



ANAS S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

PA17/08

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 - Svincolo Manganaro incluso) compresi raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121

Bolognetta S.c.p.a.

- PERIZIA DI VARIANTE N.3 -

Il Responsabile Ambientale:
Dott. Maurizio D'Angelo



Titolo elaborato:

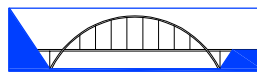
OPERE D'ARTE NUOVI VIADOTTI - VIADOTTO BAUCINA Relazione impalcato

Codice Unico Progetto (CUP) : F41B03000230001

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	PV	V7	RE03	6	0

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:	
	PVV7RE03_60_4137	1=1	4 1 3 7	-	
5					
4					
3					
2					
1					
0	Prima emissione		Maggio 2021	F.Bianchi S. Fortino N. Behaman	
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Progettisti :



ENSER srl
SOCIETA' DI INGEGNERIA

Viale Baccarini, 29 - 48018 FAENZA (RA) tel. 0546-663423
Via Zacconi, 16 - 40127 BOLOGNA (BO) tel. 051-245663
Via Andrea Costa, 115 - 47822 SANTARCANGELO DI ROMAGNA (RN) tel. 0541-1832933
ingegneria@enser.it - www.enser.it - P.E.C.: ensersrl-ra@legalmail.it



Il Progettista Responsabile
Prof. Ing. Gianfranco Marchi

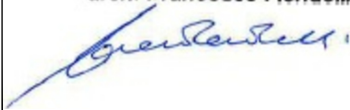


Il Geologo
Dott. Stefano Ferro



Il Coordinatore per la Sicurezza
in fase di esecuzione:
Arch. Francesco Rondelli

Il Coordinatore per la
Esecuzione dei Lavori
arch. Francesco Rondelli



Il Direttore dei Lavori:
Ing. Sandro Favero



ANAS S.p.A.

DATA:	PROTOCOLLO:	VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
CODICE PROGETTO	LO410C E 1101	Dott. Ing. Luigi Mupo

INDICE

INDICE	1
1 PREMESSA.....	5
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
3 ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO.....	7
4 DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	8
5 MATERIALI.....	12
5.1 ACCIAIO.....	14
5.1.1 Acciaio per carpenteria.....	14
5.1.1.1 Elementi saldati.....	15
5.1.1.2 Elementi non saldati, profilati e piastre sciolte.....	15
5.1.1.3 Unioni bullonate.....	15
5.1.1.4 Unioni saldate.....	16
5.1.2 Connettori a piolo.....	16
5.1.3 Acciaio per armatura strutture in c.a.....	17
5.2 CALCESTRUZZO.....	17
5.2.1 Soletta Impalcato.....	17
5.3 APERTURA LIMITE FESSURE.....	17
5.4 PROCEDURE E PROVE DI ACCETTAZIONE.....	18
6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA.....	20
6.1 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA.....	20
6.2 VARIABILITA' SPAZIALE DEL MOTO.....	20
6.3 AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO.....	21
7 DIMENSIONAMENTO DELL' IMPALCATO.....	23
7.1 Modelli, fasi di calcolo e caratteristiche inerziali delle sezioni.....	23
7.1.1 Fasi di calcolo e carichi corrispondenti.....	23
7.1.2 Modelli di calcolo.....	24
7.1.3 Caratteristiche geometrico-inerziali delle sezioni.....	27
7.2 ANALISI DEI CARICHI.....	37
7.2.1 Peso proprio degli elementi strutturali (PP).....	37
7.2.2 Carichi permanenti portati (SP, SL, CR, TR).....	38
7.2.3 Coazioni - ritiro (RT).....	38
7.2.4 Coazioni - variazioni termiche (TMP 1, TMP 2, TMN 1, TMN 2).....	39
7.2.4.1 Escursione termica giornaliera.....	39

7.2.4.2	Escursione termica annuale.....	39
7.2.5	Distorsioni - cedimenti vincolari (CSP, CPI).....	39
7.2.6	Carichi mobili (ML)	39
7.2.7	Azione di frenatura (FR).....	42
7.2.8	Azione centrifuga (CF)	42
7.2.9	Urto di veicolo in svio	42
7.2.10	Azione del vento (VN)	42
7.2.11	Azione sismica (SLD-X, SLD-Y, SLD-Z, SLV-X, SLV-Y, SLV-Z, SLC-X, SLC-Y, SLC-Z)	44
7.2.12	Altre azioni variabili	47
7.3	Tipologie di analisi eseguite e parametri del sistema di vincolamento.....	47
7.3.1	Effetti del ritiro e delle variazioni termiche in soletta sul comportamento globale	49
7.4	Combinazione dei carichi.....	50
7.5	Diagrammi principali delle sollecitazioni.....	58
7.6	Analisi modale dell'opera.....	60
7.7	Criterio di dimensionamento degli elementi strutturali	64
7.8	Dimensionamento soletta d'impalcato	65
7.9	Dimensionamento travi principali metalliche	65
7.9.1	Verifiche di Resistenza – SLU	65
7.9.2	Verifiche di instabilità dei pannelli d'anima- SLU	74
7.9.2.1	Anima concio pila.....	74
7.9.2.2	Anima concio intermedio.....	79
7.9.2.3	Anima concio campata	84
7.9.3	Verifiche di deformabilità SLE	90
7.10	Dimensionamento controventi	92
7.10.1	Controventi superiori.....	92
7.10.2	Controventi inferiori.....	93
7.11	Dimensionamento diaframmi.....	95
7.11.1	Diaframmi di spalla (D1a-D1b) e di pila (D2).....	95
7.11.1.1	Verifica d'instabilità pannelli d' anima trasversi di appoggio di pile e spalle	96
7.11.1.2	Verifica irrigidimenti trasversali travi in appoggio pile	100
7.11.1.3	Verifica irrigidimenti trasversali travi in appoggio spalle	101
7.11.2	Diaframmi intermedi ad anima piena (D3-D4)	101
7.11.2.1	Verifiche di instabilità dei pannelli d'anima del traverso pieno.....	103
7.11.3	Diaframmi intermedi (D5-D6-D7).....	108

7.11.3.1	Diagonali di parete.....	108
7.11.3.2	Correnti inferiori.....	109
7.11.3.3	Correnti superiori.....	110
7.11.4	Diaframmi intermedi (D8-D9).....	111
7.11.4.1	Diagonali di parete.....	112
7.11.4.2	Correnti inferiori.....	113
7.11.4.3	Correnti superiori.....	114
7.12	unioni bullonate.....	116
7.12.1	Angolari di parete trasversi “D5”.....	116
7.12.2	Correnti superiori inferiori “D5”.....	117
7.12.3	Diagonali di parete trasversi “D9”.....	119
7.12.4	Correnti inferiori trasversi “D9”.....	121
7.12.5	Diagonali inferiori.....	122
7.12.6	Traversi ad anima piena “D3” e “D4”.....	125
7.12.7	Aste trasversi “D6” e “D7”.....	127
7.12.8	Aste trasversi “D8”.....	127
7.13	Verifica a fessurazione soletta in direzione longitudinale.....	127
7.13.1	Armatura minima.....	128
7.13.2	Verifica a fessurazione.....	128
7.14	Connettori a taglio travi metalliche – soletta.....	131
7.14.1	Verifica in condizione ultima SLU.....	132
7.14.2	Verifica in condizione di esercizio SLE.....	134
7.15	Verifica a fatica.....	134
7.15.1	verifica per vita illimitata.....	134
7.15.1.1	Modello di carico.....	136
7.15.1.2	Coefficienti di sicurezza.....	137
7.15.2	Verifica a fatica saldatura ali-anima delle travi principali.....	138
7.15.3	Verifica a fatica saldatura tra i vari conci delle travi principali.....	139
7.16	SISTEMA DI VINCOLAMENTO.....	141
7.16.1	Isolatori Sismici.....	141
7.16.2	Vincoli Multidirezionali.....	143
7.16.3	Vincoli Monodirezionali.....	145
7.16.4	Sintesi caratteristiche.....	148
7.16.5	Sostituzione vincoli.....	148
7.17	Giunti e varco strutturale alle spalle.....	149

