	1.038																																		
C_C	1.393																																		
S_T	1.000																																		
q	1.000																																		
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 <table border="1"> <tr><td>S</td><td>1.038</td></tr> <tr><td>η</td><td>1.000</td></tr> <tr><td>T_B</td><td>0.197 s</td></tr> <tr><td>T_C</td><td>0.591 s</td></tr> <tr><td>T_D</td><td>3.488 s</td></tr> </table>		S	1.038	η	1.000	T_B	0.197 s	T_C	0.591 s	T_D	3.488 s	Parametri dipendenti <table border="1"> <tr><td>F_v</td><td>2.168</td></tr> <tr><td>S</td><td>1.000</td></tr> <tr><td>η</td><td>1.000</td></tr> </table>		F_v	2.168	S	1.000	η	1.000																
S	1.038																																		
η	1.000																																		
T_B	0.197 s																																		
T_C	0.591 s																																		
T_D	3.488 s																																		
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: 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 002	B	29 di 171

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 $s = 1435 \text{ mm}$).

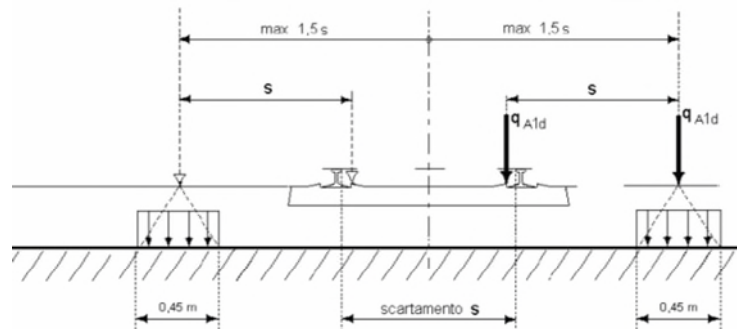


Fig. 19 – Deragliamento – caso 1

- 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.

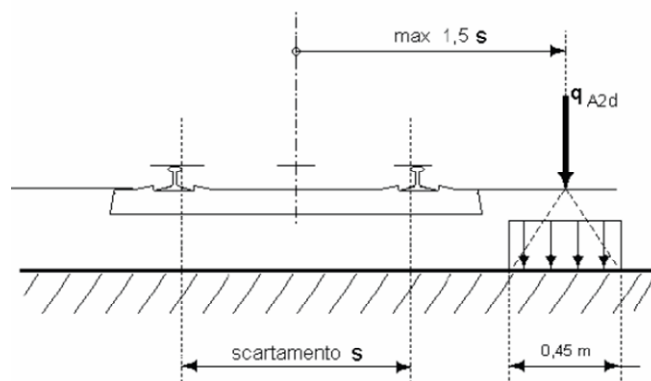


Fig. 20 – Deragliamento – caso 2

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

APPALTATORE: Consorzio 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 002	REV. B	FOGLIO 30 di 171

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 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 002	REV. B	FOGLIO 31 di 171

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	gr ₁	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr ₂	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr ₃	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr ₄	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F _{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T _k	0,60	0,60	0,50

(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 002	REV. B	FOGLIO 32 di 171

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 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 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 IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 002	REV. B	FOGLIO 35 di 171
------------------	-------------	---------------------	-------------------------	-----------	---------------------

COMBINAZIONI SISMA	SISMA 01		SISMA 02		SISMA 03		SISMA 04		SISMA 05		SISMA 06		SISMA 07		SISMA 08		SISMA 09		SISMA 10		SISMA 11		SISMA 12		
	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
G1a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G1c	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Q13_RIT	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
Q1_LM71	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Q2_SW2	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
Q3_LM71	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Q4_SW2	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
Q9_U	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Q10_grad	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
Q14_v1	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
Q15_v1	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
Q16_v1	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
Q17_folla	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
Q14_v2	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
Q15_v2	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
Q16_v2	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
Q7-P4	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
Q7-P7	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
Q7-P8	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
Q7-P13	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
Q8-P4	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
Q8-P7	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
Q8-P8	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
Q8-P13	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
Q5_LM71-P4	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
Q5_LM71-P7	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
Q5_LM71-P8	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
Q5_LM71-P13	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
Q6_SW2-P4	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
Q6_SW2-P7	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
Q6_SW2-P8	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
Q6_SW2-P13	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
SISMA_LONG	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00
SISMA_TRASV	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30
SISMA_VERT	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30

Fig. 28 – Combinazioni per SISMA

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 002	REV. B	FOGLIO 36 di 171

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.

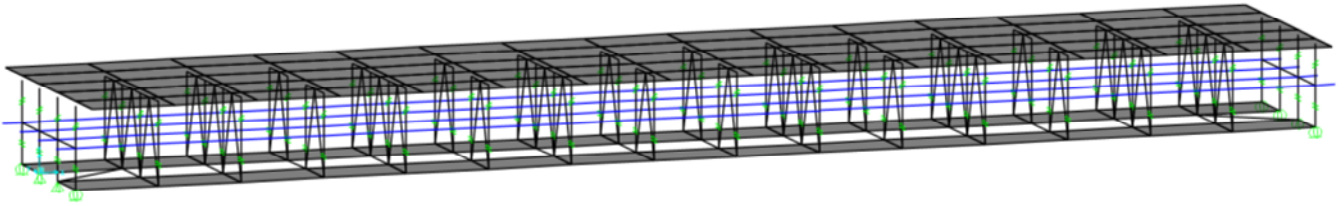


Fig. 29 – Modello FEM – vista 3D (completa)

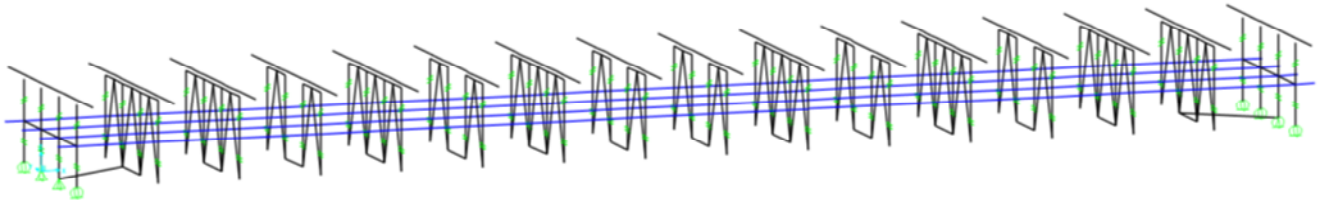


Fig. 30 – Modello FEM – vista 3D: elementi che rappresentano le travi ed i diaframmi

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.

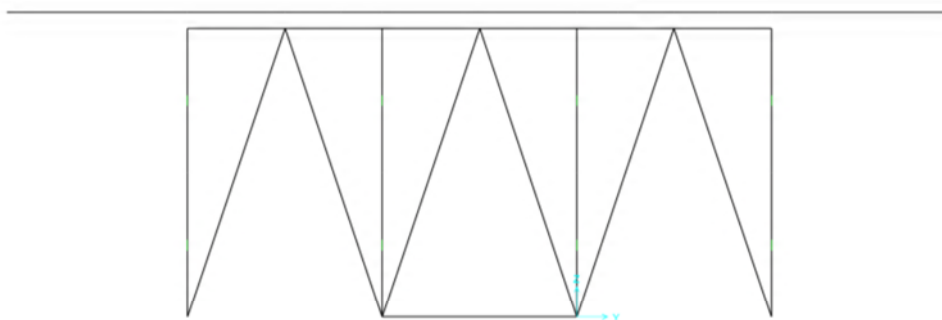


Fig. 31 – Modello FEM: sezione con diaframma tipico

APPALTATORE: <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 002	REV. B	FOGLIO 37 di 171

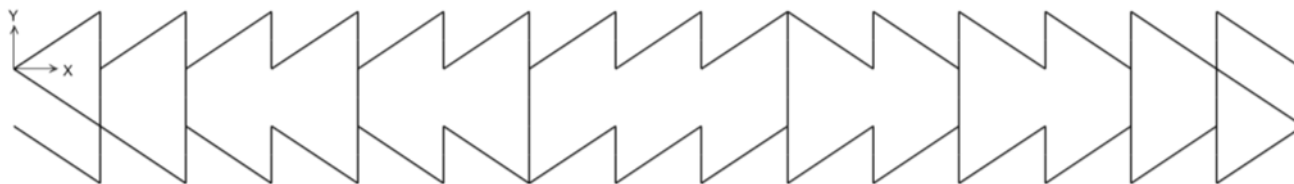


Fig. 32 – Modello FEM: pianta dei controventi superiori

Inoltre, per rappresentare correttamente la rigidità 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 rigidità 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 cls.

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: <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 002	REV. B	FOGLIO 38 di 171

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.

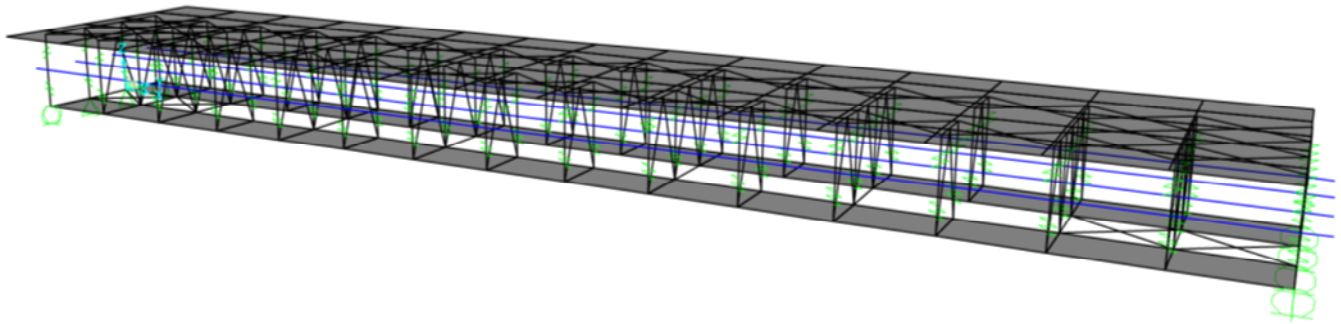


Fig. 33 – Modello FEM da validare: vista 3D del modello completo

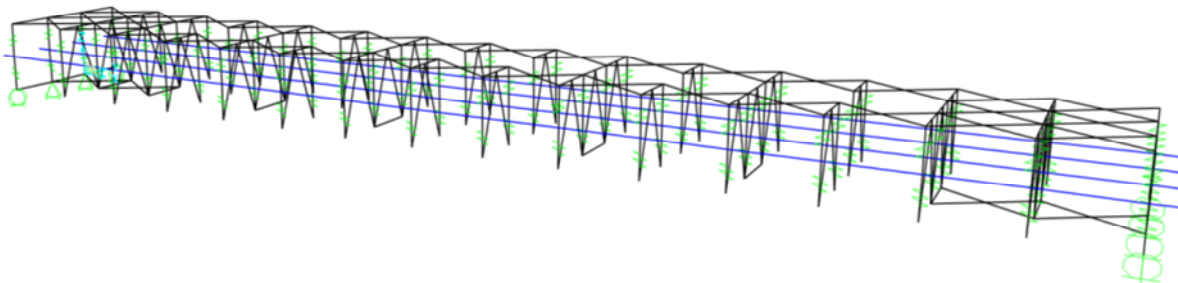


Fig. 34 – Modello FEM da validare: elementi beam

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.

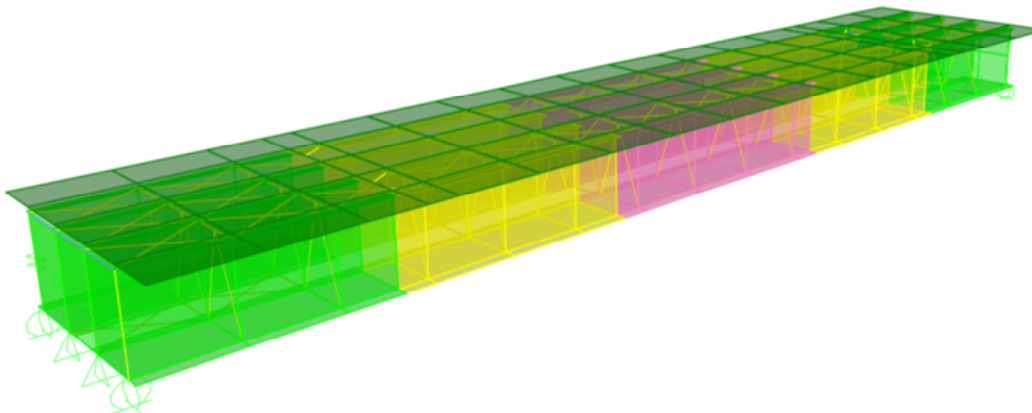


Fig. 35 – Modello FEM di validazione

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>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 002	REV. B	FOGLIO 39 di 171

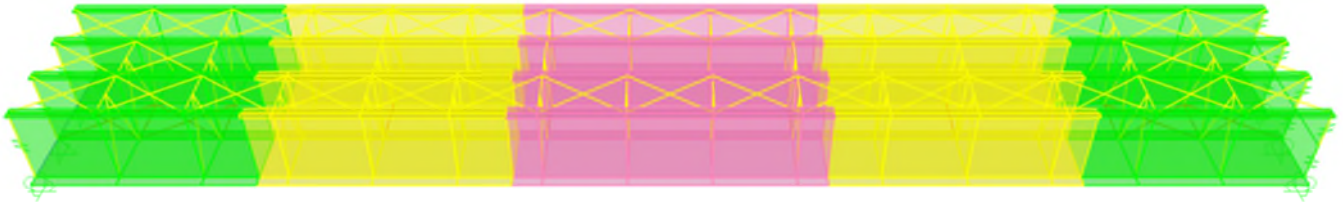


Fig. 36 – Modello FEM di validazione: cassoni, controventi e diaframmi

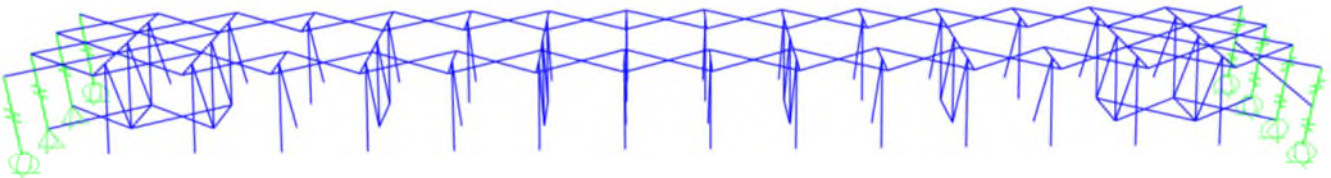


Fig. 37 – Modello FEM di validazione: controventi e diaframmi

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 002	REV. B	FOGLIO 40 di 171

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.

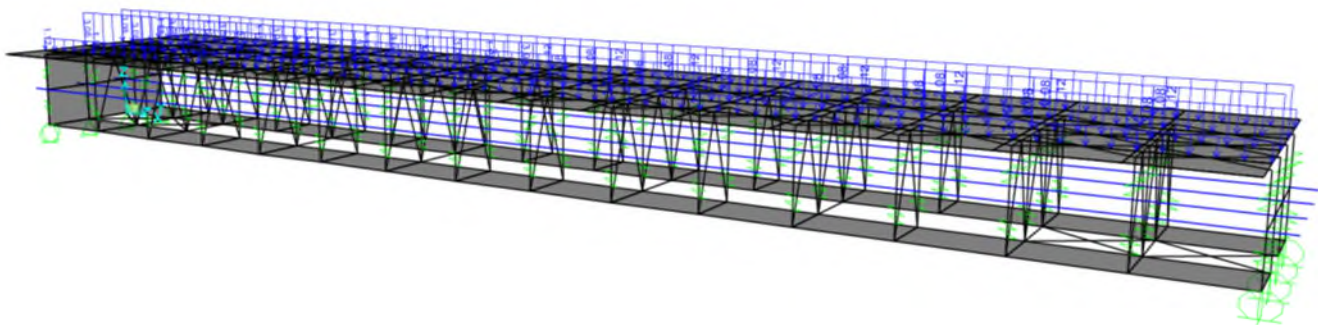


Fig. 38 – Modello FEM: carico verticale applicato

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

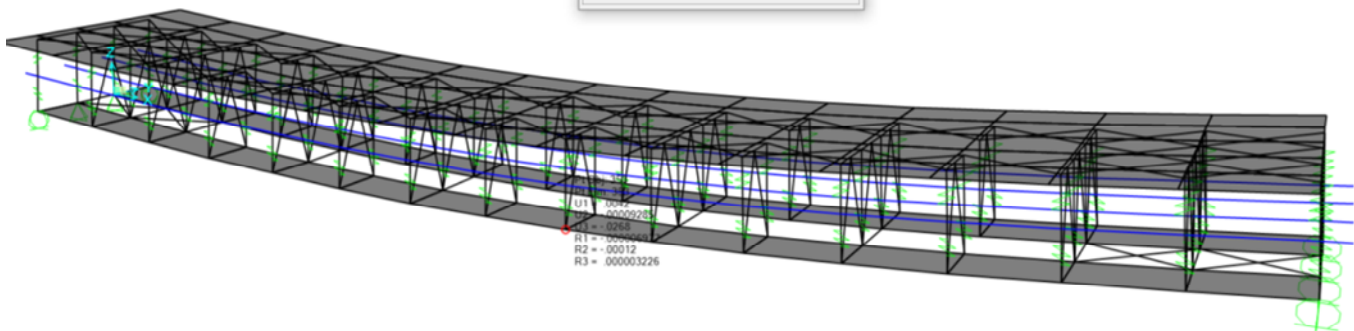


Fig. 39 – Modello FEM da validare: deformazione per carico verticale centrato

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

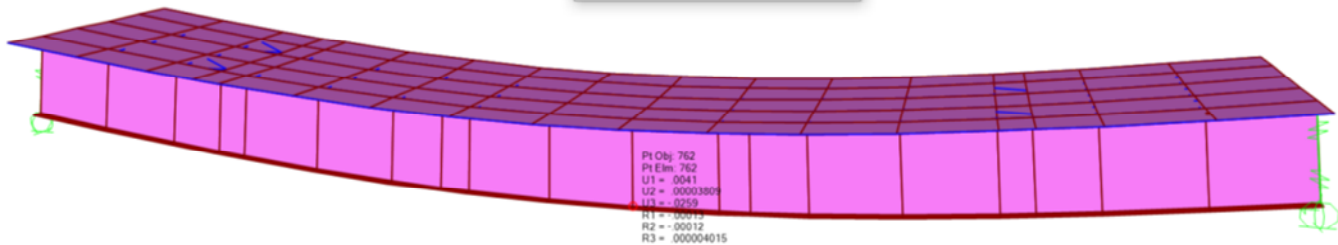


Fig. 40 – Modello FEM di validazione: deformazione per carico verticale centrato

APPALTATORE: 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 002	REV. B	FOGLIO 41 di 171

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.

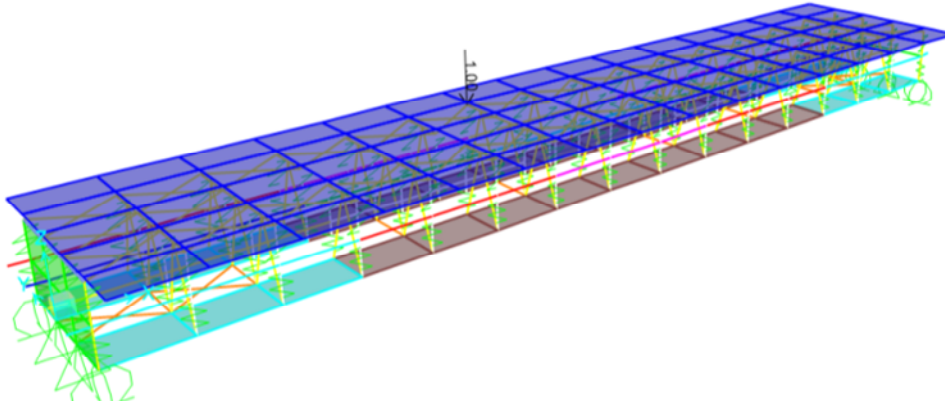


Fig. 41 – Modello FEM: carico verticale eccentrico

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).

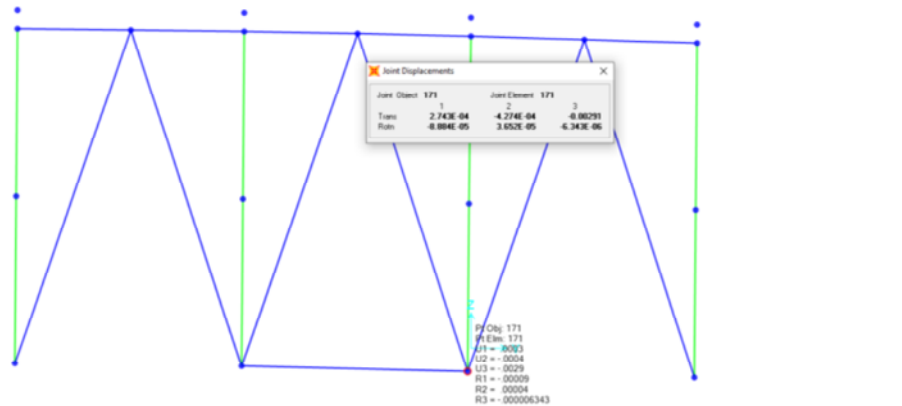


Fig. 42 – Modello FEM da validare: deformazione per carico verticale eccentrico

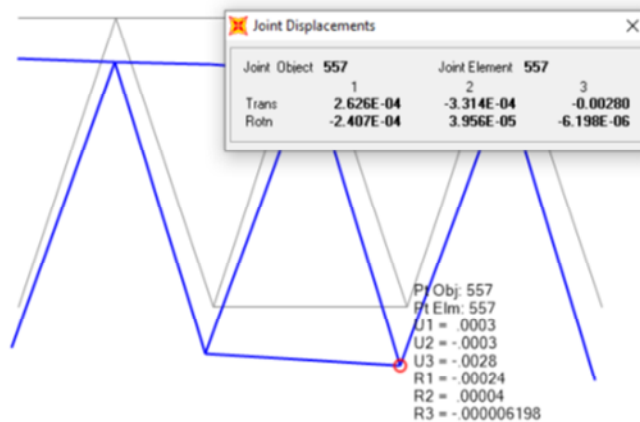


Fig. 43 – Modello FEM di validazione: deformazione per carico verticale eccentrico

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 002	REV. B	FOGLIO 42 di 171
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.

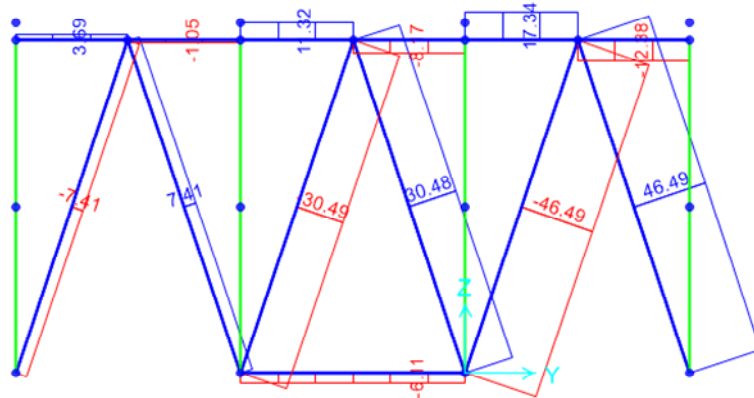


Fig. 44 – Modello FEM da validare: deformazione per carico verticale eccentrico

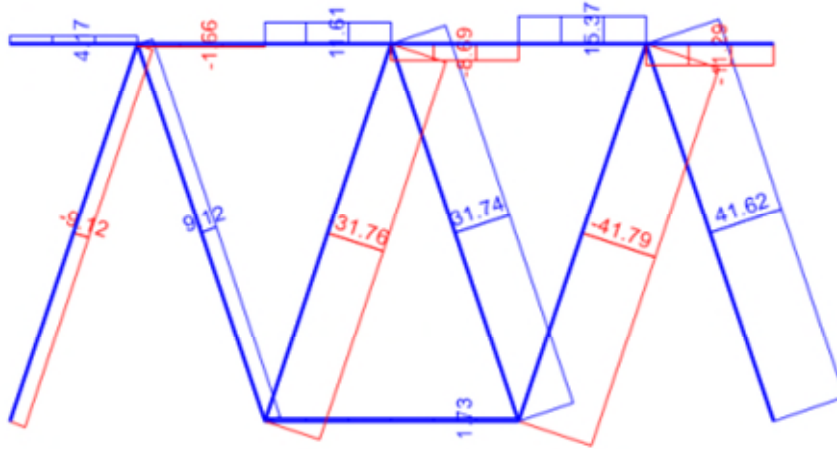


Fig. 45 – Modello FEM di validazione: deformazione per carico verticale eccentrico

APPALTATORE: 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 002	REV. B	FOGLIO 43 di 171

10.2 ASSEGNAZIONE DEI CARICHI

10.2.1 PESI PROPRI (G1)

Il peso degli elementi strutturali è stato in parte calcolato dal software (carpenteria metallica) e in parte applicato come carico uniformemente distribuito sulle travi principali (soletta in calcestruzzo).

Il peso proprio della soletta viene applicato su dei beam fittizi modellati in corrispondenza di ciascuna piattabanda superiore delle travi a cassone (Fig. 46). Il carico applicato tiene conto della distribuzione trasversale del peso del getto schematizzabile come trave continua su 4 appoggi e due sbalzi. Anche in questo caso, il carico viene amplificato all'interno della load case "G1c".

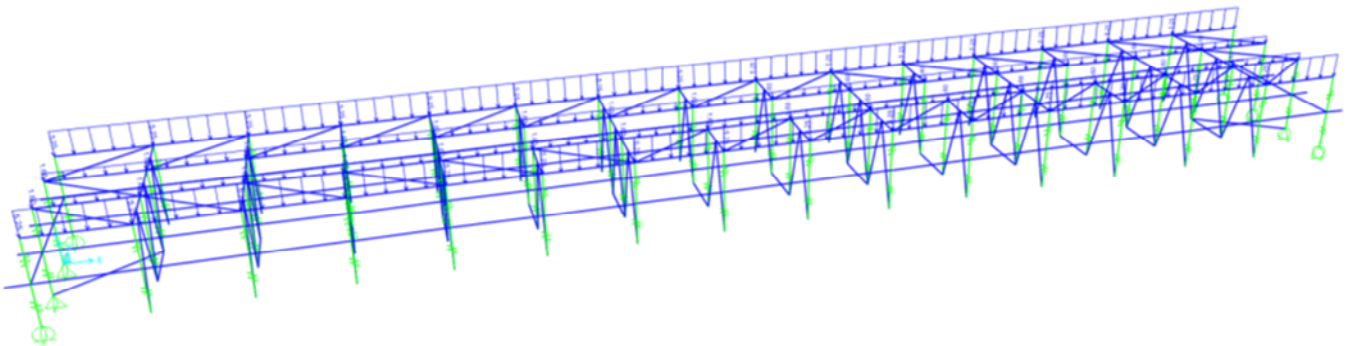


Fig. 46 – Peso proprio della soletta

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.

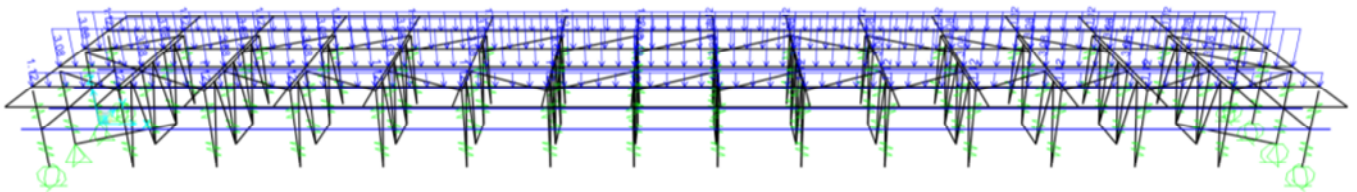


Fig. 47 – carico sulla soletta: massetto e ballast

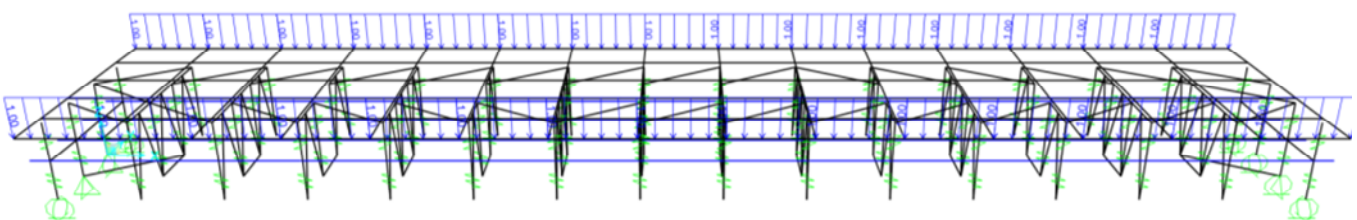


Fig. 48 – carico sulla soletta: barriere antirumore, velette, cordoli laterali

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 002	REV. B	FOGLIO 44 di 171

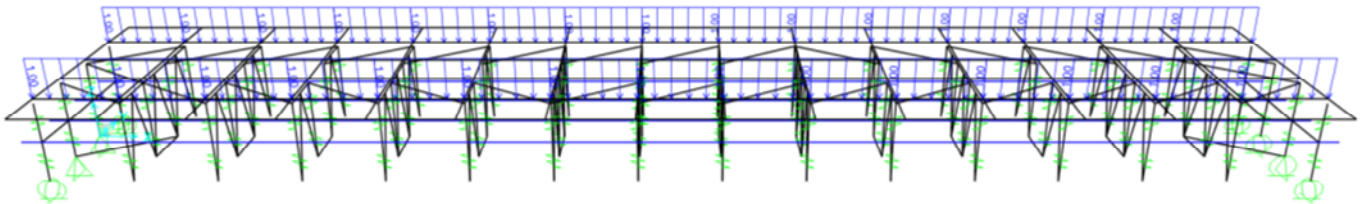


Fig. 49 – carico sulla soletta: cavidotti e impianti

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".

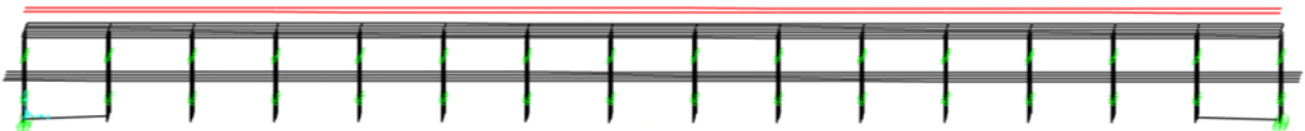


Fig. 50 – Modello FEM: binari

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 $17/2 + 8 = 16,5$ cm.

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.

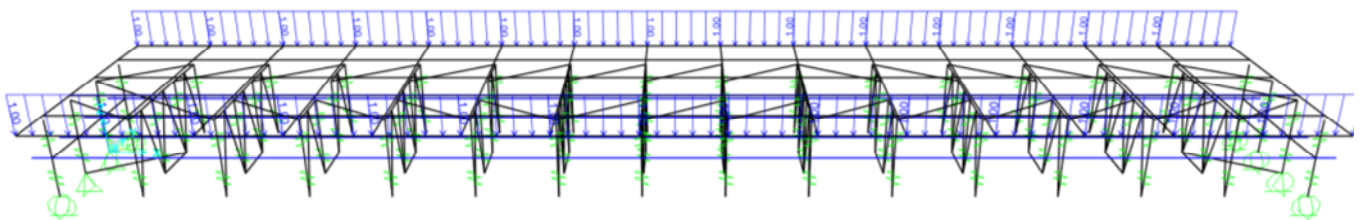


Fig. 51 – Carico marciapiedi

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: $Q_{1a,k} = 33$ kN/m applicato su una lunghezza di $1000 / 33 = 30,3$ m
- Frenatura di SW/2: $Q_{1b,k} = 35$ kNm applicato sulla lunghezza "a" del modello di carico SW/2

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 002	REV. B	FOGLIO 45 di 171

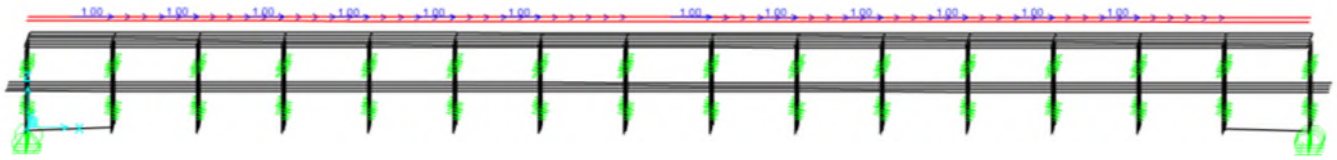


Fig. 52 – Carico di avviamento di LM71

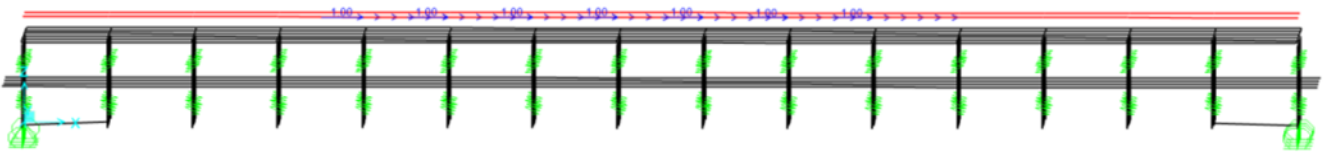


Fig. 53 – Carico di frenatura di SW/2

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 § 8.5.

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. 54 e Fig. 55 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.

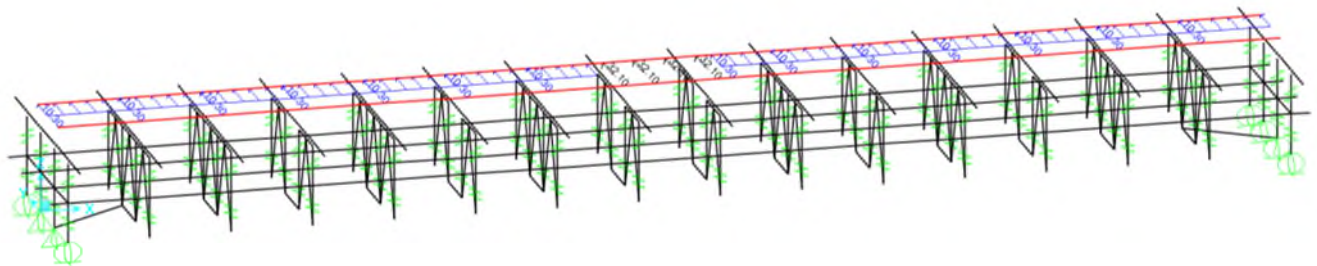


Fig. 54 – Forza centrifuga trasversale al treno di carico LM/71

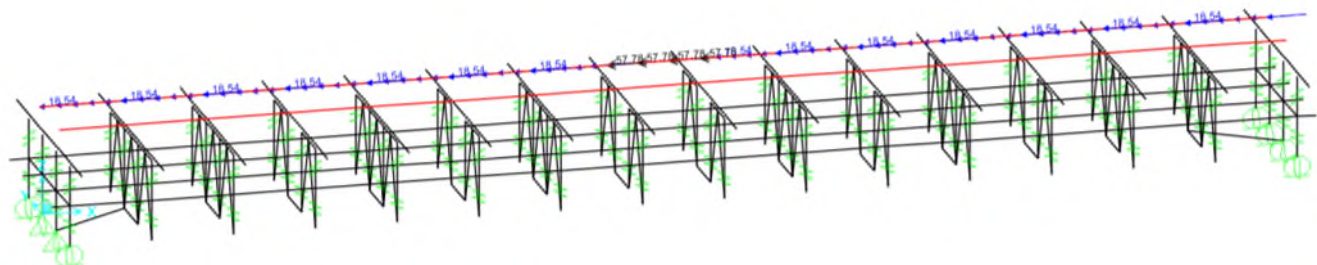


Fig. 55 – Momento dovuto alla forza centrifuga associata al treno di carico LM/71

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 002	REV. B	FOGLIO 46 di 171
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

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.

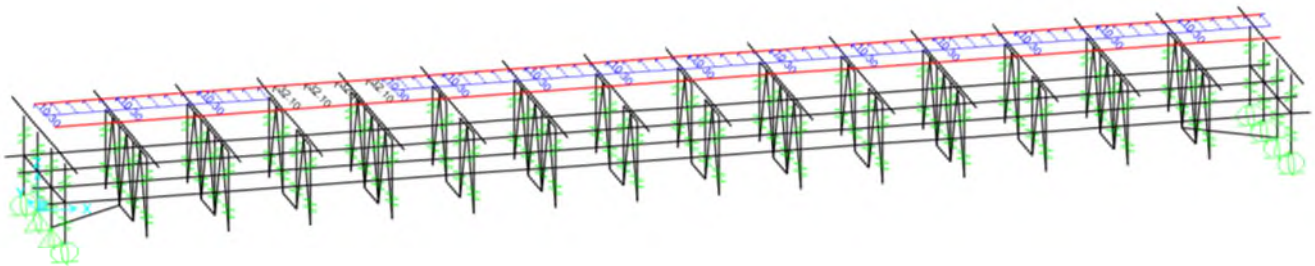


Fig. 56 – Forza centrifuga - Configurazione 1

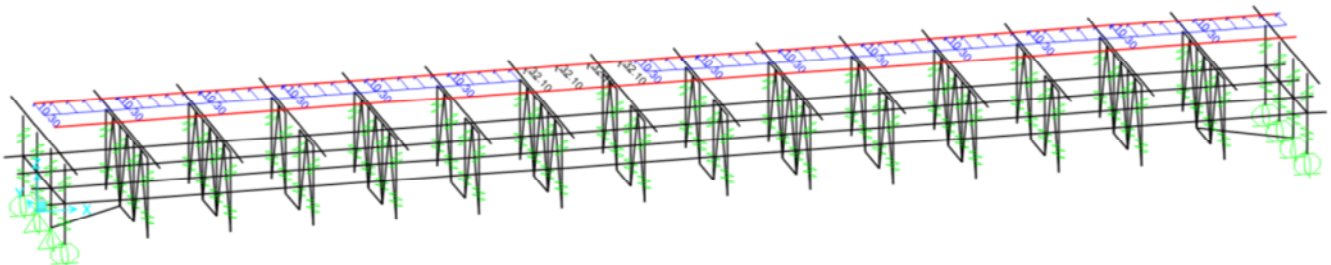


Fig. 57 – Forza centrifuga - Configurazione 2

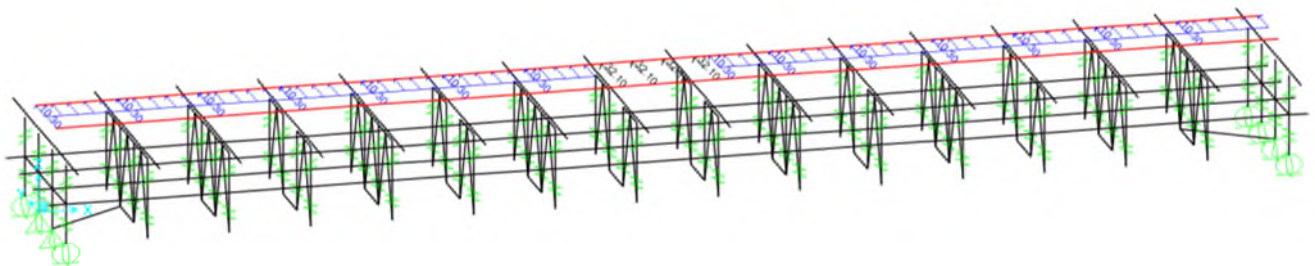


Fig. 58 – Forza centrifuga - Configurazione 3

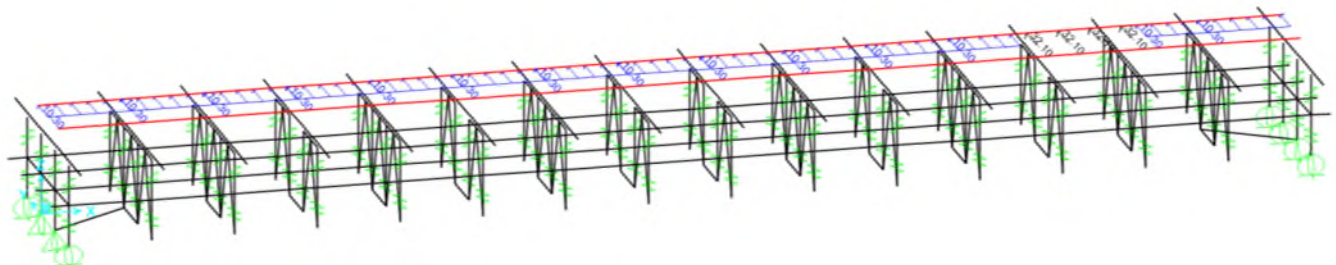


Fig. 59 – Forza centrifuga - Configurazione 4

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 002	REV. B	FOGLIO 47 di 171

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.

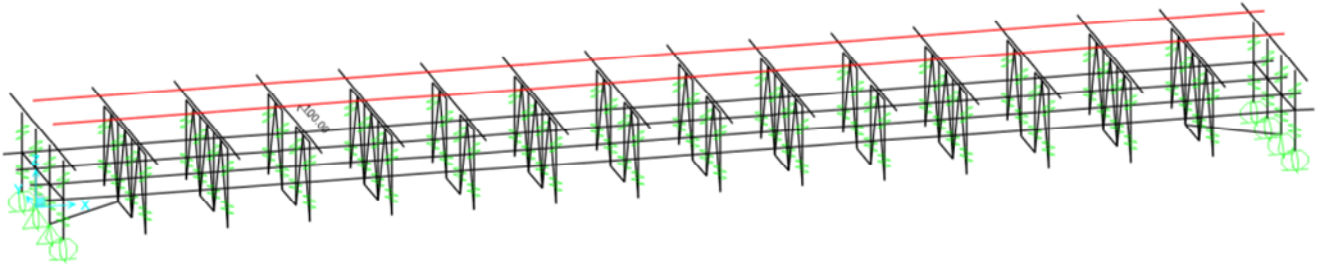


Fig. 60 – Forza di serpeggio

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.

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.

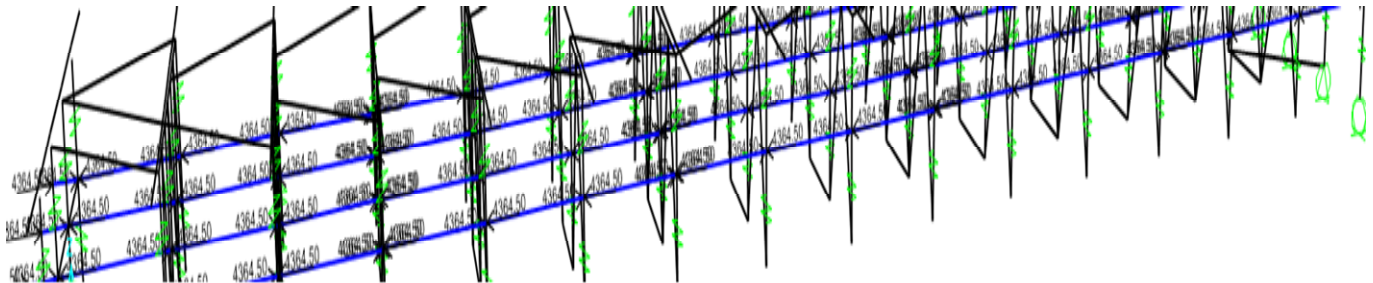


Fig. 61 – Ritiro: sollecitazione assiale applicata alle travi omogeneizzate

10.2.9 VARIAZIONI TERMICHE

Si considera una variazione termica uniforme di +/-20°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 +/-15°C.

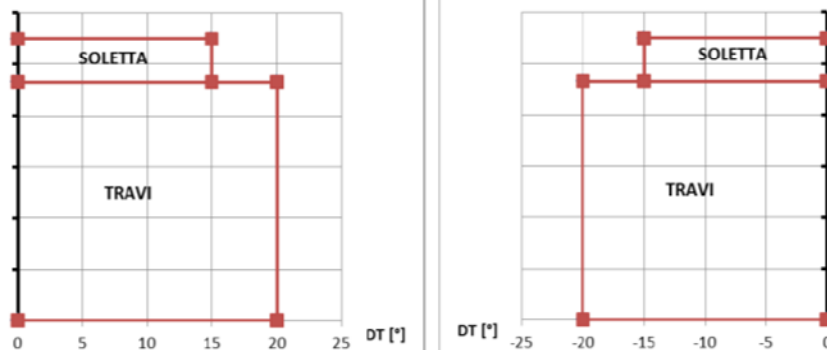


Fig. 62 – Variazione termica uniforme

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 002	REV. B	FOGLIO 48 di 171

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 +/-5°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. 63).

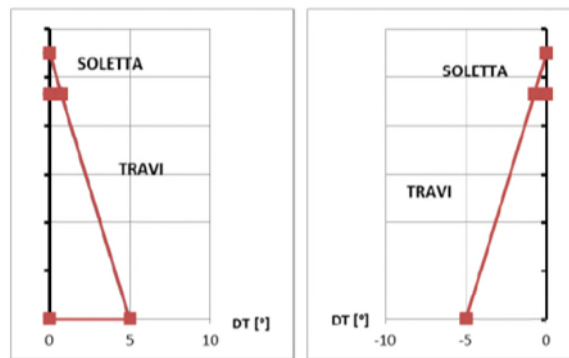


Fig. 63 – Variazione termica non uniforme: gradiente

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. 64 a Fig. 67) sono riportate solamente le azioni orizzontali applicate ai beam del modello; non sono rappresentate le coppie applicate.

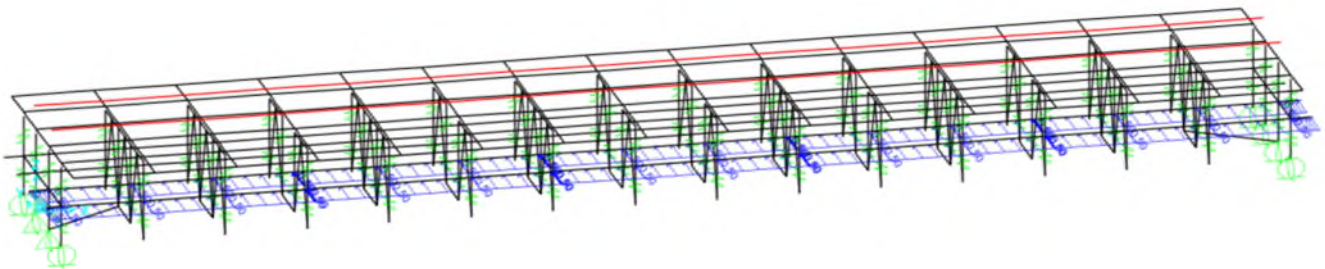


Fig. 64 – Forza da vento sulla trave

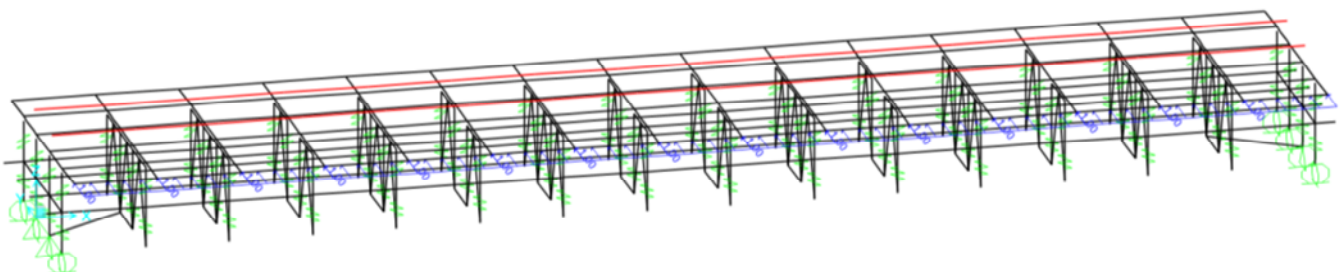


Fig. 65 – Forza da vento sulla soletta

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 002	REV. B	FOGLIO 49 di 171

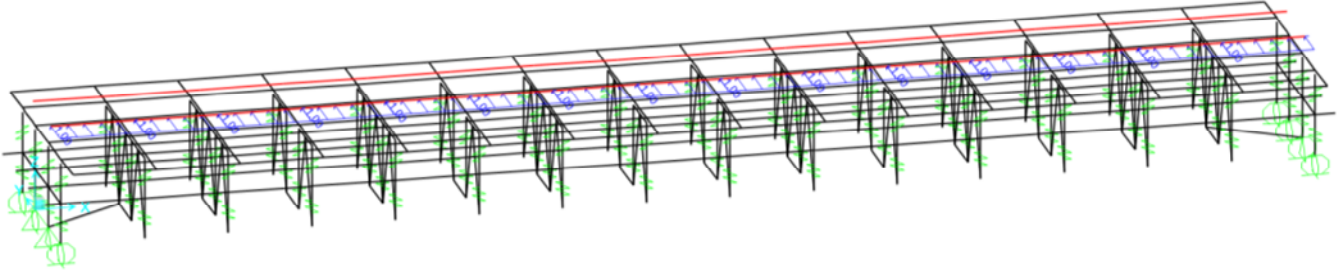


Fig. 66 – Forza da vento sul convoglio

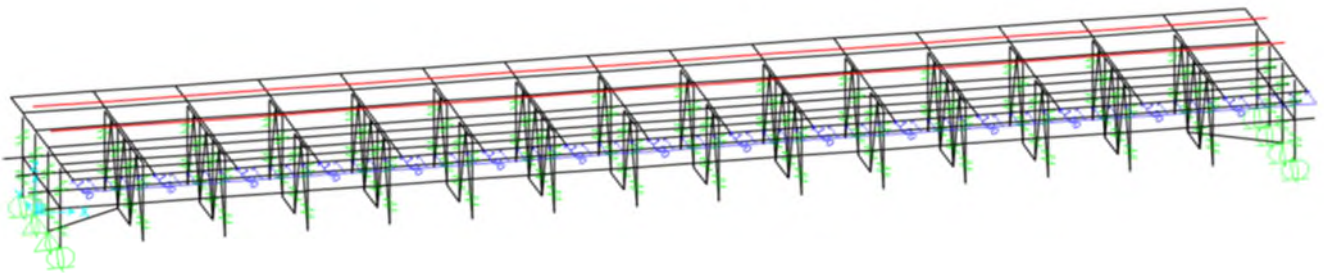


Fig. 67 – Forza da vento sulla barriera

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.

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 002	REV. B	FOGLIO 50 di 171
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

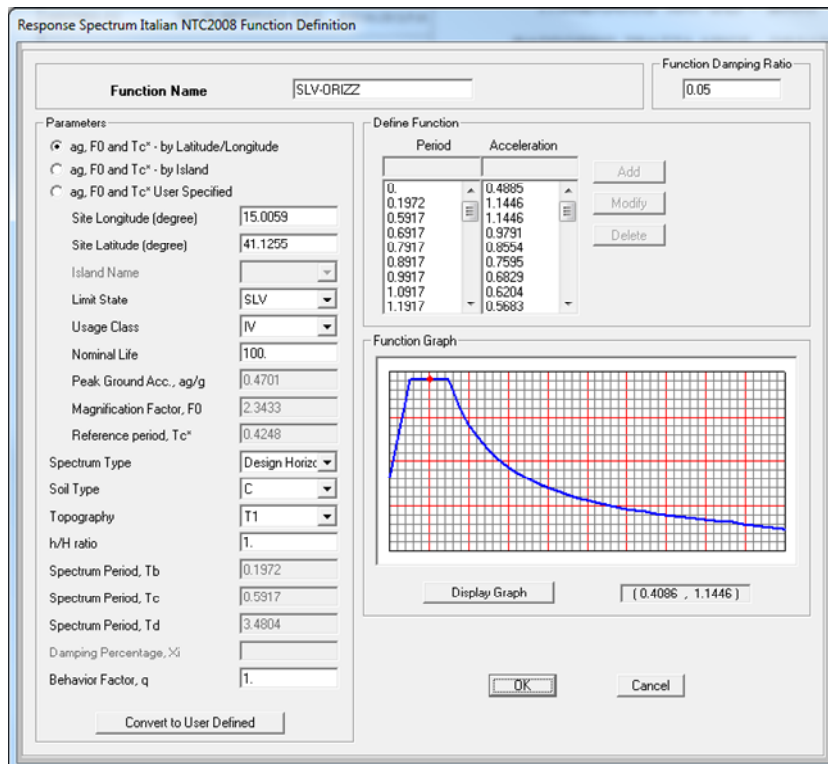


Fig. 68 – Spettro di risposta – componente orizzontale

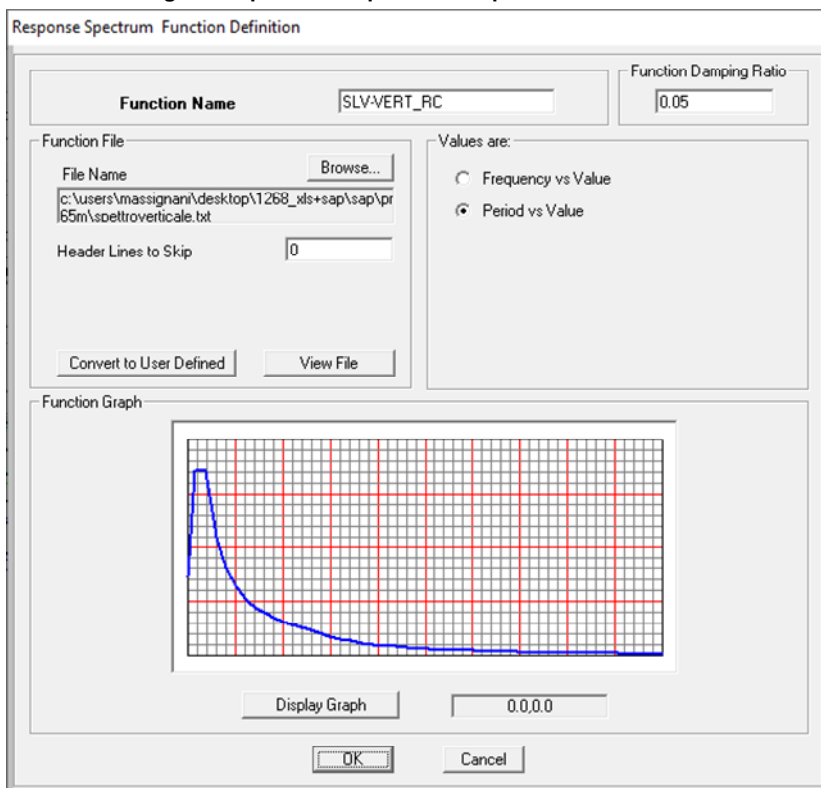


Fig. 69 – Spettro di risposta – componente verticale

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 002	REV. B	FOGLIO 51 di 171

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: 42mm
- Carichi permanenti: 41mm

La prima frequenza di vibrazione risulta di 1,95 Hz.

Questo valore di frequenza risulta al limite del fascio descritto dalla normativa ferroviaria, in cui:

- Limite superiore: $n_0 = 94,76 \cdot L^{-0,748} = 4,27$ Hz
- Limite inferiore: $n_0 = 23,58 \cdot L^{-0,592} = 2,03$ Hz (per luci comprese tra 20m e 100m)

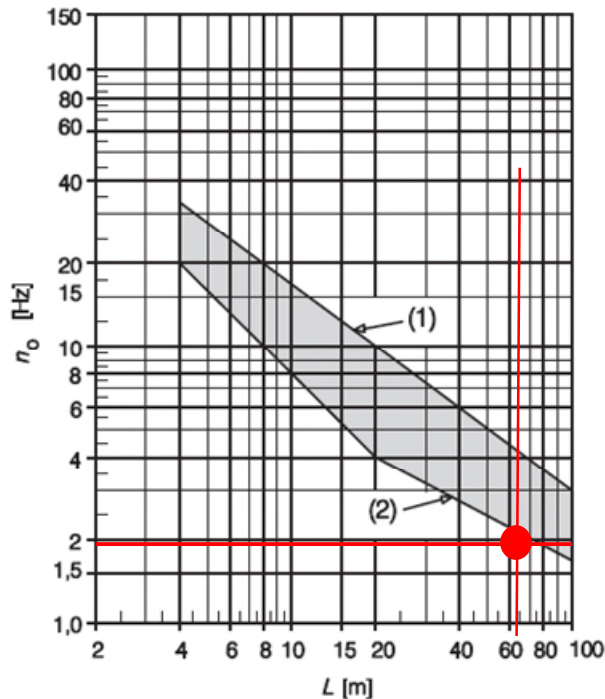


Fig. 70 – Limiti della frequenza naturale del ponte n_0 in funzione di L

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 002	REV. B	FOGLIO 52 di 171

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.

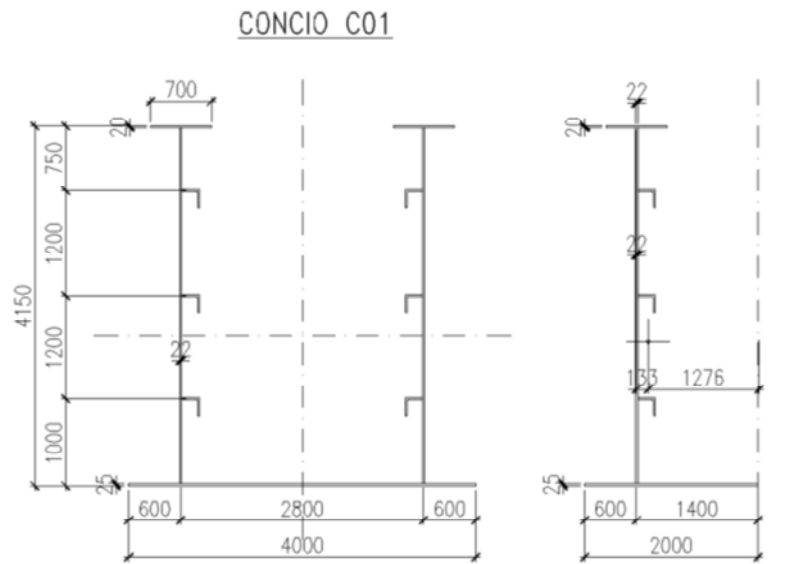


Fig. 71 – Concio 1

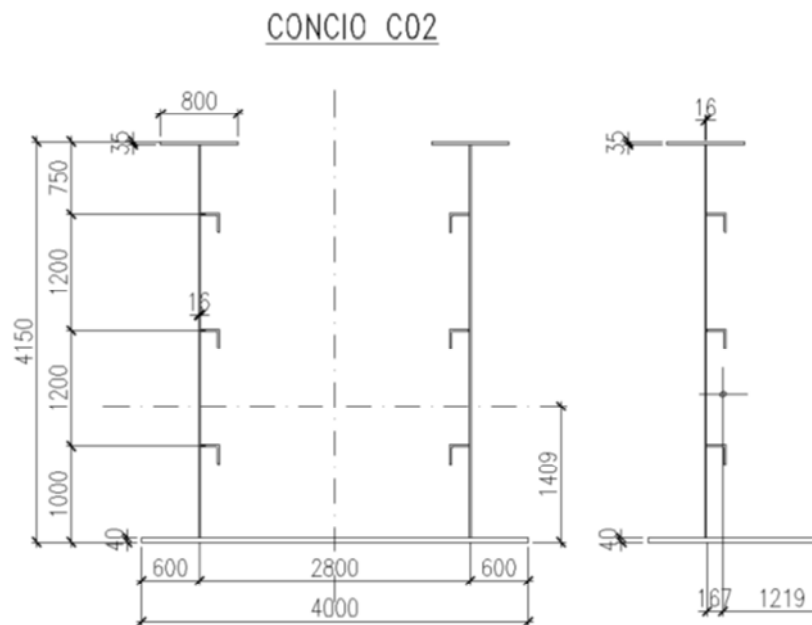


Fig. 72 – Concio 2

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 002	REV. B	FOGLIO 53 di 171

CONCIO C03 – (CENTRALE)

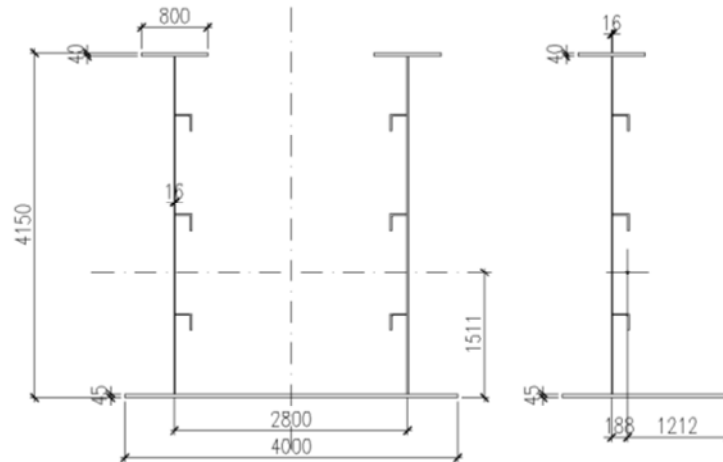


Fig. 73 – Concio 3

Nel modello FEM i conci sono così definiti:

- Concio 1: sezione C01 e C04
- Concio 2: sezione C02 e C05
- Concio 3: sezione C03 e C06

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} [mm]	S _{sup} [mm]	h _w [mm]	S _w [mm]	B _{inf} [mm]	S _{inf} [mm]	A _{acc} [cm ²]	B _{soletta} [mm]	S _{soletta (getto)} [mm]	n = 17	n = 6
										A _{soletta} [cm ²]	A _{soletta} [cm ²]
C01-E	700	20	4105	22	2000	25	1750	4050	375	972	2474
C02-E	800	35	4075	16	2000	40	1939	4050	375	972	2474
C03-E	800	40	4065	16	2000	45	2078	4050	375	972	2474
C01-I	700	20	4105	22	2000	25	1750	2800	375	672	1710
C02-I	800	35	4075	16	2000	40	1939	2800	375	672	1710
C03-I	800	40	4065	16	2000	45	2078	2800	375	672	1710
C04-I	700	20	4105	22	2000	25	1750	2800	375	672	1710
C05-I	800	35	4075	16	2000	40	1939	2800	375	672	1710
C06-I	800	40	4065	16	2000	45	2078	2800	375	672	1710
C04-E	700	20	4105	22	2000	25	1750	4050	375	972	2474
C05-E	800	35	4075	16	2000	40	1939	4050	375	972	2474
C06-E	800	40	4065	16	2000	45	2078	4050	375	972	2474

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 002	REV. B	FOGLIO 54 di 171

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	2723	4224	8.51E+07	1.15E+08	1.90E+07	4.18E+07	2643	3263
C02-E	2912	4413	1.04E+08	1.39E+08	2.10E+07	4.44E+07	2494	3138
C03-E	3050	4552	1.10E+08	1.49E+08	2.16E+07	4.52E+07	2435	3079
C01-I	2423	3461	7.48E+07	1.03E+08	6.74E+06	1.36E+07	2427	3015
C02-I	2611	3650	9.15E+07	1.25E+08	8.07E+06	1.50E+07	2277	2877
C03-I	2750	3788	9.77E+07	1.33E+08	8.50E+06	1.54E+07	2222	2816
C04-I	2423	3461	7.48E+07	1.03E+08	6.74E+06	1.36E+07	2427	3015
C05-I	2611	3650	9.15E+07	1.25E+08	8.07E+06	1.50E+07	2277	2877
C06-I	2750	3788	9.77E+07	1.33E+08	8.50E+06	1.54E+07	2222	2816
C04-E	2723	4224	8.51E+07	1.15E+08	1.90E+07	4.18E+07	2643	3263
C05-E	2912	4413	1.04E+08	1.39E+08	2.10E+07	4.44E+07	2494	3138
C06-E	3050	4552	1.10E+08	1.49E+08	2.16E+07	4.52E+07	2435	3079

Calcolo delle caratteristiche statiche della sezione in acciaio

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 002	REV. B	FOGLIO 55 di 171

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

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

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

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

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

Calcolo delle caratteristiche statiche della soletta di calcestruzzo:

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

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

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

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

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

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

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 002	REV. B	FOGLIO 56 di 171

Calcolo delle caratteristiche statiche della sezione mista Acciaio–Calcestruzzo:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

VI0009 002

B

65 di 171

Table with columns: SOLLECITAZIONI, (kN x m), SOLLECITAZIONI, (kN x m), SOLLECITAZIONI, (kN x m), SOLLECITAZIONI, (kN x m). Rows include object ID, step type, object station, and various parameters (P, V3, V2, T, M3, M2).

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 002	REV. B	FOGLIO 67 di 171

Q9 – variazione termica uniforme

Le tabelle riassumono i valori dei parametri di sollecitazione dovuti 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	0.00	-4283	0	0	0	4567	0	22	Q9 U	0.00	-4283	0	0	0	4567	0	43	Q9 U	0.00	-4283	0	0	0	5597	0	64	Q9 U	0.00	-4283	0	0	0	6808	0																		
1	Q9 U	1.00	-4283	0	0	0	4567	0	22	Q9 U	1.00	-4283	0	0	0	4567	0	43	Q9 U	1.00	-4283	0	0	0	5597	0	64	Q9 U	1.00	-4283	0	0	0	6808	0																		
2	Q9 U	0.00	-4572	-42	-53	29	4603	-49	23	Q9 U	0.00	-3917	46	69	-5	4948	65	44	Q9 U	0.00	-4024	-20	10	11	5166	19	65	Q9 U	0.00	-4653	75	-26	-19	6555	153																		
2	Q9 U	4.20	-4572	-42	-53	29	4825	129	23	Q9 U	4.20	-3917	46	69	-5	4659	-129	44	Q9 U	4.20	-4024	-20	10	11	5122	104	65	Q9 U	4.20	-4653	75	-26	-19	6666	-163																		
3	Q9 U	0.00	-4825	25	-40	0	4752	108	24	Q9 U	0.00	-3731	-13	66	7	4760	-58	45	Q9 U	0.00	-3622	22	0	-4	5383	72	66	Q9 U	0.00	-4954	-11	-26	3	6344	-75																		
3	Q9 U	4.20	-4825	25	-40	0	4919	3	24	Q9 U	4.20	-3731	-13	66	7	4483	-3	45	Q9 U	4.20	-3622	22	0	-4	5383	-19	66	Q9 U	4.20	-4954	-11	-26	3	6454	-29																		
4	Q9 U	0.00	-4887	1	-28	4	4898	6	25	Q9 U	0.00	-3679	12	68	1	4497	23	46	Q9 U	0.00	-3557	-14	-13	-1	5396	-37	67	Q9 U	0.00	-5010	-7	-27	-4	6419	-25																		
4	Q9 U	4.10	-4887	1	-28	4	5012	2	25	Q9 U	4.10	-3679	12	68	1	4219	-26	46	Q9 U	4.10	-3557	-14	-13	-1	5451	19	67	Q9 U	4.10	-5010	-7	-27	-4	6528	2																		
5	Q9 U	0.00	-4887	1	-28	5	6280	29	26	Q9 U	0.00	-3679	12	68	5	6498	-7	47	Q9 U	0.00	-3557	-14	-13	-3	5513	-6	68	Q9 U	0.00	-5010	-7	-27	-6	5571	-30																		
5	Q9 U	0.10	-4887	1	-28	5	6282	28	26	Q9 U	0.10	-3679	12	68	5	6491	-7	47	Q9 U	0.10	-3557	-14	-13	-3	5514	-4	68	Q9 U	0.10	-5010	-7	-27	-6	5573	-29																		
6	Q9 U	0.00	-4931	2	-14	1	6379	48	27	Q9 U	0.00	-3566	5	55	1	6267	36	48	Q9 U	0.00	-3650	-11	-16	-2	5492	-42	69	Q9 U	0.00	-4986	-19	-25	-3	5717	-83																		
6	Q9 U	4.20	-4931	2	-14	1	6440	40	27	Q9 U	4.20	-3566	5	55	1	6038	16	48	Q9 U	4.20	-3650	-11	-16	-2	5558	4	69	Q9 U	4.20	-4986	-19	-25	-3	5820	-5																		
7	Q9 U	0.00	-4932	-1	-3	0	6407	40	28	Q9 U	0.00	-3543	-1	38	0	6029	20	49	Q9 U	0.00	-3690	-5	-15	-1	5480	-17	70	Q9 U	0.00	-4967	-10	-20	-1	5944	-34																		
7	Q9 U	4.20	-4932	-1	-3	0	6419	45	28	Q9 U	4.20	-3543	-1	38	0	5870	25	49	Q9 U	4.20	-3690	-5	-15	-1	5544	4	70	Q9 U	4.20	-4967	-10	-20	-1	6027	8																		
8	Q9 U	0.00	-4917	-3	5	-2	6269	29	29	Q9 U	0.00	-3557	-7	24	-1	6016	4	50	Q9 U	0.00	-3711	-4	-14	-1	5509	-4	71	Q9 U	0.00	-4947	-8	-15	-1	6075	-8																		
8	Q9 U	4.10	-4917	-3	5	-2	6248	40	29	Q9 U	4.10	-3557	-7	24	-1	5918	30	50	Q9 U	4.10	-3711	-4	-14	-1	5567	11	71	Q9 U	4.10	-4947	-8	-15	-1	6136	25																		
9	Q9 U	0.00	-4917	-3	5	-2	7454	51	30	Q9 U	0.00	-3557	-7	24	-1	5753	35	51	Q9 U	0.00	-3711	-4	-14	-1	5452	7	72	Q9 U	0.00	-4947	-8	-15	-1	6094	14																		
9	Q9 U	0.10	-4917	-3	5	-2	7454	51	30	Q9 U	0.10	-3557	-7	24	-1	5751	36	51	Q9 U	0.10	-3711	-4	-14	-1	5453	8	72	Q9 U	0.10	-4947	-8	-15	-1	6096	15																		
10	Q9 U	0.00	-4908	-4	7	-2	7209	0	31	Q9 U	0.00	-3576	-7	6	-1	6009	-20	52	Q9 U	0.00	-3726	-2	-3	0	5467	2	73	Q9 U	0.00	-4922	-5	-10	-1	6076	2																		
10	Q9 U	4.20	-4908	-4	7	-2	7180	15	31	Q9 U	4.20	-3576	-7	6	-1	5986	9	52	Q9 U	4.20	-3726	-2	-3	0	5481	10	73	Q9 U	4.20	-4922	-5	-10	-1	6116	22																		
11	Q9 U	0.00	-4904	-1	5	0	7115	0	32	Q9 U	0.00	-3585	-1	0	0	6059	-8	53	Q9 U	0.00	-3730	-1	0	0	5498	6	74	Q9 U	0.00	-4913	-1	-5	0	6094	15																		
11	Q9 U	4.20	-4904	-1	5	0	7094	3	32	Q9 U	4.20	-3585	-1	0	0	6058	-5	53	Q9 U	4.20	-3730	-1	0	0	5499	9	74	Q9 U	4.20	-4913	-1	-5	0	6115	18																		
12	Q9 U	0.00	-4913	2	3	2	7187	12	33	Q9 U	0.00	-3582	6	-5	1	5974	6	54	Q9 U	0.00	-3720	1	2	0	5492	8	75	Q9 U	0.00	-4917	4	0	0	6109	19																		
12	Q9 U	4.20	-4913	2	3	2	7174	2	33	Q9 U	4.20	-3582	6	-5	1	5995	-17	54	Q9 U	4.20	-3720	1	2	0	5482	5	75	Q9 U	4.20	-4917	4	0	0	6111	4																		
13	Q9 U	0.00	-4927	2	5	1	7444	48	34	Q9 U	0.00	-3570	5	-21	1	5729	33	55	Q9 U	0.00	-3698	3	12	0	5476	5	76	Q9 U	0.00	-4937	7	5	1	6104	11																		
13	Q9 U	0.10	-4927	2	5	1	7444	48	34	Q9 U	0.10	-3570	5	-21	1	5731	33	55	Q9 U	0.10	-3698	3	12	0	5474	5	76	Q9 U	0.10	-4937	7	5	1	6104	11																		
14	Q9 U	0.00	-4927	2	5	1	6237	37	35	Q9 U	0.00	-3570	5	-21	1	5895	28	56	Q9 U	0.00	-3698	3	12	0	5591	9	77	Q9 U	0.00	-4937	7	5	0	6146	22																		
14	Q9 U	4.10	-4927	2	5	1	6217	30	35	Q9 U	4.10	-3570	5	-21	1	5983	6	56	Q9 U	4.10	-3698	3	12	0	5543	-2	77	Q9 U	4.10	-4937	7	5	0	6126	-7																		
15	Q9 U	0.00	-4947	0	12	0	6389	40	36	Q9 U	0.00	-3564	0	-33	0	5834	22	57	Q9 U	0.00	-3668	4	11	0	5581	1	78	Q9 U	0.00	-4953	9	10	1	6056	3																		
15	Q9 U	4.20	-4947	0	12	0	6337	39	36	Q9 U	4.20	-3564	0	-33	0	5973	21	57	Q9 U	4.20	-3668	4	11	0	5537	-15	78	Q9 U	4.20	-4953	9	10	1	6013	-36																		
16	Q9 U	0.00	-4950	-2	23	-1	6386	33	37	Q9 U	0.00	-3599	-5	-44	-1	5989	13	58	Q9 U	0.00	-3616	10	5	2	5608	1	79	Q9 U	0.00	-4966	19	16	2	5872	-12																		
16	Q9 U	4.20	-4950	-2	23	-1	6289	41	37	Q9 U	4.20	-3599	-5	-44	-1	6175	35	58	Q9 U	4.20	-3616	10	5	2	5586	-43	79	Q9 U	4.20	-4966	19	16	2	5806	-90																		
17	Q9 U	0.00	-4908	0	34	-6	6206	17	38	Q9 U	0.00	-3732	-12	-51	-5	6417	-12	59	Q9 U	0.00	-3504	14	-3	3	5587	-10	80	Q9 U	0.00	-4987	8	20	6	5652	-40																		
17	Q9 U	0.10	-4908	0	34	-6	6202	17	38	Q9 U	0.10	-3732	-12	-51	-5	6422	-11	59	Q9 U	0.10	-3504	14	-3	3	5587	-11	80	Q9 U	0.10	-4987	8	20	6	5650	-41																		
18	Q9 U	0.00	-4908	0	34	-4	4931	-10	39	Q9 U	0.00	-3732	-12	-51	-1	4136	-29	60	Q9 U	0.00	-3504	14	-3	1	5532	15	81	Q9 U	0.00	-4987	8	20	4	6610	-10																		
18	Q9 U	4.10	-4908	0	34	-4	4790	-11	39	Q9 U	4.10	-3732	-12	-51	-1	4347	18	60	Q9 U	4.10	-3504	14	-3	1	5545	-42	81	Q9 U	4.10	-4987	8	20	4	6528	-41																		
19	Q9 U	0.00	-4844	-23	43	1	4830	-14	40	Q9 U	0.00	-3816	15	-38	-6	4354	-10	61	Q9 U	0.00	-3540	-21	-27	5	5503	-25	82	Q9 U	0.00	-4931	13	22	-3	6553	-44																		
19	Q9 U	4.20	-4844	-23	43	1	4648	82	40	Q9 U	4.20	-3816	15	-38	-6	4515	-72	61	Q9 U	4.20	-3540	-21	-27	5	5618	62	82	Q9 U	4.20	-4931	13	22	-3	6459	-99																		
20	Q9 U	0.00	-4582	44	53	-27	4767	115	41	Q9 U	0.00	-4046	-43	-31	6	4413	-136	62	Q9 U	0.00	-3881	24	-48	-10	5411	97	83	Q9 U	0.00	-4639	-73	26	21	6735	-177																		
20	Q9 U	4.20	-4582	44	53	-27	4543	-69	41	Q9 U	4.20	-4046	-43	-31	6	4542	43	62	Q9 U	4.20	-3881	24	-48	-10	5614	-5	83	Q9 U	4.20	-4639	-73	26	21	6627	132																		
21	Q9 U	0.00	-4283	0	0	0	4567	0	42	Q9 U	0.00	-4283	0	0	0	4567	0	63	Q9 U	0.00	-4283	0	0	0	5597	0	84	Q9 U	0.00	-4283	0	0	0	6808	0																		
21	Q9 U	1.00	-4283	0	0	0	4567	0	42	Q9 U	1.00	-4283	0	0	0	4567																																					