8	DIMENSIONAMENTO DELLA LASTRA PREDALLE	151
8.1	Premessa, analisi dei carichi e combinazioni di carico.....	151
8.2	Modelli di calcolo	154
8.3	Sollecitazioni di progetto.....	158
8.4	Verifiche di sicurezza.....	158
8.4.1	Verifica a momento negativo in corrispondenza dell'appoggio laterale	158
8.4.2	Verifica a momento positivo in campata	159
8.4.3	Verifica a momento negativo in corrispondenza della sezione di ripresa di getto	159
8.4.4	Verifica a taglio	160
8.4.5	Verifiche di deformabilità	161
9	DIMENSIONAMENTO DELLA SOLETTA.....	162
9.1	Valutazioni preliminari in merito agli effetti delle coazioni.....	163
9.2	Analisi dei carichi.....	164
9.2.1	Carichi permanenti	164
9.2.2	Guardrail (GR): 2.0 kN/m	164
9.2.3	Cordoli (C) (tratto sveltante rispetto alla soletta): 4.0 kPa.....	165
9.2.4	Pavimentazione stradale (PV): 3.50 kPa	165
9.2.5	Impianti vari (TB): 2.5 kN/m.....	166
9.2.6	Veletta (VL): 1.5 kN/m	166
9.2.7	Carichi mobili	167
9.2.8	Urto sui sicurvia dei veicoli in svio	175
9.3	Combinazioni di carico.....	177
9.4	Risultati delle analisi e verifiche di sicurezza	179
9.4.1	Verifiche di resistenza a flessione	183
9.4.1.1	Zona "tipica"	183
9.4.1.2	Zona "giunto"	185
9.4.2	Verifiche di resistenza a taglio.....	187
9.4.2.1	Zona "tipica"	187
9.4.2.2	Zona "giunto"	190
9.4.3	Verifiche a fessurazione	193
9.4.3.1	Zona "tipica"	193
9.4.3.2	Zona "giunto"	198
9.4.4	Verifiche di deformabilità	205
10	FASI DI MONTAGGIO	209

1 PREMESSA

Nell’ambito delle attività prevista per la progettazione del Viadotto Baucina (Figura 1), la presente relazione illustra i criteri di dimensionamento adottati e i risultati delle verifiche effettuate per la progettazione dell’impalcato.

Si riportano i criteri di progetto, le verifiche statiche, le prescrizioni sui materiali da impiegarsi per la realizzazione delle strutture, il tutto come illustrato negli elaborati grafici che della presente relazione fanno parte integrante.



Figura 1: Area in cui ricade il nuovo viadotto V7. Immagine Google Earth 2016.

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- [1] L. 5.11.1971, n° 1086 – “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- [2] D.M. 17.01.2018 – “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.
- [3] Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7 - “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018”
- [4] CNR-DT 207/2008: Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni
- [5] UNI ENV 1090-1:2001: Esecuzione di strutture in acciaio – Parte 1: Regole generali e regole per gli edifici;
- [6] UNI EN 1991-2:2003 Eurocodice 1- Azioni sulle strutture – Parte 2: Carichi da traffico sui ponti;
- [7] UNI ENV 1992-1-1:2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- [8] UNI ENV 1993-1-1:1994: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- [9] UNI EN 1993-1-1:2005: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- [10] UNI EN 1993-1-8:2005: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti;
- [11] UNI ENV 1994-1-1:2004: Eurocode 4 – Design of composite steel and concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings;
- [12] UNI ENV 1994-2:2005: Eurocode 4 – Design of composite steel and concrete structures – Part 2: General rules and rules for bridges.
- [13] CNR 10011/97 del 21 Dicembre 1997: Costruzioni di acciaio. Istruzioni per il calcolo, l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione.
- [14] CNR 10030/87 del 14 Gennaio 1988: Anime irrigidite di travi a parete piena.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

3 ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO

ELABORATI PROGETTO ESECUTIVO APPROVATO

[1]	Relazione geologica geomorfologica idrogeologica (PEA)	PEGERT01_31_4137
[2]	Relazione geotecnica (PEA)	PEGTRT01_31_4137
[3]	Relazione sismica (PEA)	PESIRT01_30_4137

4 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La presente relazione di calcolo si riferisce alle verifiche condotte relativamente al nuovo viadotto Baucina. La vita nominale dell'opera è assunta pari a 50 anni e la classe d'uso IV; pertanto, il periodo di riferimento per l'azione sismica è $V_R = V_N * C_U = 100$ anni.

L'opera in oggetto è un viadotto classificato come "ponte per il transito dei carichi mobili" in accordo con §5.1.3.3.4 delle NTC2018.

Esso è costituito da n. 5 campate con luci di calcolo adottate pari rispettivamente a 45 m, 55 m, 55 m, 55 m e 40 m con retro-trave di 0.5 m per una lunghezza totale di 251 m.

L'andamento planimetrico è caratterizzato da due tratti rettilinei raccordati da 3 archi di circonferenza aventi raggio di curvatura rispettivamente 29 m, 70 m e 45 m (Figura 2).

Il profilo longitudinale, illustrato in Figura 3, è sagomato come da progetto stradale.

L'impalcato del viadotto ha una larghezza complessiva di 10.50 m. Sui due cordoli esterni di larghezza 0.75 m ciascuno, è prevista l'installazione di una barriera bordo ponte. Inoltre, il viadotto presenta un'unica carreggiata di larghezza 9.00 m, ospitante le banchine e due corsie di marcia (Figura 4).

La soluzione tecnica prevista è quella di impalcato a sezione mista acciaio-calcestruzzo. L'impalcato è costituito da due travi metalliche continue a sezione "doppio T" costituite da profili saldati ad anime inclinate di 75.4° rispetto all'orizzontale di altezza costante pari a 2.50 m, su cui appoggia una soletta collaborante in c.a., avente funzionamento principale lungo la direzione trasversale. La soletta di spessore costante pari a 30 cm viene gettata su predalles prefabbricate di spessore 7 cm. Il collegamento tra travi principali e soletta è assicurato da connettori a piolo tipo Nelson.

L'interasse tra le due travi principali è pari a 5.50 m all'estradosso e di 4.20 m all'intradosso. I due sbalzi laterali misurano 2.50 m ciascuno.

La sezione è completata dai cordoli in c.a. di posizionamento delle barriere bordo ponte e da tutti gli elementi di arredo del ponte (veletta laterale in c.a., strutture leggere reggi-impianti, impianti, elementi di scolo e di raccolta delle acque meteoriche, ecc...).

Per assicurare il comportamento dell'impalcato a cassone equivalente, le travi sono collegate tra loro da controventi superiori ed inferiori e da diaframmi (o controventi trasversali).

Ad interasse pari ad un minimo di circa 4.0 m (conci in corrispondenza delle pile) ad un massimo di 5.93 m sono previsti dei controventamenti trasversali:

- realizzati in lamiera piena opportunamente irrigidita nel primo tratto della campata laterale di lunghezza 45 m ed in corrispondenza di spalle e pile;

- realizzati con profilati ad L accoppiati per i correnti superiori, per i diagonali di parete e per i correnti inferiori, nel restante sviluppo dell'impalcato

L'irrigidimento delle anime delle due travi principali è previsto mediante irrigidimenti verticali e longitudinali. Per quanto riguarda i primi, sono previste delle normali costole metalliche con interasse pari a circa 2.00 m ÷ 3.00 m a seconda del concio in oggetto, corrispondente alla metà dell'interasse previsto tra i controventamenti trasversali.

Per quanto riguarda i secondi, si prevede un elemento longitudinale nei conci di pila e nei due adiacenti a ciascuno e due elementi longitudinali nei restanti. Inferiormente e superiormente si prevede la realizzazione di una travatura reticolare costituita da diagonali a croce di "S. Andrea" costituiti da profilati a "L" per ogni campo individuato dai controventamenti trasversali di cui sopra.

La struttura metallica di impalcato verrà assemblata in opera mediante apposita officina di saldatura e varata mediante varo dal basso con autogru da 250 tonnellate.