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 002 B 68 di 171	

Q10 – gradiente termico

Le tabelle riassumono i valori dei parametri di sollecitazione dovuti 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
1	Q10_grad	0.00	0	0	0	0	0	0	22	Q10_grad	0.00	0	0	0	0	0	0	43	Q10_grad	0.00	0	0	0	0	0	0	64	Q10_grad	0.00	0	0	0	0	0	0	0								
1	Q10_grad	1.00	0	0	0	0	0	0	22	Q10_grad	1.00	0	0	0	0	0	0	43	Q10_grad	1.00	0	0	0	0	0	0	64	Q10_grad	1.00	0	0	0	0	0	0	0								
2	Q10_grad	0.00	-57	-4	6	-1	26	-27	23	Q10_grad	0.00	62	0	-5	-1	-37	-5	44	Q10_grad	0.00	21	0	2	-1	-128	3	65	Q10_grad	0.00	-72	5	-3	-1	-31	27									
2	Q10_grad	4.20	-57	-4	6	-1	1	-10	23	Q10_grad	4.20	62	0	-5	-1	-17	-4	44	Q10_grad	4.20	21	0	2	-1	-136	3	65	Q10_grad	4.20	-72	5	-3	-1	-18	5									
3	Q10_grad	0.00	-104	-5	5	0	14	-31	24	Q10_grad	0.00	111	-1	-5	0	-44	-7	45	Q10_grad	0.00	123	-2	2	0	12	-9	66	Q10_grad	0.00	-130	4	-3	0	-40	18									
3	Q10_grad	4.20	-104	-5	5	0	-7	-11	24	Q10_grad	4.20	111	-1	-5	0	-25	-3	45	Q10_grad	4.20	123	-2	2	0	3	-1	66	Q10_grad	4.20	-130	4	-3	0	-29	1									
4	Q10_grad	0.00	-124	-2	4	0	-7	-18	25	Q10_grad	0.00	133	0	-4	0	-32	-3	46	Q10_grad	0.00	137	0	2	0	-2	-2	67	Q10_grad	0.00	-147	1	-2	0	-26	6									
4	Q10_grad	4.20	-124	-2	4	0	-23	-9	25	Q10_grad	4.20	133	0	-4	0	-18	-3	46	Q10_grad	4.20	137	0	2	0	-9	0	67	Q10_grad	4.20	-147	1	-2	0	-18	1									
5	Q10_grad	0.00	-124	-2	4	-1	-7	-3	26	Q10_grad	0.00	133	0	-4	0	-36	-1	47	Q10_grad	0.00	137	0	2	0	-28	-5	68	Q10_grad	0.00	-147	1	-2	0	1	-6									
5	Q10_grad	0.10	-124	-2	4	-1	-8	-3	26	Q10_grad	0.10	133	0	-4	0	-36	-1	47	Q10_grad	0.10	137	0	2	0	-28	-5	68	Q10_grad	0.10	-147	1	-2	0	1	-6									
6	Q10_grad	0.00	-136	-1	3	0	-12	-9	27	Q10_grad	0.00	147	0	-2	0	-36	-1	48	Q10_grad	0.00	146	-1	1	0	-17	-3	69	Q10_grad	0.00	-157	0	-2	0	-11	-1									
6	Q10_grad	4.20	-136	-1	3	0	-23	-4	27	Q10_grad	4.20	147	0	-2	0	-27	-1	48	Q10_grad	4.20	146	-1	1	0	-22	-1	69	Q10_grad	4.20	-157	0	-2	0	-5	-3									
7	Q10_grad	0.00	-142	-1	2	0	-23	-5	28	Q10_grad	0.00	153	0	-2	0	-28	-1	49	Q10_grad	0.00	151	0	1	0	-13	-1	70	Q10_grad	0.00	-161	0	-1	0	-16	-2									
7	Q10_grad	4.20	-142	-1	2	0	-32	-2	28	Q10_grad	4.20	153	0	-2	0	-22	-1	49	Q10_grad	4.20	151	0	1	0	-16	-1	70	Q10_grad	4.20	-161	0	-1	0	-10	-2									
8	Q10_grad	0.00	-146	0	2	0	-29	-3	29	Q10_grad	0.00	155	0	-1	0	-24	-1	50	Q10_grad	0.00	154	0	1	0	-9	-1	71	Q10_grad	0.00	-163	0	-1	0	-19	-2									
8	Q10_grad	4.10	-146	0	2	0	-36	-2	29	Q10_grad	4.10	155	0	-1	0	-20	-1	50	Q10_grad	4.10	154	0	1	0	-11	0	71	Q10_grad	4.10	-163	0	-1	0	-14	-2									
9	Q10_grad	0.00	-146	0	2	0	-27	0	30	Q10_grad	0.00	155	0	-1	0	-29	0	51	Q10_grad	0.00	154	0	1	0	-21	-2	72	Q10_grad	0.00	-163	0	-1	0	-4	-4									
9	Q10_grad	0.10	-146	0	2	0	-28	0	30	Q10_grad	0.10	155	0	-1	0	-29	0	51	Q10_grad	0.10	154	0	1	0	-21	-1	72	Q10_grad	0.10	-163	0	-1	0	-4	-4									
10	Q10_grad	0.00	-150	0	2	0	-26	-2	31	Q10_grad	0.00	158	0	0	0	-29	-1	52	Q10_grad	0.00	158	0	0	0	-14	-1	73	Q10_grad	0.00	-166	0	-1	0	-13	-3									
10	Q10_grad	4.20	-150	0	2	0	-33	-2	31	Q10_grad	4.20	158	0	0	0	-28	-1	52	Q10_grad	4.20	158	0	0	0	-15	0	73	Q10_grad	4.20	-166	0	-1	0	-8	-2									
11	Q10_grad	0.00	-152	0	1	0	-29	-3	32	Q10_grad	0.00	158	0	0	0	-29	-1	53	Q10_grad	0.00	160	0	0	0	-12	-1	74	Q10_grad	0.00	-166	0	-1	0	-13	-3									
11	Q10_grad	4.20	-152	0	1	0	-35	-2	32	Q10_grad	4.20	158	0	0	0	-29	0	53	Q10_grad	4.20	160	0	0	0	-12	0	74	Q10_grad	4.20	-166	0	-1	0	-7	-2									
12	Q10_grad	0.00	-152	0	1	0	-31	-3	33	Q10_grad	0.00	156	0	1	0	-31	-1	54	Q10_grad	0.00	160	0	0	0	-12	-1	75	Q10_grad	0.00	-164	0	-1	0	-10	-3									
12	Q10_grad	4.20	-152	0	1	0	-36	-2	33	Q10_grad	4.20	156	0	1	0	-33	0	54	Q10_grad	4.20	160	0	0	0	-10	-1	75	Q10_grad	4.20	-164	0	-1	0	-4	-3									
13	Q10_grad	0.00	-149	0	1	0	-30	-1	34	Q10_grad	0.00	152	0	2	0	-35	0	55	Q10_grad	0.00	158	0	-1	0	-15	-2	76	Q10_grad	0.00	-161	0	-1	0	-1	-5									
13	Q10_grad	0.10	-149	0	1	0	-30	-1	34	Q10_grad	0.10	152	0	2	0	-36	0	55	Q10_grad	0.10	158	0	-1	0	-15	-2	76	Q10_grad	0.10	-161	0	-1	0	-1	-5									
14	Q10_grad	0.00	-149	0	1	0	-39	-3	35	Q10_grad	0.00	152	0	2	0	-26	-1	56	Q10_grad	0.00	158	0	-1	0	-5	-1	77	Q10_grad	0.00	-161	0	-1	0	-11	-3									
14	Q10_grad	4.10	-149	0	1	0	-43	-3	35	Q10_grad	4.10	152	0	2	0	-33	0	56	Q10_grad	4.10	158	0	-1	0	0	-1	77	Q10_grad	4.10	-161	0	-1	0	-5	-2									
15	Q10_grad	0.00	-147	0	1	0	-40	-4	36	Q10_grad	0.00	147	0	3	0	-32	-2	57	Q10_grad	0.00	157	0	-2	0	-5	-1	78	Q10_grad	0.00	-157	0	-1	0	-2	-4									
15	Q10_grad	4.20	-147	0	1	0	-43	-6	36	Q10_grad	4.20	147	0	3	0	-44	0	57	Q10_grad	4.20	157	0	-2	0	3	-1	78	Q10_grad	4.20	-157	0	-1	0	4	-2									
16	Q10_grad	0.00	-142	1	0	0	-39	-5	37	Q10_grad	0.00	137	-1	5	0	-41	-2	58	Q10_grad	0.00	156	1	-4	0	-7	-2	79	Q10_grad	0.00	-151	0	-1	0	10	-5									
16	Q10_grad	4.20	-142	1	0	0	-37	-11	37	Q10_grad	4.20	137	-1	5	0	-62	0	58	Q10_grad	4.20	156	1	-4	0	9	-4	79	Q10_grad	4.20	-151	0	-1	0	14	-3									
17	Q10_grad	0.00	-130	3	-2	0	-29	-6	38	Q10_grad	0.00	118	0	8	0	-57	0	59	Q10_grad	0.00	152	1	-6	0	-8	-6	80	Q10_grad	0.00	-140	-1	0	0	23	-9									
17	Q10_grad	0.10	-130	3	-2	0	-29	-7	38	Q10_grad	0.10	118	0	8	0	-57	0	59	Q10_grad	0.10	152	1	-6	0	-7	-6	80	Q10_grad	0.10	-140	-1	0	0	23	-9									
18	Q10_grad	0.00	-130	3	-2	0	-45	-12	39	Q10_grad	0.00	118	0	8	0	-41	-4	60	Q10_grad	0.00	152	1	-6	0	14	-1	81	Q10_grad	0.00	-140	-1	0	0	5	-3									
18	Q10_grad	4.10	-130	3	-2	0	-38	-23	39	Q10_grad	4.10	118	0	8	0	-75	-4	60	Q10_grad	4.10	152	1	-6	0	40	-3	81	Q10_grad	4.10	-140	-1	0	0	5	1									
19	Q10_grad	0.00	-109	5	-4	1	-32	-15	40	Q10_grad	0.00	86	2	12	0	-62	-5	61	Q10_grad	0.00	146	2	-10	0	37	-2	82	Q10_grad	0.00	-123	-4	2	0	-1	-4									
19	Q10_grad	4.20	-109	5	-4	1	-15	-38	40	Q10_grad	4.20	86	2	12	0	-114	-11	61	Q10_grad	4.20	146	2	-10	0	79	-12	82	Q10_grad	4.20	-123	-4	2	0	-7	11									
20	Q10_grad	0.00	-60	4	-6	1	-16	-14	41	Q10_grad	0.00	25	1	16	1	-87	-6	62	Q10_grad	0.00	61	1	-13	1	-55	1	83	Q10_grad	0.00	-68	-5	3	1	2	1									
20	Q10_grad	4.20	-60	4	-6	1	9	-33	41	Q10_grad	4.20	25	1	16	1	-152	-11	62	Q10_grad	4.20	61	1	-13	1	-1	-3	83	Q10_grad	4.20	-68	-5	3	1	-11	21									
21	Q10_grad	0.00	0	0	0	0	0	0	42	Q10_grad	0.00	0	0	0	0	0	0	63	Q10_grad	0.00	0	0	0	0	0	0	84	Q10_grad	0.00	0	0	0	0	0	0									
21	Q10_grad	1.00	0	0	0	0	0	0	42	Q10_grad	1.00	0	0	0	0	0	0	63	Q10_grad	1.00	0	0	0	0	0	0	84	Q10_grad	1.00	0	0	0	0	0	0									

Fig. 82 – Sollecitazioni: gradiente termico Q10

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 002 B 69 di 171

Q14, Q15 e Q16 – azione del vento

Le tabelle seguenti riassumono i parametri di sollecitazioni dovuti all'azione del vento agente perpendicolarmente all'impalcato, in entrambi i versi (modello di fase III).

Vento in direzione +Y:

- Q14_v1
- Q15_v1
- Q16_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	Obj	ACase	ObjSta	P	V3	V2	T	M3	M2
1	Q14_v1	1.00	0	5	0	0	-2	22	Q14_v1	1.00	0	5	0	0	0	-2	43	Q14_v1	1.00	0	1	0	0	0	0	64	Q14_v1	1.00	0	1	0	0	0	0	64	Q14_v1	1.00	0	1	0	0	0	0	64									
2	Q14_v1	0.00	-157	-37	161	5	298	-4	23	Q14_v1	0.00	96	-5	-15	5	325	45	44	Q14_v1	0.00	-106	-5	-99	1	-597	19	65	Q14_v1	0.00	126	-33	-47	0	-160	-21	65	Q14_v1	0.00	126	-33	-47	0	-160	-21	65								
2	Q14_v1	4.20	-157	-16	161	5	-377	108	23	Q14_v1	4.20	96	16	-15	5	388	21	44	Q14_v1	4.20	-106	-1	-99	1	-181	32	65	Q14_v1	4.20	126	-29	-47	0	36	109	65	Q14_v1	4.20	126	-29	-47	0	36	109	65								
3	Q14_v1	0.00	-445	-36	112	2	125	76	24	Q14_v1	0.00	9	-4	16	1	317	75	45	Q14_v1	0.00	38	-6	-86	0	-300	34	66	Q14_v1	0.00	399	-34	-42	1	-153	34	66	Q14_v1	0.00	399	-34	-42	1	-153	34	66								
3	Q14_v1	4.20	-445	-15	112	2	-344	183	24	Q14_v1	4.20	9	16	16	1	248	49	45	Q14_v1	4.20	38	-2	-86	0	63	51	66	Q14_v1	4.20	399	-30	-42	1	23	169	66	Q14_v1	4.20	399	-30	-42	1	23	169	66								
4	Q14_v1	0.00	-683	-27	82	0	66	132	25	Q14_v1	0.00	-90	-12	19	0	229	68	46	Q14_v1	0.00	123	-7	-63	0	-211	54	67	Q14_v1	0.00	650	-26	-38	0	-93	98	67	Q14_v1	0.00	650	-26	-38	0	-93	98	67								
4	Q14_v1	4.10	-683	-7	82	0	-270	202	25	Q14_v1	4.10	-90	9	19	0	150	73	46	Q14_v1	4.10	123	-3	-63	0	49	76	67	Q14_v1	4.10	650	-21	-38	0	63	195	67	Q14_v1	4.10	650	-21	-38	0	63	195	67								
5	Q14_v1	0.00	-683	-7	82	-5	-185	232	26	Q14_v1	0.00	-90	9	19	2	162	70	47	Q14_v1	0.00	123	-3	-63	2	32	72	68	Q14_v1	0.00	650	-21	-38	-4	-18	223	68	Q14_v1	0.00	650	-21	-38	-4	-18	223	68								
5	Q14_v1	0.10	-683	-6	82	-5	-193	233	26	Q14_v1	0.10	-90	9	19	2	160	69	47	Q14_v1	0.10	123	-3	-63	2	38	72	68	Q14_v1	0.10	650	-21	-38	-4	-14	225	68	Q14_v1	0.10	650	-21	-38	-4	-14	225	68								
6	Q14_v1	0.00	-876	-30	62	-1	135	185	27	Q14_v1	0.00	-175	-16	26	-1	195	65	48	Q14_v1	0.00	191	-8	-53	0	-195	65	69	Q14_v1	0.00	860	-26	-35	-1	-138	168	69	Q14_v1	0.00	860	-26	-35	-1	-138	168	69								
6	Q14_v1	4.20	-876	-9	62	-1	-125	267	27	Q14_v1	4.20	-175	5	26	-1	85	86	48	Q14_v1	4.20	191	-4	-53	0	28	90	69	Q14_v1	4.20	860	-21	-35	-1	7	266	69	Q14_v1	4.20	860	-21	-35	-1	7	266	69								
7	Q14_v1	0.00	-1027	-26	45	-1	114	220	28	Q14_v1	0.00	-238	-15	14	-1	125	74	49	Q14_v1	0.00	242	-7	-31	-1	-138	80	70	Q14_v1	0.00	1023	-19	-28	-1	-101	217	70	Q14_v1	0.00	1023	-19	-28	-1	-101	217	70								
7	Q14_v1	4.20	-1027	-5	45	-1	-76	286	28	Q14_v1	4.20	-238	5	14	-1	67	95	49	Q14_v1	4.20	242	-2	-31	-1	-9	99	70	Q14_v1	4.20	1023	-15	-28	-1	18	290	70	Q14_v1	4.20	1023	-15	-28	-1	18	290	70								
8	Q14_v1	0.00	-1139	-21	31	-1	86	246	29	Q14_v1	0.00	-280	-15	15	-1	104	81	50	Q14_v1	0.00	278	-6	-24	0	-118	90	71	Q14_v1	0.00	1141	-13	-22	-1	-71	252	71	Q14_v1	0.00	1141	-13	-22	-1	-71	252	71								
8	Q14_v1	4.10	-1139	0	31	-1	-42	289	29	Q14_v1	4.10	-280	5	15	-1	44	103	50	Q14_v1	4.10	278	-2	-24	0	-18	108	71	Q14_v1	4.10	1141	-9	-22	-1	18	295	71	Q14_v1	4.10	1141	-9	-22	-1	18	295	71								
9	Q14_v1	0.00	-1139	0	31	-2	25	309	30	Q14_v1	0.00	-280	5	15	0	61	101	51	Q14_v1	0.00	278	-2	-24	0	-35	106	72	Q14_v1	0.00	1141	-9	-22	-2	-50	315	72	Q14_v1	0.00	1141	-9	-22	-2	-50	315	72								
9	Q14_v1	0.10	-1139	0	31	-2	22	309	30	Q14_v1	0.10	-280	5	15	0	59	100	51	Q14_v1	0.10	278	-2	-24	0	-33	106	72	Q14_v1	0.10	1141	-8	-22	-2	-48	316	72	Q14_v1	0.10	1141	-8	-22	-2	-48	316	72								
10	Q14_v1	0.00	-1210	-16	18	-1	121	280	31	Q14_v1	0.00	-303	-14	1	-1	87	87	52	Q14_v1	0.00	299	-5	-5	0	-97	96	73	Q14_v1	0.00	1214	-7	-13	-1	-111	289	73	Q14_v1	0.00	1214	-7	-13	-1	-111	289	73								
10	Q14_v1	4.20	-1210	5	18	-1	47	303	31	Q14_v1	4.20	-303	7	1	-1	83	101	52	Q14_v1	4.20	299	-1	-5	0	-74	108	73	Q14_v1	4.20	1214	-3	-13	-1	-56	312	73	Q14_v1	4.20	1214	-3	-13	-1	-56	312	73								
11	Q14_v1	0.00	-1235	-11	5	0	95	291	32	Q14_v1	0.00	-313	-11	0	0	84	95	53	Q14_v1	0.00	309	-3	0	0	-86	103	74	Q14_v1	0.00	1240	-3	-5	0	-93	301	74	Q14_v1	0.00	1240	-3	-5	0	-93	301	74								
11	Q14_v1	4.20	-1235	10	5	0	73	294	32	Q14_v1	4.20	-313	10	0	0	84	98	53	Q14_v1	4.20	309	1	0	0	-85	105	74	Q14_v1	4.20	1240	1	-5	0	-70	304	74	Q14_v1	4.20	1240	1	-5	0	-70	304	74								
12	Q14_v1	0.00	-1215	-6	-7	0	55	300	33	Q14_v1	0.00	-310	-8	0	0	71	98	54	Q14_v1	0.00	306	0	5	0	-61	105	75	Q14_v1	0.00	1219	2	3	0	-63	308	75	Q14_v1	0.00	1219	2	3	0	-63	308	75								
12	Q14_v1	4.20	-1215	14	-7	0	84	283	33	Q14_v1	4.20	-310	12	0	0	73	90	54	Q14_v1	4.20	306	4	5	0	-81	99	75	Q14_v1	4.20	1219	6	3	0	-74	291	75	Q14_v1	4.20	1219	6	3	0	-74	291	75								
13	Q14_v1	0.00	-1150	-1	-21	1	12	305	34	Q14_v1	0.00	-293	-7	-12	0	36	97	55	Q14_v1	0.00	292	1	22	0	-9	103	76	Q14_v1	0.00	1151	7	11	1	-38	312	76	Q14_v1	0.00	1151	7	11	1	-38	312	76								
13	Q14_v1	0.10	-1150	-1	-21	1	14	305	34	Q14_v1	0.10	-293	-6	-12	0	37	98	55	Q14_v1	0.10	292	1	22	0	-11	103	76	Q14_v1	0.10	1151	7	11	1	-40	311	76	Q14_v1	0.10	1151	7	11	1	-40	311	76								
14	Q14_v1	0.00	-1150	-1	-21	1	-54	285	35	Q14_v1	0.00	-293	-6	-12	0	19	100	56	Q14_v1	0.00	292	1	22	0	7	105	77	Q14_v1	0.00	1151	7	11	0	28	291	77	Q14_v1	0.00	1151	7	11	0	28	291	77								
14	Q14_v1	4.10	-1150	19	-21	1	31	247	35	Q14_v1	4.10	-293	14	-12	0	68	84	56	Q14_v1	4.10	292	5	22	0	-82	92	77	Q14_v1	4.10	1151	12	11	0	-17	253	77	Q14_v1	4.10	1151	12	11	0	-17	253	77								
15	Q14_v1	0.00	-1043	4	-35	1	-108	281	36	Q14_v1	0.00	-260	-7	-9	1	28	92	57	Q14_v1	0.00	265	1	26	0	30	96	78	Q14_v1	0.00	1039	14	18	0	48	284	78	Q14_v1	0.00	1039	14	18	0	48	284	78								
15	Q14_v1	4.20	-1043	25	-35	1	40	219	36	Q14_v1	4.20	-260	14	-9	1	66	76	57	Q14_v1	4.20	265	6	26	0	-78	81	78	Q14_v1	4.20	1039	19	18	0	-29	215	78	Q14_v1	4.20	1039	19	18	0	-29	215	78								
16	Q14_v1	0.00	-897	9	-53	1	-182	260	37	Q14_v1	0.00	-210	-6	-15	0	33	82	58	Q14_v1	0.00	226	3	42	0	81	86	79	Q14_v1	0.00	880	21	26	0	63	259	79	Q14_v1	0.00	880	21	26	0	63	259	79								
16	Q14_v1	4.20	-897	30	-53	1	39	177	37	Q14_v1	4.20	-210	15	-15	0	97	64	58	Q14_v1	4.20	226	7	42	0	-96	64	79	Q14_v1	4.20	880	26	26	0	-44	160	79	Q14_v1	4.20	880	26	26	0	-44	160	79								
17	Q14_v1	0.00	-706	8	-75	4	-274	221	38	Q14_v1	0.00	-146	-9	-2	-1	82	63	59	Q14_v1	0.00	178	4	46	-1	115	66	80	Q14_v1	0.00	673	22	31	4	69	214	80	Q14_v1	0.00	673	22	31	4	69	214	80								
17	Q14_v1	0.10	-706	8	-75	4	-267	221																																													

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 002 B 70 di 171

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	0.00	0	0	0	0	0	0	22	Q15_v1	0.00	0	0	0	0	0	0	43	Q15_v1	0.00	0	0	0	0	0	0	64	Q15_v1	0.00	0	0	0	0	0	0	0								
1	Q15_v1	1.00	0	5	0	0	0	-2	22	Q15_v1	1.00	0	5	0	0	0	-2	43	Q15_v1	1.00	0	1	0	0	0	0	64	Q15_v1	1.00	0	1	0	0	0	0	0								
2	Q15_v1	0.00	-201	-49	202	5	407	-2	23	Q15_v1	0.00	205	-5	48	6	766	66	44	Q15_v1	0.00	-226	-4	-94	1	-927	42	65	Q15_v1	0.00	169	-44	-157	0	-409	-18									
2	Q15_v1	4.20	-201	-29	202	5	-443	161	23	Q15_v1	4.20	205	15	48	6	565	45	44	Q15_v1	4.20	-226	0	-94	1	-533	51	65	Q15_v1	4.20	169	-40	-157	0	248	158									
3	Q15_v1	0.00	-583	-47	153	2	219	105	24	Q15_v1	0.00	45	-5	58	0	538	99	45	Q15_v1	0.00	4	-8	-84	-1	-449	55	66	Q15_v1	0.00	534	-45	-128	-1	-320	62									
3	Q15_v1	4.20	-583	-26	153	2	-424	258	24	Q15_v1	4.20	45	16	58	0	293	78	45	Q15_v1	4.20	4	-3	-84	-1	-97	78	66	Q15_v1	4.20	534	-40	-128	-1	216	241									
4	Q15_v1	0.00	-904	-35	121	-2	125	175	25	Q15_v1	0.00	-117	-15	44	-1	318	85	46	Q15_v1	0.00	151	-11	-59	-2	-263	72	67	Q15_v1	0.00	870	-34	-106	-2	-188	137									
4	Q15_v1	4.10	-904	-15	121	-2	-371	278	25	Q15_v1	4.10	-117	5	44	-1	136	106	46	Q15_v1	4.10	151	-7	-59	-2	-20	107	67	Q15_v1	4.10	870	-30	-106	-2	247	267									
5	Q15_v1	0.00	-904	-15	121	-9	-258	318	26	Q15_v1	0.00	-117	5	44	1	152	102	47	Q15_v1	0.00	151	-7	-59	-1	-41	102	68	Q15_v1	0.00	870	-30	-106	-11	138	305									
5	Q15_v1	0.10	-904	-15	121	-9	-270	319	26	Q15_v1	0.10	-117	6	44	1	147	101	47	Q15_v1	0.10	151	-6	-59	-1	-35	102	68	Q15_v1	0.10	870	-30	-106	-11	149	308									
6	Q15_v1	0.00	-1168	-40	96	-3	186	236	27	Q15_v1	0.00	-248	-21	40	-2	213	78	48	Q15_v1	0.00	265	-14	-49	-2	-193	76	69	Q15_v1	0.00	1152	-36	-87	-3	-210	217									
6	Q15_v1	4.20	-1168	-20	96	-3	-217	363	27	Q15_v1	4.20	-248	-1	40	-2	45	124	48	Q15_v1	4.20	265	-10	-49	-2	13	127	69	Q15_v1	4.20	1152	-32	-87	-3	155	361									
7	Q15_v1	0.00	-1376	-34	73	-3	128	283	28	Q15_v1	0.00	-343	-20	22	-2	99	91	49	Q15_v1	0.00	348	-12	-28	-2	-97	97	70	Q15_v1	0.00	1371	-28	-68	-2	-130	279									
7	Q15_v1	4.20	-1376	-14	73	-3	-179	384	28	Q15_v1	4.20	-343	1	22	-2	5	133	49	Q15_v1	4.20	348	-8	-28	-2	20	137	70	Q15_v1	4.20	1371	-24	-68	-2	153	387									
8	Q15_v1	0.00	-1530	-26	52	-2	67	318	29	Q15_v1	0.00	-406	-19	17	-1	44	103	50	Q15_v1	0.00	405	-11	-21	-1	-49	110	71	Q15_v1	0.00	1531	-19	-49	-2	-62	322									
8	Q15_v1	4.10	-1530	-6	52	-2	-146	385	29	Q15_v1	4.10	-406	1	17	-1	-27	140	50	Q15_v1	4.10	405	-6	-21	-1	35	145	71	Q15_v1	4.10	1531	-14	-49	-2	137	390									
9	Q15_v1	0.00	-1530	-6	52	-3	-56	411	30	Q15_v1	0.00	-406	1	17	-1	-2	137	51	Q15_v1	0.00	405	-6	-21	-2	11	142	72	Q15_v1	0.00	1531	-14	-49	-4	47	416									
9	Q15_v1	0.10	-1530	-6	52	-3	-61	411	30	Q15_v1	0.10	-406	2	17	-1	-3	137	51	Q15_v1	0.10	405	-6	-21	-2	13	143	72	Q15_v1	0.10	1531	-14	-49	-4	52	417									
10	Q15_v1	0.00	-1629	-19	31	-1	96	365	31	Q15_v1	0.00	-442	-16	4	-1	24	113	52	Q15_v1	0.00	440	-8	-6	-1	-29	120	73	Q15_v1	0.00	1631	-11	-29	-1	-90	373									
10	Q15_v1	4.20	-1629	2	31	-1	-33	401	31	Q15_v1	4.20	-442	5	4	-1	6	137	52	Q15_v1	4.20	440	-3	-6	-1	-4	143	73	Q15_v1	4.20	1631	-6	-29	-1	32	409									
11	Q15_v1	0.00	-1665	-12	10	0	41	382	32	Q15_v1	0.00	-458	-12	0	0	4	125	53	Q15_v1	0.00	456	-3	0	0	-7	132	74	Q15_v1	0.00	1667	-3	-10	0	-38	389									
11	Q15_v1	4.20	-1665	9	10	0	-1	388	32	Q15_v1	4.20	-458	9	0	0	3	130	53	Q15_v1	4.20	456	1	0	0	-5	137	74	Q15_v1	4.20	1667	1	-10	0	4	395									
12	Q15_v1	0.00	-1639	-5	-11	1	-19	395	33	Q15_v1	0.00	-454	-7	-3	0	-17	131	54	Q15_v1	0.00	452	1	5	0	19	138	75	Q15_v1	0.00	1641	4	9	1	17	402									
12	Q15_v1	4.20	-1639	16	-11	1	26	370	33	Q15_v1	4.20	-454	14	-3	0	-4	118	54	Q15_v1	4.20	452	5	5	0	0	125	75	Q15_v1	4.20	1641	8	9	1	-21	377									
13	Q15_v1	0.00	-1551	3	-32	2	-79	404	34	Q15_v1	0.00	-431	-4	-12	1	-47	131	55	Q15_v1	0.00	432	4	15	1	57	137	76	Q15_v1	0.00	1551	12	29	2	69	410									
13	Q15_v1	0.10	-1551	4	-32	2	-76	404	34	Q15_v1	0.10	-431	-4	-12	1	-46	132	55	Q15_v1	0.10	432	4	15	1	56	137	76	Q15_v1	0.10	1551	12	29	2	66	409									
14	Q15_v1	0.00	-1551	4	-32	1	-168	377	35	Q15_v1	0.00	-431	-4	-12	1	-73	135	56	Q15_v1	0.00	432	4	15	1	82	140	77	Q15_v1	0.00	1551	12	29	1	158	382									
14	Q15_v1	4.10	-1551	24	-32	1	-36	321	35	Q15_v1	4.10	-431	17	-12	1	-23	108	56	Q15_v1	4.10	432	8	15	1	20	114	77	Q15_v1	4.10	1551	16	29	1	40	324									
15	Q15_v1	0.00	-1407	12	-54	2	-239	374	36	Q15_v1	0.00	-385	-3	-13	1	-68	127	57	Q15_v1	0.00	391	6	19	1	95	131	78	Q15_v1	0.00	1401	22	49	2	211	377									
15	Q15_v1	4.20	-1407	33	-54	2	-12	280	36	Q15_v1	4.20	-385	18	-13	1	-13	95	57	Q15_v1	4.20	391	10	19	1	16	99	78	Q15_v1	4.20	1401	27	49	2	7	275									
16	Q15_v1	0.00	-1207	20	-78	2	-324	349	37	Q15_v1	0.00	-314	-1	-19	1	-54	116	58	Q15_v1	0.00	331	9	28	2	113	120	79	Q15_v1	0.00	1190	32	70	2	260	347									
16	Q15_v1	4.20	-1207	41	-78	2	5	222	37	Q15_v1	4.20	-314	20	-19	1	28	77	58	Q15_v1	4.20	331	13	28	2	-6	74	79	Q15_v1	4.20	1190	37	70	2	-32	202									
17	Q15_v1	0.00	-947	17	-107	9	-424	297	38	Q15_v1	0.00	-224	-5	-12	0	-1	90	59	Q15_v1	0.00	256	7	27	2	111	91	80	Q15_v1	0.00	915	31	93	10	305	287									
17	Q15_v1	0.10	-947	17	-107	9	-413	296	38	Q15_v1	0.10	-224	-5	-12	0	0	91	59	Q15_v1	0.10	256	7	27	2	108	91	80	Q15_v1	0.10	915	32	93	10	296	284									
18	Q15_v1	0.00	-947	17	-107	2	-531	254	39	Q15_v1	0.00	-224	-5	-12	1	-31	98	60	Q15_v1	0.00	256	7	27	2	144	99	81	Q15_v1	0.00	915	32	93	2	410	244									
18	Q15_v1	4.10	-947	38	-107	2	-90	141	39	Q15_v1	4.10	-224	16	-12	1	18	76	60	Q15_v1	4.10	256	11	27	2	35	62	81	Q15_v1	4.10	915	36	93	2	30	106									
19	Q15_v1	0.00	-623	31	-146	-1	-601	226	40	Q15_v1	0.00	-126	-12	-4	0	34	64	61	Q15_v1	0.00	168	5	29	2	143	66	82	Q15_v1	0.00	580	45	120	2	414	210									
19	Q15_v1	4.20	-623	51	-146	-1	10	53	40	Q15_v1	4.20	-126	9	-4	0	49	72	61	Q15_v1	4.20	168	10	29	2	21	34	82	Q15_v1	4.20	580	49	120	2	-90	14									
20	Q15_v1	0.00	-222	32	-202	-1	-560	134	41	Q15_v1	0.00	-52	-8	28	-4	72	30	62	Q15_v1	0.00	60	8	18	1	44	38	83	Q15_v1	0.00	197	44	155	3	387	132									
20	Q15_v1	4.20	-222	52	-202	-1	288	-43	41	Q15_v1	4.20	-52	13	28	-4	-46	22	62	Q15_v1	4.20	60	12	18	1	-34	-4	83	Q15_v1	4.20	197	48	155	3	-266	-60									
21	Q15_v1	0.00	0	-5	0	0	0	-2	42	Q15_v1	0.00	0	-5	0	0	0	-2	63	Q15_v1	0.00	0	-1	0	0	0	0	84	Q15_v1	0.00	0	-1	0	0	0	0									
21	Q15_v1	1.00	0	0	0	0	0	0	42																																			

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 002	REV. B	FOGLIO 75 di 171

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. 89.

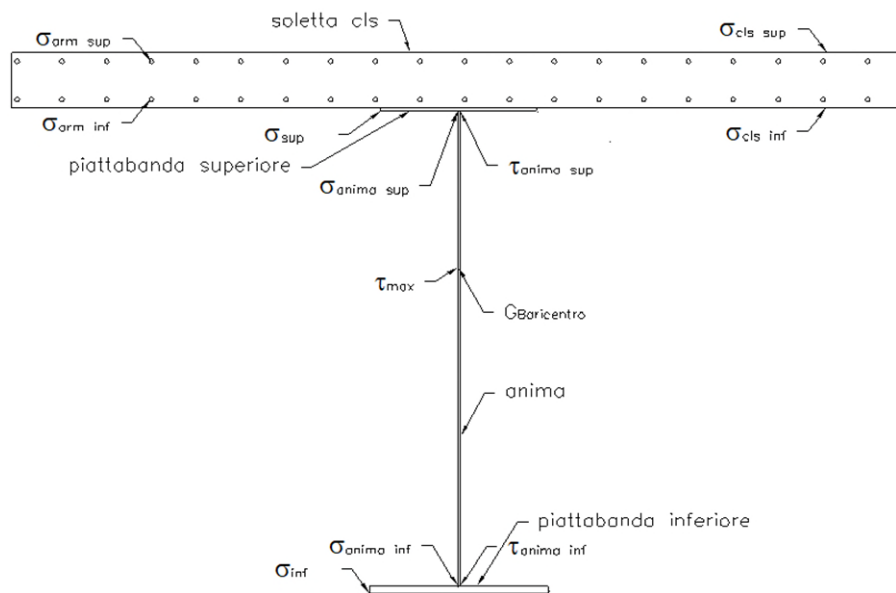


Fig. 89 – Posizioni della trave in cui sono calcolate le tensioni

Le tabelle seguenti riassumono i risultati ottenuti in termini di tensioni sulla carpenteria metallica del cassone e tramite i grafici in Fig. 91 si illustra l'andamento delle tensioni massima sulle piattabande superiori ed inferiori dei cassoni per tutto lo sviluppo del ponte.

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 Z Z CL VI0009 002 B 76 di 171

CASSONE 1																										
TRAVE 2 (lato interno)												TRAVE 1 (lato esterno)														
SEZ.	FR.	σ (sup) (N/mm ²)		σ (inf) (N/mm ²)		τ MAX (N/mm ²)		τ MEDIO (N/mm ²)		σ id(an.sup) (N/mm ²)	σ id(an.inf) (N/mm ²)	σ (cls sup) (N/mm ²)	SEZ.	FR.	σ (sup) (N/mm ²)		σ (inf) (N/mm ²)		τ MAX (N/mm ²)		τ MEDIO (N/mm ²)		σ id(an.sup) (N/mm ²)	σ id(an.inf) (N/mm ²)	σ (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-I	22	26	-47	5	-2	0	0	0	0	47	5	-5	C01-E	1	21	-38	8	-4	0	0	0	0	38	8	-4	
C01-I	23	29	-133	125	-40	87	31	84	28	159	152	-7	C01-E	2	24	-122	110	-13	84	36	81	33	155	139	-7	
C01-I	24	-27	-202	201	33	76	28	73	25	213	211	-10	C01-E	3	-27	-195	200	38	71	29	69	27	208	207	-10	
C01-I	25	-70	-263	279	70	65	23	62	21	262	268	-12	C01-E	4	-73	-253	267	79	60	24	57	22	259	269	-12	
C02-I	26	-86	-230	214	73	85	31	85	30	243	230	-12	C02-E	5	-85	-221	204	77	78	31	78	31	239	224	-11	
C02-I	27	-85	-263	247	76	72	25	72	24	269	255	-13	C02-E	6	-87	-264	247	78	64	24	64	24	270	254	-13	
C02-I	28	-106	-293	287	92	56	18	57	18	287	276	-14	C02-E	7	-113	-298	282	96	50	18	50	18	297	278	-14	
C02-I	29	-123	-302	298	111	42	12	43	11	296	289	-15	C02-E	8	-135	-323	307	112	36	11	37	11	317	294	-15	
C03-I	30	-127	-284	270	111	41	11	42	11	279	262	-14	C03-E	9	-131	-308	283	100	35	11	35	11	302	270	-15	
C03-I	31	-126	-292	279	110	27	3	28	3	284	267	-15	C03-E	10	-131	-316	283	100	23	5	23	5	309	275	-15	
C03-I	32	-132	-303	291	111	19	0	19	0	291	270	-15	C03-E	11	-135	-315	288	107	11	0	11	-1	304	271	-15	
C03-I	33	-122	-305	291	98	32	7	33	7	293	271	-15	C03-E	12	-130	-308	282	102	21	4	21	4	301	270	-15	
C03-I	34	-129	-291	275	107	44	14	44	13	286	264	-14	C03-E	13	-127	-295	271	104	32	10	33	10	290	263	-15	
C02-I	35	-126	-309	303	112	45	14	45	13	304	291	-15	C02-E	14	-129	-309	294	111	33	10	34	10	304	286	-15	
C02-I	36	-106	-292	280	94	59	21	59	20	291	278	-14	C02-E	15	-109	-287	272	96	47	16	47	16	287	271	-14	
C02-I	37	-83	-262	246	77	73	27	73	26	270	255	-13	C02-E	16	-84	-257	242	79	61	23	62	22	263	248	-13	
C02-I	38	-85	-228	209	75	85	32	85	31	243	228	-12	C02-E	17	-82	-216	200	78	75	30	76	29	234	218	-11	
C01-I	39	-68	-260	271	74	65	25	62	23	261	265	-12	C01-E	18	-71	-247	261	80	58	23	56	21	253	263	-12	
C01-I	40	-26	-201	195	40	75	29	72	26	212	205	-10	C01-E	19	-27	-190	193	41	70	28	67	26	204	202	-10	
C01-I	41	30	-131	109	-9	86	32	82	30	156	141	-8	C01-E	20	24	-120	109	-8	83	34	79	32	152	136	-7	
C01-I	42	26	-47	5	-2	0	0	0	0	47	5	-5	C01-E	21	21	-38	8	-4	0	0	0	0	38	8	-4	

CASSONE 2																										
TRAVE 4 (lato esterno)												TRAVE 3 (lato interno)														
SEZ.	FR.	σ (sup) (N/mm ²)		σ (inf) (N/mm ²)		τ MAX (N/mm ²)		τ MEDIO (N/mm ²)		σ id(an.sup) (N/mm ²)	σ id(an.inf) (N/mm ²)	σ (cls sup) (N/mm ²)	SEZ.	FR.	σ (sup) (N/mm ²)		σ (inf) (N/mm ²)		τ MAX (N/mm ²)		τ MEDIO (N/mm ²)		σ id(an.sup) (N/mm ²)	σ id(an.inf) (N/mm ²)	σ (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-E	64	23	-43	22	-14	0	0	0	0	43	22	-4	C04-I	43	28	-50	11	-6	0	0	0	50	11	-5		
C04-E	65	26	-124	118	-19	80	34	77	32	152	142	-7	C04-I	44	31	-133	127	-37	85	32	82	29	157	154	-8	
C04-E	66	-25	-193	200	32	68	28	65	26	204	208	-10	C04-I	45	-25	-202	208	30	75	29	72	26	212	217	-11	
C04-E	67	-69	-250	268	72	56	22	54	20	254	269	-13	C04-I	46	-67	-262	282	66	65	25	62	23	263	274	-13	
C05-E	68	-82	-214	198	80	73	29	74	28	228	217	-11	C05-I	47	-87	-224	210	77	85	33	85	32	238	229	-12	
C05-E	69	-85	-255	241	80	60	22	60	22	260	247	-13	C05-I	48	-84	-261	248	79	73	27	73	26	268	256	-13	
C05-E	70	-109	-286	273	97	46	15	46	15	286	271	-14	C05-I	49	-106	-292	280	96	59	21	59	20	291	278	-15	
C05-E	71	-129	-309	296	111	32	9	33	9	304	288	-15	C05-I	50	-126	-308	304	115	45	14	45	13	304	292	-15	
C06-E	72	-128	-292	269	109	31	9	32	9	288	261	-15	C06-I	51	-128	-291	276	110	44	14	44	13	287	265	-15	
C06-E	73	-131	-306	282	106	20	3	21	3	300	269	-15	C06-I	52	-122	-304	292	101	32	7	32	7	294	271	-15	
C06-E	74	-137	-313	290	111	10	0	10	-1	303	271	-15	C06-I	53	-132	-302	291	115	19	0	19	0	290	268	-15	
C06-E	75	-133	-314	283	106	22	5	22	5	308	273	-15	C06-I	54	-126	-291	280	114	27	4	28	4	285	267	-15	
C06-E	76	-133	-305	280	106	33	12	34	11	300	266	-15	C06-I	55	-126	-284	271	114	41	12	41	11	280	262	-15	
C05-E	77	-135	-323	308	114	35	12	35	11	317	293	-15	C05-I	56	-123	-301	298	115	42	12	42	11	297	288	-15	
C05-E	78	-114	-296	280	99	48	18	48	17	296	276	-14	C05-I	57	-106	-292	286	95	56	19	56	18	288	274	-15	
C05-E	79	-88	-262	244	82	62	24	62	24	268	250	-13	C05-I	58	-85	-261	246	81	71	26	71	25	268	254	-13	
C05-E	80	-86	-219	200	82	75	31	76	30	235	220	-11	C05-I	59	-88	-226	211	78	84	32	84	31	239	227	-12	
C04-E	81	-71	-256	270	75	58	24	55	22	261	272	-13	C04-I	60	-69	-265	284	68	64	24	61	22	264	272	-13	
C04-E	82	-25	-198	203	33	70	29	67	27	208	210	-10	C04-I	61	-27	-204	203	35	75	28	72	26	215	213	-11	
C04-E	83	27	-126	116	-17	82	35	79	32	155	145	-7	C04-I	62	29	-135	117	-15	85	31	82	29	158	146	-8	
C04-E	84	23	-43	22	-14	0	0	0	0	43	22	-4	C04-I	63	28	-50	11	-6	0	0	0	0	50	11	-5	

Fig. 90 – Tensioni normale sulle piattabande superiori ed inferiori dei cassoni – Combinazioni SLU

Come si evince dalle tabelle, le tensioni nei cassoni 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 8 nel quale si calcola una tensione massima agli Stati Limite Ultimi sulle piattabande di 323 N/mm^2 . Pertanto la verifica di resistenza è soddisfatta ($\Delta = 0,98$)

La tensione massima di compressione all'estradosso della soletta risulta pari a -15 MPa , ossia inferiore alla tensione limite $f_{cd} = 0,85 \times 32 / 1,5 = 18,1 \text{ MPa}$ ($\Delta = 0,83$)

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 002	REV. B	FOGLIO 77 di 171

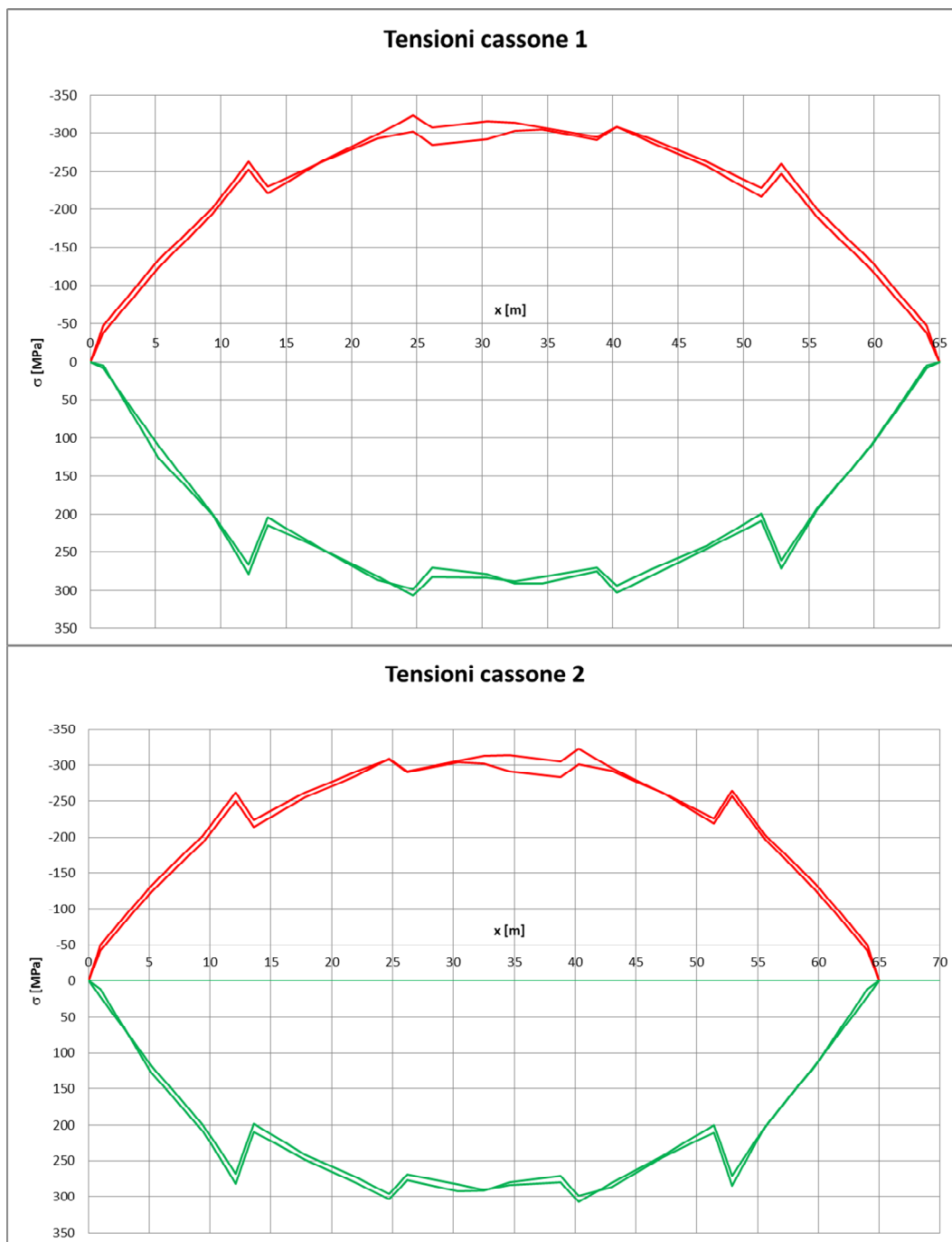


Fig. 91 – Tensioni normale sulle piattabande superiori (compressione) ed inferiori (trazione) dei cassoni – Combinazioni SLU

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 002	REV. B	FOGLIO 78 di 171

Le tabelle seguenti (Fig. 92) riassumono i valori di tensione calcolati agli Stati Limite di Esercizio, con riferimento alla combinazione di carico caratteristica (rara).

CASSONE 1																									
TRAVE 2 (lato interno)												TRAVE 1 (lato esterno)													
SEZ.	FR.	σ_{sup} (N/mm ²)		σ_{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.	σ_{sup} (N/mm ²)		σ_{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-I	22	17	-35	4	-1	0	0	0	0	35	4	-3	C01-E	1	14	-28	6	-3	0	0	0	0	28	6	-2
C01-I	23	19	-97	92	-28	61	32	59	29	113	109	-5	C01-E	2	16	-89	78	-9	59	36	56	33	110	98	-4
C01-I	24	-36	-146	143	37	53	28	51	26	153	150	-7	C01-E	3	-36	-141	141	40	50	30	48	28	149	146	-7
C01-I	25	-79	-190	197	73	46	24	44	22	189	189	-8	C01-E	4	-82	-183	187	82	42	24	40	22	186	189	-8
C02-I	26	-95	-166	152	77	60	32	60	31	175	163	-8	C02-E	5	-94	-159	143	81	54	32	54	31	171	157	-8
C02-I	27	-93	-190	174	80	50	26	50	25	194	180	-9	C02-E	6	-97	-190	174	82	45	25	45	24	194	178	-9
C02-I	28	-115	-211	202	95	39	19	39	18	207	194	-10	C02-E	7	-123	-215	198	100	35	18	35	18	214	195	-10
C02-I	29	-132	-218	210	115	30	12	30	12	214	204	-10	C02-E	8	-145	-233	216	116	25	12	26	12	229	206	-10
C03-I	30	-135	-205	190	114	29	12	29	12	201	185	-10	C03-E	9	-141	-222	199	104	24	12	25	12	217	190	-10
C03-I	31	-135	-210	196	114	19	4	20	4	205	189	-10	C03-E	10	-142	-227	200	105	16	5	16	5	223	194	-10
C03-I	32	-141	-218	206	115	13	0	13	0	209	190	-10	C03-E	11	-146	-227	204	111	8	0	8	0	219	192	-10
C03-I	33	-131	-220	205	101	23	8	23	7	212	191	-10	C03-E	12	-140	-221	199	107	14	4	15	4	217	191	-10
C03-I	34	-137	-210	193	110	31	14	31	14	206	186	-10	C03-E	13	-137	-212	190	109	22	10	23	10	209	185	-10
C02-I	35	-135	-223	213	116	32	14	32	14	219	205	-10	C02-E	14	-138	-222	206	114	23	10	23	10	219	201	-10
C02-I	36	-115	-211	197	98	41	21	41	20	210	195	-10	C02-E	15	-119	-207	191	100	33	17	33	16	206	190	-10
C02-I	37	-92	-189	173	80	52	27	51	26	194	179	-9	C02-E	16	-94	-185	170	82	43	23	43	23	189	174	-9
C02-I	38	-94	-165	147	79	60	33	60	32	175	160	-8	C02-E	17	-91	-156	140	81	52	30	53	30	167	153	-8
C01-I	39	-77	-188	191	76	46	25	44	23	188	186	-8	C01-E	18	-80	-178	183	82	40	23	39	22	182	185	-8
C01-I	40	-34	-145	137	42	53	29	51	27	153	145	-7	C01-E	19	-35	-137	136	43	49	28	47	27	146	142	-7
C01-I	41	20	-95	77	-6	61	33	58	30	113	101	-5	C01-E	20	16	-87	77	-5	58	35	55	32	108	96	-5
C01-I	42	17	-35	4	-1	0	0	0	0	35	4	-3	C01-E	21	14	-28	6	-3	0	0	0	0	28	6	-2

CASSONE 2																									
TRAVE 4 (lato esterno)												TRAVE 3 (lato interno)													
SEZ.	FR.	σ_{sup} (N/mm ²)		σ_{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.	σ_{sup} (N/mm ²)		σ_{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-E	64	15	-32	16	-9	0	0	0	0	32	16	-3	C04-I	43	19	-37	9	-4	0	0	0	0	37	8	-3
C04-E	65	18	-91	84	-13	58	35	55	32	110	102	-5	C04-I	44	21	-96	90	-28	61	32	58	30	113	109	-5
C04-E	66	-34	-140	142	37	49	29	47	27	148	148	-7	C04-I	45	-34	-147	147	35	53	29	50	27	153	153	-7
C04-E	67	-78	-181	189	77	40	23	39	21	184	190	-9	C04-I	46	-76	-189	199	71	46	25	44	23	189	193	-9
C05-E	68	-91	-155	139	82	53	30	53	30	165	153	-8	C05-I	47	-95	-162	148	80	60	33	60	32	171	161	-8
C05-E	69	-94	-184	170	83	43	23	43	23	188	174	-9	C05-I	48	-92	-188	174	81	51	28	51	26	193	180	-9
C05-E	70	-119	-206	191	100	33	16	33	16	206	190	-10	C05-I	49	-115	-210	197	99	41	21	41	20	210	195	-10
C05-E	71	-138	-223	207	115	24	10	24	10	219	202	-10	C05-I	50	-135	-222	213	118	32	14	32	14	219	205	-10
C06-E	72	-138	-210	188	112	22	10	23	10	207	183	-10	C06-I	51	-136	-209	194	112	31	14	31	14	206	186	-10
C06-E	73	-141	-220	198	109	15	4	15	4	216	189	-10	C06-I	52	-130	-219	205	103	23	8	23	7	211	190	-10
C06-E	74	-146	-225	203	115	8	0	8	0	218	190	-10	C06-I	53	-140	-217	204	117	13	0	13	0	209	188	-10
C06-E	75	-142	-226	199	108	16	6	16	5	221	191	-10	C06-I	54	-135	-209	196	117	19	4	19	4	205	187	-10
C06-E	76	-142	-220	196	109	24	12	24	12	216	187	-10	C06-I	55	-135	-204	190	116	28	12	29	12	201	184	-10
C05-E	77	-145	-233	216	118	25	12	25	12	229	206	-10	C05-I	56	-132	-217	210	118	29	12	30	12	214	202	-10
C05-E	78	-123	-214	197	102	35	19	35	18	213	194	-10	C05-I	57	-114	-211	202	98	39	19	39	19	207	193	-10
C05-E	79	-97	-189	172	85	44	25	45	25	193	177	-9	C05-I	58	-94	-188	173	83	50	27	50	26	193	179	-9
C05-E	80	-94	-159	142	85	54	32	54	31	170	156	-8	C05-I	59	-96	-163	149	80	59	33	59	31	172	160	-8
C04-E	81	-81	-186	192	79	41	24	40	23	189	193	-9	C04-I	60	-78	-191	201	72	45	25	43	23	191	192	-9
C04-E	82	-34	-144	145	37	50	30	48	28	151	150	-7	C04-I	61	-36	-148	143	38	52	29	50	26	155	150	-7
C04-E	83	18	-92	83	-12	59	36	56	33	112	104	-5	C04-I	62	20	-98	83	-10	60	32	57	29	113	103	-5
C04-E	84	15	-32	16	-9	0	0	0	0	32	16	-3	C04-I	63	19	-37	9	-4	0	0	0	0	37	8	-3

Fig. 92 – Tensioni normale sulle piattabande superiori ed inferiori dei cassoni – Combinazioni SLE

La tensione massima calcolata agli SLE risulta pari a -233 MPa (compressione nella piattabanda superiore).

Il valore massimo di compressione calcolato all'estradosso della soletta è di 10 MPa e risulta inferiore al valore limite $0,55 \times f_{ck} = 18,3 \text{ MPa}$ ($\Delta=0,55$).

I valori delle tensioni nei cassoni (σ_{sup} e σ_{inf}) sono rappresentati nel grafico in Fig. 93.

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 002	REV. B	FOGLIO 79 di 171
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo							

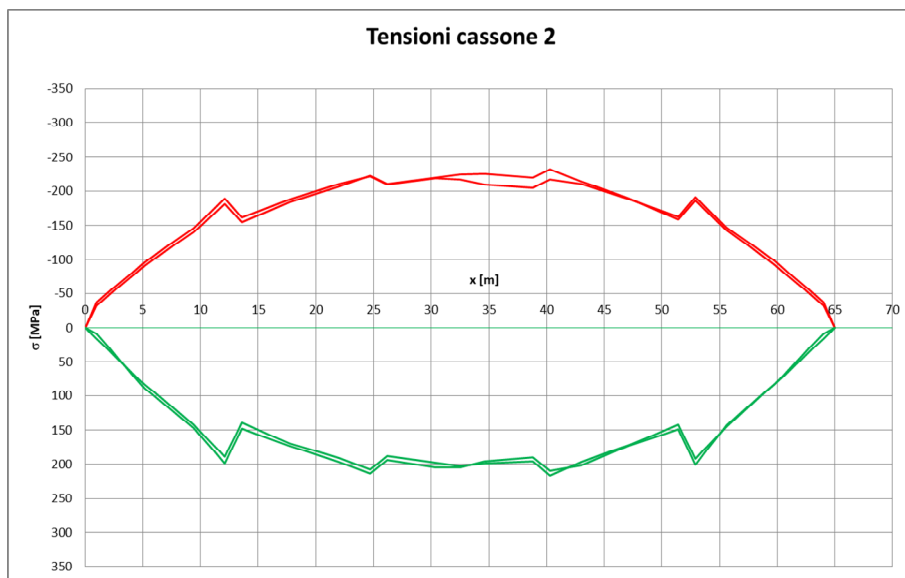
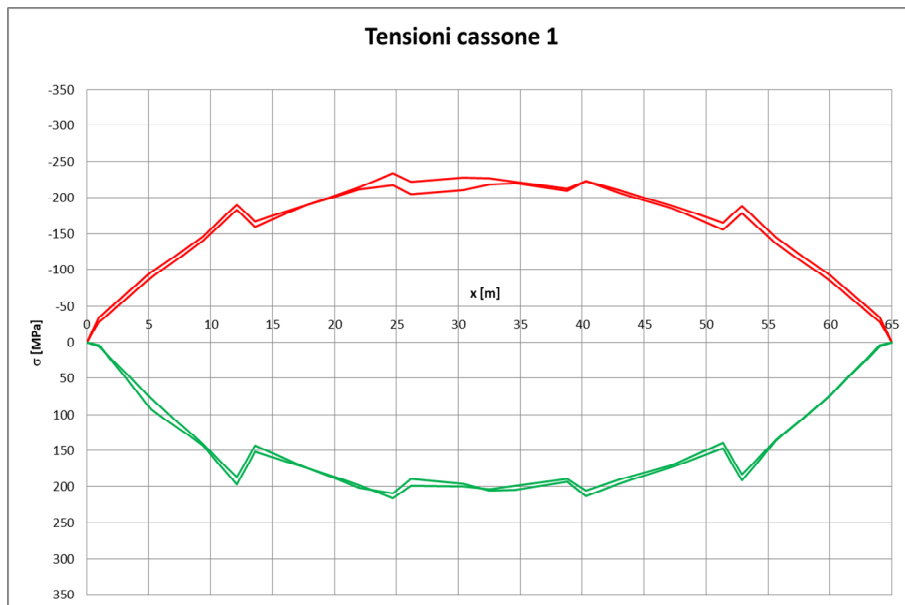


Fig. 93 – Tensioni normale sulle piattabande superiori (compressione) ed inferiori (trazione) dei cassoni – Combinazioni SLE

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 IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 002	REV. B	FOGLIO 80 di 171

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:

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

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 $\alpha = a/h > 1.5$
- $\nu = 1,0$ 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.

		RI PANN1		RI PANN2		RI PANN3		RI PANN4				RI PANN1		RI PANN2		RI PANN3		RI PANN4	
SEZ	FR.	$\sigma_{cr,id}/\sigma_{id}$	$\beta \nu$	$\sigma_{cr,id}/\sigma_{id}$	$\beta \nu$	$\sigma_{cr,id}/\sigma_{id}$	$\beta \nu$	$\sigma_{cr,id}/\sigma_{id}$	$\beta \nu$	SEZ	FR.	$\sigma_{cr,id}/\sigma_{id}$	$\beta \nu$	$\sigma_{cr,id}/\sigma_{id}$	$\beta \nu$	$\sigma_{cr,id}/\sigma_{id}$	$\beta \nu$	$\sigma_{cr,id}/\sigma_{id}$	$\beta \nu$
C01-E	1	9.2	0.9	10.8	1.0	18.8	1.0	85.8	0.9	C04-I	43	7.0	0.9	8.2	1.0	14.4	1.0	60.8	0.9
C01-E	2	2.0	1.0	2.1	1.0	2.4	1.0	2.5	1.0	C04-I	44	1.9	1.0	2.1	1.0	2.4	1.0	2.4	1.0
C01-E	3	1.6	1.0	2.0	1.0	2.8	1.0	2.9	1.0	C04-I	45	1.5	1.0	1.9	1.0	2.7	1.0	2.8	1.0
C01-E	4	1.3	1.0	1.8	1.0	3.3	1.0	3.5	1.0	C04-I	46	1.3	1.0	1.8	1.0	3.1	1.0	3.2	1.0
C02-E	5	1.3	1.0	1.3	1.0	1.9	1.0	2.3	1.0	C05-I	47	1.3	1.0	1.3	1.0	1.8	1.0	2.1	1.0
C02-E	6	1.2	1.0	1.2	1.0	2.3	1.0	2.8	1.0	C05-I	48	1.2	1.0	1.2	1.0	2.1	1.0	2.5	1.0
C02-E	7	1.1	1.0	1.1	1.0	3.0	1.0	3.6	1.0	C05-I	49	1.1	1.0	1.2	1.0	2.5	1.0	3.0	1.0
C02-E	8	1.04	1.0	1.1	1.0	3.7	1.0	4.9	1.0	C05-I	50	1.1	1.0	1.1	1.0	3.3	1.0	3.9	1.0
C03-E	9	1.1	1.0	1.1	1.0	3.8	1.0	5.0	1.0	C06-I	51	1.1	1.0	1.2	1.0	3.3	1.0	4.0	1.0
C03-E	10	1.1	1.0	1.1	1.0	4.3	1.0	7.6	1.0	C06-I	52	1.1	1.0	1.2	1.0	4.2	1.0	5.5	1.0
C03-E	11	1.1	1.0	1.1	1.0	4.5	1.0	16.0	1.0	C06-I	53	1.1	1.0	1.2	1.0	5.1	1.0	9.3	1.0
C03-E	12	1.1	1.0	1.1	1.0	4.5	1.0	8.5	1.0	C06-I	54	1.2	1.0	1.2	1.0	4.7	1.0	6.5	1.0
C03-E	13	1.1	1.0	1.2	1.0	4.1	1.0	5.5	1.0	C06-I	55	1.2	1.0	1.2	1.0	3.6	1.0	4.3	1.0
C02-E	14	1.1	1.0	1.1	1.0	4.0	1.0	5.3	1.0	C05-I	56	1.1	1.0	1.2	1.0	3.5	1.0	4.2	1.0
C02-E	15	1.1	1.0	1.2	1.0	3.1	1.0	3.8	1.0	C05-I	57	1.1	1.0	1.2	1.0	2.7	1.0	3.2	1.0
C02-E	16	1.2	1.0	1.2	1.0	2.4	1.0	2.9	1.0	C05-I	58	1.2	1.0	1.2	1.0	2.1	1.0	2.5	1.0
C02-E	17	1.4	1.0	1.3	1.0	2.0	1.0	2.3	1.0	C05-I	59	1.3	1.0	1.3	1.0	1.8	1.0	2.1	1.0
C01-E	18	1.3	1.0	1.8	1.0	3.4	1.0	3.6	1.0	C04-I	60	1.3	1.0	1.8	1.0	3.1	1.0	3.2	1.0
C01-E	19	1.6	1.0	2.0	1.0	2.8	1.0	2.9	1.0	C04-I	61	1.5	1.0	1.9	1.0	2.7	1.0	2.8	1.0
C01-E	20	2.0	1.0	2.2	1.0	2.4	1.0	2.5	1.0	C04-I	62	1.9	1.0	2.1	1.0	2.3	1.0	2.4	1.0
C01-E	21	9.2	0.9	10.8	1.0	18.8	1.0	85.8	0.9	C04-I	63	7.0	0.9	8.2	1.0	14.4	1.0	60.8	0.9
C01-I	22	7.4	0.9	8.4	1.0	13.4	1.0	39.6	0.9	C04-E	64	8.2	0.9	10.5	1.0	24.6	0.9	24.7	1.0
C01-I	23	1.9	1.0	2.1	1.0	2.3	1.0	2.4	1.0	C04-E	65	2.0	1.0	2.2	1.0	2.5	1.0	2.6	1.0
C01-I	24	1.5	1.0	1.9	1.0	2.6	1.0	2.7	1.0	C04-E	66	1.6	1.0	2.1	1.0	3.0	1.0	3.0	1.0
C01-I	25	1.3	1.0	1.7	1.0	3.1	1.0	3.2	1.0	C04-E	67	1.3	1.0	1.9	1.0	3.5	1.0	3.7	1.0
C02-I	26	1.3	1.0	1.2	1.0	1.8	1.0	2.1	1.0	C05-E	68	1.4	1.0	1.3	1.0	2.0	1.0	2.4	1.0
C02-I	27	1.2	1.0	1.2	1.0	2.1	1.0	2.5	1.0	C05-E	69	1.3	1.0	1.3	1.0	2.5	1.0	3.0	1.0
C02-I	28	1.1	1.0	1.2	1.0	2.6	1.0	3.1	1.0	C05-E	70	1.1	1.0	1.2	1.0	3.2	1.0	3.9	1.0
C02-I	29	1.1	1.0	1.2	1.0	3.5	1.0	4.2	1.0	C05-E	71	1.1	1.0	1.1	1.0	4.3	1.0	5.4	1.0
C03-I	30	1.2	1.0	1.2	1.0	3.5	1.0	4.3	1.0	C06-E	72	1.1	1.0	1.2	1.0	4.3	1.0	5.6	1.0
C03-I	31	1.2	1.0	1.2	1.0	4.7	1.0	6.3	1.0	C06-E	73	1.1	1.0	1.1	1.0	4.4	1.0	8.7	1.0
C03-I	32	1.1	1.0	1.2	1.0	5.2	1.0	9.3	1.0	C06-E	74	1.1	1.0	1.1	1.0	4.4	1.0	18.2	1.0
C03-I	33	1.1	1.0	1.2	1.0	4.2	1.0	5.5	1.0	C06-E	75	1.1	1.0	1.1	1.0	4.3	1.0	8.2	1.0
C03-I	34	1.2	1.0	1.2	1.0	3.3	1.0	4.1	1.0	C06-E	76	1.1	1.0	1.1	1.0	4.0	1.0	5.3	1.0
C02-I	35	1.1	1.0	1.2	1.0	3.3	1.0	3.9	1.0	C05-E	77	1.04	1.0	1.1	1.0	4.0	1.0	5.1	1.0
C02-I	36	1.1	1.0	1.2	1.0	2.5	1.0	3.0	1.0	C05-E	78	1.1	1.0	1.1	1.0	3.1	1.0	3.7	1.0
C02-I	37	1.2	1.0	1.2	1.0	2.1	1.0	2.5	1.0	C05-E	79	1.2	1.0	1.2	1.0	2.4	1.0	2.9	1.0
C02-I	38	1.3	1.0	1.2	1.0	1.8	1.0	2.1	1.0	C05-E	80	1.4	1.0	1.3	1.0	2.0	1.0	2.4	1.0
C01-I	39	1.3	1.0	1.7	1.0	3.1	1.0	3.2	1.0	C04-E	81	1.3	1.0	1.8	1.0	3.4	1.0	3.6	1.0
C01-I	40	1.5	1.0	1.9	1.0	2.7	1.0	2.8	1.0	C04-E	82	1.6	1.0	2.0	1.0	2.9	1.0	3.0	1.0
C01-I	41	1.9	1.0	2.1	1.0	2.3	1.0	2.4	1.0	C04-E	83	2.0	1.0	2.2	1.0	2.5	1.0	2.5	1.0
C01-I	42	7.4	0.9	8.4	1.0	13.4	1.0	39.6	0.9	C04-E	84	8.2	0.9	10.5	1.0	24.6	0.9	24.7	1.0

Fig. 94 – Verifica di stabilità dei pannelli d'anima – Cassone 1 (sinistra) e Cassone 2 (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.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 002	REV. B	FOGLIO 81 di 171

Nello specifico risulta:

- Tensione massima sul bordo superiore del pannello d'anima superiore $\sigma_{sup} = \sigma_1 = -315$ MPa
- Tensione sul bordo inferiore del pannello d'anima $\sigma_2 = 215$ MPa
- $\alpha = a / h = 5,8$ (rapporto tra lunghezza e altezza del pannello d'anima)

- $$\psi = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = 0,68$$

- $$k_\sigma = \frac{8,4}{\psi + 1,1} = 4,72 \text{ MPa e } k_\tau = \left(5,34 + \frac{4}{\alpha^2}\right) \cdot 0,8 = 4,37$$

- $$\sigma_{cr,0} = 186200 \cdot (t/h)^2 = 93,2 \text{ MPa}$$

- $$\sigma_{cr} = k_\sigma \cdot \sigma_{cr,0} = 439,7 \text{ MPa e } \tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_{cr,0} = 407 \text{ MPa}$$

- $$\sigma_{cr,id} = \frac{\sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot \tau^2}}{\frac{1+\psi}{4} \cdot \frac{\sigma_1}{\sigma_{cr}} + \sqrt{\left(\frac{3-\psi}{4} \cdot \frac{\sigma_1}{\sigma_{cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2}} = 441 \text{ MPa} > 0,8 \times 355 = 284 \text{ MPa}$$

- $$\sigma_{cr,red} = f_d \cdot \frac{20 + \sqrt{25 - 15 \cdot (f_y / \sigma_{cr,id})^2}}{25 + (f_y / \sigma_{cr,id})^2} = 331 \text{ MPa}$$

- $$\sigma_{id} = 319 \text{ MPa}$$

- $$\frac{\sigma_{cr,id}}{\sigma_{id}} = 1,04 \geq \beta \cdot \nu = 1,0$$

→ 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 002	REV. B	FOGLIO 82 di 171

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 DIAGONALI DI CONTROVENTO SUPERIORI

I diagonali di controvento superiori sono costituiti da profili angolari accoppiati, bullonati alle piattabande superiori della trave a cassone tramite dei piatti di nodo.

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.