Il sistema di vincolamento dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite: (a) n. 8 isolatori elastomerici ad elevato indice di smorzamento viscoso equivalente inquadabili secondo la tipologia di "Isolatori elastomerici" descritta al punto 11.9.7 delle NTC2018 posizionati in corrispondenza delle pile del viadotto; (b) vincoli unidirezionali (n. 2) e multidirezionali a carico negativo (n. 2) posizionati in corrispondenza delle spalle secondo lo schema indicato in Figura 5.

Le pile e spalle (strutture in elevazione) sono realizzate in calcestruzzo realizzato in opera.

I baggioli, anch'essi realizzati in opera hanno altezza variabile da 0,25 m a 0,865 m. Si noti che i baggioli della pila 2 poggiano direttamente sulla ciabatta di fondazione.

Le pile sono a sezione rettangolare e costituite da un fusto di larghezza 6,50 m e spessore 1,50 m. L'altezza di ciascuna pila, al netto della ciabatta, è pari a 5,60 m (pila 1), 7,10 m (pila 3) e 5,60 m (pila 4).

Le spalle del viadotto presentano una geometria irregolare ed altezza complessiva variabile.

In particolare, la spalla A è costituita da una pianta trapezoidale irregolare con pareti laterali rastremate e asimmetriche, per raccordarsi alla spalla di un cavalcavia preesistente.

La spalla B presenta una pianta leggermente trapezoidale, per seguire lo sviluppo curvilineo dell'impalcato sovrastante con pareti laterali a spessore costante di 0,50 m.

Entrambe le spalle sono costituite da un fusto di spessore 2,35 m per la parte antistante il piano di appoggio dell'impalcato.

Le strutture di fondazione del Viadotto sono realizzate mediante pali trivellati di grande diametro (1,00 m) e ciabatte di fondazione realizzate in opera.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

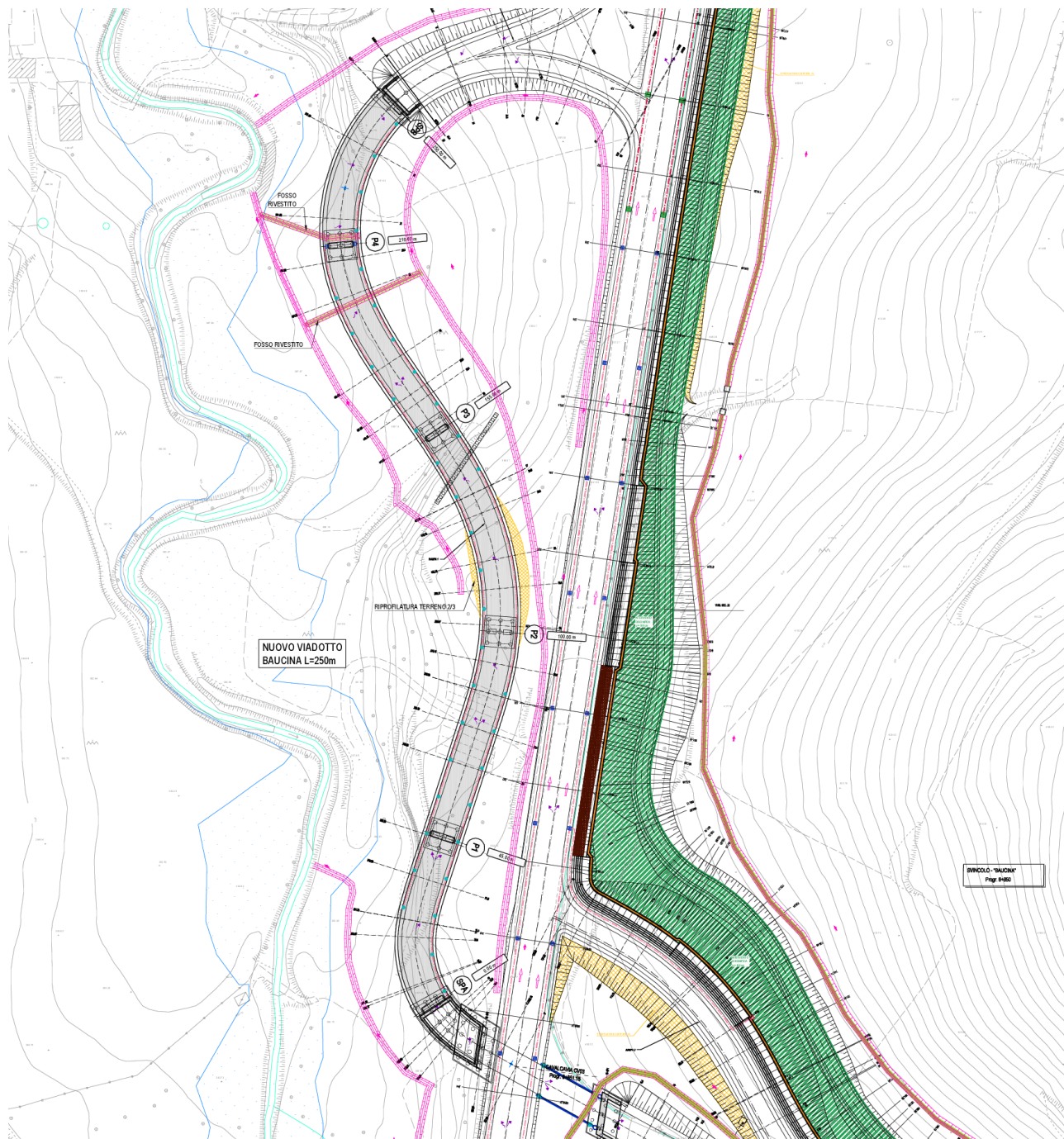


Figura 2: Planimetria dell'opera.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

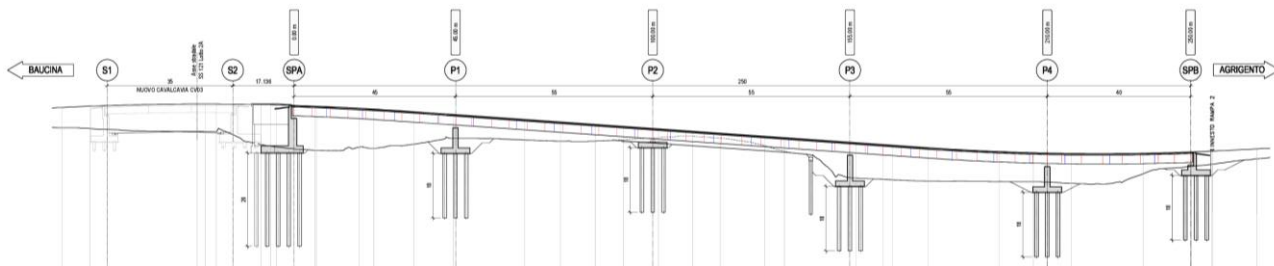


Figura 3: Profilo longitudinale dell'opera.