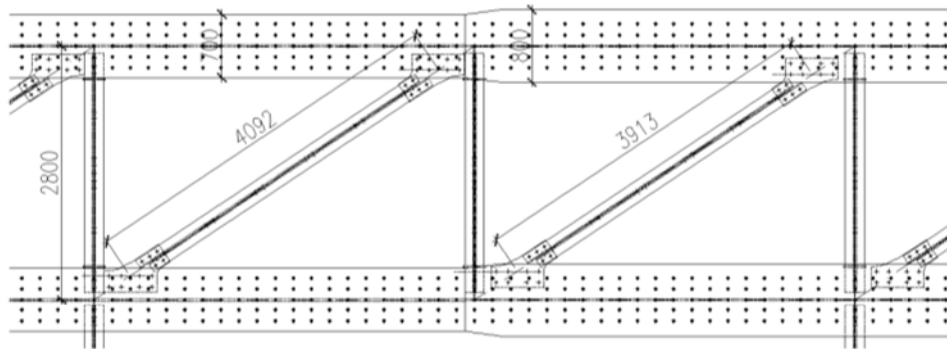


Fig. 95 –Controvento superiore: campo tipico

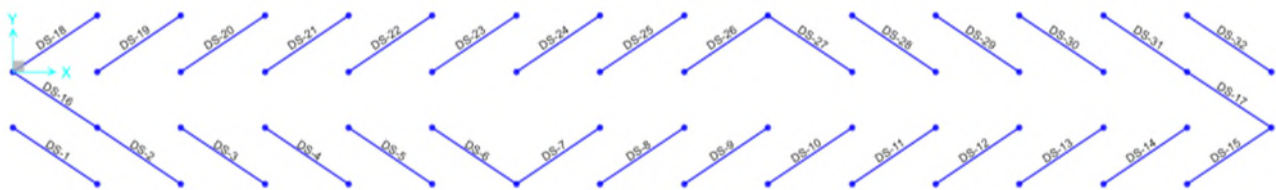


Fig. 96 – Modello FEM: label FRAME diagonali di controvento superiori

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 002	REV. B	FOGLIO 83 di 171

COMBINAZIONI - SLU		
Frame	Trazione	Compressione
	N [kN]	N [kN]
DS-21	0	-550
DS-23	0	-685
DS-25	0	-643
DS-28	0	-587
DS-32	58	-77
DS-29	0	-519
DS-27	0	-727
DS-24	0	-540
DS-22	0	-608
DS-18	0	-143
DS-1	56	-74
DS-5	0	-588
DS-10	0	-685
DS-12	0	-553
DS-15	0	-139
DS-11	0	-608
DS-9	0	-542
DS-6	0	-727
DS-4	0	-521
DS-19	0	-346
DS-30	0	-453
DS-3	0	-448
DS-14	0	-340
DS-16	0	-144
DS-2	0	-283
DS-20	0	-506
DS-31	0	-291
DS-13	0	-501
DS-26	0	-714
DS-7	0	-716
DS-8	0	-645
DS-17	0	-160

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. 95):

- Profilo: 2L150x100x12
- Materiale: S355
- Area (lorda) = 5748 mm²
- Sollecitazione assiale di compressione $N_{ED} = 730$ kN (Combinazione SLU, frame DS-6)

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 002	REV. B	FOGLIO 84 di 171

- Sollecitazione assiale di trazione $N_{ED} = 60 \text{ kN}$ (Combinazione SLU, frame DS-32)
- Bulloni M27 cl.10.9: n°4
- Area netta = 5076 mm²
- Piastra di nodo spessore 20 mm ($e_1 = 55\text{mm}$)

- Forza massima sul singolo bullone $F_{Ed} = 183 \text{ kN}$
- Resistenza a rifollamento della piastra $F_{b,Rd,p} = 337 \text{ kN} > F_{Ed}$ → $\Delta = 0,54$ verifica soddisfatta
- Resistenza a rifollamento dell'angolare $F_{b,Rd,L} = 202 \text{ kN} > F_{Ed}$ → $\Delta = 0,91$ verifica soddisfatta
- Resistenza a taglio del singolo bullone $F_{V,Rd} = 220 \text{ kN} > F_{Ed}$ → $\Delta = 0,83$ verifica soddisfatta
- Resistenza di calcolo a trazione $N_{t,Rd} = 1297 \text{ kN} > N_{ED}$ → $\Delta = 0,05$ verifica soddisfatta
- Lunghezza $L_{0Y} = 4,1 \text{ m}$ → $\lambda_Y = 96$
- Lunghezza $L_{0Z} = 0,8 \times 4,1 = 3,28\text{m}$ → $\lambda_Z = 66$
- Resistenza all'instabilità $N_{b,Rd} = 867 \text{ kN} > N_{ED}$ → $\Delta = 0,84$ verifica soddisfatta

10.5.2 DIAGONALI DI CONTROVENTO 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.

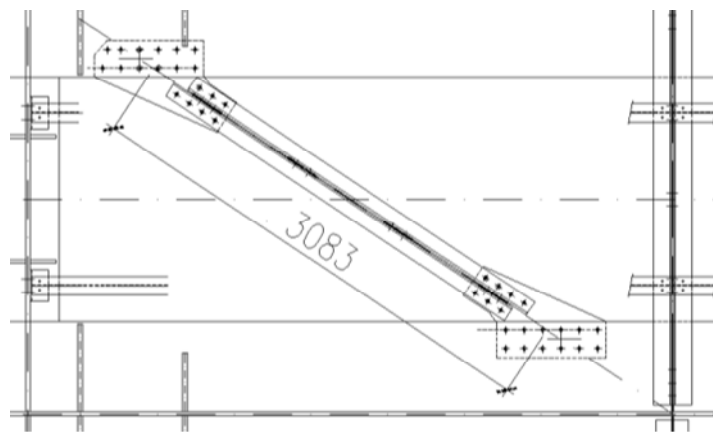


Fig. 97 – Pianta di controvento inferiore



Fig. 98 – Modello FEM: label FRAME diagonale di controvento inferiori

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	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VI0009 002</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">85 di 171</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0009 002	B	85 di 171
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	VI0009 002	B	85 di 171								

COMBINAZIONI - SLU			COMBINAZIONI - SISMA		
Frame	Trazione	Compressione	Frame	Trazione	Compressione
	N [kN]	N [kN]		N [kN]	N [kN]
DI-1	455	-238	DI-1	1150	-997
DI-2	584	-345	DI-2	973	-786

Si riassumono di seguito le verifiche di resistenza e stabilità dell'asta maggiormente sollecitata.

- Profilo: 2L150x100x12
- Materiale: S355
- Area (lorda) = 5748 mm²
- Sollecitazione assiale di compressione N_{ED} = 997 kN (Combinazione Sismica)
- Sollecitazione assiale di trazione N_{ED} = 1150 kN (Combinazione Sismica)
- Bulloni M27 cl.10.9: n°6
- Area netta = 5076 mm²
- Piastra di nodo spessore 15 mm (e₁ = 55mm)

- Forza massima sul singolo bullone F_{Ed} = 192 kN
- Resistenza a rifollamento della piastra F_{b,Rd,p} = 270 kN > F_{Ed} → Δ = 0,71 verifica soddisfatta
- Resistenza a rifollamento dell'angolare F_{b,Rd,L} = 216 kN > F_{Ed} → Δ = 0,89 verifica soddisfatta
- Resistenza a taglio del singolo bullone F_{V,Rd} = 220 kN > F_{Ed} → Δ = 0,88 verifica soddisfatta
- Resistenza di calcolo a trazione N_{t,Rd} = 1297 kN > N_{ED} → Δ = 0,89 verifica soddisfatta
- Lunghezza L_{OY} = 3,08 m → λ_Y = 65
- Lunghezza L_{OZ} = 0,8 x 3,08 = 2,24 m → λ_Z = 66
- Resistenza all'instabilità N_{b,Rd} = 1160 kN > N_{ED} → Δ = 0,86 verifica soddisfatta

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 002	REV. B	FOGLIO 86 di 171

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.

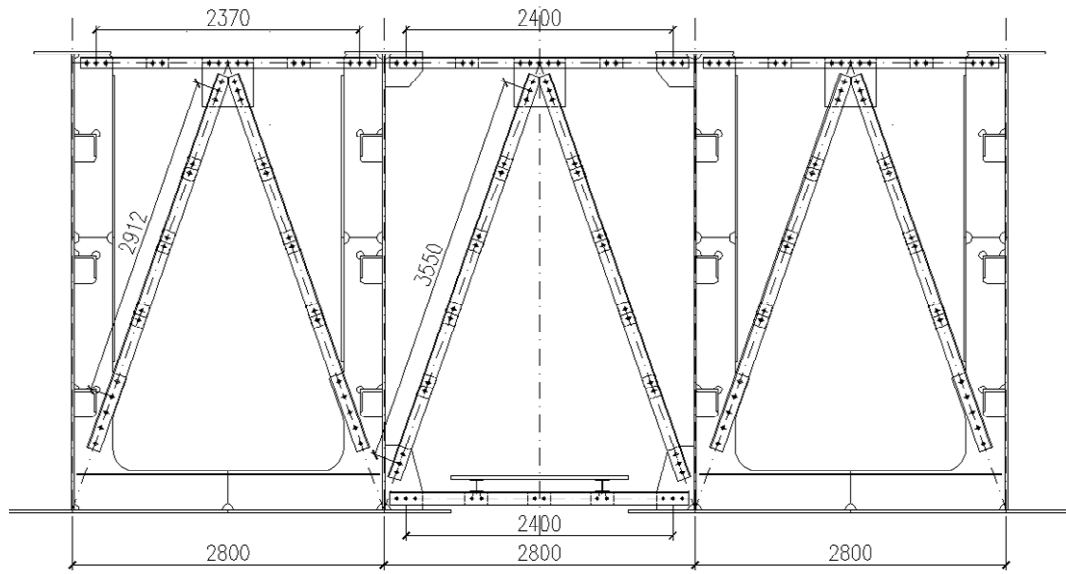


Fig. 99 – Sezione tipica: diaframma interno al cassone e diaframma di collegamento tra i cassoni

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

- Profilo: 2L120x10
 - Materiale: S355
 - Area (lorda) = 4640 mm²
 - Sollecitazione assiale di compressione $N_{ED} = 487$ kN (Combinazione SLU)
 - Sollecitazione assiale di trazione $N_{ED} = 481$ kN (Combinazione SLU)
 - Bulloni M27 cl.10.9: n°3
 - Area netta = 4040 mm²
 - Piastra di nodo spessore 12 mm ($e_1 = 60$ mm)
-
- Forza massima sul singolo bullone $F_{Ed} = 162$ kN
 - Resistenza a rifollamento della piastra $F_{b,Rd,p} = 236$ kN > F_{Ed} → $\Delta = 0,69$ verifica soddisfatta
 - Resistenza a rifollamento dell'angolare $F_{b,Rd,L} = 197$ kN > F_{Ed} → $\Delta = 0,41$ verifica soddisfatta
 - Resistenza a taglio del singolo bullone $F_{V,Rd} = 220$ kN > F_{Ed} → $\Delta = 0,37$ verifica soddisfatta
 - Resistenza di calcolo a trazione $N_{t,Rd} = 1498$ kN > N_{ED} → $\Delta = 0,32$ verifica soddisfatta
 - Lunghezza $L_{OY} = 3,6$ m → $\lambda_Y = 100$
 - Lunghezza $L_{OZ} = 3,6$ m → $\lambda_Z = 68$
 - Resistenza all'instabilità $N_{b,Rd} = 661$ kN > N_{ED} → $\Delta = 0,74$ 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 002	REV. B	FOGLIO 87 di 171

COMBINAZIONI - SLU			COMBINAZIONI - SISMA		
Frame	Trazione	Compressione	Frame	Trazione	Compressione
	N [kN]	N [kN]		N [kN]	N [kN]
DIN-9	145	-140	DIN-9	242	-230
DIN-1	138	-150	DIN-1	241	-232
DIN-10	224	-209	DIN-10	265	-235
DIN-2	207	-230	DIN-2	256	-244
DIN-11	343	-277	DIN-11	310	-216
DIN-3	273	-345	DIN-3	249	-273
DIN-12	468	-311	DIN-12	375	-191
DIN-4	306	-471	DIN-4	232	-332
DIN-13	312	-487	DIN-13	222	-318
DIN-5	481	-313	DIN-5	361	-177
DIN-14	307	-376	DIN-14	224	-241
DIN-6	373	-311	DIN-6	280	-185
DIN-15	249	-249	DIN-15	220	-201
DIN-7	246	-253	DIN-7	226	-194
DIN-16	153	-154	DIN-16	204	-197
DIN-8	152	-158	DIN-8	210	-192

Per i diaframmi interni ai cassoni, la verifica sull'asta maggiormente sollecitata risulta:

- Profilo: 2L120x10
- Materiale: S355
- Area (lorda) = 4640 mm²
- Sollecitazione assiale di compressione $N_{ED} = 404$ kN (Combinazione SLU)
- Sollecitazione assiale di trazione $N_{ED} = 401$ kN (Combinazione SLU)
- Bulloni M27 cl.10.9: n°3
- Area netta = 4080 mm²
- Piastra di nodo spessore 12 mm ($e_1 = 60$ mm)

- Forza massima sul singolo bullone $F_{Ed} = 135$ kN
- Resistenza a rifollamento della piastra $F_{b,Rd,p} = 236$ kN > $F_{Ed} \rightarrow \Delta = 0,57$ verifica soddisfatta
- Resistenza a rifollamento dell'angolare $F_{b,Rd,L} = 197$ kN > $F_{Ed} \rightarrow \Delta = 0,34$ verifica soddisfatta
- Resistenza a taglio del singolo bullone $F_{V,Rd} = 220$ kN > $F_{Ed} \rightarrow \Delta = 0,31$ verifica soddisfatta
- Resistenza di calcolo a trazione $N_{t,Rd} = 1498$ kN > $N_{ED} \rightarrow \Delta = 0,27$ verifica soddisfatta
- Lunghezza $L_{OY} = 3,0$ m $\rightarrow \lambda_Y = 85$
- Lunghezza $L_{OZ} = 3,0$ m $\rightarrow \lambda_Z = 57$
- Resistenza all'instabilità $N_{b,Rd} = 832$ kN > $N_{ED} \rightarrow \Delta = 0,49$ 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: 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 VI0009 002 B 88 di 171

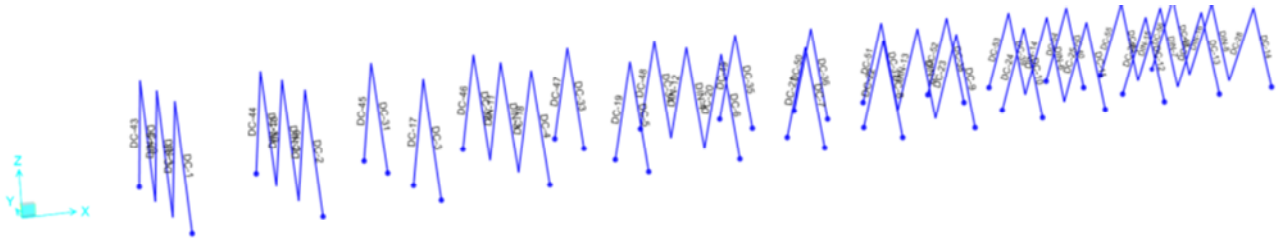


Fig. 100 – Modello FEM: label FRAME dei diaframmi

COMBINAZIONI - SLU			COMBINAZIONI - SLU			COMBINAZIONI - SISMA			COMBINAZIONI - SISMA		
Frame	Trazione	Compressione	Frame	Trazione	Compressione	Frame	Trazione	Compressione	Frame	Trazione	Compressione
	N [kN]	N [kN]		N [kN]	N [kN]		N [kN]	N [kN]		N [kN]	N [kN]
DC-43	144	-72	DC-15	76	-158	DC-43	322	-195	DC-15	196	-325
DC-29	68	-147	DC-1	157	-81	DC-29	205	-324	DC-1	324	-187
DC-44	217	-99	DC-16	101	-238	DC-44	335	-122	DC-16	111	-332
DC-30	96	-221	DC-2	236	-106	DC-30	140	-338	DC-2	331	-96
DC-45	254	-107	DC-17	102	-280	DC-45	288	-22	DC-17	11	-289
DC-31	101	-256	DC-3	278	-107	DC-31	41	-290	DC-3	287	0
DC-46	306	-100	DC-18	86	-333	DC-46	324	0	DC-18	0	-311
DC-32	95	-309	DC-4	331	-90	DC-32	5	-325	DC-4	310	0
DC-47	341	-97	DC-19	88	-341	DC-47	337	0	DC-19	0	-314
DC-33	92	-343	DC-5	338	-93	DC-33	0	-338	DC-5	313	0
DC-48	401	-79	DC-20	104	-342	DC-48	375	0	DC-20	0	-316
DC-34	74	-404	DC-6	340	-109	DC-34	0	-375	DC-6	316	0
DC-49	376	-99	DC-21	97	-360	DC-49	350	0	DC-21	0	-327
DC-35	94	-378	DC-7	354	-98	DC-35	0	-350	DC-7	325	0
DC-50	354	-109	DC-22	80	-376	DC-50	334	0	DC-22	0	-338
DC-36	104	-357	DC-8	370	-81	DC-36	0	-334	DC-8	336	0
DC-51	338	-115	DC-23	57	-395	DC-51	325	0	DC-23	0	-350
DC-37	111	-341	DC-9	392	-61	DC-37	0	-325	DC-9	350	0
DC-52	336	-95	DC-24	86	-341	DC-52	323	0	DC-24	0	-303
DC-38	91	-338	DC-10	338	-91	DC-38	0	-323	DC-10	303	0
DC-53	322	-84	DC-25	99	-313	DC-53	317	0	DC-25	0	-278
DC-39	79	-325	DC-11	311	-103	DC-39	0	-318	DC-11	277	0
DC-54	261	-89	DC-26	107	-260	DC-54	267	0	DC-26	0	-230
DC-40	85	-264	DC-12	259	-112	DC-40	0	-269	DC-12	228	-1
DC-55	211	-78	DC-27	90	-217	DC-55	260	-32	DC-27	25	-236
DC-41	75	-215	DC-13	217	-96	DC-41	49	-263	DC-13	234	-10
DC-56	124	-52	DC-28	52	-140	DC-56	227	-98	DC-28	118	-251
DC-42	46	-125	DC-14	139	-57	DC-42	106	-229	DC-14	248	-110

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 002	REV. B	FOGLIO 89 di 171

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

- Profilo: 2L120x10
- Materiale: S355
- Area (lorda) = 4640 mm²
- Sollecitazione assiale di compressione N_{ED} = 104 kN (Combinazione SLU)
- Sollecitazione assiale di trazione N_{ED} = 575 kN (Combinazione SLU)
- Bulloni M27 cl.10.9: n°3
- Area netta = 4040 mm²
- Piastra di nodo spessore 12 mm (e₁ = 60mm)

- Forza massima sul singolo bullone F_{Ed} = 192 kN
- Resistenza a rifollamento della piastra F_{b,Rd,p} = 236 kN > F_{Ed} → Δ = 0,81 verifica soddisfatta
- Resistenza a rifollamento dell'angolare F_{b,Rd,L} = 197 kN > F_{Ed} → Δ = 0,49 verifica soddisfatta
- Resistenza a taglio del singolo bullone F_{V,Rd} = 220 kN > F_{Ed} → Δ = 0,44 verifica soddisfatta
- Resistenza di calcolo a trazione N_{t,Rd} = 1204 kN > N_{ED} → Δ = 0,48 verifica soddisfatta
- Lunghezza L_{0Y} = 1,2 m → λ_Y = 40
- Lunghezza L_{0z} = 2,4 m → λ_z = 52
- Resistenza all'instabilità N_{b,Rd} = 944 kN > N_{ED} → Δ = 0,11 verifica soddisfatta



Fig. 101 – Modello FEM: label FRAME aste orizzontali inferiori (tra i due cassoni)

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 002	REV. B	FOGLIO 90 di 171

COMBINAZIONI - SLU			COMBINAZIONI - SLU			COMBINAZIONI - SISMA			COMBINAZIONI - SISMA		
Frame	Trazione N [kN]	Compressione N [kN]	Frame	Trazione N [kN]	Compressione N [kN]	Frame	Trazione N [kN]	Compressione N [kN]	Frame	Trazione N [kN]	Compressione N [kN]
DM-59	100	-37	DM-19	384	0	DM-59	118	-78	DM-19	285	0
DM-45	134	-12	DM-5	264	0	DM-45	151	-31	DM-5	170	0
DM-60	159	-20	DM-20	557	0	DM-60	134	-38	DM-20	414	0
DM-46	215	0	DM-6	447	0	DM-46	202	0	DM-6	307	0
DM-61	222	0	DM-21	376	0	DM-61	152	0	DM-21	281	0
DM-47	295	0	DM-7	262	0	DM-47	237	0	DM-7	168	0
DM-62	259	0	DM-22	335	0	DM-62	175	0	DM-22	250	0
DM-48	359	0	DM-8	209	-4	DM-48	276	0	DM-8	128	0
DM-63	258	0	DM-23	490	0	DM-63	167	0	DM-23	363	0
DM-49	373	0	DM-9	343	0	DM-49	283	0	DM-9	228	0
DM-64	352	0	DM-24	371	0	DM-64	234	0	DM-24	272	0
DM-50	495	0	DM-10	250	0	DM-50	371	0	DM-10	156	0
DM-65	215	0	DM-25	359	0	DM-65	130	0	DM-25	260	0
DM-51	341	0	DM-11	250	0	DM-51	255	0	DM-11	157	0
DM-66	266	0	DM-26	296	0	DM-66	169	0	DM-26	210	0
DM-52	382	0	DM-12	210	0	DM-52	285	0	DM-12	128	0
DM-67	454	0	DM-27	216	0	DM-67	308	0	DM-27	163	0
DM-53	560	0	DM-13	144	-6	DM-53	418	0	DM-13	95	-2
DM-68	271	0	DM-28	136	-9	DM-68	173	0	DM-28	129	-3
DM-54	384	0	DM-14	87	-23	DM-54	288	0	DM-14	84	-45
DM-69	248	0	DM-38	123	-85	DM-69	161	0	DM-38	110	-71
DM-55	360	0	DM-30	113	-73	DM-55	270	0	DM-30	110	-66
DM-70	194	0	DM-37	55	-104	DM-70	123	0	DM-37	66	-103
DM-56	275	0	DM-29	47	-94	DM-56	207	0	DM-29	63	-99
DM-71	122	-41	DM-35	115	-82	DM-71	85	-39	DM-35	92	-52
DM-57	183	0	DM-43	134	-88	DM-57	149	0	DM-43	99	-53
DM-72	53	-66	DM-44	62	-101	DM-72	51	-76	DM-44	59	-88
DM-58	85	-39	DM-36	48	-93	DM-58	88	-32	DM-36	53	-85
DM-15	99	-45	DM-39	247	-17	DM-15	122	-59	DM-39	193	-2
DM-1	51	-62	DM-31	263	-10	DM-1	81	-103	DM-31	213	0
DM-16	191	-4	DM-40	511	0	DM-16	177	0	DM-40	380	0
DM-2	113	-35	DM-32	567	0	DM-2	96	-54	DM-32	427	0
DM-17	280	0	DM-42	282	-8	DM-17	219	0	DM-42	203	0
DM-3	185	0	DM-34	247	-38	DM-3	121	0	DM-34	184	-2
DM-18	361	0	DM-41	575	0	DM-18	268	0	DM-41	421	0
DM-4	240	0	DM-33	507	0	DM-4	156	0	DM-33	378	0

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 002	REV. B	FOGLIO 91 di 171

Per le aste orizzontali inferiori, sono presenti due tipologie:

- Tipo A: le aste collegate ai cassoni con 4 bulloni M27 (quelle vicine agli appoggi del ponte)
- Tipo B: tutte le altre, collegate con 3 bulloni M27

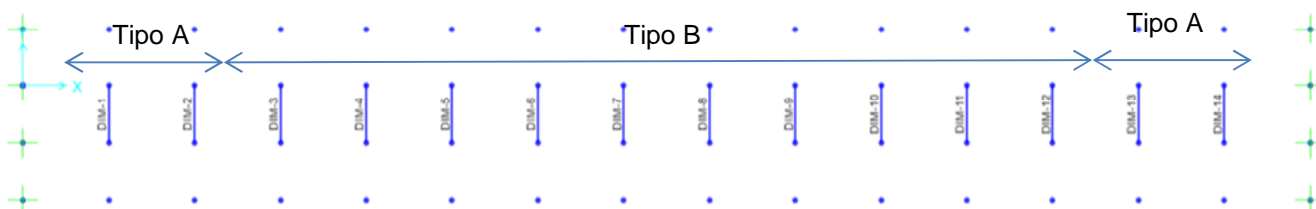


Fig. 102 – Modello FEM: label FRAME aste orizzontali inferiori (tra i due cassoni)

COMBINAZIONI - SLU			COMBINAZIONI - SISMA		
Frame	Trazione	Compressione	Frame	Trazione	Compressione
	N [kN]	N [kN]		N [kN]	N [kN]
DIM-2	223	-261	DIM-2	848	-909
DIM-1	228	-263	DIM-1	849	-910
DIM-4	40	-181	DIM-4	86	-243
DIM-6	35	-183	DIM-6	0	-131
DIM-9	35	-183	DIM-9	0	-131
DIM-11	85	-136	DIM-11	94	-158
DIM-13	200	-242	DIM-13	286	-335
DIM-14	205	-242	DIM-14	287	-426
DIM-3	64	-184	DIM-3	282	-426
DIM-5	34	-204	DIM-5	0	-166
DIM-7	34	-204	DIM-7	0	-145
DIM-10	43	-181	DIM-10	0	-132
DIM-12	45	-205	DIM-12	0	-147
DIM-8	112	-205	DIM-8	637	-711

Per le aste orizzontali inferiore, la verifica sull'asta maggiormente sollecitata del tipo A (DIM-1) risulta:

- Profilo: 2L120x10
- Materiale: S355
- Area (lorda) = 4640 mm²
- Sollecitazione assiale di compressione $N_{ED} = 910$ kN (Combinazione Sismica)
- Sollecitazione assiale di trazione $N_{ED} = 849$ kN (Combinazione Sismica)
- Bulloni M27 cl.10.9: n°4
- Area netta = 4080 mm²
- Piastra di nodo spessore 12 mm ($e_1 = 60$ mm)
- Forza massima sul singolo bullone $F_{Ed} = 228$ kN
- Resistenza a rifollamento della piastra $F_{b,Rd,p} = 236$ kN $> F_{Ed}$ → $\Delta = 0,97$ verifica soddisfatta
- Resistenza a rifollamento dell'angolare $F_{b,Rd,L} = 197$ kN $> F_{Ed}$ → $\Delta = 0,58$ verifica soddisfatta
- Resistenza a taglio del singolo bullone $F_{V,Rd} = 220$ kN $> F_{Ed}$ → $\Delta = 0,52$ verifica soddisfatta
- Resistenza di calcolo a trazione $N_{t,Rd} = 1498$ kN $> N_{ED}$ → $\Delta = 0,57$ verifica soddisfatta
- Lunghezza $L_{OY} = 2,4$ m → $\lambda_Y = 68$
- Lunghezza $L_{OZ} = 2,4$ m → $\lambda_Z = 46$
- Resistenza all'instabilità $N_{b,Rd} = 1051$ kN $> N_{ED}$ → $\Delta = 0,87$ verifica soddisfatta

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 002	REV. B	FOGLIO 92 di 171

Per le aste orizzontali inferiore, la verifica sull'asta maggiormente sollecitata del Tipo B (DIM-3) risulta:

- Profilo: 2L120x10
- Materiale: S355
- Area (lorda) = 4640 mm²
- Sollecitazione assiale di compressione $N_{ED} = 426$ kN (Combinazione Sismica)
- Sollecitazione assiale di trazione $N_{ED} = 282$ kN (Combinazione Sismica)
- Bulloni M27 cl.10.9: n°3
- Area netta = 4080 mm²
- Piastra di nodo spessore 12 mm ($e_1 = 60$ mm)
- Forza massima sul singolo bullone $F_{Ed} = 142$ kN
- Resistenza a rifollamento della piastra $F_{b,Rd,p} = 236$ kN > F_{Ed} → $\Delta = 0,60$ verifica soddisfatta
- Resistenza a rifollamento dell'angolare $F_{b,Rd,L} = 197$ kN > F_{Ed} → $\Delta = 0,36$ verifica soddisfatta
- Resistenza a taglio del singolo bullone $F_{v,Rd} = 220$ kN > F_{Ed} → $\Delta = 0,32$ verifica soddisfatta
- Resistenza di calcolo a trazione $N_{t,Rd} = 1498$ kN > N_{ED} → $\Delta = 0,19$ verifica soddisfatta
- Lunghezza $L_{0Y} = 2,4$ m → $\lambda_Y = 68$
- Lunghezza $L_{0Z} = 2,4$ m → $\lambda_Z = 46$
- Resistenza all'instabilità $N_{b,Rd} = 1051$ kN > N_{ED} → $\Delta = 0,41$ 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 002	REV. B	FOGLIO 93 di 171

10.6 VERIFICHE DI RESISTENZA DEI DIAFRAMMI DI TESTA

I diaframmi di testa sono costituiti da travi a doppio T di altezza 4150mm con piattabande superiori ed inferiori di larghezza 420mm e anima da 30mm di spessore.

Si verifica il diaframma di testa considerando la massima sollecitazione tagliante calcolata: questa risulta pari a 7984 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:

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = \frac{0,73 \cdot 345 \cdot 4105 \cdot 30}{\sqrt{3} \cdot 1,05} = 17054 \text{ kN} > 7984 \text{ kN} \quad \rightarrow \Delta = 0,47 \text{ verifica soddisfatta}$$

Dove il parametro χ_w è definito dalla tabella C4.2.VII della normativa italiana (Fig. 103) 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. 103 – Tabella C4.2.VII del DM 2008

Nel caso in esame risulta:

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

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

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

$$\lambda_w = 0,76 \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr}}} = 1,14 > 1,08 \quad \rightarrow \chi_w = 0,83 / \lambda_w = 0,73$$

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 002	REV. B	FOGLIO 94 di 171

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
- $\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82 = 1,0$ 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. 104 – 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: 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 002	REV. B	FOGLIO 95 di 171

Per stati tensionali provenienti da sollecitazioni di flessione $L = 63 \text{ m}$ e quindi $\lambda_1 = 0,63$. Per stati tensionali provenienti da sollecitazioni taglianti, $L = 63\text{m}$ nelle sezioni di mezzzeria ($\lambda_1 = 0,63$) ed $L = 0,4 \times 63\text{m} = 25\text{m}$ nelle sezioni in appoggio ($\lambda_1 = 0,66$).

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. 105 – 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. 106 – 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 002	B	96 di 171

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. 107 – 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 56).

- $\Delta\sigma_1 = 29$ MPa
- $\Delta\sigma_2 = 22$ MPa
- $\Delta\sigma_{1+2} = 51$ MPa
- $\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 = 0,63 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,82 = 0,52$
- $\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82 = 1,0$
- $\Delta\sigma_{Ed} = 26,4$
- $k_s \cdot \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}} = 48,35$
- $\Delta = 0,55 \rightarrow$ verifica soddisfatta

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 002	REV. B	FOGLIO 97 di 171

DETT.71: STIFFENER - ANIMA INF.			DETT.71: STIFFENER - ANIMA INF.			DETT.71: STIFFENER - ANIMA INF.			DETT.71: STIFFENER - ANIMA INF.		
FRAME	ratio		FRAME	ratio		FRAME	ratio		FRAME	ratio	
1	C01-E	0.00	22	C01-I	0.00	43	C04-I	0.00	64	C04-E	0.00
1	C01-E	0.00	22	C01-I	0.00	43	C04-I	0.00	64	C04-E	0.00
2	C01-E	0.01	23	C01-I	0.02	44	C04-I	0.02	65	C04-E	0.01
2	C01-E	0.04	23	C01-I	0.07	44	C04-I	0.07	65	C04-E	0.04
3	C01-E	0.06	24	C01-I	0.05	45	C04-I	0.05	66	C04-E	0.06
3	C01-E	0.09	24	C01-I	0.11	45	C04-I	0.11	66	C04-E	0.09
4	C01-E	0.10	25	C01-I	0.09	46	C04-I	0.09	67	C04-E	0.10
4	C01-E	0.13	25	C01-I	0.14	46	C04-I	0.14	67	C04-E	0.13
5	C02-E	0.13	26	C02-I	0.14	47	C05-I	0.14	68	C05-E	0.13
5	C02-E	0.13	26	C02-I	0.15	47	C05-I	0.15	68	C05-E	0.13
6	C02-E	0.14	27	C02-I	0.14	48	C05-I	0.14	69	C05-E	0.14
6	C02-E	0.16	27	C02-I	0.17	48	C05-I	0.17	69	C05-E	0.16
7	C02-E	0.17	28	C02-I	0.17	49	C05-I	0.17	70	C05-E	0.17
7	C02-E	0.19	28	C02-I	0.20	49	C05-I	0.20	70	C05-E	0.19
8	C02-E	0.19	29	C02-I	0.19	50	C05-I	0.19	71	C05-E	0.19
8	C02-E	0.20	29	C02-I	0.21	50	C05-I	0.21	71	C05-E	0.20
9	C03-E	0.21	30	C03-I	0.21	51	C06-I	0.21	72	C06-E	0.21
9	C03-E	0.21	30	C03-I	0.21	51	C06-I	0.21	72	C06-E	0.21
10	C03-E	0.21	31	C03-I	0.21	52	C06-I	0.21	73	C06-E	0.21
10	C03-E	0.21	31	C03-I	0.22	52	C06-I	0.22	73	C06-E	0.21
11	C03-E	0.21	32	C03-I	0.22	53	C06-I	0.22	74	C06-E	0.22
11	C03-E	0.22	32	C03-I	0.22	53	C06-I	0.22	74	C06-E	0.22
12	C03-E	0.21	33	C03-I	0.22	54	C06-I	0.22	75	C06-E	0.21
12	C03-E	0.21	33	C03-I	0.21	54	C06-I	0.21	75	C06-E	0.21
13	C03-E	0.21	34	C03-I	0.21	55	C06-I	0.21	76	C06-E	0.21
13	C03-E	0.21	34	C03-I	0.21	55	C06-I	0.21	76	C06-E	0.21
14	C02-E	0.20	35	C02-I	0.21	56	C05-I	0.21	77	C05-E	0.20
14	C02-E	0.19	35	C02-I	0.19	56	C05-I	0.19	77	C05-E	0.19
15	C02-E	0.19	36	C02-I	0.20	57	C05-I	0.20	78	C05-E	0.19
15	C02-E	0.17	36	C02-I	0.17	57	C05-I	0.17	78	C05-E	0.17
16	C02-E	0.16	37	C02-I	0.17	58	C05-I	0.17	79	C05-E	0.16
16	C02-E	0.14	37	C02-I	0.14	58	C05-I	0.14	79	C05-E	0.14
17	C02-E	0.13	38	C02-I	0.15	59	C05-I	0.15	80	C05-E	0.13
17	C02-E	0.13	38	C02-I	0.14	59	C05-I	0.14	80	C05-E	0.13
18	C01-E	0.13	39	C01-I	0.14	60	C04-I	0.14	81	C04-E	0.13
18	C01-E	0.10	39	C01-I	0.09	60	C04-I	0.09	81	C04-E	0.10
19	C01-E	0.09	40	C01-I	0.11	61	C04-I	0.11	82	C04-E	0.09
19	C01-E	0.06	40	C01-I	0.05	61	C04-I	0.05	82	C04-E	0.06
20	C01-E	0.04	41	C01-I	0.07	62	C04-I	0.06	83	C04-E	0.04
20	C01-E	0.01	41	C01-I	0.02	62	C04-I	0.02	83	C04-E	0.01
21	C01-E	0.00	42	C01-I	0.00	63	C04-I	0.00	84	C04-E	0.00
21	C01-E	0.00	42	C01-I	0.00	63	C04-I	0.00	84	C04-E	0.00

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 002	REV. B	FOGLIO 98 di 171

DETT.71: STIFFENER - ANIMA SUP.			DETT.71: STIFFENER - ANIMA SUP.			DETT.71: STIFFENER - ANIMA SUP.			DETT.71: STIFFENER - ANIMA SUP.		
FRAME		ratio	FRAME		ratio	FRAME		ratio	FRAME		ratio
1	C01-E	0.00	22	C01-I	0.00	43	C04-I	0.00	64	C04-E	0.00
1	C01-E	0.00	22	C01-I	0.00	43	C04-I	0.00	64	C04-E	0.00
2	C01-E	0.06	23	C01-I	0.19	44	C04-I	0.18	65	C04-E	0.05
2	C01-E	0.15	23	C01-I	0.22	44	C04-I	0.21	65	C04-E	0.15
3	C01-E	0.17	24	C01-I	0.17	45	C04-I	0.17	66	C04-E	0.17
3	C01-E	0.29	24	C01-I	0.33	45	C04-I	0.33	66	C04-E	0.29
4	C01-E	0.31	25	C01-I	0.31	46	C04-I	0.31	67	C04-E	0.31
4	C01-E	0.41	25	C01-I	0.44	46	C04-I	0.44	67	C04-E	0.41
5	C02-E	0.35	26	C02-I	0.37	47	C05-I	0.37	68	C05-E	0.35
5	C02-E	0.35	26	C02-I	0.37	47	C05-I	0.38	68	C05-E	0.35
6	C02-E	0.36	27	C02-I	0.36	48	C05-I	0.36	69	C05-E	0.36
6	C02-E	0.43	27	C02-I	0.45	48	C05-I	0.45	69	C05-E	0.43
7	C02-E	0.44	28	C02-I	0.44	49	C05-I	0.44	70	C05-E	0.44
7	C02-E	0.50	28	C02-I	0.51	49	C05-I	0.51	70	C05-E	0.50
8	C02-E	0.50	29	C02-I	0.51	50	C05-I	0.51	71	C05-E	0.50
8	C02-E	0.54	29	C02-I	0.55	50	C05-I	0.55	71	C05-E	0.54
9	C03-E	0.51	30	C03-I	0.52	51	C06-I	0.52	72	C06-E	0.51
9	C03-E	0.51	30	C03-I	0.52	51	C06-I	0.52	72	C06-E	0.51
10	C03-E	0.51	31	C03-I	0.52	52	C06-I	0.52	73	C06-E	0.51
10	C03-E	0.53	31	C03-I	0.54	52	C06-I	0.54	73	C06-E	0.53
11	C03-E	0.53	32	C03-I	0.54	53	C06-I	0.54	74	C06-E	0.53
11	C03-E	0.53	32	C03-I	0.54	53	C06-I	0.54	74	C06-E	0.53
12	C03-E	0.53	33	C03-I	0.54	54	C06-I	0.54	75	C06-E	0.53
12	C03-E	0.51	33	C03-I	0.52	54	C06-I	0.52	75	C06-E	0.51
13	C03-E	0.51	34	C03-I	0.52	55	C06-I	0.52	76	C06-E	0.51
13	C03-E	0.51	34	C03-I	0.52	55	C06-I	0.52	76	C06-E	0.51
14	C02-E	0.54	35	C02-I	0.55	56	C05-I	0.55	77	C05-E	0.54
14	C02-E	0.50	35	C02-I	0.51	56	C05-I	0.51	77	C05-E	0.50
15	C02-E	0.50	36	C02-I	0.51	57	C05-I	0.51	78	C05-E	0.50
15	C02-E	0.44	36	C02-I	0.45	57	C05-I	0.45	78	C05-E	0.44
16	C02-E	0.43	37	C02-I	0.45	58	C05-I	0.45	79	C05-E	0.43
16	C02-E	0.36	37	C02-I	0.37	58	C05-I	0.37	79	C05-E	0.36
17	C02-E	0.35	38	C02-I	0.38	59	C05-I	0.38	80	C05-E	0.35
17	C02-E	0.35	38	C02-I	0.37	59	C05-I	0.37	80	C05-E	0.35
18	C01-E	0.41	39	C01-I	0.44	60	C04-I	0.44	81	C04-E	0.41
18	C01-E	0.31	39	C01-I	0.31	60	C04-I	0.31	81	C04-E	0.31
19	C01-E	0.29	40	C01-I	0.33	61	C04-I	0.33	82	C04-E	0.29
19	C01-E	0.17	40	C01-I	0.17	61	C04-I	0.17	82	C04-E	0.17
20	C01-E	0.15	41	C01-I	0.19	62	C04-I	0.19	83	C04-E	0.15
20	C01-E	0.04	41	C01-I	0.02	62	C04-I	0.03	83	C04-E	0.03
21	C01-E	0.00	42	C01-I	0.00	63	C04-I	0.00	84	C04-E	0.00
21	C01-E	0.00	42	C01-I	0.00	63	C04-I	0.00	84	C04-E	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 002	REV. B	FOGLIO 99 di 171

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. 108 – 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 29).