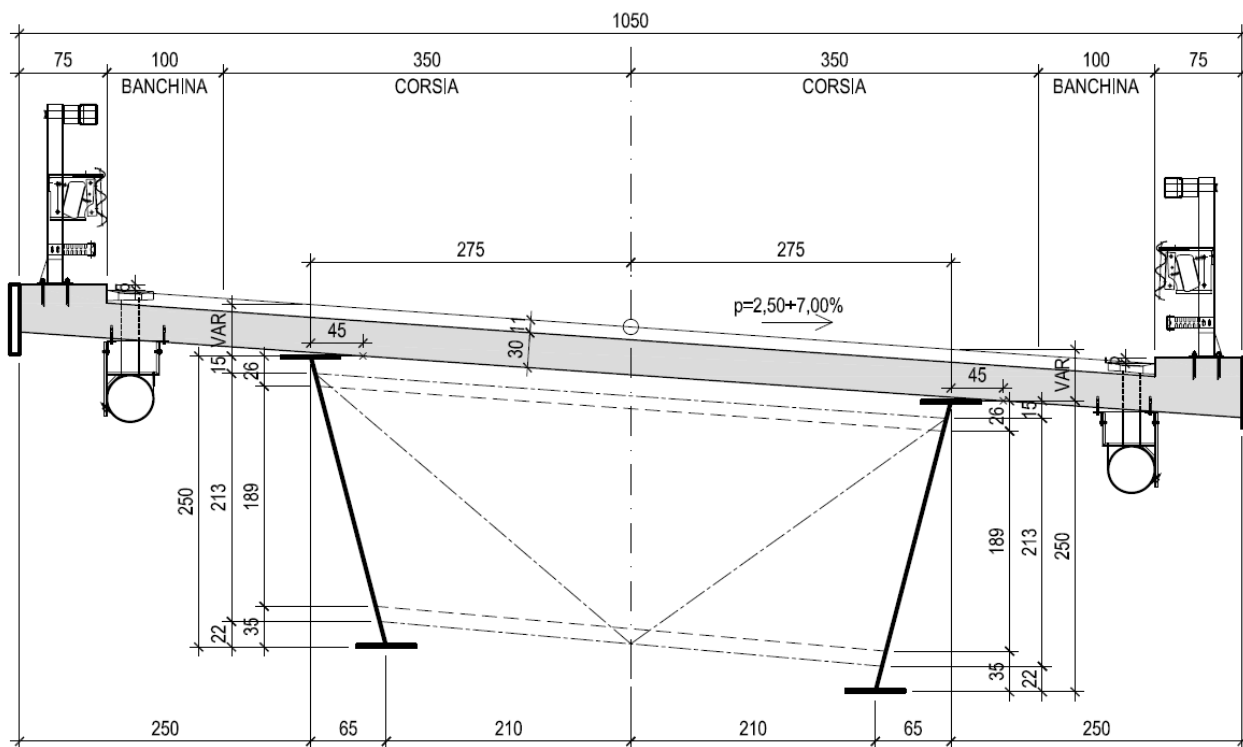


Figura 4: Sezione tipica dell'impalcato.

SCHEMA PLANIMETRICO DEI VINCOLI

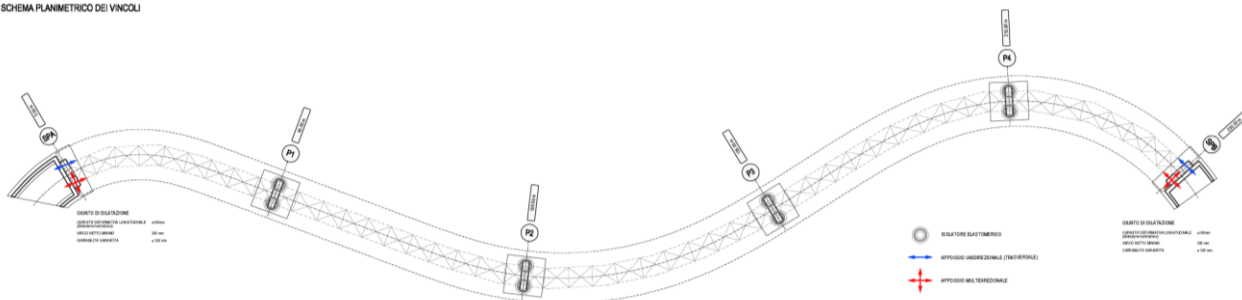


Figura 5: Schema di vincolamento dell'impalcato.

5 MATERIALI

Il progetto strutturale prevede l'uso dei materiali con le caratteristiche meccaniche minime riportate nei paragrafi seguenti. Per il tipo di materiali utilizzati si fa sempre riferimento alla "tabella materiali" riportata in Figura 6 e in Figura 7 . Le stesse vengono elencate anche nel paragrafo successivo.

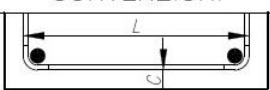
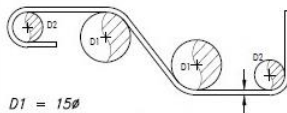
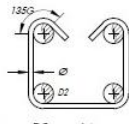
TABELLA MATERIALI NUOVI VIADOTTI					
CALCESTRUZZI conformi alle norme UNI EN 206-1, uni 11104 e al d.m. 17/01/2018		cl. Resistenza	cl. Consistenza	cl. Esposizione	Ø max aggregato (mm)
	GETTI DI PULIZIA	C12/15	S4	-	32
	PALI FONDAZIONE E PARATIE	C30/37	S4	XA1	32
	FONDAZIONI E TRAVI DI CORONAMENTO	C30/37	S4	XA1	32
	RIEMPIMENTO POZZO DI FONDAZIONE	C20/25	S4	XC2	32
	ELEVAZIONI PILE E SPALLE	C32/40	S4	XC4	32
	SOLETTA IMPALCATO	C32/40	S4	XC4	25
	SPRITZ - BETON	C20/25	S4/S5	-	-
	VELETTA	C25/30	S4	XC2	25
	PREDALLES	C32/40	S4	XC4	25
ACCIAIO IN BARRE PER GETTI	ARMATURE	B450C	Controllo entro 30 gg. dalla data di consegna in cantiere per ciascun lotto di spedizione - approvazione sulle scelte dei diametri della D. L.		
	COPRIFERRI		CONVENZIONI		
Pali di fondazione 6.0 cm Fondazione 4.0 cm Elevazione 4.0 cm Soletta impalcato (estradosso) 4.0 cm		 <p>- MISURAZIONE DEL COPRIFERRO NETTO; - LA LUNGHEZZA DELLE PARTI DI BARRE (ESPRESSA IN cm) E' "FUORI TUTTO" NORME ISO/DIN 4066)</p>			
DIAMETRI MINIMI DI PIEGATURA					
Armatura principale			Staffe		
 <p>D1 = 15Ø Ø < 20 mm → D2 = 6Ø Ø > 20 mm → D2 = 8Ø</p>			 <p>Ø < 16 mm → D2 = 4Ø Ø ≥ 16 mm → Vedi armatura princ.</p>		

Figura 6: Tabella materiali.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

NOTE GENERALI:

PONTE DI 1[^] CATEGORIA – NORMATIVE DI RIFERIMENTO

D.M. 17/01/2018 G.U. n.42 del 20/02/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"
 C.M. n.7 del 21/01/2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018"
 UNI EN 1090

ACCIAIO DA CARPENTERIA

Gli elementi in acciaio da carpenteria devono essere realizzati e qualificati secondo la marcatura CE ai sensi della normativa UNI EN 1090-1 e UNI EN 1090-2.

Classe di esecuzione: EXC3

Elementi saldati – UNI EN 10025

Acciaio S355J0W per spessori < 20 mm;

Acciaio S355J2W+N per spessori > 20 mm e < 40 mm;

Acciaio S355K2W+N per spessori > 40 mm;

Elementi non saldati, profilati e piastre sciolte – UNI EN 10025

Acciaio S355J0W

UNIONI BULLONATE:

NTC2018, UNI EN 15048-1, UNI EN 14399-1, UNI EN ISO 4016 e UNI 5592

Giunzioni a taglio:

Viti classi 10.9 (UNI EN ISO 898-1)

Dadi classe 10 (UNI EN ISO 898-2)

Giunzioni ad attrito:

Viti classi 10.9 (UNI EN 14399-3/4)

Dadi classe 10 (UNI EN 14399-3/4)

Rosette in acciaio C50 UNI EN10083-2 (HRC 32-40)

Precarico e coppia di serraggio: UNI EN 1993-1-8 e UNI EN 1090.

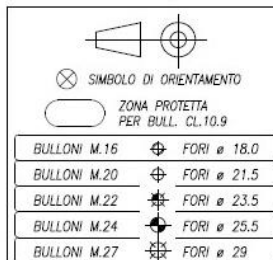
I bulloni devono essere disposti in opera con una rosetta posta sotto il dado ed una sotto la testa della vite e dovranno essere contrassegnati con le indicazioni del produttore, la classe di resistenza e la marcatura CE. I bulloni a contatto con acciaio autopatinabile (tipo "W") devono avere finitura superficiale di semplice brunitura, tutti gli altri dovranno essere zincati a caldo.

Classe funzionale K2 – Coppie di serraggio

BULLONE	SERRAGGIO	k
M16-10.9	293 N.m.	0.2
M24-10.9	949 N.m.	0.2
M27-10.9	1.388 N.m.	0.2

N.B. Le superfici di contatto dei giunti bullonati ad attrito, dovranno essere spazzolate e/o sabbiate prima dell'assemblamento del giunto in modo da garantire $um \geq 0,30$;

N.B. I bulloni disposti verticalmente, se possibile, avranno la testa della vite verso l'alto ed il dado verso il basso ed avranno una rosetta sotto la vite ed una sotto il dado.



Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

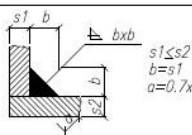
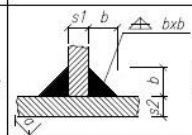
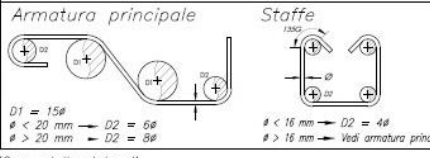
<p>UNIONI SALDATE: Le saldature saranno eseguite ad arco elettrico da personale qualificato, con materiale di apporto di resistenza uguale o superiore a quella degli elementi collegati (UNI EN ISO 4063 – UNI EN 287-1 – UNI EN 1418 – UNI EN 15614-1 – UNI EN 1011 – UNI EN ISO 9692). Salvo diversa indicazione le superfici di contatto tra profili/piatti si intendono unite mediante saldatura a completa penetrazione con adeguata preparazione preliminare dei lembi da saldare (cianfrinatura), estesa all'intero perimetro di contatto. Le unioni saldate tra i conci metallici delle travi si prevedono a completa penetrazione di 1° classe, eseguite con adeguata preparazione dei lembi, molate a regola d'arte nella direzione degli sforzi e soggette a controlli non distruttivi. In alternativa, previa autorizzazione della DL, le saldature potranno essere eseguite a cordone d'angolo rispettando le seguenti indicazioni: i cordoni che uniscono due laminati di spessori t_1 e t_2 ($t_1 \neq t_2$) devono avere spessore $s=t_2$; l'altezza di gola del cordone (hg) deve risultare $hg \geq 0,7*s$. In relazione alla tipologia dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, il costruttore deve essere certificato secondo la norma UNI EN ISO 3834 parti 2 e 4. I controlli sulle saldature dovranno essere conformi alla classe di esecuzione individuata. Il Produttore è tenuto a concordare preventivamente la campagna di controlli sulle saldature con il D.L. e con il Collaudatore, che potranno prescrivere controlli aggiuntivi rispetto ai minimi previsti per la classe di esecuzione definita, anche in relazione ai controlli di accettazione in cantiere, che potranno essere coordinati con quelli di produzione in fabbrica. Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si può fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN ISO 17635.</p>		
<p>CORDONE SINGOLO</p>  <p>$s_1 \leq s_2$ $b = s_1$ $a = 0,7 * s_1$</p>	<p>CORDONI CONTRAPPOSTI</p>  <p>$s_1 \leq s_2$ $a = 0,7 * b$ $b = 0,5 * s_1$</p>	<p>PIOLI: Secondo UNI EN ISO 13918 Pioli tipo NELSON $\phi=25$ - H=200 Acciaio S235J2G3+C450 $f_y > 350$ MPa; $f_u > 450$ MPa; Allungamento $> 15\%$; Strizione $> 50\%$</p>
<p>CEMENTO ARMATO SOLETTA</p>		
<p>CALCESTRUZZO PER IMPALCATO CLASSE C32/40 – Rck 40 MPa a 28 g.g. – Contenuto minimo cemento/mc=340 CLASSE DI ESPOSIZIONE XC4 LAVORABILITA' SLUMP S4 DIMENSIONE MASSIMA DELL'INERTE 25 mm</p>	<p>DIAMETRI MINIMI DI PIEGATURA</p>  <p>Armatura principale Staffe</p> <p>$D1 = 15\phi$ $\phi < 20$ mm → $D2 = 5\phi$ $\phi > 20$ mm → $D2 = 8\phi$</p> <p>$\phi < 16$ mm → $D2 = 4\phi$ $\phi > 16$ mm → $D2 = 5\phi$ (vedi armatura princ.)</p>	
<p>ACCIAIO PER ARMATURA TIPO B450C CONTROLLATO (* controllo entro 30g.g. dalla data di consegna in cantiere per ciascun lotto di spedizione – approvazione sulle scelte dei diametri della Direzione Lavori) $f_{y,k} > 450$ N/mmq $f_{t,k} > 540$ N/mmq $e_{su,k} > 7,5\%$ $1,15 \leq F_t / F_y < 1,35$ $f_{y,eff} / f_{y,nom} \leq 1,25$</p>		
<p>NOTE :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Saldature a piena penetrazione I CLASSE – secondo UNI 5132, tutte le saldature dovranno essere continue - Le specifiche e la sequenza esecutiva delle saldature saranno concordate con l'ISTITUTO ITALIANO DELLA SALDATURA - I bulloni dovranno essere montati in opera con una rondella sotto la testa della vite e una sotto il dado; - Slots circolari su nervature R=40, salvo diversamente indicato; - Le superfici di contatto dei bulloni devono essere spazzolate a fondo e sgrassate all'atto del montaggio; - Prima di procedere al disegno costruttivo degli elementi strutturali sia metallici sia in c.a. verificare la corretta geometria stradale dal punto di vista piano-altimetrico. 		
<p>COPRIFERRO STRUTTURE IN OPERA</p> <p>Per solette impalcato => 40 mm (estradosso)</p>		
<p>NOTE GENERALI SULL'ARMATURA</p> <p>Sovrapposizione minima come da prescrizione Eurocodice 2/2005</p>		

Figura 7: Note generali.

5.1 ACCIAIO

5.1.1 Acciaio per carpenteria

I profili metallici sia saldati sia laminati ed il piastrame sono realizzati con l'impiego di acciaio strutturale per carpenteria nelle qualità sottoindicate, in accordo con la norma UNI EN 10025.

Le giunzioni saranno effettuate con saldature e bullonature in conformità alle prescrizioni del paragrafo 11.3.4 delle NTC2018. Le modalità di accettazione ed i controlli verranno effettuati in accordo alle prescrizioni del paragrafo 11.3.4 delle NTC2018.

Gli elementi in acciaio da carpenteria devono essere realizzati e qualificati secondo la marcatura CE ai sensi della normativa UNI EN 1090-1 e UNI EN 1090-2.

Ai sensi della norma UNI EN 1090-2, che individua quattro classi di esecuzione identificate da EXC1 a EXC4 e i relativi requisiti, le opere da realizzare dovranno essere classificate come classe di esecuzione EXC3.

La tensione di snervamento nelle prove meccaniche nonché il CEV nell'analisi chimica dovranno essere nei limiti delle UNI EN 10025.

5.1.1.1 *Elementi saldati*

Secondo UNI EN 10025

Acciaio S355J0W per spessori < 20 mm;

Acciaio S355J2W+N per spessori > 20 mm e < 40 mm;

Acciaio S355K2W+N per spessori > 40 mm;

5.1.1.2 *Elementi non saldati, profilati e piastre sciolte*

Acciaio S355J0W UNI EN 10025

5.1.1.3 *Unioni bullonate*

Secondo NTC2018, UNI EN 15048-1, UNI EN 14399-1, UNI EN ISO 4016 e UNI 5592

Giunzioni a taglio:

Viti classi 10.9 (UNI EN ISO 898-1)

Dadi classe 10 (UNI EN ISO 898-2)

Giunzioni ad attrito:

Viti classi 10.9 (UNI EN 14399-3/4)

Dadi classe 10 (UNI EN 14399-3/4)

Rosette in acciaio C50 UNI EN10083-2 (HRC 32-40)

Prearico e coppia di serraggio: secondo UNI EN 1993-1-8 e UNI ENV 1090.

I bulloni devono essere disposti in opera con una rosetta posta sotto il dado ed una sotto la testa della vite e dovranno essere contrassegnati con le indicazioni del produttore, la classe di resistenza e la marcatura CE. I bulloni a contatto con acciaio autopatinabile (tipo "W") devono avere finitura superficiale di semplice brunitura, tutti gli altri dovranno essere zincati a caldo.