- $\Delta\sigma_1 = 29$ MPa
- $\Delta\sigma_2 = 22$ MPa
- $\Delta\sigma_{1+2} = 52$ MPa
- $\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 = 0,63 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,82 = 0,52$
- $\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82 = 1,0$
- $\Delta\sigma_{Ed} = 27$
- $k_s \cdot \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}} = 52,7$
- $\Delta = 0,51 \rightarrow$ 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 002	REV. B	FOGLIO 100 di 171

DETT.80: GIUNTO PIENA PENETRAZIONE TRASVERSALE			DETT.80: GIUNTO PIENA PENETRAZIONE TRASVERSALE		
FRAME		ratio	FRAME		ratio
4	C01-E	0.28	46	C04-I	0.28
4	C01-E	0.37	46	C04-I	0.39
5	C02-E	0.33	47	C05-I	0.35
5	C02-E	0.33	47	C05-I	0.35
8	C02-E	0.47	50	C05-I	0.47
8	C02-E	0.50	50	C05-I	0.51
9	C03-E	0.47	51	C06-I	0.48
9	C03-E	0.47	51	C06-I	0.48
13	C03-E	0.47	55	C06-I	0.48
13	C03-E	0.47	55	C06-I	0.48
14	C02-E	0.50	56	C05-I	0.51
14	C02-E	0.47	56	C05-I	0.47
17	C02-E	0.33	59	C05-I	0.35
17	C02-E	0.33	59	C05-I	0.35
18	C01-E	0.37	60	C04-I	0.40
18	C01-E	0.28	60	C04-I	0.28
25	C01-I	0.28	67	C04-E	0.28
25	C01-I	0.39	67	C04-E	0.37
26	C02-I	0.35	68	C05-E	0.33
26	C02-I	0.35	68	C05-E	0.33
29	C02-I	0.47	71	C05-E	0.47
29	C02-I	0.51	71	C05-E	0.50
30	C03-I	0.48	72	C06-E	0.47
30	C03-I	0.48	72	C06-E	0.47
34	C03-I	0.48	76	C06-E	0.47
34	C03-I	0.48	76	C06-E	0.47
35	C02-I	0.51	77	C05-E	0.50
35	C02-I	0.47	77	C05-E	0.47
38	C02-I	0.35	80	C05-E	0.33
38	C02-I	0.35	80	C05-E	0.33
39	C01-I	0.39	81	C04-E	0.37
39	C01-I	0.28	81	C04-E	0.28

10.7.3 Dettaglio 80: saldature a cordoni d'angolo

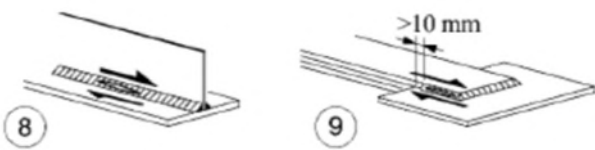
Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
80		<p>8) Cordoni d'angolo continui soggetti a sforzi di sconnessione, quali quelli di composizione tra anima e piattabanda in travi composte saldate</p> <p>9) Giunzioni a sovrapposizione a cordoni d'angolo soggette a tensioni tangenziali</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. 109 – Dettaglio 80 – saldatura longitudinale anima-piattabanda (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 002	REV. B	FOGLIO 101 di 171

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 38).

- $\Delta\tau_1 = 8,7 \text{ MPa}$
- $\Delta\tau_2 = 8,7 \text{ MPa}$
- $\Delta\tau_{1+2} = 17,3 \text{ MPa}$
- $\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 = 0,63 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,82 = 0,52$
- $\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82 = 1,0$
- $\Delta\sigma_{Ed} = 8,9$
- $k_s \cdot \frac{\Delta\tau_C}{\gamma_{Mf}} = 59,3$
- $\Delta = 0,15 \rightarrow$ 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 002 B 102 di 171

DETT.80: PTB SUP			DETT.80: PTB SUP			DETT.80: PTB SUP			DETT.80: PTB SUP		
FRAME		ratio	FRAME		ratio	FRAME		ratio	FRAME		ratio
1	C01-E	0.00	22	C01-I	0.00	43	C04-I	0.00	64	C04-E	0.00
1	C01-E	0.00	22	C01-I	0.00	43	C04-I	0.00	64	C04-E	0.00
2	C01-E	0.11	23	C01-I	0.15	44	C04-I	0.15	65	C04-E	0.11
2	C01-E	0.11	23	C01-I	0.15	44	C04-I	0.15	65	C04-E	0.11
3	C01-E	0.10	24	C01-I	0.12	45	C04-I	0.12	66	C04-E	0.10
3	C01-E	0.10	24	C01-I	0.12	45	C04-I	0.12	66	C04-E	0.10
4	C01-E	0.09	25	C01-I	0.11	46	C04-I	0.11	67	C04-E	0.09
4	C01-E	0.09	25	C01-I	0.11	46	C04-I	0.11	67	C04-E	0.09
5	C02-E	0.12	26	C02-I	0.15	47	C05-I	0.15	68	C05-E	0.12
5	C02-E	0.12	26	C02-I	0.15	47	C05-I	0.15	68	C05-E	0.12
6	C02-E	0.10	27	C02-I	0.13	48	C05-I	0.13	69	C05-E	0.10
6	C02-E	0.10	27	C02-I	0.13	48	C05-I	0.13	69	C05-E	0.10
7	C02-E	0.08	28	C02-I	0.11	49	C05-I	0.11	70	C05-E	0.08
7	C02-E	0.08	28	C02-I	0.11	49	C05-I	0.11	70	C05-E	0.08
8	C02-E	0.07	29	C02-I	0.09	50	C05-I	0.09	71	C05-E	0.07
8	C02-E	0.07	29	C02-I	0.09	50	C05-I	0.09	71	C05-E	0.07
9	C03-E	0.07	30	C03-I	0.09	51	C06-I	0.09	72	C06-E	0.07
9	C03-E	0.07	30	C03-I	0.09	51	C06-I	0.09	72	C06-E	0.07
10	C03-E	0.05	31	C03-I	0.08	52	C06-I	0.08	73	C06-E	0.05
10	C03-E	0.05	31	C03-I	0.08	52	C06-I	0.08	73	C06-E	0.05
11	C03-E	0.04	32	C03-I	0.07	53	C06-I	0.07	74	C06-E	0.04
11	C03-E	0.04	32	C03-I	0.07	53	C06-I	0.07	74	C06-E	0.04
12	C03-E	0.05	33	C03-I	0.08	54	C06-I	0.08	75	C06-E	0.05
12	C03-E	0.05	33	C03-I	0.08	54	C06-I	0.08	75	C06-E	0.05
13	C03-E	0.06	34	C03-I	0.09	55	C06-I	0.09	76	C06-E	0.06
13	C03-E	0.06	34	C03-I	0.09	55	C06-I	0.09	76	C06-E	0.06
14	C02-E	0.06	35	C02-I	0.09	56	C05-I	0.09	77	C05-E	0.06
14	C02-E	0.06	35	C02-I	0.09	56	C05-I	0.09	77	C05-E	0.06
15	C02-E	0.08	36	C02-I	0.11	57	C05-I	0.11	78	C05-E	0.08
15	C02-E	0.08	36	C02-I	0.11	57	C05-I	0.11	78	C05-E	0.08
16	C02-E	0.10	37	C02-I	0.13	58	C05-I	0.13	79	C05-E	0.10
16	C02-E	0.10	37	C02-I	0.13	58	C05-I	0.13	79	C05-E	0.10
17	C02-E	0.12	38	C02-I	0.15	59	C05-I	0.15	80	C05-E	0.12
17	C02-E	0.12	38	C02-I	0.15	59	C05-I	0.15	80	C05-E	0.12
18	C01-E	0.09	39	C01-I	0.11	60	C04-I	0.11	81	C04-E	0.09
18	C01-E	0.09	39	C01-I	0.11	60	C04-I	0.11	81	C04-E	0.09
19	C01-E	0.10	40	C01-I	0.12	61	C04-I	0.12	82	C04-E	0.10
19	C01-E	0.10	40	C01-I	0.12	61	C04-I	0.12	82	C04-E	0.10
20	C01-E	0.11	41	C01-I	0.14	62	C04-I	0.14	83	C04-E	0.11
20	C01-E	0.11	41	C01-I	0.14	62	C04-I	0.14	83	C04-E	0.11
21	C01-E	0.00	42	C01-I	0.00	63	C04-I	0.00	84	C04-E	0.00
21	C01-E	0.00	42	C01-I	0.00	63	C04-I	0.00	84	C04-E	0.00

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 002	REV. B	FOGLIO 103 di 171

DETT.80: PTB INF			DETT.80: PTB INF			DETT.80: PTB INF			DETT.80: PTB INF		
FRAME		ratio	FRAME		ratio	FRAME		ratio	FRAME		ratio
1	C01-E	0.00	22	C01-I	0.00	43	C04-I	0.00	64	C04-E	0.00
1	C01-E	0.00	22	C01-I	0.00	43	C04-I	0.00	64	C04-E	0.00
2	C01-E	0.07	23	C01-I	0.10	44	C04-I	0.10	65	C04-E	0.07
2	C01-E	0.07	23	C01-I	0.10	44	C04-I	0.10	65	C04-E	0.07
3	C01-E	0.06	24	C01-I	0.09	45	C04-I	0.09	66	C04-E	0.06
3	C01-E	0.06	24	C01-I	0.09	45	C04-I	0.09	66	C04-E	0.06
4	C01-E	0.06	25	C01-I	0.07	46	C04-I	0.07	67	C04-E	0.06
4	C01-E	0.06	25	C01-I	0.07	46	C04-I	0.07	67	C04-E	0.06
5	C02-E	0.10	26	C02-I	0.13	47	C05-I	0.13	68	C05-E	0.10
5	C02-E	0.10	26	C02-I	0.13	47	C05-I	0.13	68	C05-E	0.10
6	C02-E	0.08	27	C02-I	0.11	48	C05-I	0.11	69	C05-E	0.08
6	C02-E	0.08	27	C02-I	0.11	48	C05-I	0.11	69	C05-E	0.08
7	C02-E	0.07	28	C02-I	0.10	49	C05-I	0.10	70	C05-E	0.07
7	C02-E	0.07	28	C02-I	0.10	49	C05-I	0.10	70	C05-E	0.07
8	C02-E	0.05	29	C02-I	0.08	50	C05-I	0.08	71	C05-E	0.05
8	C02-E	0.05	29	C02-I	0.08	50	C05-I	0.08	71	C05-E	0.05
9	C03-E	0.05	30	C03-I	0.08	51	C06-I	0.08	72	C06-E	0.05
9	C03-E	0.05	30	C03-I	0.08	51	C06-I	0.08	72	C06-E	0.05
10	C03-E	0.04	31	C03-I	0.07	52	C06-I	0.07	73	C06-E	0.04
10	C03-E	0.04	31	C03-I	0.07	52	C06-I	0.07	73	C06-E	0.04
11	C03-E	0.03	32	C03-I	0.06	53	C06-I	0.06	74	C06-E	0.03
11	C03-E	0.03	32	C03-I	0.06	53	C06-I	0.06	74	C06-E	0.03
12	C03-E	0.04	33	C03-I	0.07	54	C06-I	0.07	75	C06-E	0.04
12	C03-E	0.04	33	C03-I	0.07	54	C06-I	0.07	75	C06-E	0.04
13	C03-E	0.05	34	C03-I	0.08	55	C06-I	0.08	76	C06-E	0.05
13	C03-E	0.05	34	C03-I	0.08	55	C06-I	0.08	76	C06-E	0.05
14	C02-E	0.05	35	C02-I	0.08	56	C05-I	0.08	77	C05-E	0.05
14	C02-E	0.05	35	C02-I	0.08	56	C05-I	0.08	77	C05-E	0.05
15	C02-E	0.07	36	C02-I	0.10	57	C05-I	0.10	78	C05-E	0.07
15	C02-E	0.07	36	C02-I	0.10	57	C05-I	0.10	78	C05-E	0.07
16	C02-E	0.08	37	C02-I	0.11	58	C05-I	0.11	79	C05-E	0.08
16	C02-E	0.08	37	C02-I	0.11	58	C05-I	0.11	79	C05-E	0.08
17	C02-E	0.09	38	C02-I	0.13	59	C05-I	0.13	80	C05-E	0.09
17	C02-E	0.09	38	C02-I	0.13	59	C05-I	0.13	80	C05-E	0.09
18	C01-E	0.05	39	C01-I	0.08	60	C04-I	0.08	81	C04-E	0.05
18	C01-E	0.05	39	C01-I	0.08	60	C04-I	0.08	81	C04-E	0.05
19	C01-E	0.06	40	C01-I	0.09	61	C04-I	0.09	82	C04-E	0.06
19	C01-E	0.06	40	C01-I	0.09	61	C04-I	0.09	82	C04-E	0.06
20	C01-E	0.07	41	C01-I	0.10	62	C04-I	0.10	83	C04-E	0.07
20	C01-E	0.07	41	C01-I	0.10	62	C04-I	0.10	83	C04-E	0.07
21	C01-E	0.00	42	C01-I	0.00	63	C04-I	0.00	84	C04-E	0.00
21	C01-E	0.00	42	C01-I	0.00	63	C04-I	0.00	84	C04-E	0.00

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 002	REV. B	FOGLIO 104 di 171

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-5).

- $\Delta N_1 = 191 \text{ kN}$
- $\Delta N_2 = 191 \text{ kN}$
- $\Delta \sigma_1 = 41 \text{ MPa}$
- $\Delta \sigma_2 = 41 \text{ MPa}$
- $\Delta \sigma_{1+2} = 82 \text{ MPa}$
- $\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 = 0,63 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,82 = 0,52$
- $\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82 = 1,0$
- $\Delta \sigma_{Ed} = 42,5$
- $k_s \cdot \frac{\Delta \sigma_C}{\gamma_{Mf}} = 83$
- $\Delta = 0,51 \rightarrow$ verifica soddisfatta

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 002	REV. B	FOGLIO 106 di 171

DET.T.112: GIUNTO BULLONATO								
ASTA ORIZZONTALE SUPERIORE								
FRAME		ratio	FRAME		ratio	FRAME		ratio
DM-1	2 L 100 x 10	0.03	DM-25	2 L 100 x 10	0.06	DM-49	2 L 100 x 10	0.07
DM-2	2 L 100 x 10	0.05	DM-26	2 L 100 x 10	0.05	DM-50	2 L 100 x 10	0.07
DM-3	2 L 100 x 10	0.05	DM-27	2 L 100 x 10	0.04	DM-51	2 L 100 x 10	0.07
DM-4	2 L 100 x 10	0.06	DM-28	2 L 100 x 10	0.03	DM-52	2 L 100 x 10	0.07
DM-5	2 L 100 x 10	0.07	DM-29	2 L 100 x 10	0.06	DM-53	2 L 100 x 10	0.07
DM-6	2 L 100 x 10	0.07	DM-30	2 L 100 x 10	0.10	DM-54	2 L 100 x 10	0.07
DM-7	2 L 100 x 10	0.07	DM-31	2 L 100 x 10	0.16	DM-55	2 L 100 x 10	0.06
DM-8	2 L 100 x 10	0.07	DM-32	2 L 100 x 10	0.19	DM-56	2 L 100 x 10	0.05
DM-9	2 L 100 x 10	0.07	DM-33	2 L 100 x 10	0.20	DM-57	2 L 100 x 10	0.04
DM-10	2 L 100 x 10	0.07	DM-34	2 L 100 x 10	0.17	DM-58	2 L 100 x 10	0.03
DM-11	2 L 100 x 10	0.06	DM-35	2 L 100 x 10	0.12	DM-59	2 L 100 x 10	0.03
DM-12	2 L 100 x 10	0.05	DM-36	2 L 100 x 10	0.07	DM-60	2 L 100 x 10	0.05
DM-13	2 L 100 x 10	0.04	DM-37	2 L 100 x 10	0.06	DM-61	2 L 100 x 10	0.05
DM-14	2 L 100 x 10	0.03	DM-38	2 L 100 x 10	0.10	DM-62	2 L 100 x 10	0.06
DM-15	2 L 100 x 10	0.03	DM-39	2 L 100 x 10	0.16	DM-63	2 L 100 x 10	0.07
DM-16	2 L 100 x 10	0.04	DM-40	2 L 100 x 10	0.19	DM-64	2 L 100 x 10	0.07
DM-17	2 L 100 x 10	0.05	DM-41	2 L 100 x 10	0.20	DM-65	2 L 100 x 10	0.07
DM-18	2 L 100 x 10	0.06	DM-42	2 L 100 x 10	0.17	DM-66	2 L 100 x 10	0.07
DM-19	2 L 100 x 10	0.07	DM-43	2 L 100 x 10	0.12	DM-67	2 L 100 x 10	0.07
DM-20	2 L 100 x 10	0.07	DM-44	2 L 100 x 10	0.07	DM-68	2 L 100 x 10	0.07
DM-21	2 L 100 x 10	0.07	DM-45	2 L 100 x 10	0.03	DM-69	2 L 100 x 10	0.06
DM-22	2 L 100 x 10	0.07	DM-46	2 L 100 x 10	0.04	DM-70	2 L 100 x 10	0.05
DM-23	2 L 100 x 10	0.07	DM-47	2 L 100 x 10	0.05	DM-71	2 L 100 x 10	0.04
DM-24	2 L 100 x 10	0.07	DM-48	2 L 100 x 10	0.06	DM-72	2 L 100 x 10	0.03

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 002	REV. B	FOGLIO 107 di 171

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:

$$V = M / z = \min(R_c; R_a) = 126\,898 \text{ kN}$$

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)
- $R_a = A_a \cdot f_{yd} / \gamma_a = 0,78 \times 345 \times 1000 / 1,05 = 255\,000 \text{ kN}$ (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 0,38 m.

L'interasse massimo definito da progetto tra le file di pioli è di 0,20m ossia minore di 0,38, pertanto i connettori a pioli sono verificati.

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 002	REV. B	FOGLIO 108 di 171

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 105 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 45 mm (< 105 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 63m con velocità di progetto 200 km/h, per cui il limite L/δ risulta di 1100 dal grafico di Fig. 110. La freccia limite pertanto risulta di 57 mm.

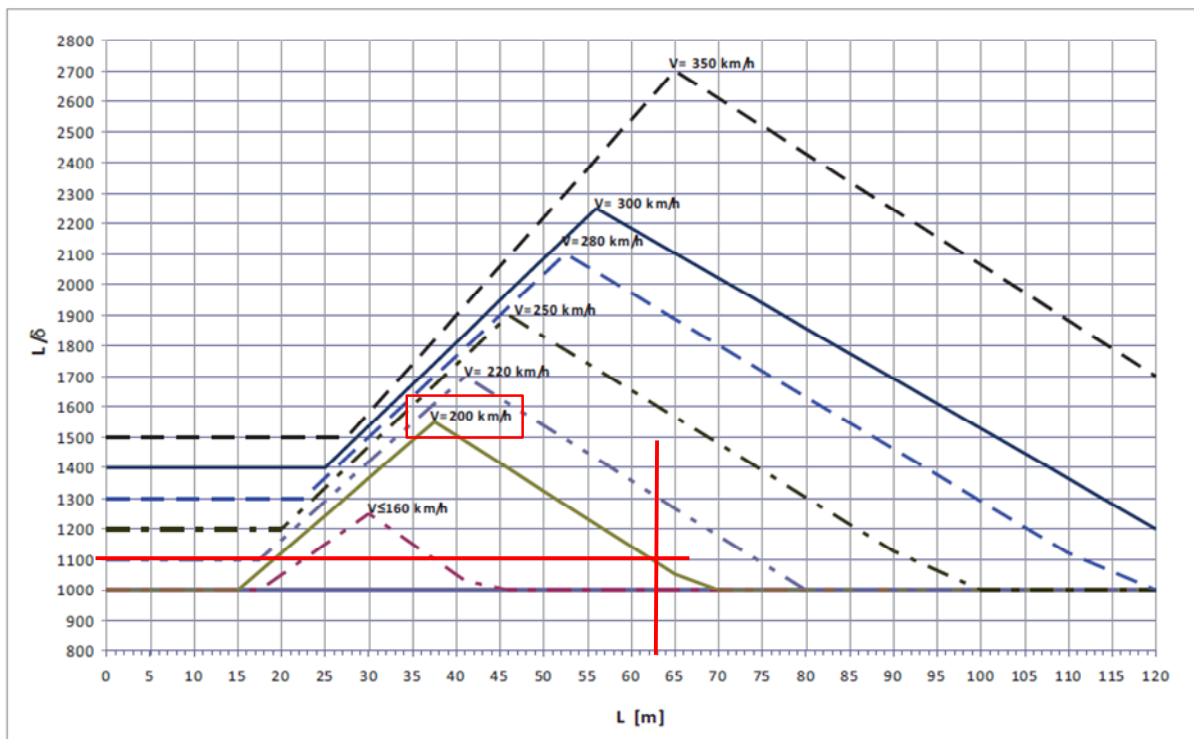


Fig. 110 – Valori del limite di deformabilità L/d per il comfort dei passeggeri
(estratto dal manuale di progettazione delle opere civili RFI DTC SICS MA IFS 001 A)

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 22 mm ossia inferiore al limite previsto da normativa (57mm). 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 002	REV. B	FOGLIO 109 di 171

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:

$$c_f = f_p + f_r + f_r + 0,25 \times \Phi \times f_s = 103 + 54 + 11 + 0,25 \times 1,0 \times 45 = 180 \text{ mm}$$

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.

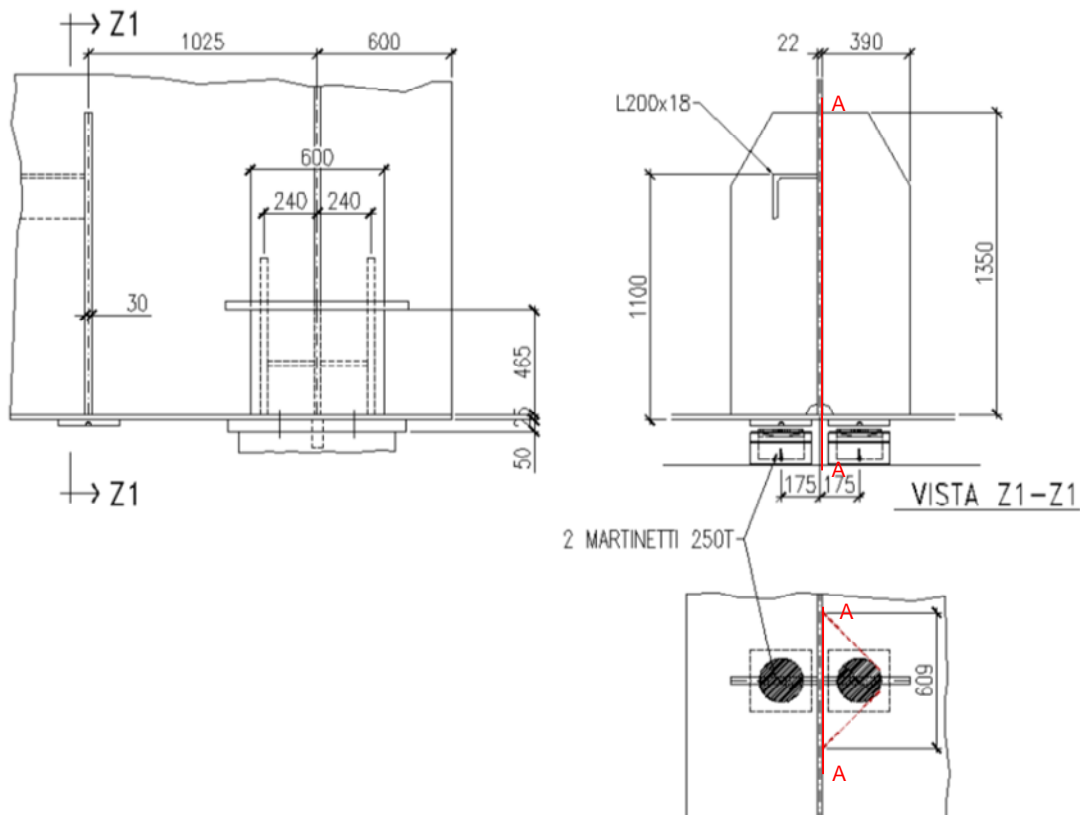


Fig. 111 – Sollevamento per sostituzione apparecchi d'appoggio

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 26430 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 3693 kN

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 002	REV. B	FOGLIO 110 di 171

Le sollecitazioni agenti in corrispondenza della sezione A-A di Fig. 111 sono:

- Taglio $V = 3693 \times 1,5 / 2 = 2770$ kN (SLU)
- Momento flettente $M = 3693 \times 1,5 / 2 \times 0,175 = 485$ kNm (SLU)

La verifica della nervatura di irrigidimento risulta:

- sp. piatto = 30mm
- altezza piatto = 1350 mm
- larghezza piattabanda inferiore = 610 mm
- sp. piattabanda inferiore = 25 mm
- Inerzia $J = 1,17 \times 10^{10}$ mm⁴
- Modulo $W_{sup} = 1,5 \times 10^7$ mm⁴
- Modulo $W_{inf} = 1,99 \times 10^7$ mm⁴
- Tensione massima $\sigma_{sup} = M / W = 32$ MPa
- tensione tangenziale $\tau = 2770 \times 1000 / (1350 \times 30) = 68$ MPa
- tensione ideale $\sigma_{id} = (32^2 + 3 \times 68^2)^{0,5} = 122 < 345 / 1,05 = 329$ MPa $\rightarrow \Delta = 0,37$ - 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 = $0,7 \times 30 = 21$ mm
- gola della saldatura = 15 mm
- altezza saldatura = 1350 mm
- Inerzia $J = 1,13 \times 10^{10}$ mm⁴
- Modulo $W_{sup} = 1,31 \times 10^7$ mm⁴
- Modulo $W_{inf} = 2,22 \times 10^7$ mm⁴
- Tensione nella saldatura (estremo superiore) $n_{sup\perp} = M / W = 37$ MPa
- tensione tangenziale $t_{||} = 2770 \times 1000 / (1350 \times 15 \times 2) = 69$ MPa
- tensione totale = $(37^2 + 69^2)^{0,5} = 78 < 0,7 \times 345 = 242$ MPa $\rightarrow \Delta = 0,32$ - verificato

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 Z Z CL	DOCUMENTO VI0009 002	REV. B	FOGLIO 111 di 171

10.12 REAZIONI VINCOLARI

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	502	1230	1950	1	1245	-112	1706	-151	-49	-9	132	0	-683	-924	-998	182	503	841	1001	-1030	-7608	-2330	0	
	RA2	F1	-11	-19	-22	-84	984	-1013	1335	-1376	-843	-535	-170	-48	-179	-339	-336	0	178	339	337	-16187	-1863	3	0	
	RA2	F2	0	0	0	-2	22	-23	30	-31	-27	16	-4	-1	-425	-579	-633	0	425	579	633	1227	-8390	-483	0	
	RA2	F3	620	1096	1263	-13	1447	-42	1734	-25	-32	-26	-163	0	140	90	117	-19	40	-7	-121	0	0	0	0	
	RA3	F1	11	19	22	84	1013	-984	1376	-1335	-820	-494	170	48	179	339	336	0	-178	-339	-337	-15516	1863	-3	0	
	RA3	F2	0	0	0	-2	22	-23	30	-31	-27	16	-4	-1	-425	-579	-633	0	425	579	633	-1228	-7706	483	0	
	RA3	F3	625	1106	1256	12	1462	-42	1756	-25	-39	-31	-106	-10	213	230	139	-19	-33	-148	-142	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	466	1155	1947	0	1228	-90	1684	-120	-22	-22	137	10	330	603	742	182	-510	-686	-738	-1036	7608	-2302	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	465	1153	1942	2	1196	-90	1633	-120	56	13	142	3	-673	-904	-978	182	493	821	981	1030	-7328	-2332	0	
	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	0	1	1	4	45	-44	61	-59	53	-32	8	2	-834	-1128	-1236	0	834	1128	1236	2	-15930	0	0	
	RB2-U	F3	630	1114	1271	7	1245	-37	1432	-19	25	24	-125	11	181	166	193	-19	-1	-84	-197	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	614	1085	1249	-8	1261	-37	1456	-20	34	26	-143	-21	173	156	65	-19	6	-73	-68	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	0	
RB4	F3	504	1235	1954	-1	1168	-63	1597	-85	28	26	126	7	318	581	719	182	-498	-664	-716	1036	7328	-2300	0		

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	-	-	9985	pila a	multi	-	-	12915
	fisso	3783	974	9675		fisso	17248	9064	3743
	fisso	4024	974	9750		fisso	16577	8220	3713
	multi	-	-	9510		multi	-	-	12777
pila b	multi	-	-	9777	pila b	multi	-	-	12526
	uni	-	1871	9773		uni	-	16074	3768
	multi	-	-	9775		multi	-	-	3726
	multi	-	-	9599		multi	-	-	12619



Fig. 112 – Schema dei dispositivi di appoggio

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 002	REV. B	FOGLIO 112 di 171

Per quanto riguarda il calcolo delle reazioni vincolari in condizioni statiche ossia secondo la combinazione di carico SLU, le reazioni trasversali calcolate (FY) sono state divise tra i due dispositivi previsti da progetto, come già spiegato in precedenza (§10.1).

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
		-	-		-			-	-

APPALDATTORE: <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 002	REV. B	FOGLIO 113 di 171

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: 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 002	REV. B	FOGLIO 114 di 171

10.14 ANTISOLLEVAMENTO

In condizioni sismiche si rende necessario il dispositivo di antiribaltamento.

Le reazioni verticali calcolate in caso di sisma sono le seguenti:

- Reazione totale per peso proprio della carpenteria = 2213 kN
- Reazione totale per peso proprio della soletta = 4587 kN
- Reazione verticale per carichi permanenti = 6415 kN
- Reazione per convogli ferroviari = $0,2 \times 5528 = 1105$ kN
- Reazione verticale totale = 14321 kN

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

- peso proprio della carpenteria $M = 2213 \times 1,6 = 3541$ kNm
- peso proprio della soletta $M = 4587 \times 4,4 = 20183$ kNm
- carichi permanenti $M = 6415 \times 4,9 = 31435$ kNm
- convogli ferroviari $M = 1105 \times 5,4 = 5970$ kNm
- momento ribaltante totale $M = 70296$ kNm
- momento stabilizzante totale $M = 14320 / (8,4/2) = 60147$ kNm

Considerando un coefficiente di sicurezza antiribaltamento di 1,25, è necessario garantire un momento stabilizzante di 87 871 kNm. Pertanto il dispositivo anti-sollevamento deve fornire un momento stabilizzante di $87871 - 60147 = 27724$ kNm, che corrisponde ad una forza di sollevamento di 4126 kN.

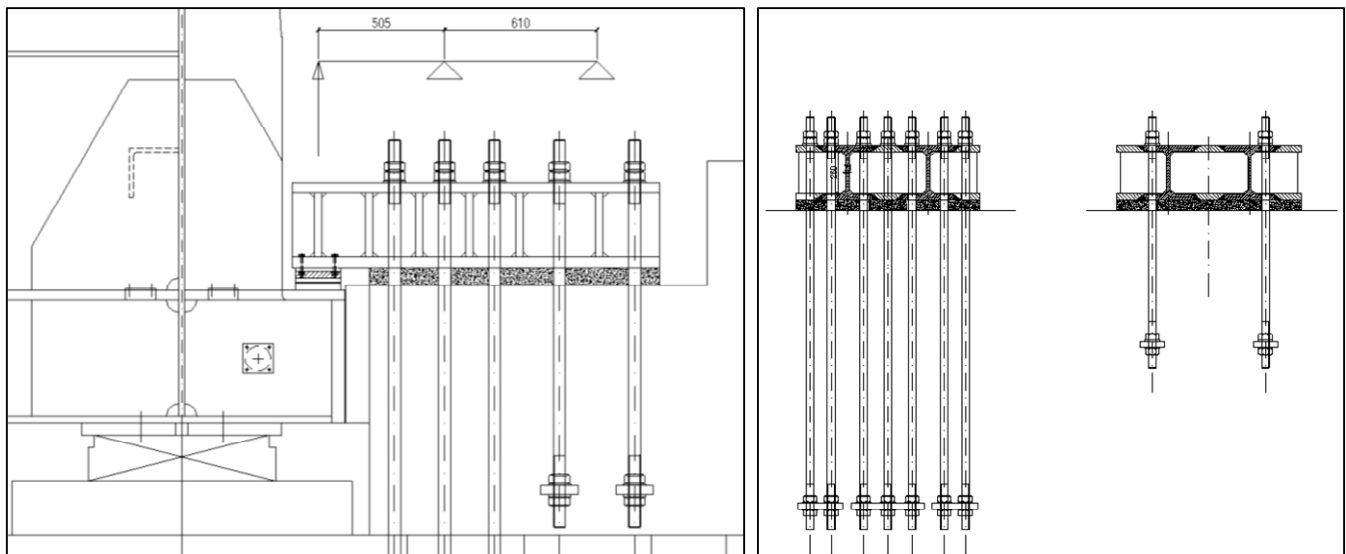


Fig. 113 – Sistema antisollevamento

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:

$$V = 4126 \text{ kN}$$

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

La tensione risulta pertanto $\tau = V / A = 68 \text{ MPa} < 345 / 3^{0,5} / 1,05 = 190 \text{ MPa} \rightarrow \Delta = 0,36$ verifica soddisfatta

La trazione sulle barre si determina tramite uno schema di trave in semplice appoggio caricata all'estremità dello sbalzo con una forza $V = 4126$ kN, pertanto la forza di trazione sulle barre risulta 7542 kN. Tale forza divisa per 21

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 002	REV. B	FOGLIO 115 di 171

barre M48, determina una trazione di 359 kN per barra che corrisponde ad una tensione di $359 \times 1000 / 1377 = 260 \text{ MPa} < 355 \text{ MPa}$.

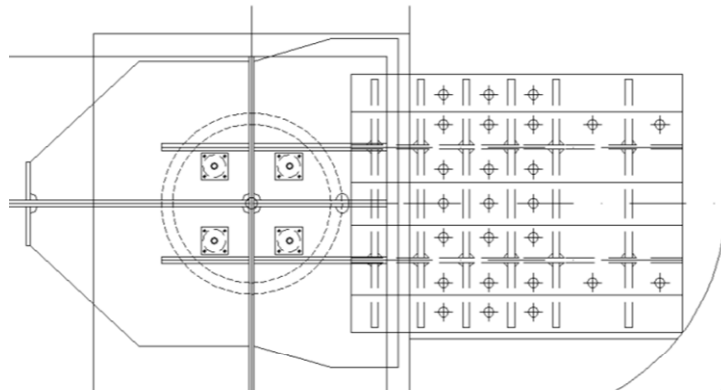


Fig. 114 – Sistema antisollevario - pianta

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

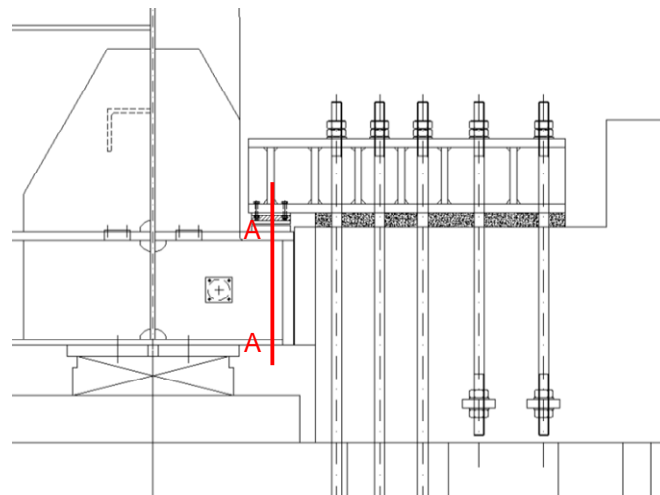


Fig. 115 – Ritegno sismico laterale

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 17284 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. 115:

- N° 5 Piatti verticali: Altezza $H = 450 \text{ mm}$; Spessore $t = 30 \text{ mm}$

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 002	REV. B	FOGLIO 116 di 171

- Area totale = $5 \times 450 \times 30 = 67500 \text{ mm}^2$
- Compressione $\sigma = 17284 \times 1000 / 67500 = 256 \text{ MPa} < 345/1,05 = 328 \text{ MPa} \rightarrow \Delta = 0,78$

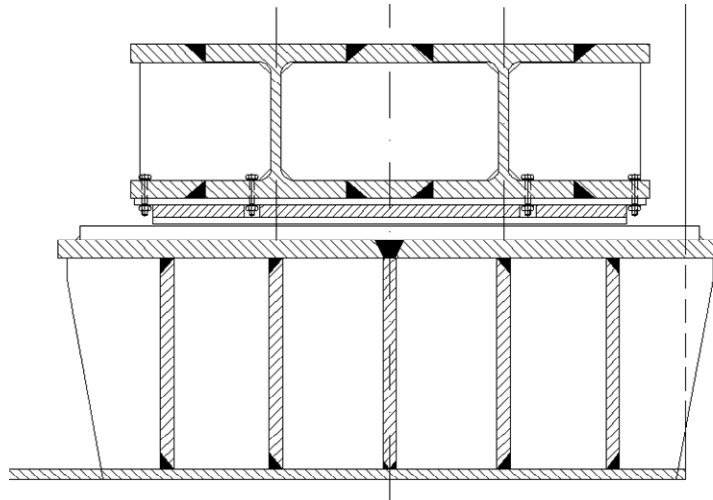


Fig. 116 – Sezione A-A

10.15.2 Ritegno sismico longitudinale

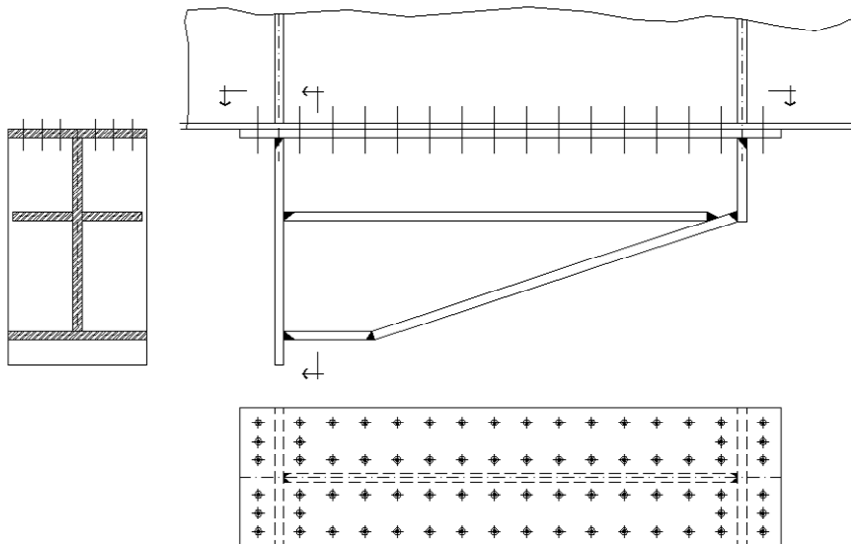


Fig. 117 – Ritegno sismico longitudinale

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 33825 kN, come indicato nelle tabelle al § 10.12; pertanto la forza che agisce su ciascun dispositivo risulta pari a $33825 / 4 = 8456 \text{ kN}$.