5.1.1.4 *Unioni saldate*

Ferme restando le eventuali più restrittive prescrizioni delle norme applicabili, nel rispetto della classe di esecuzione definita, le saldature saranno eseguite ad arco elettrico da personale qualificato, con materiale di apporto di resistenza uguale o superiore a quella degli elementi collegati (UNI EN ISO 4063 - UNI EN 287-1 - UNI EN 1418 - UNI EN 15614-1 - UNI EN 1011 - UNI EN ISO 9692).

Salvo diversa indicazione le superfici di contatto tra profili/piatti si intendono unite mediante saldatura a completa penetrazione con adeguata preparazione preliminare dei lembi da saldare (cianfrinatura), estesa all'intero perimetro di contatto.

Le unioni saldate tra i conci metallici delle travi si prevedono a completa penetrazione di 1° classe, eseguite con adeguata preparazione dei lembi, molate a regola d'arte nella direzione degli sforzi e soggette a controlli non distruttivi.

In alternativa, previa autorizzazione della DL, le saldature potranno essere eseguite a cordone d'angolo rispettando le seguenti indicazioni: i cordoni che uniscono due laminati di spessori t_1 e t_2 ($t_1 \geq t_2$) devono avere spessore $s=t_2$; l'altezza di gola del cordone (hg) deve risultare $hg \geq 0.7*s$.

In relazione alla tipologia dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, il costruttore deve essere certificato secondo la norma UNI EN ISO 3834 parti 2 e 4.

I controlli sulle saldature dovranno essere conformi alla classe di esecuzione individuata. Il Produttore è tenuto a concordare preventivamente la campagna di controlli sulle saldature con il D.L. e con il Collaudatore, che potranno prescrivere controlli aggiuntivi rispetto ai minimi previsti per la classe di esecuzione definita, anche in relazione ai controlli di accettazione in cantiere, che potranno essere coordinati con quelli di produzione in fabbrica. Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si può fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN ISO 17635.

5.1.2 **Connettori a piolo**

I connettori a piolo, tipo Nelson, conforme a quanto prescritto al paragrafo 11.3.4.7 delle NTC2018.

Secondo UNI EN ISO 13918

Pioli tipo NELSON $\Phi=25$ - $H=200$ mm

Acciaio ex ST 37-3K (S235J2G3+C450)

$f_y > 350$ MPa;

$f_u > 450$ MPa;

Allungamento $>15\%$;

Strizione $>50\%$.

5.1.3 Acciaio per armatura strutture in c.a.

Barre ad aderenza migliorata, saldabile, tipo B450C dotato delle seguenti caratteristiche meccaniche:

tensione caratteristica di rottura:	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
allungamento caratteristico:	$\geq 7.5 \%$
rapporto tensione di rottura/ tensione di snervamento:	$1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

5.2 CALCESTRUZZO

5.2.1 Soletta Impalcato

Classe di resistenza:	C32/40
dimensione massima dell'inerte:	$D_{max} = 25 \text{ mm}$
classe di esposizione:	XC4
classe di consistenza:	S4
copriferro minimo (estradosso):	$C_{f,min} \geq 40 \text{ mm}$

5.3 APERTURA LIMITE FESSURE

Con riferimento a quanto descritto ai paragrafi precedenti viene determinata per ogni tipologia di getto in conglomerato cementizio armato la classe di esposizione: ciò, ai sensi della Tab. 4.1.III delle NTC2018, qualifica automaticamente la "Condizione ambientale".

Tabella 1: classe di esposizione in funzione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

In relazione alle classi di esposizione adottate, per il conglomerato che costituisce l'impalcato ci si riferirà alla condizione ambientale "Aggressiva".

Nella Tabella 2 sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle condizioni ambientale e al tipo di armatura secondo le NTC2018.

Essendo classificati gli acciai ordinari come armature poco sensibili, l’apertura limite delle fessure è da considerarsi 0,3 mm per le combinazioni di azioni agli SLE frequenti (Eq. §2.5.3 NTC2018) e 0,2 mm per le combinazioni di azioni agli SLE quasi permanenti (Eq. §2.5.4 NTC2018).

Tabella 2: Criteri dello stato limite di fessurazione

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

$w_1 = 0.2 \text{ mm};$

$w_2 = 0.3 \text{ mm};$

$w_3 = 0.4 \text{ mm}.$

5.4 PROCEDURE E PROVE DI ACCETTAZIONE

Le procedure e le prove sperimentali di accettazione dei materiali devono essere conformi a quanto richiesto nel cap.11 delle NTC2018 e relativa circolare esplicativa. Nello specifico:

- Calcestruzzo in opera: dev’essere conforme a quanto riportato nei par. 11.2.4, 11.2.5 e relativi sottoparagrafi;
- Componenti prefabbricati in c.a.: devono essere conformi a quanto riportato nei par. 11.8, e relativi sottoparagrafi;
- Acciaio da c.a. ordinario – barre e rotoli: dev’essere conforme a quanto riportato nel par. 11.3.2.10 e relativi sottoparagrafi;
- Acciaio da c.a. ordinario – reti e tralicci elettrosaldati: dev’essere conforme a quanto riportato nel par. 11.3.2.10 e relativi sottoparagrafi;
- Acciai per strutture metalliche e per strutture composte: devono essere conformi a quanto riportato nel par. 11.3.4.11 e relativi sottoparagrafi.

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

6.1 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Come stabilito nel C.S.A. la progettazione delle strutture farà riferimento a:

- vita nominale: $V_N = 50$ anni
- classe d'uso: IV

da cui risulta:

- coefficiente d'uso: $C_U = 2.0$
- periodo di riferimento per l'azione sismica: $V_R = V_N \times C_U = 100$ anni

6.2 VARIABILITA' SPAZIALE DEL MOTO

La variabilità spaziale del moto è da considerare solo per opere con sviluppo longitudinale significativo. Nel caso in esame la lunghezza del viadotto in oggetto di circa 250 m non è tale da ritenere che il moto sismico possa avere caratteristiche differenti lungo lo sviluppo dell'opera.

D'altra parte, lungo la lunghezza del viadotto le condizioni del sottosuolo sono omogenee in quanto è presente la stessa formazione di substrato (si veda la relazione geologica), per cui non sono da attendersi differenze nella risposta locale del terreno.

In aggiunta, il sistema fondale, che prevede pali immorsati nel substrato, è sufficientemente rigido da rendere ragionevolmente minimi gli spostamenti relativi e pertanto trascurabile la variabilità spaziale del moto. Alla luce di queste considerazioni, verrà utilizzata un'unica azione sismica di riferimento in accordo a quanto riportato nel paragrafo successivo.

6.3 AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Il calcolo delle azioni sismiche, di seguito descritte, viene condotto nel rispetto delle “Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008” e s.m.i., cioè NTC2018.

Le coordinate geografiche di riferimento (secondo sistema ED50) per l’opera in esame sono:

Longitudine: 13°.500633
 Latitudine: 37°.920207

Tabella 3: Parametri sismici per la definizione dello spettro di progetto

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	60	0.061	2.365	0.262
SLD	101	0.078	2.374	0.276
SLV	949	0.187	2.476	0.318
SLC	1950	0.236	2.533	0.328

Per le analisi in condizioni sismiche è stato preso a riferimento lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) e dunque i seguenti parametri:

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.187 g
F_o	2.476
T_C^*	0.318 s
S_S	1.200
C_C	1.383
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.147 s
T_C	0.440 s
T_D	2.348 s

Pertanto per le analisi in condizioni sismiche dell’opera in oggetto sono stati utilizzati i seguenti valori:

- categoria di sottosuolo:

B

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

- Coefficiente topografico: $S_t=1.00$
- fattore di sito: $S_s = 1.200$;
- accelerazione orizzontale su sito di riferimento rigido: $a_g = 0.187 \text{ g}$;
- massima accelerazione su sottosuolo tipo B $a_{\max} = 0.224 \text{ g}$.

7 DIMENSIONAMENTO DELL' IMPALCATO

7.1 MODELLI, FASI DI CALCOLO E CARATTERISTICHE INERZIALI DELLE SEZIONI

Il dimensionamento dell'opera è stato ottenuto mediante diverse modellazioni ad elementi finiti tramite il programma di calcolo "SAP2000" della "Computers & Structures Inc.", Berkeley – California (USA). Si è analizzato lo stato tensionale e deformativo dell'opera in diverse fasi di calcolo, ognuna caratterizzata da certi carichi agenti e da sezioni di impalcato aventi caratteristiche geometrico-inerziali differenti.

7.1.1 Fasi di calcolo e carichi corrispondenti

Vista la tipologia di impalcato a sezione mista acciaio-calcestruzzo, si sono prese in esame le seguenti tre fasi di calcolo, corrispondenti al grado di maturazione del getto di calcestruzzo, e quindi ai diversi livelli di rigidità e caratteristiche statiche delle sezioni:

- Fase 1: considera il peso proprio della struttura metallica, delle lastre prefabbricate e del getto della soletta, che è ancora inerte. La sezione resistente corrisponde alle sole strutture metalliche;
- Fase 2a: si assumono resistenti le strutture metalliche e la soletta collaborante considerando un modulo elastico del conglomerato cementizio a lungo termine ($n=18.89$) per la determinazione degli effetti di carichi di lunga durata (sovraccarichi permanenti, ritiro, cedimenti);
- Fase 2b: si assumono resistenti le strutture metalliche e la soletta collaborante considerando un modulo elastico del conglomerato cementizio a breve termine ($n=6.30$) per la determinazione degli effetti di carichi di breve durata (veicoli, vento, variazioni termiche).

In virtù di quanto riportato al punto 4.3.2.2.1 delle NTC2018 e agendo in maniera semplificata, ma cautelativa, per gli elementi metallici in condizione sismica, la fase 2a e la fase 2b sono state esaminate in un'unica fase 2 considerando un modulo elastico per il conglomerato cementizio pari al 50% di quello medio istantaneo (coefficiente di omogeneizzazione assunto pari a $n = 13$).

Inoltre, per quanto riguarda la verifica di deformabilità relativamente ai carichi mobili e per la valutazione dei modi di vibrare proprio dell'opera si è considerato un modello in cui si assumono resistenti le strutture metalliche e la soletta collaborante considerando un modulo elastico del conglomerato cementizio a breve termine ($n = 6.6$).

7.1.2 Modelli di calcolo

Per quanto riguarda l'analisi globale dell'opera, si sono realizzati differenti modelli di calcolo con elementi finiti monodimensionali tipo “frames” al fine di analizzarne le fasi costruttive e d'esercizio.

In particolare:

- Modello di calcolo “Fase 1”. Il modello è finalizzato alla determinazione dello stato tensio-deformativo dell'opera in fase di getto della soletta di impalcato e pertanto schematizza come impalcato la sola struttura metallica soggetta al peso proprio ed al carico del peso della soletta fluida;
- Modello di calcolo “SLU Fase 2a”. Il modello è finalizzato alla determinazione dello stato tensio-deformativo dell'opera in fase finale a lungo termine in condizione statica e pertanto schematizza come impalcato la struttura metallica con soletta in c.a. collaborante soggetto ai carichi permanenti portati, al ritiro, ai possibili cedimenti vincolari di pile o spalle. Il modulo elastico E del conglomerato cementizio è stato assegnato pari ad 1/3 del modulo istantaneo;
- Modello di calcolo “SLU Fase 2b”. Il modello è finalizzato alla determinazione dello stato tensio-deformativo dell'opera in fase finale a breve termine in condizione statica e pertanto schematizza come impalcato la struttura metallica con soletta in c.a. collaborante soggetto alle variazioni termiche, ai carichi mobili e al vento. Il modulo elastico E del conglomerato cementizio è stato assegnato pari al modulo istantaneo;
- Modello di calcolo “SLC”. Il modello è finalizzato alla determinazione dello stato tensio-deformativo dell'opera in fase finale in condizione sismica e pertanto schematizza come impalcato la struttura metallica con soletta in c.a. collaborante soggetto ai carichi permanenti portati, al ritiro, alle variazioni termiche e al sisma. Il modulo elastico E del conglomerato cementizio è stato assegnato pari al 50% del modulo istantaneo. Tale modello è utilizzato anche per indagare lo stato tensionale e deformativo degli elementi strutturali in condizione di stato limite SLV in quanto la rigidezza degli isolatori, che dipende dal loro massimo spostamento, non subisce variazioni importanti;
- Modello di calcolo “SLE”. Il modello è finalizzato alla determinazione dello stato deformativo dell'opera in fase di normale esercizio e pertanto schematizza come impalcato la struttura metallica con soletta in c.a. collaborante soggetto ai carichi permanenti portati, al ritiro, alle variazioni termiche, ai possibili cedimenti vincolari di pile o spalle, ai carichi mobili e al vento. Il modulo elastico E del conglomerato cementizio è stato assegnato pari al valore del modulo istantaneo;
- Modello di calcolo “SLD”. Il modello è finalizzato alla determinazione dello stato deformativo dell'opera in fase di sisma non violento e pertanto schematizza come impalcato la struttura metallica con soletta in c.a. collaborante soggetto ai carichi permanenti portati, al ritiro, alle

variazioni termiche, ai possibili cedimenti vincolari di pile o spalle e all'azione sismica per la condizione SLD. Il modulo elastico E del conglomerato cementizio è stato assegnato pari al 50% del valore del modulo istantaneo.

Per i modelli ad elementi monodimensionali valgono i seguenti dettagli:

- L'impalcato è schematizzato con una serie di elementi “frames” che ne rappresentano la sezione e la suddivisione in conci. Operativamente si è schematizzato l'insieme delle due travi, della reticolare inferiore e della soletta come una sezione a cassone equivalente per la quale si è determinato lo spessore della piattabanda inferiore secondo criteri di equivalenza statica noti in letteratura tecnica (si veda, ad esempio, “Torsion in structures: an engineering approach” di C.F. Kollbrunner e K. Basler). Lo spessore della piattabanda inferiore equivalente alla struttura reticolare (valore che ha poi un'importanza e una variabilità modesta nello studio globale dell'impalcato) si è fissato per tutte le sezioni pari a 10.0 mm;
- Per i conci in pila e intermedi (si veda in seguito) nel modello “SLU Fase 2a”, “SLU Fase 2b”, “SLC” si è ridotto il momento d'inerzia rispetto all'asse d'inerzia orizzontale per trascurare il contributo della soletta in c.a. ipotizzata fessurata in tali zone e si è invece considerata l'armatura metallica di soletta;
- Il vincolamento dell'impalcato alle sottostrutture è modellato rispettando la reale differenza di quota tra i nodi dovuta all'altezza dell'impalcato tramite vincolamenti interni a corpo rigido (“joint constrains”). Il vincolamento è modellato tramite elementi di collegamento “link” di tipo elastico-lineare che schematizzano gli apparecchi d'appoggio multidirezionali e monodirezionali e gli isolatori sismici elastomerici i cui valori di rigidezza orizzontale e indice di smorzamento viscoso equivalente sono differenti per i modelli realizzati e sono pari ai valori riportati al punto 7.3. La serie di elementi “frames” schematizzanti l'intero impalcato è stata modellata rispettando l'andamento altimetrico ed è stato assegnato loro un “insertion point” in modo da impostare a tale quota l'estradosso delle travi metalliche;
- Le pile sono schematizzate con elementi “frames” verticali alla cui sommità si collegano gli isolatori sismici tramite vincolamenti interni a corpo rigido denominati “joint constrains”. La sezione trasversale della pila è schematizzata come un elemento trave a sezione rettangolare opportunamente orientato.
- Le spalle non sono schematizzate in quanto analizzate con una modellazione dedicata (si veda in proposito la relazione sulle sottostrutture dedicata); il modello termina con due elementi di collegamento “link” schematizzanti il vincolo unidirezionale e multidirezionale ed incastrati alla base.