Nel calcolo si assume, a favore di sicurezza, un'eccentricità del piatto di battuta di 735 mm rispetto alla sezione bullonata.

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 002	REV. B	FOGLIO 117 di 171
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

Si verifica la sezione di attacco del composto metallico alla flangia. La sezione resistente è costituita da una sezione a doppio T di altezza totale 2040 mm con piattabanda 600mm x 40 mm e anima di spessore 40mm.

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

- $M = 8456 \times (0,735 - 0,04) = 5877 \text{ kNm}$
- $J = 7,31 \times 10^{10} \text{ mm}^4$
- $W = 7,17 \times 10^7 \text{ mm}^3$
- $\sigma = M/W = 82 \text{ MPa}$
- $\tau_{\max} = 125 \text{ MPa} < 345 / 3^{0.5} / 1,05 = 190 \text{ MPa} \rightarrow \Delta = 0,83 \text{ verificato}$
- $\tau_{a-p} = 69,4 \text{ MPa}$
- $\sigma_{id} = 144 \text{ MPa} < 345 / 1,05 = 329 \text{ MPa} \rightarrow \Delta = 0,55 \text{ verificato}$

Per la verifica della flangia si considera:

- N° bulloni = 80 M27 cl.10.9
- Precarico bulloni $F_{p,c} = 171 \text{ kN}$ (come da tabella materiali)
- $M = 8456 \times 0,735 = 6215 \text{ kNm}$.

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.

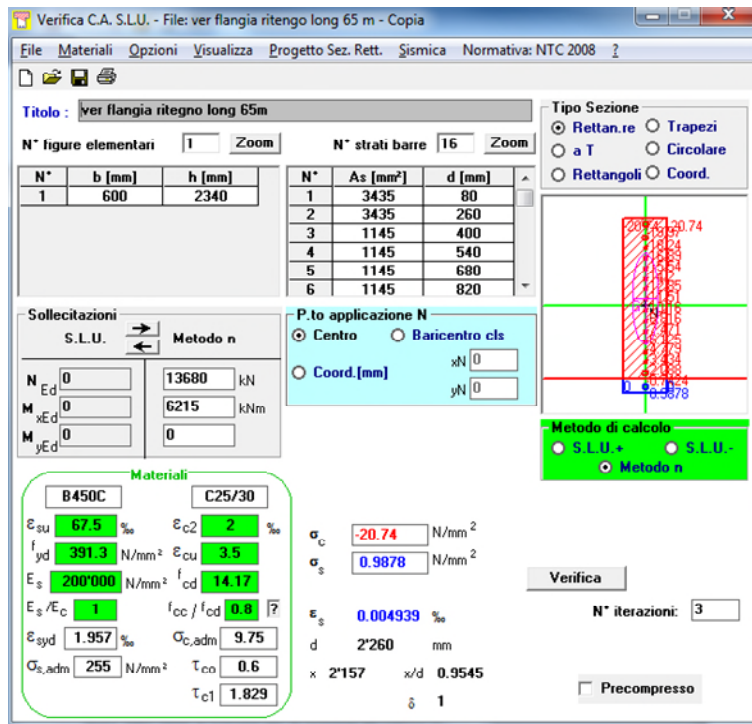


Fig. 118 – Verifica della flangia precaricata

La massima tensione sui bulloni è pari a 0,99 N/mm², che corrisponde ad una forza di trazione di 0,6 kN. Sommando questa forza al precarico del bullone (171 kN) si determina la forza assiale nel gambo del bullone che risulta pari a 0,6+171 = 171,6 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.

Risulta: $F_{t,Rd} = (1 - 0,15) \times 0,9 \times f_{tb} \times A_{res} / \gamma_{M2} = 0,85 \times 0,9 \times 1000 \times 459 / 1,25 = 281 \text{ kN} > 171,6 \text{ kN} \rightarrow \Delta = 0,61$

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 002	REV. B	FOGLIO 118 di 171
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

La forza tagliante su ciascun bullone è pari a $8456 / 80 = 105,7$ kN, inferiore alla resistenza a taglio di un bullone M27 cl.10.9 ridotta del 15%:

$$F_{v,Rd} = (1-0,15) \times 0,6 \times f_{tb} \times A / \gamma_{M2} = 0,85 \times 0,6 \times 1000 \times 573 / 1,25 = 234 \text{ kN} > 105,7 \text{ kN} \rightarrow \Delta = 0,45$$

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

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} = \frac{105,7}{234} + \frac{1716}{1,4 \cdot 281} = 0,45 + 0,44 = 0,89 \leq 1,0 \rightarrow \text{verificato}$$

Si verifica lo spessore della flangia calcolando il massimo sforzo di trazione sui bulloni, dovuto al solo momento flettente (Fig. 119).

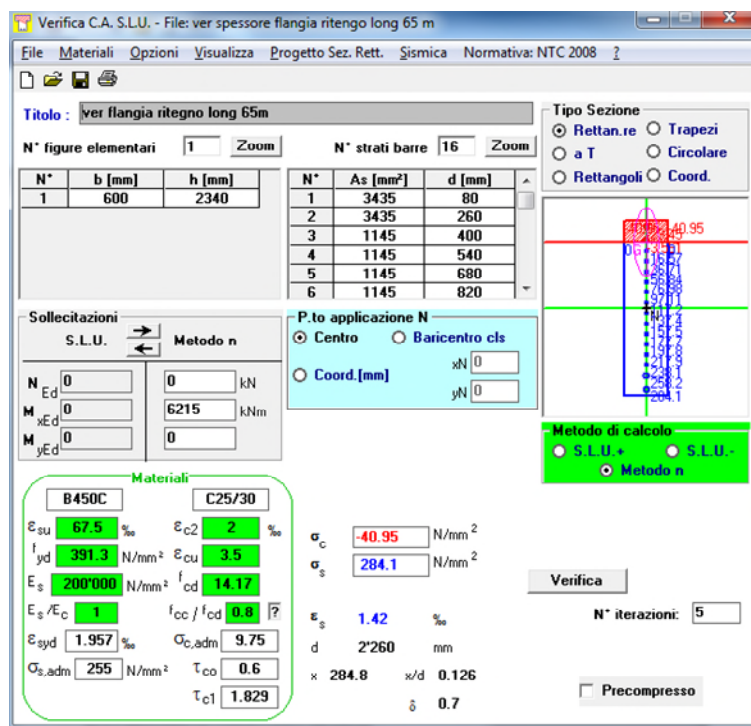


Fig. 119 – Verifica dello spessore della flangia

Il massimo sforzo di trazione sui bulloni è pari a:

$$F_{t,Ed} = \sigma_{t,Ed} \times A = 284 \times 572 = 163 \text{ kN}$$

La distanza del bullone maggiormente sollecitato dalla piattabanda del doppio T è di 70 mm pertanto il momento flettente risulta di: $163 \times 6 \times 0,07 = 68,5$ kNm.

La tensione nella flangia risulta pertanto di:

$$\sigma_{Ed} = M / W_{pl} = 68,5 \times 10^6 / (3 \times 10^8 / 263) = 60 \text{ MPa} < 345/1,05 = 328 \text{ MPa} \rightarrow \Delta = 0,18 \text{ verificato}$$

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 002	REV. B	FOGLIO 119 di 171

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 $\phi 14/20$.

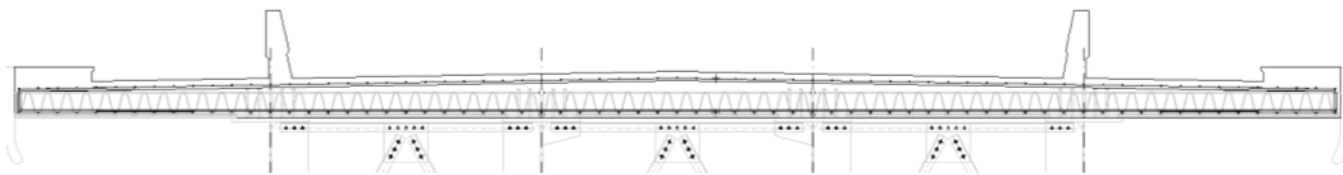


Fig. 120 – Sezione trasversale della soletta

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: $2 \times 11,20 \text{ kN}$
- Velelte 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					
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 002	REV. B	FOGLIO 120 di 171

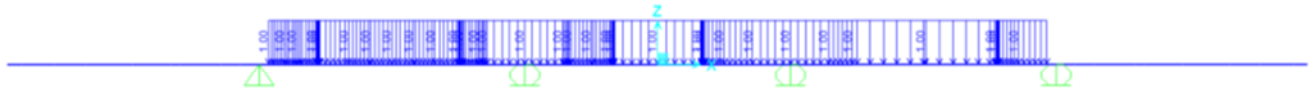


Fig. 121 – Modello di calcolo: ballast



Fig. 122 – Modello di calcolo: barriere antirumore



Fig. 123 – Modello di calcolo: cavidotti



Fig. 124 – Modello di calcolo: velette



Fig. 125 – Modello di calcolo: cordoli



Fig. 126 – 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 002	REV. B	FOGLIO 121 di 171

- 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. 127).

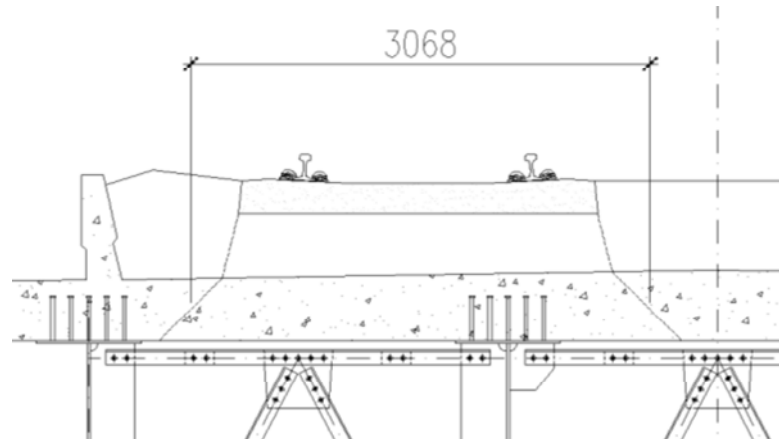


Fig. 127 – Ripartizione del carico

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.

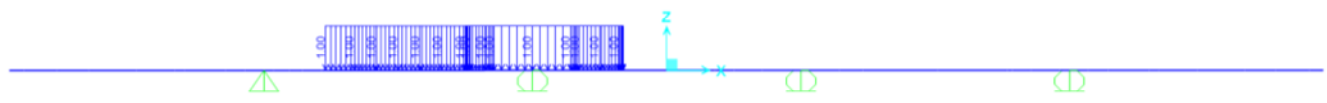


Fig. 128 – Modello di calcolo: treno LM71

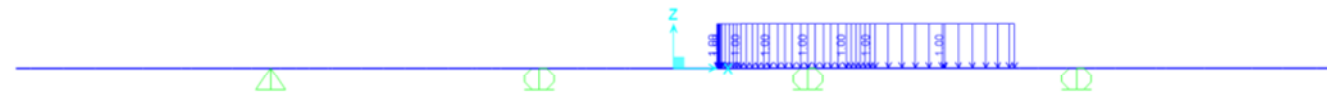


Fig. 129 – Modello di calcolo: treno SW2

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 002	REV. B	FOGLIO 122 di 171

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.

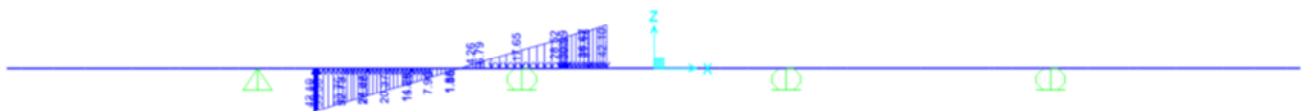


Fig. 130 – Modello di calcolo: forza centrifuga treno LM71

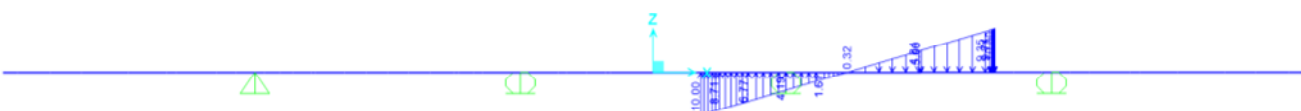


Fig. 131 – Modello di calcolo: forza centrifuga treno SW2

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 002	REV. B	FOGLIO 123 di 171

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.

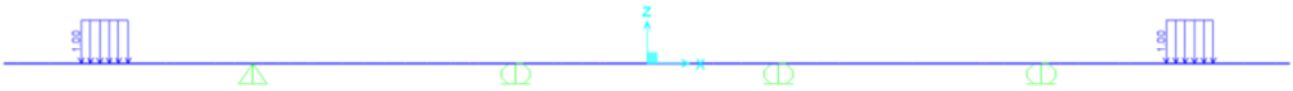


Fig. 132 – Modello di calcolo: folla

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.

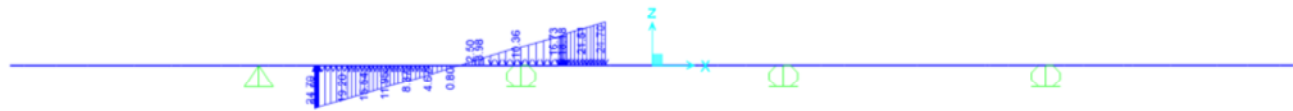


Fig. 133 – Modello di calcolo: serpeggio treno LM71

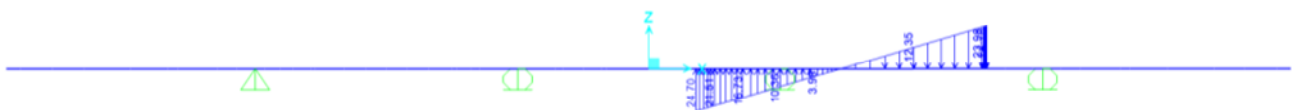


Fig. 134 – Modello di calcolo: serpeggio treno SW2

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 002	REV. B	FOGLIO 124 di 171

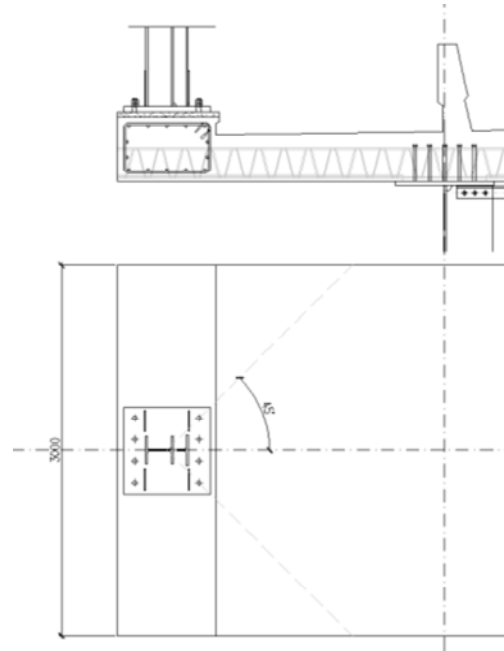


Fig. 135 – Barriera antirumore: diffusione del carico nella soletta

Considerando che:

- i montanti delle barriere antirumore hanno passo 3m
- il carico derivante dalle barriere antirumore si diffonde all'interno della soletta (Fig. 135) 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:

$$q_{\text{treno}} = q_{v,1} \times 4,00 = 2,39 \times 4 = 9,56 \text{ kN/m (dove } q_{v,1} \text{ è la pressione del vento calcolata al §10.2.10)}$$

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.

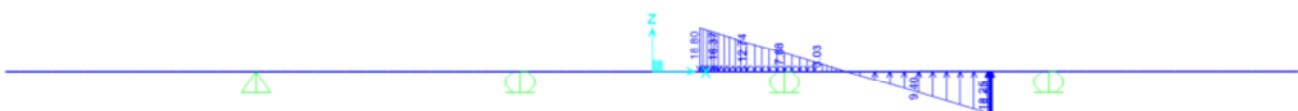


Fig. 136 – Modello di calcolo: vento su convoglio

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.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0009 002	REV. B	FOGLIO 125 di 171
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

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: $q_{svio2} = 80 \times 1,4 / 0,45 = 249 \text{ kN/m}$.

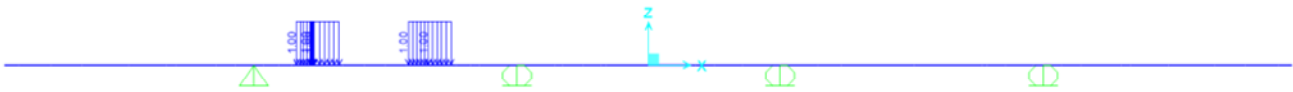


Fig. 137 – Modello di calcolo: deragliamento – caso 1 a

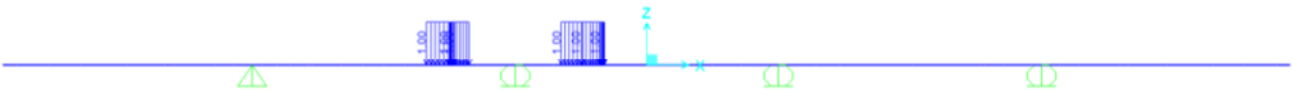


Fig. 138 – Modello di calcolo: deragliamento – caso 1 b

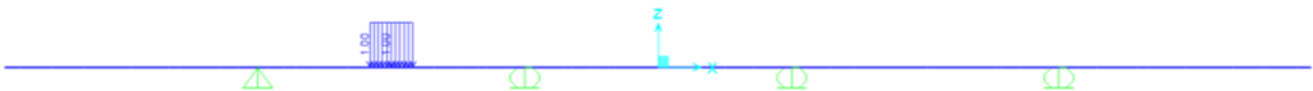


Fig. 139 – Modello di calcolo: deragliamento – caso 2 a

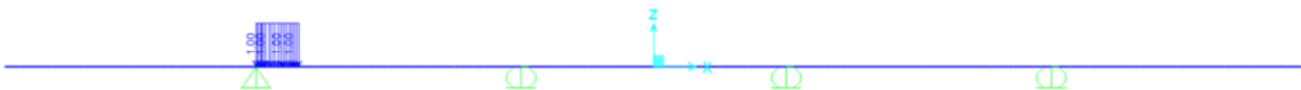


Fig. 140 – Modello di calcolo: deragliamento – caso 2 b

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 002	REV. B	FOGLIO 128 di 171

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 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 002	REV. B FOGLIO 129 di 171

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 (≤ 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 002	REV. B	FOGLIO 130 di 171

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 002	REV. B	FOGLIO 131 di 171

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: 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 002	REV. B	FOGLIO 132 di 171

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 ($\Delta = 0,47$).

The screenshot shows a software window titled "Verifica C.A. S.L.U. - File: ver SLE RARA soletta campata sezione B_RC". The interface includes several panels:

- Titolo:** A text field for the section title.
- N° figure elementari:** Set to 1.
- N° strati barre:** Set to 2.
- Table 1:**

N°	b [mm]	h [mm]
1	1000	380
- Table 2:**

N°	As [mm²]	d [mm]
1	1571	370
2	1571	80
- Sollecitazioni:**
 - S.L.U. / Metodo n
 - N_{Ed}: 0 kN
 - M_{xEd}: 107 kNm
 - M_{yEd}: 0 kNm
- P.to applicazione N:**
 - Centro / Baricentro cls
 - Coord. [mm]: xN=0, yN=0
- Materiali:**
 - B450C: $E_{su} = 67.5$ %, $f_{yd} = 391.3$ N/mm², $E_s = 200.000$ N/mm², $E_s/E_c = 15$, $\epsilon_{syd} = 1.957$ %, $\sigma_{s,adm} = 255$ 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, $\tau_{co} = 0.7333$, $\tau_{c1} = 2.114$
- Calcolo:**
 - M_{xRd}: 227.9 kNm
 - $\sigma_c = -18.13$ N/mm², $\sigma_s = 391.3$ N/mm², $\epsilon_c = 3.5$ %, $\epsilon_s = 17.18$ %
 - d = 370 mm, x = 62.63 mm, x/d = 0.1693, $\delta = 0.7$
- Metodo di calcolo:** S.L.U.+, Metodo n
- Tipo flessione:** Retta
- N° rett.:** 100
- Calcola MRd / Dominio M-N:** Buttons for calculation and domain check.
- L₀:** 0 mm
- Col. modello:** Button for model column.
- Precompresso:** Check box.

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 002	REV. B	FOGLIO 133 di 171

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 002	REV. B	FOGLIO 134 di 171

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	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					
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 002	REV. B	FOGLIO 135 di 171

11.1.4.3 SEZIONE C

Dati della sezione:

- Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo $h = 450$ mm
- Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo $b = 1000$ mm
- Copriferro $d' = 60$ mm
- Ricoprimento dell'armatura $c = 80$ mm
- Altezza utile della sezione $d = 390$ 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 $M = -102$ 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 1 Zoom N* strati barre 2 Zoom

N*	b [mm]	h [mm]	N*	A _s [mm ²]	d [mm]
1	1000	450	1	1571	80
			2	1571	390

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{Ed} -102 kNm
M_{yEd} 0

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
Coord. [mm]: xN 0, yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

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

M_{xRd} -220 kNm
σ_c -18.13 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 21.16 ‰
d 370 mm
x 52.51 x/d 0.1419
δ 0.7

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 002	REV. B	FOGLIO 136 di 171

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).

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 $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
$2,5(1 - \sigma_{cp} / f_{cd})$	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>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 002	REV. B	FOGLIO 137 di 171

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 002	REV. B	FOGLIO 138 di 171

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: 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 002	REV. B	FOGLIO 139 di 171

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 ($\Delta = 0,15$).

Verifica C.A. S.L.U. - File: ver SLU esercizio soletta campata sezione D_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	420	1	1571	410
			2	1571	80

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
M_{xEd}: 39 kNm
M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
Coord. [mm]: xN: 0, yN: 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

M_{xRd}: 252.4 kNm
σ_c: -18.13 N/mm²
σ_s: 391.3 N/mm²
ε_c: 3.5 %
ε_s: 19.41 %
d: 410 mm
x: 62.62 x/d: 0.1527
δ: 0.7

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

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 002	REV. B	FOGLIO 140 di 171

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 002	REV. B	FOGLIO 141 di 171

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: 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 002	REV. B	FOGLIO 142 di 171

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. 142 – 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)
- $\lambda_{s2} = k_2 \sqrt{\frac{Vol}{25 \cdot 10^6}} = 1,0$ per un volume di traffico pari a 25×10^6 t/anno
- $\lambda_{s3} = k_2 \sqrt{\frac{N_{anni}}{100}} = 1,0$ per una vita utile di 100 anni
- $\lambda_{s4} = k_2 \sqrt{n + (1-n) \cdot s_1^{k_2} + (1-n) \cdot s_2^{k_2}} = 1,0$ 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. 127. 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 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 002	REV. B	FOGLIO 143 di 171
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

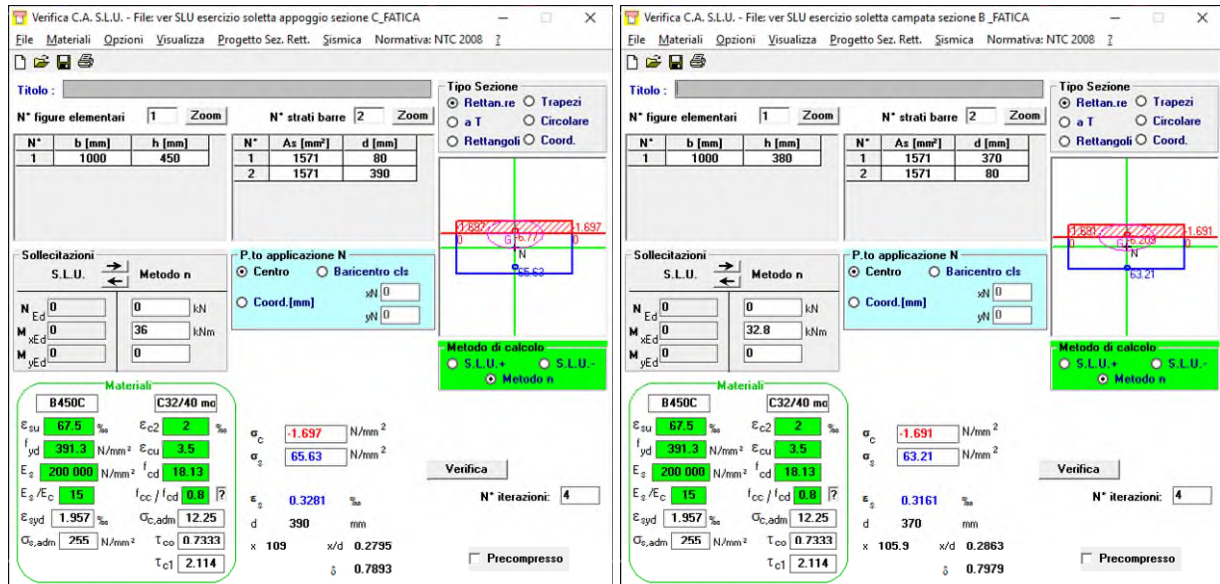


Fig. 143 – Tensioni sulle barre d'armatura - Sezione in appoggio (sinistra) e in campata (destra)

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: Consortio 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 002	REV. B	FOGLIO 144 di 171

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 trallicci posti ad interasse 60cm. I trallicci sono alti 250mm e sono costituiti da un corrente superiore $\phi 14$, da due correnti inferiori $2\phi 12$ e da due staffe diagonali $\phi 10$.

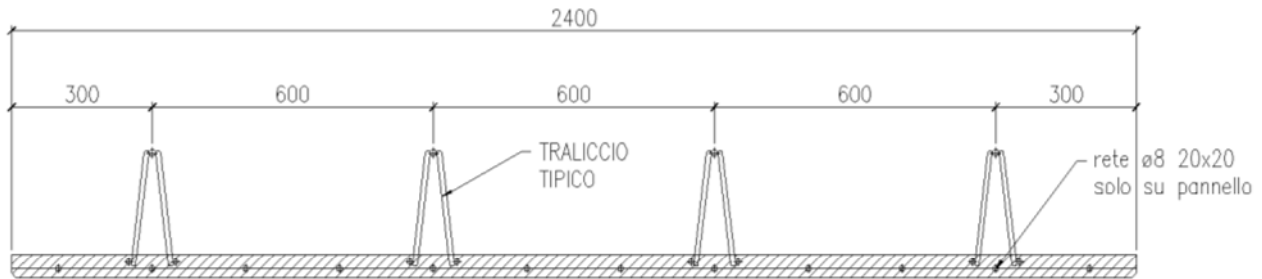


Fig. 144 – Sezione della lastra prefabbricata

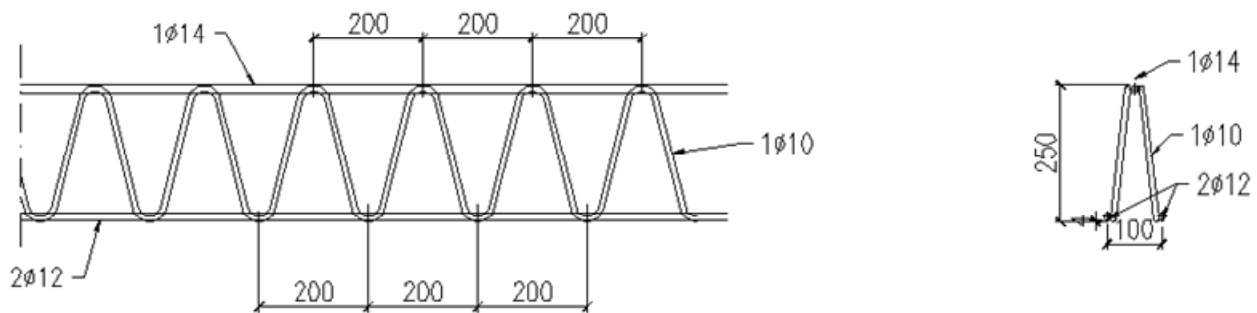


Fig. 145 – Traliccio

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: 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 002	REV. B	FOGLIO 145 di 171

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.

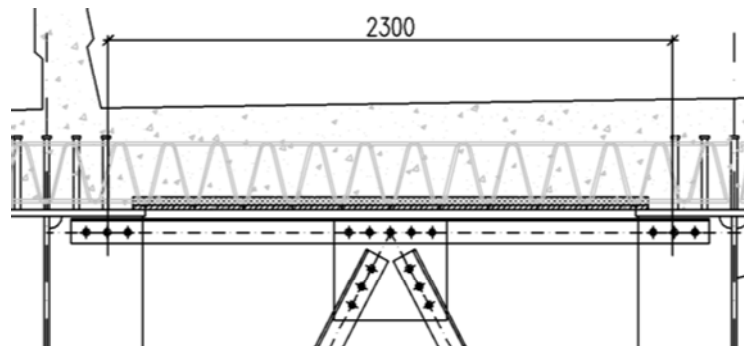


Fig. 146 – Schema statico in fase di getto - fase 1

Per la verifica si considera una sezione larga 600mm (corrispondente al passo dei tralicci).

Il carico agente sulla trave in semplice appoggio è:

$$q = (1,35 \cdot G_1 + 1,5 \cdot G_2 + 1,5 \cdot Q) \cdot 0,6 = 12 \text{ kN/m}$$

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 (compresso):

il corrente superiore del traliccio è soggetto ad una forza di compressione $N_{Ed, sup} = \frac{M_{Ed}}{h} = 31,72 \text{ kN}$

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 $\gamma_{M1} = 1,1$
- coefficienti $\chi = 0,64$ (come indicato in § 4.2.4.1.3 del DM 2008); $\phi = 1,01$ e $\alpha = 0,49$ (curva c)

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 002	REV. B	FOGLIO 146 di 171

- 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 $A(\phi 12) = 113mm^2$
- 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 $A(\phi 10) = 79mm^2$
- inerzia $J(\phi 10) = 491mm^4$
- 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 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 002	REV. B	FOGLIO 147 di 171

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.

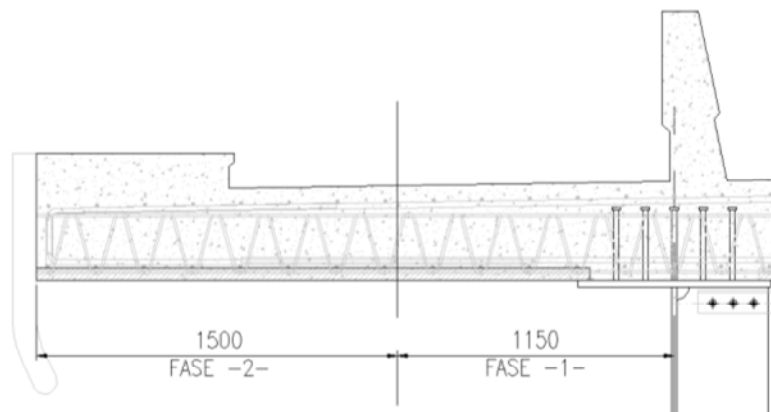


Fig. 147 – Getto di fase 2 - sbalzo

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 $A(\phi 12) = 113 mm^2$
- Inerzia della sezione $J(\phi 12) = 1018 mm^4$
- Tensione di snervamento dell'acciaio d'armatura $f_{yk} = 450 MPa$
- 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: 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 002	REV. B	FOGLIO 148 di 171

Verifica dei correnti superiore (teso)

Il corrente superiore del traliccio è soggetto ad una forza di trazione $N_{Ed, sup} = \frac{M_{Ed}}{h} = 27,88kN$

Per la verifica si considerano i seguenti parametri:

- Area della sezione resistente $A(\phi 14) = 154mm^2$
- tensione di snervamento dell'acciaio d'armatura $f_{yk} = 450 MPa$
- coefficiente di sicurezza $\gamma_{M0} = 1,05$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 66kN$$

La resistenza a trazione risulta:

$$\rightarrow \Delta = 0,42 \text{ verifica soddisfatta}$$

Verifica dei diagonali (compressi)

Ipotizzando che il carico sia portato tutto dai diagonali si ottiene una compressione $N_{Ed,diag} = \frac{V_{Ed}}{2} \cdot \frac{l_d}{h} = 4,84kN$

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 $A(\phi 10) = 79mm^2$
- inerzia $J(\phi 10) = 491mm^4$
- 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 $N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{l_0^2} = 14kN$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 9,3kN$$

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 002	REV. B	FOGLIO 149 di 171

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.

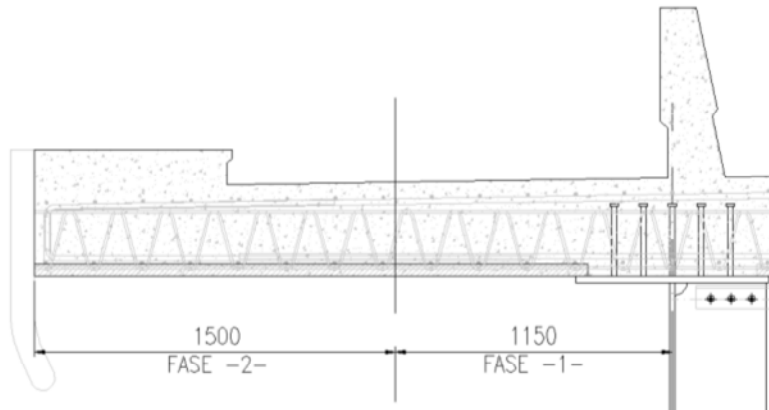


Fig. 148 – Getto di fase 2 - sbalzo

Come mostrato in Fig. 149, 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.

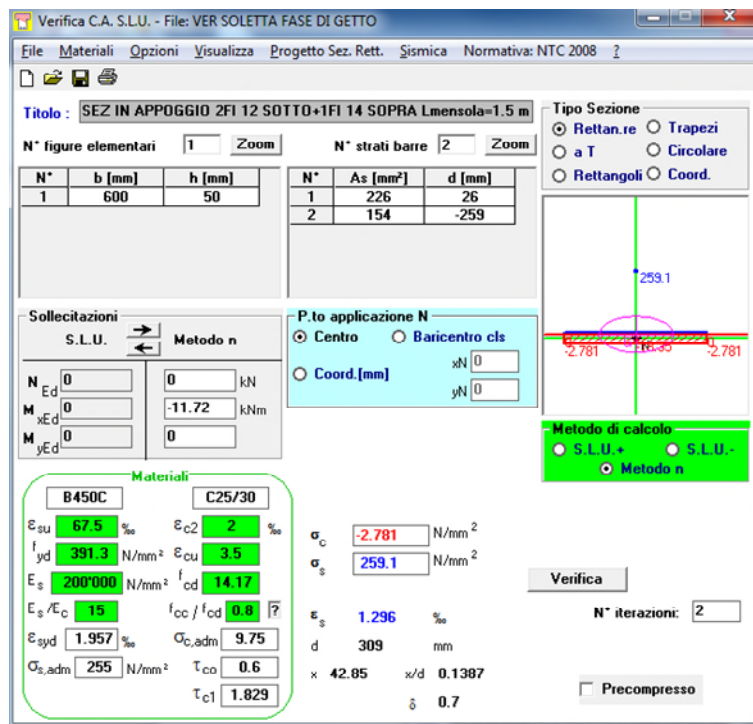


Fig. 149 – Calcolo delle tensioni nella sezione

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 002	REV. B	FOGLIO 150 di 171

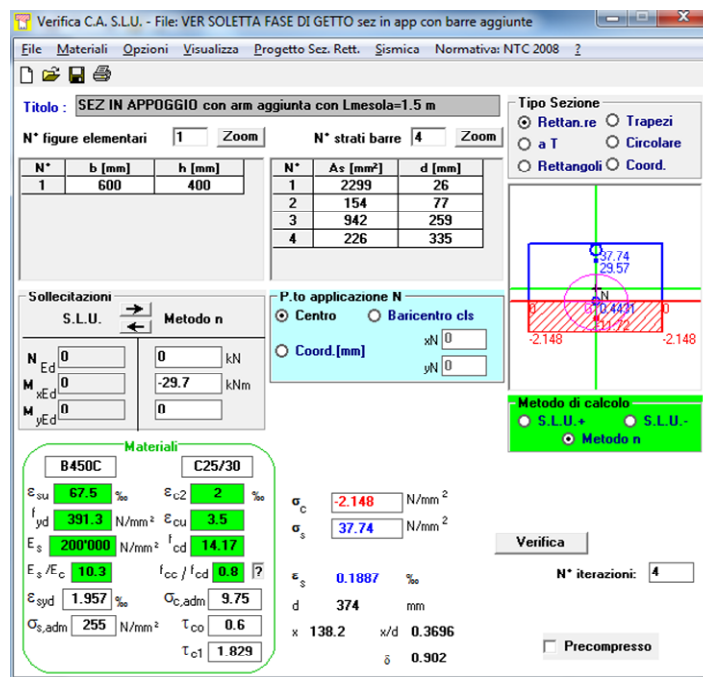
11.2.3.4 FASE 2 – SEZIONE IN APPOGGIO

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 002	REV. B	FOGLIO 151 di 171

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:

- IF0G01D09BZVI0007005A (946.pdf): Impalcato a struttura mista acc.-cls L=65m (Lc=63.00m) doppio binario: pianta, prospetto e sezioni - Tav. 1 di 2
- IF0G01D09BZVI0007006A (947.pdf): Impalcato a struttura mista acc.-cls L=65m (Lc=63.00m) doppio binario: pianta, prospetto e sezioni - Tav. 2 di 2
- IF0G01D09BZVI0007007A (948.pdf): Impalcato a struttura mista acc.-cls L=65m (Lc=63.00m) doppio binario: sezioni e particolari
- IF0G01D09CLVI0007003A (949.pdf): Impalcato a struttura mista acc.-cls L=65m (Lc=63.00m) doppio binario: Relazione di calcolo

I documenti di riferimento per il Progetto Esecutivo sono:

- IF2801EZZBZVI0009009: Piante e sezione longitudinale
- IF2801EZZBZVI0009010: Piante e sezioni trasversali

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 002	REV. B	FOGLIO 152 di 171

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: 2x 4098x24 mm ² Altezza totale: 4150 mm N° Rib: 1 Sezione Rib: piatto (150xsp.non definito)	Piatt. sup.: 2x700x20 mm ² Piatt. Inf.: 4000x25 mm ² anima: 2x4105x22 mm ² Altezza totale: 4150 mm N° Rib: 3 sezione Rib: L200x200x18
<u>C02</u>	Piatt. sup.: 2x800x30 mm ² Piatt. Inf.: 4000x45 mm ² anima: 2x 4080x20 mm ² Altezza totale: 4155 mm N° Rib: 1 Sezione Rib: piatto (150xsp.non definito)	Piatt. sup.: 2x800x35 mm ² Piatt. Inf.: 4000x40 mm ² anima: 2x4075x16 mm ² Altezza totale: 4150 mm N° Rib: 3 sezione Rib: L200x200x18
<u>C03</u>	Piatt. sup.: 2x 1000x35 mm ² Piatt. Inf.: 4000x50 mm ² anima: 2x 4075x20 mm ² Altezza totale: 4160 mm N° Rib: 1 Sezione Rib: piatto (150xsp.non definito)	Piatt. sup.: 2x800x40 mm ² Piatt. Inf.: 4000x45 mm ² anima: 2x4065x16 mm ² Altezza totale: 4150 mm N° Rib: 3 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.

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).

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 002	REV. B	FOGLIO 153 di 171

fase I	PE		
	A	J _{PE,acc}	Y _G
	[mm ²]	[mm ⁴]	[mm]
C01	700172	1.56E+12	1675
C02	775732	2.05E+12	1546
C03	831092	2.24E+12	1522

fase II	PE	n = 16,7	
	A	J _{PE,acc}	Y _G
	[mm ²]	[mm ⁴]	[mm]
C01	1029200	3.21E+12	2541
C02	1104600	3.91E+12	2391
C03	1160000	4.18E+12	2334

fase III	PE	n = 6,3		PD			n = 6,3		J _{PE,acc} /J _{PD,acc}
	A _{PE}	J _{PE,acc}	Y _G	A _{PD,cls}	A _{PD,acc}	J _{PD,cls}	J _{PD,acc}	Y _G	
	[mm ²]	[mm ⁴]	[mm]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ⁴]	[mm ⁴]	[mm]	
C01	1537000	4.38E+12	3151	9863200	1565587	2.99E+13	4.75E+12	3119	0.92
C02	1612600	5.31E+12	3020	10319900	1638079	3.56E+13	5.66E+12	2956	0.94
C03	1668000	5.67E+12	2960	10858600	1723587	3.81E+13	6.05E+12	2924	0.94

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 (carichi di lunga durata). Per medesimi PDS i tassi di sfruttamento delle sezioni, in termini di tensioni longitudinali differiscono di qualche punto percentuale, sono minori nel PE per la piattabanda superiore e nel PD per quella inferiore.

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.

La massima tensione, calcolata dividendo i valori di Momento 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 II e III e sezione in solo acciaio per la fase I, risulta pari a 262 MPa (compressione) nel PE, ossia inferiore a 274 MPa nel PD.

I valori di momento utilizzati per il calcolo sono riportati in Fig. 150, ossia:

- M fase 1 = 71820 kNm
- M fase 2 = 79576 kNm
- M fase 3 = 92125 kNm
- P_u = 5700 kN (trazione nella trave – come definito in RC del PD)

APPALTATORE: Consortio 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 002	REV. B FOGLIO 154 di 171

TABLE: Bridge Super Design EUROCODE 38 - SteelUCompUltimate-FlxPos										
Station	Location	Girder	Pu	MuNonComp	MuLTerm	MuSTerm	fbuComp	fbuTens	fDeck	DCRatio
m	Text	Text	KN	KN-m	KN-m	KN-m	KN/m2	KN/m2	KN/m2	Unitless
31.24	Before	Left Exterior Girder	5683.09	71813.04	79575.66	92149.86	-274639.27	281057.05	-11397.25	0.79
31.24	Before	Right Exterior Girder	162.50	71812.98	79575.57	84686.17	-271928.79	273063.12	-10796.67	0.77
31.24	After	Left Exterior Girder	5695.47	71813.06	79575.69	92171.68	-274647.28	281080.49	-11399.01	0.79
31.24	After	Right Exterior Girder	155.36	71812.96	79575.54	84736.26	-271946.90	273116.70	-10800.70	0.77
33.76	Before	Left Exterior Girder	5700.74	71820.58	79575.62	92124.58	-274646.94	281039.55	-11395.21	0.79
33.76	Before	Right Exterior Girder	146.26	71820.57	79575.60	84521.30	-271885.95	272896.25	-10783.40	0.77
33.76	After	Left Exterior Girder	5690.85	71820.60	79575.65	92117.62	-274644.49	281032.15	-11394.66	0.79
33.76	After	Right Exterior Girder	144.22	71820.55	79575.57	84550.64	-271896.52	272927.61	-10785.76	0.77

Fig. 150 - estratto della Relazione di calcolo del Progetto Definitivo - §7.4.5

Legenda – Verifica flessione positiva SLU sezioni a U composte	
DesReqName	Nome della verifica
Station	Progressiva della section cut
Location	Specifica se gli output della section cut sono calcolati prima o dopo la progressiva.
Girder	Nome della trave
Combo	Nome della combinazione di carico
CodeEqn	Equazione dell'Eurocodice utilizzata per calcolare la resistenza
MuPos	Momento di calcolo. Se negativo è posto uguale a zero. Riportato solo per sezioni di classe 1 e 2, altrimenti è posto uguale a zero.
MrPos	Momento resistente per flessione positiva. Riportato solo per classi 1 e 2.
Pu	Sforzo normale di calcolo nella trave. Considerato solo quando si usa la Stage Analysis, altrimenti è posto uguale a 0.
MuNonComp	Momento di calcolo sulla sezione non composta. Riportato solo quando non si usa la Stage Analysis, altrimenti è posto uguale a zero.
MuLTerm	Momento di calcolo sulla sezione composta a lungo termine. Riportato solo quando non si usa la Stage Analysis, altrimenti è posto uguale a 0.

Fig. 151 - 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 = $4,26 \times 10^9 \text{ mm}^3$
- W fase 2 = $1,15 \times 10^9 \text{ mm}^3$
- W fase 3 = $2,39 \times 10^9 \text{ mm}^3$

Risulta pertanto:

- σ fase 1 = -169 MPa
 - σ fase 2 = -69 MPa
 - σ fase 3 = -38 MPa
- σ totale = $-(169 + 69 + 38) = -276 \text{ MPa}$ (compressione)

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 002	REV. B	FOGLIO 155 di 171

Aggiungendo alla tensione calcolata la tensione dovuta alla trazione indicata come Pu in tabella, si ottiene:

- σ fase 1 = $5700 \times 1000 / 415600 = 13,7$ MPa
- σ totale = $-276 + 14 = -262$ MPa (compressione) $| < | -274$ MPa del PD

In merito alle tensioni principali al lembo inferiore risulta:

- W fase 1 = $7,35 \times 10^8$ mm³
- W fase 2 = $8,9 \times 10^8$ mm³
- W fase 3 = $9,6 \times 10^8$ mm³

Risulta pertanto:

- σ fase 1 = 98 MPa
- σ fase 2 = 89 MPa
- σ fase 3 = 96 MPa
- σ totale = $98 + 89 + 96 = 283$ MPa (trazione)

Aggiungendo alla tensione calcolata la tensione dovuta alla trazione indicata come Pu in tabella, si ottiene:

- σ fase 1 = $5700 \times 1000 / 415600 = 13,7$ MPa
- σ totale = $283 + 14 = 297$ MPa (trazione) → $297 / 283$ differenza $< 5\%$

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. 152 si riporta la sovrapposizione tra il grafico delle tensioni tangenziali riportato in Figura 55 nella relazione di calcolo del PD (linea blu) con quello delle tensioni tangenziali del PE (linea verde).

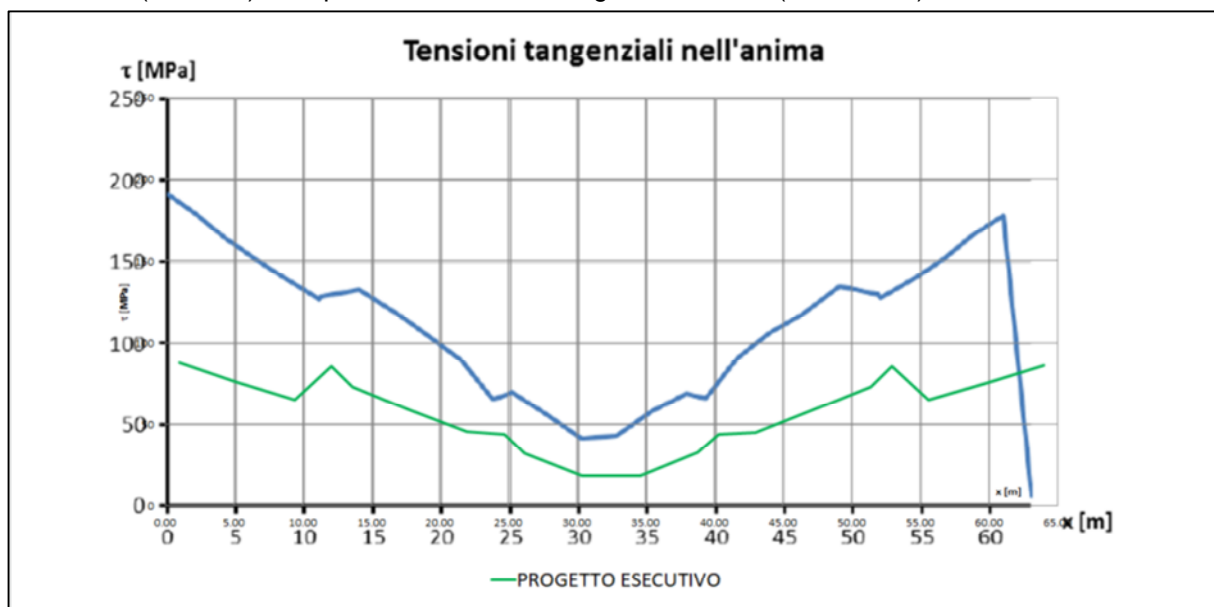


Fig. 152 - Confronto delle tensioni tangenziali del Progetto Definitivo e del Progetto Esecutivo sovrapposizione dei due grafici

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 002	REV. B	FOGLIO 156 di 171

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}).

Si prende come riferimento la sezione in appoggio.

TABLE: Bridge Super Design EUROCODE 40 - SteelUCompUltimate-Shear									
Station	Location	Girder	V_u	T_u	V_{tor}	V_{rd}	V_p	Lamdaw	DCRatio
m	Text	Text	KN	KN-m	KN	KN	KN	Unitless	Unitless
0.00	After	Left Exterior Girder	69.01	246.00	43.48	20094.21	20094.21	2.4213	0.01
0.00	After	Right Exterior Girder	97.52	347.22	42.76	20094.21	20094.21	2.4213	0.01
1.00	Before	Left Exterior Girder	131.67	305.43	53.98	20094.21	20094.21	2.4213	0.01
1.00	Before	Right Exterior Girder	160.18	417.56	51.42	20094.21	20094.21	2.4213	0.01
1.00	After	Left Exterior Girder	8620.88	10707.26	1892.32	20094.21	20094.21	2.4213	0.52
1.00	After	Right Exterior Girder	6758.74	6319.92	778.28	20094.21	20094.21	2.4213	0.38
3.10	Before	Left Exterior Girder	8177.86	10204.66	1803.50	20094.21	20094.21	2.4213	0.50
3.10	Before	Right Exterior Girder	6459.67	6780.64	835.02	20094.21	20094.21	2.4213	0.36
3.10	After	Left Exterior Girder	8020.56	10020.11	1770.88	20094.21	20094.21	2.4213	0.49
3.10	After	Right Exterior Girder	6352.82	6742.10	830.27	20094.21	20094.21	2.4213	0.36
5.20	Before	Left Exterior Girder	7604.24	9622.90	1700.68	20094.21	20094.21	2.4213	0.46
5.20	Before	Right Exterior Girder	6078.33	7042.14	867.22	20094.21	20094.21	2.4213	0.35

Fig. 153 - estratto della Relazione di calcolo del Progetto Definitivo - §7.4.6

Il taglio resistente V_{Rd} 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:

- $A_v = 4.085 \times 24 = 98.040 \text{ mm}^2$ (dimensioni ricavate dalla sezione definita al §7.4.1)
- $f_y = 355 \text{ MPa}$
- $V_{pl,Rd} = 98.040 \times 355 / 30.5 / 1,0 = 20.094 \text{ kN} *$
- $\Delta = (8620 + 1892) / 20094 = 0,52$

*Il valore di snervamento dovrebbe essere pari a 345 e il coefficiente $\gamma_m = 1.05$.

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 002	REV. B	FOGLIO 157 di 171

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. 154 - estratto da EN 1993-1-1: resistenza a taglio della sezione 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 002	REV. B	FOGLIO 158 di 171

La formula (6.18) della normativa equivale al calcolo della tensione media nell'anima, da cui risulta:

$$\tau = \frac{V_{Ed}}{A_v} = \frac{10512 \cdot 1000}{98040} = 107 \text{ MPa} < 355 / \sqrt{3} / 1,05 = 195 \text{ MPa} \rightarrow \Delta = 0,55$$

Questo valore di tensione risulta pari all'incirca alla metà del valore di tensione tangenziale riportato nel grafico di Figura 55 della relazione di calcolo del PD e riportato in blu in Fig. 152 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. 155 - estratto da EN 1993-1-5: resistenza a taglio

Nel PD il rapporto h_w/t risulta uguale a $4085/24 = 170 > \frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_\tau} = \frac{31}{1,2} 0,81 \sqrt{11,15} = 70$.

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 $h_w = 4085$ mm
- $\alpha = a / h_w = 1,03 < 3$
- $I_{sl} = 1,96 \times 10^7 \text{ mm}^4$ (considerando uno stiffener di larghezza 150 mm e spessore 15 mm – lo spessore viene qui ipotizzato in quanto non quotato a disegno)

$$\rightarrow k_\tau = 4,1 + \frac{6,3 + 0,18 \cdot \frac{I_{sl}}{t^3 h_w}}{\alpha^2} + 2,2 \cdot \sqrt[3]{\frac{I_{sl}}{t^3 h_w}} = 4,1 + \frac{6,3 + 0,18 \cdot \frac{1,96 \cdot 10^7 / 3}{24^3 \cdot 4085}}{1,03^2} + 2,2 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,96 \cdot 10^7 / 3}{24^3 \cdot 4085}} = 11,15$$

$\rightarrow \frac{h_w}{t} = 170 > \frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_\tau} = 70$, 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 002	REV. B	FOGLIO 159 di 171

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.

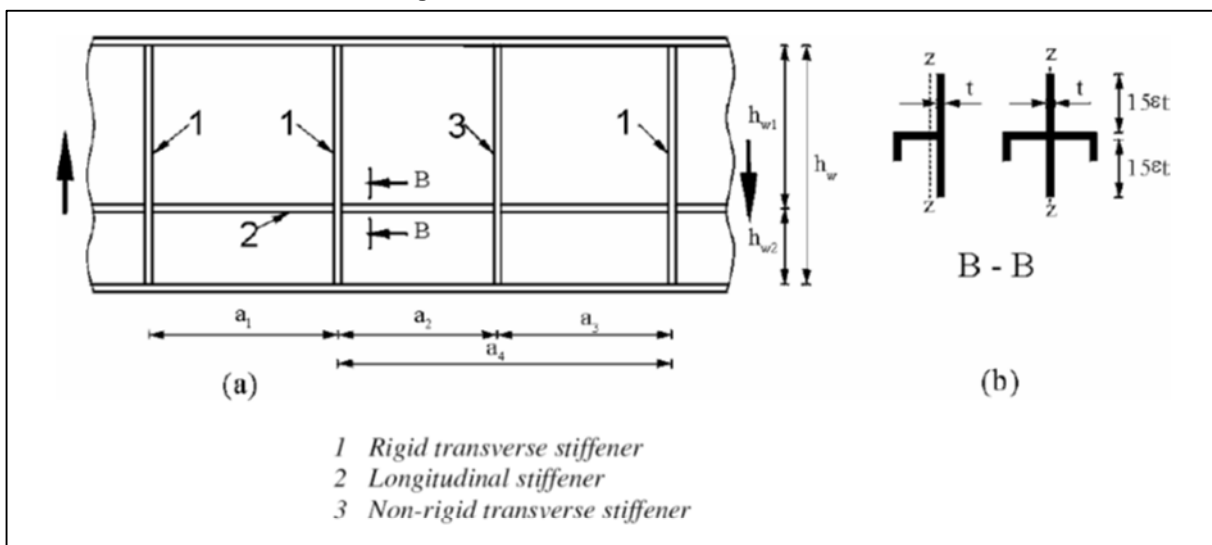
NOTE: No intermediate non-rigid transverse stiffeners are allowed for in equation (A.5).

(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. 156 - 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. 157 - estratto da EN 1993-1-5: paragrafo 5.3

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 002	REV. B	FOGLIO 160 di 171

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. 158 - 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: 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 002	REV. B	FOGLIO 161 di 171
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

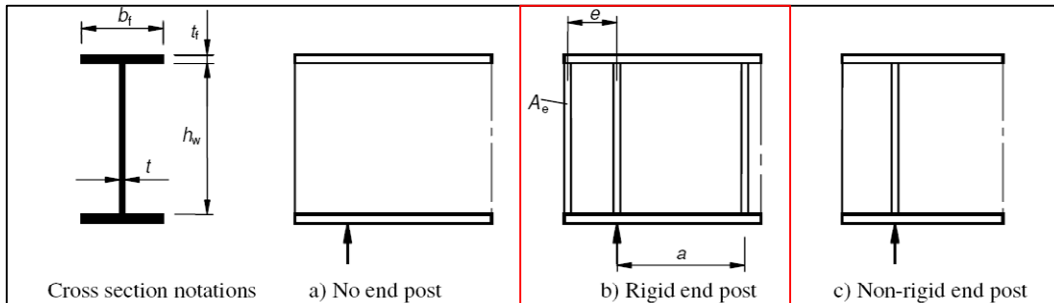


Figure 5.1: End supports

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. 159 - 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. 160 - estratto da EN 1993-1-5: annex 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 002	REV. B	FOGLIO 162 di 171

- $$\sigma_E = \frac{\pi^2 E \cdot t^2}{12(1-\nu^2) b^2} = 190000 \left(\frac{t}{b} \right)^2 = 190000 \left(\frac{24}{4085} \right)^2 = 6,6 MPa$$
- $$\tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_E = 11,15 \times 6,6 = 73,6 MPa$$

Considerando la condizione “RIGID END POST” risulterebbe:

$$\lambda_w = 0,76 \cdot \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr}}} = 0,76 \cdot \sqrt{\frac{355}{73,6}} = 1,67 > 1,08 \rightarrow \chi_w = 1,37 / (0,7 + \lambda_w) = 0,58$$

$$\rightarrow V_{bwRd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} = \frac{0,58 \cdot 355 \cdot 4085 \cdot 24}{\sqrt{3} \cdot 1,1} = 10595 kN > 10513 kN \quad \rightarrow \Delta = 0,99$$

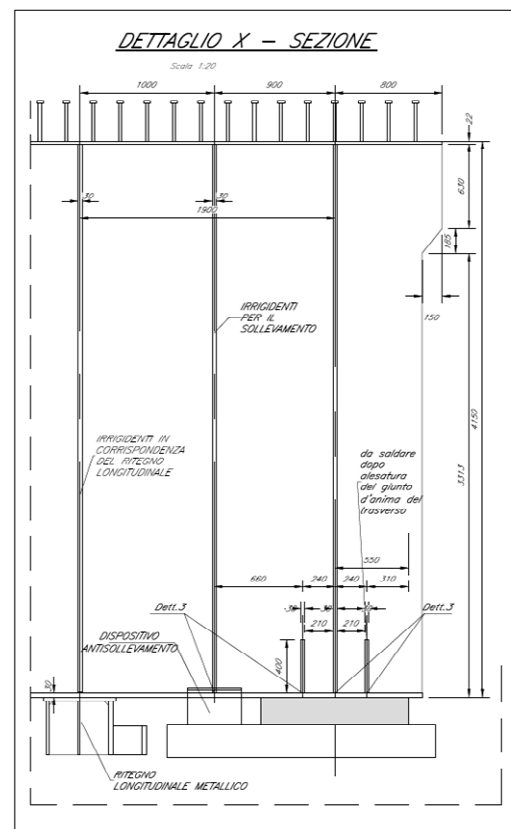
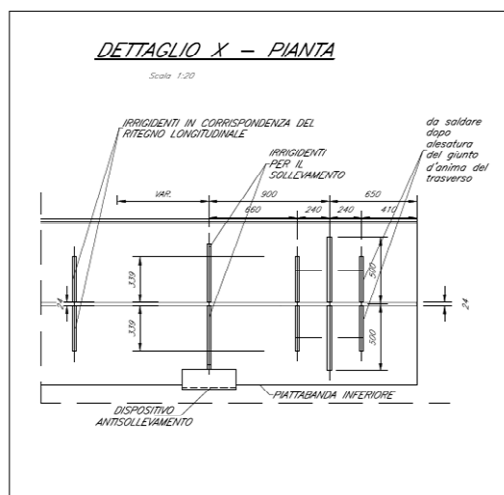


Fig. 161 - estratto dal disegno “948.pdf” ricevuto

Si rimanda alla definizione della normativa al §9.3 (Fig. 162) per la definizione di “Rigid end post” e “Non rigid end post”.

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 002	REV. B	FOGLIO 163 di 171

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.

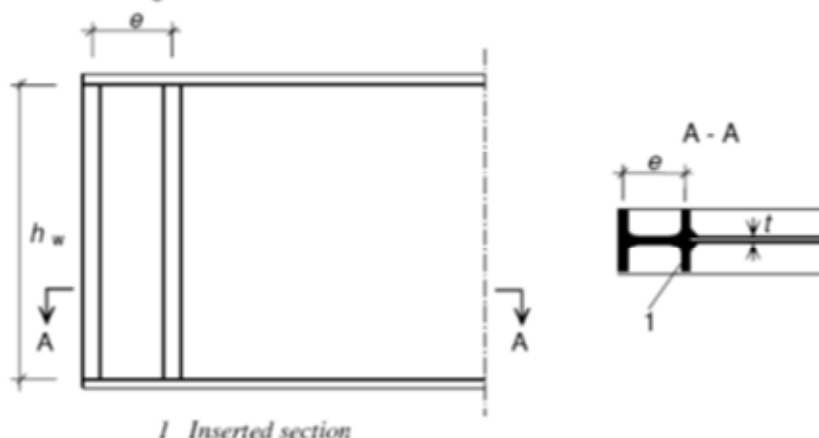


Figure 9.6: Rolled section forming an end-post

(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).

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 002	REV. B	FOGLIO 164 di 171

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.

Il Progetto Esecutivo differisce dal Progetto Definitivo per i seguenti elementi:

- Spessore anima = 22 mm (anziché 24 mm)
- n° 3 stiffeners longitudinali L200x200x18 (anziché un solo piatto di dimensione 150xt – t non definito, ipotizzato da 15)

Invariato il passo stiffener trasversali (4200 mm).

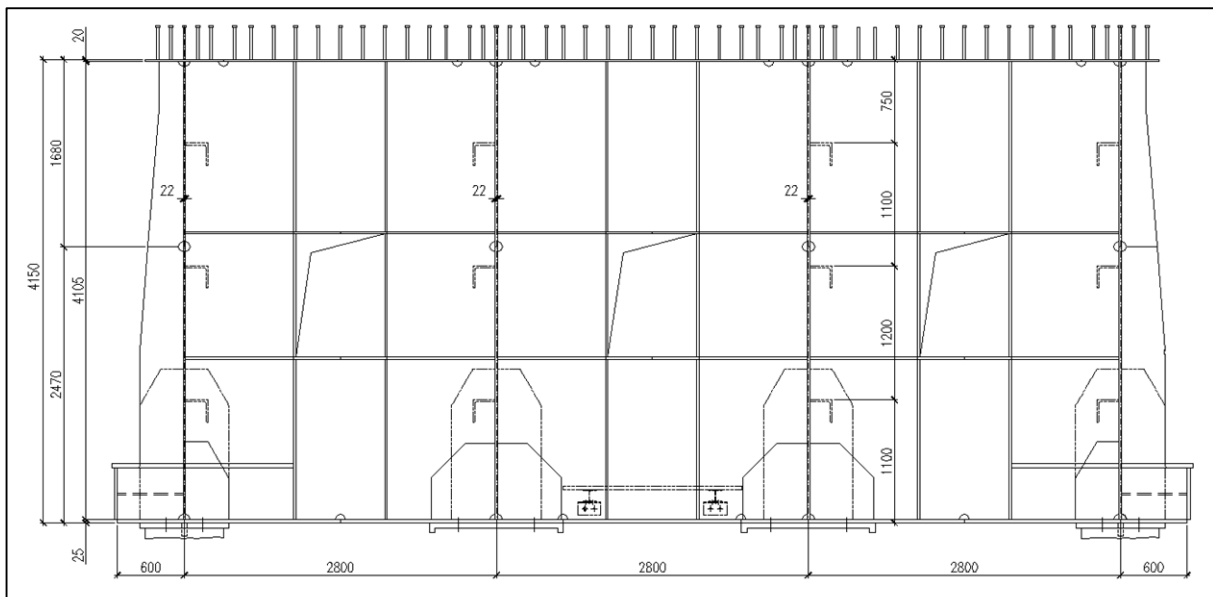


Fig. 163 - Progetto Esecutivo - Sezione in appoggio

L'eurocodice EN1993-1-5 (Fig. 155) 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 $4105/22 = 187$.

Il valore limite è $\frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_\tau} = \frac{31}{1,2} \cdot 0,81 \cdot \sqrt{31,7} = 118$.

Per il calcolo di k_τ si fa riferimento all'appendice A dell'eurocodice (Fig. 164) e risulta:

- $\alpha = a / h_w = 1,02 > 1$
- $I_{sl} = 1,58 \times 10^8 \text{ mm}^4$ (inerzia calcolata per uno stiffener L200x200x18)
- $k_{tsl} = 9 \cdot \left(\frac{h_w}{a}\right)^2 \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{I_{sl}}{t^3 \cdot h_w}\right)^3} = 9 \cdot \left(\frac{4105}{4200}\right)^2 \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{3 \cdot 1,58 \cdot 10^8 / 3}{22^3 \cdot 4105}\right)^3} = 22,5 > k_{tsl, \min}$
- Con $k_{tsl, \min} = \frac{2,1}{22} \cdot \sqrt[3]{\frac{3 \cdot I_{sl}}{h_w}} = 3,2$

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 002	REV. B FOGLIO 165 di 171

$$\rightarrow k_{\tau} = 5,34 + 4 \cdot \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 + k_{zsl} = 31,7$$

→ Poiché $\frac{h_w}{t} = 187 > \frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_{\tau}} = 118$ è necessario determinare la resistenza ad instabilità del pannello d'anima.

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:

$$\begin{aligned} k_{\tau} &= 5,34 + 4,00 \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 + k_{zsl} && \text{when } a/h_w \geq 1 \\ k_{\tau} &= 4,00 + 5,34 \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 + k_{zsl} && \text{when } a/h_w < 1 \end{aligned} \quad (\text{A.5})$$

where $k_{zsl} = 9 \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 \sqrt[4]{\left(\frac{I_{sl}}{t^3 h_w} \right)^3}$ 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:

$$k_{\tau} = 4,1 + \frac{6,3 + 0,18 \frac{I_{sl}}{t^3 h_w}}{\alpha^2} + 2,2 \sqrt[3]{\frac{I_{sl}}{t^3 h_w}} \quad (\text{A.6})$$

Fig. 164 - 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. 158).

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					
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 002	REV. B	FOGLIO 166 di 171

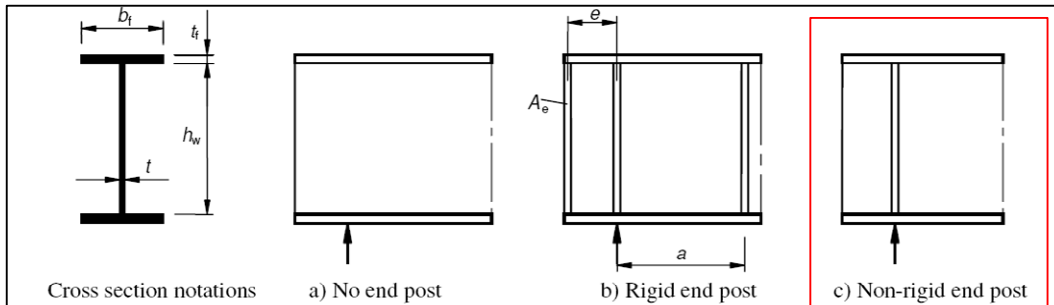


Figure 5.1: End supports

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. 165 - estratto da EN 1993-1-5: paragrafo 5.2 e 5.3

Come indicato in appendice A della EN 1993-1-5 (Fig. 160), risulta:

- $\sigma_E = \frac{\pi^2 E \cdot t^2}{12(1-\nu^2)b^2} = 190000 \left(\frac{t}{b}\right)^2 = 190000 \left(\frac{22}{4105}\right)^2 = 5,46 \text{ MPa}$
- $\tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_E = 31,7 \times 5,46 = 173 \text{ MPa}$

Essendo nella condizione "Non rigid end post", risulta:

$$\lambda_w = 0,76 \cdot \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr}}} = 0,76 \cdot \sqrt{\frac{355}{173}} = 1,09 > 1,08 \rightarrow \chi_w = 0,83/\lambda_w = 0,77$$

$$\rightarrow V_{bwRd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} = \frac{0,77 \cdot 355 \cdot 4105 \cdot 22}{\sqrt{3} \cdot 1,1} = 12957 \text{ kN}$$

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 002	REV. B	FOGLIO 167 di 171

La resistenza a taglio risulta maggiore della resistenza a taglio calcolata per la sezione in appoggio del PD

$$V_{bwRd,PE} = 12957kN > V_{bwRd,PD} = 10595kN$$

(nel caso si consideri "Rigid End Post" nella verifica)

$$V_{bwRd,PE} = 12957kN > V_{bwRd,PD} = 895kN$$

(nel caso si consideri "Non Rigid End Post" nella verifica)

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 002	REV. B	FOGLIO 168 di 171

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. 166).

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. 166 - 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. 167).

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 002	REV. B	FOGLIO 169 di 171

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. 167 - 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 2-3 (§7.7.2. della relazione di calcolo del Progetto Definitivo), si osserva quanto segue:

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 002	REV. B	FOGLIO 170 di 171

7.7.2 Sezione di giunto conci 2-3

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
$\Delta\sigma_{s,71} = \Delta\sigma_{LM71}$	37.60	Treno LM/71
$\Delta\sigma_{SW/2} =$	38.60 Mpa	1 treno di carico (SW/2)
$\Delta\sigma_{SW/2+LM71} =$	76.20 Mpa	2 treni di carico (SW/2+LM71)
$\lambda_1 =$	0.627	(per L = 63 m)
n =	0.33	percentuale dei treni che si incrociano sul ponte
a =	0.51	tensione per 1 solo binario carico/tensione per 2 binari carichi
$\lambda_4 =$	0.82	
$\lambda =$	0.52	
$\Delta\sigma_{E,d} = \lambda \cdot \Phi_2 \cdot \Delta\sigma_{LM71} =$	19.55	$< \Delta\sigma_{c,rid} / \gamma_m = 47.87$ OK

Fig. 168 - estratto dalla relazione di calcolo del Progetto Definitivo - §7.7.2

Il calcolo delle variazioni di tensione viene indicato separatamente per il treno LM71 e per il treno SW/2. I due valori sono poi sommati a formare la variazione di tensione totale $\Delta\sigma_{SW/2+LM71} = 76,20$ MPa.

La verifica nel caso di due treni, quindi dovrebbe risultare:

$$\Delta\sigma_{E,d} = \lambda \cdot \Phi_2 \cdot \Delta\sigma_{SW/2+LM71} = 0,52 \times 1,07 \times 76,20 = 42,4 \text{ MPa}$$

Questo valore deve essere confrontato con la tensione limite definita dalla normativa:

$$\Delta\sigma_{c,rid} / \gamma_m = 64,63 / 1,35 = 47,9 \text{ MPa}$$

Pertanto si ottiene:

$$\Delta\sigma_{E,d} = \lambda \cdot \Phi_2 \cdot \Delta\sigma_{SW/2+LM71} = 42,4 < 47,9 \rightarrow \Delta = 0,89 - \text{verificato}$$

Si aggiunge inoltre che il coefficiente dinamico Φ_2 risulta calcolato con una luce di 43m, anziché 63m. Pertanto il coefficiente dinamico Φ_2 , considerato nella verifica pari a 1,07 risulterebbe pari a $1,007 \approx 1,0$ e la verifica corretta risulterebbe:

$$\Delta\sigma_{E,d} = \lambda \cdot \Phi_2 \cdot \Delta\sigma_{SW/2+LM71} = 39,6 < 47,9 \rightarrow \Delta = 0,83 - \text{verificato}$$

Dati		
$\gamma_{Mf} =$	1.35	coefficiente parziale di sicurezza (strutture sensibili, conseguenze della rottura per fatica significative)
L =	43 m	luce di calcolo
$\Phi_2 =$	1.070	coefficiente dinamico
$\lambda_2 =$	1	(per volume di traffico pari a 25×10^6 t/anno/via)
$\lambda_3 =$	1	(per vita utile a fatica pari a 100 anni)

Fig. 169 - estratto dalla relazione di calcolo del Progetto Definitivo - §7.7, pagina 116

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 002</td> <td>B</td> <td>171 di 171</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0009 002	B	171 di 171
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0009 002	B	171 di 171													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo																		

Nella impossibilità di eseguire un confronto sulla base degli stessi dati di calcolo, si riportano le variazioni di tensione calcolate nel PD e nel PE in corrispondenza del giunto trasversale delle travi principali più prossimo alla mezzeria.

- $\Delta\sigma_{1,PD} = 37,6 \text{ MPa}$
- $\Delta\sigma_{2,PD} = 38,6 \text{ MPa}$
- $\Delta\sigma_{1+2,PD} = 76,20 \text{ MPa}$
- $\Delta\sigma_{1,PE} = 29 \text{ MPa}$
- $\Delta\sigma_{2,PE} = 22 \text{ MPa}$
- $\Delta\sigma_{1+2,PE} = 52 \text{ MPa}$

Pertanto confrontando le sole variazioni di tensione dichiarate nelle relazioni di calcolo, nel PE sono inferiori rispetto al PD. Si rimanda al §10.7.2 per la verifica completa.