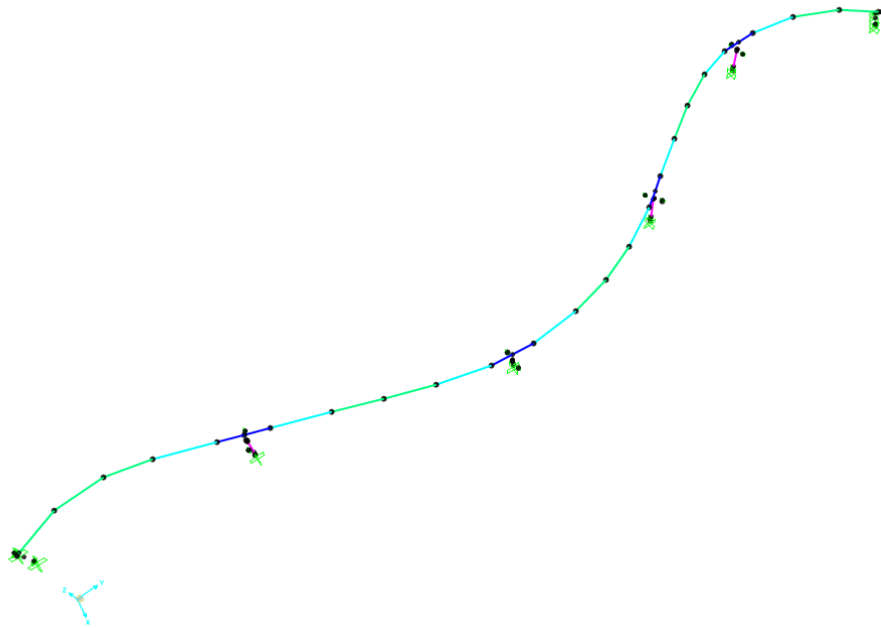


Figura 8: Modello agli elementi finiti – vista globale dall'alto

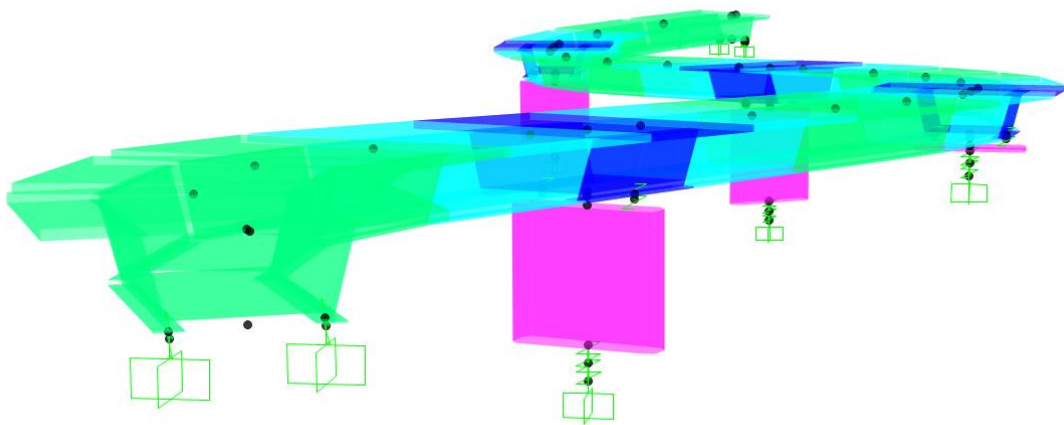


Figura 9: Modello agli elementi finiti – vista frontale con ingombro solido elementi

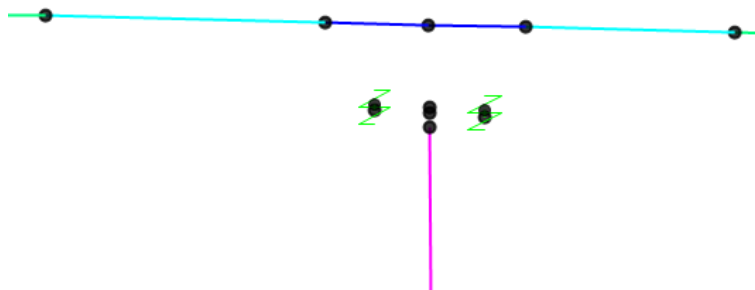


Figura 10: Modello agli elementi finiti – particolare collegamento impalcato - pile

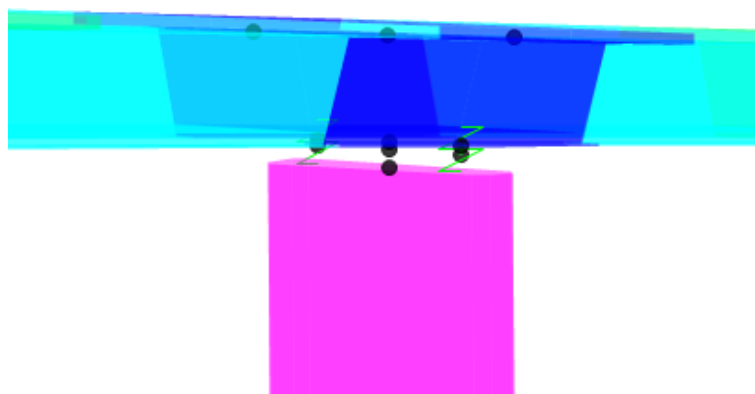


Figura 11: Modello agli elementi finiti – particolare pile con ingombro solido elementi

7.1.3 Caratteristiche geometrico-inerziali delle sezioni

Per quanto attiene alle sezioni trasversali dell'impalcato implementate, valgono le proprietà geometrico-inerziali riportate nelle Tabelle seguenti e utilizzate nei calcoli di dimensionamento.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Tabella 4: descrizione dei conci costituenti l'impalcato

CONCIO NUM.	L (m)	TIPOLOGIA SEZ.	L PROGRESSIVA (m)	Peso (KN/m)	Peso (KN)	
1	9.51	CONCIO CAMPATA	9.51	11.82	112.43	
2	10	CONCIO CAMPATA	19.51	11.82	118.22	
3	8.99	CONCIO CAMPATA	28.5	11.82	106.28	
4	12	CONCIO INTERMEDIO	40.5	16.88	202.56	
5	10	CONCIO PILA	50.5	25.18	251.82	
6	12	CONCIO INTERMEDIO	62.5	16.88	202.56	
7	10.51	CONCIO CAMPATA	73.01	11.82	124.25	
8	10.5	CONCIO CAMPATA	83.51	11.82	124.13	
9	12	CONCIO INTERMEDIO	95.51	16.88	202.56	
10	9.98	CONCIO PILA	105.49	25.18	251.32	
11	12	CONCIO INTERMEDIO	117.49	16.88	202.56	
12	10.51	CONCIO CAMPATA	128	11.82	124.25	
13	10.5	CONCIO CAMPATA	138.5	11.82	124.13	
14	12	CONCIO INTERMEDIO	150.5	17.35	208.21	
15	10	CONCIO PILA	160.5	25.18	251.82	
16	12	CONCIO INTERMEDIO	172.5	16.88	202.56	
17	11.54	CONCIO CAMPATA	184.04	11.82	136.43	
18	11.54	CONCIO CAMPATA	195.58	11.82	136.43	
19	9.95	CONCIO INTERMEDIO	205.53	16.88	167.95	
20	9.96	CONCIO PILA	215.49	25.18	250.82	
21	12.51	CONCIO INTERMEDIO	228	16.88	211.17	
22	12.49	CONCIO CAMPATA	240.49	11.82	147.66	
23	10.51	CONCIO CAMPATA	251	11.82	124.25	
				TOT =	3984.37	kN

Tabella 5: caratteristiche geometriche principali delle travi metalliche

	H _{tot}	B _s	B _i	t _s	t _i	t _w
CONCIO	Altezza totale	Larghezza ala superiore	Larghezza ala inferiore	Spessore ala superiore	Spessore ala inferiore	Spessore anima
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
PILA	2500	900	1000	40	65	24
INTERMEDIO	2500	500	850	30	50	20
CAMPATA	2500	400	800	20	40	14

Tabella 6: concio in pila – struttura metallica

Caratteristiche trave metallica		
Altezza totale cassone h	2.500	m
Larghezza ali superiori b_{sup}	0.900	m
Larghezza ala inferiore b_{inf}	2.000	m
Spessore ali superiori $t_{f,sup}$	0.040	m
Spessore ala inferiore $t_{f,inf}$	0.065	m
Spessore anime t_w	0.024	m
Interasse estradosso anime	5.500	m
Interasse intradosso anime	4.200	m
Area linea media per torsione (FASE 1)	10.360	m ²
Angolo anima rispetto all'orizzontale	75.4	°
Angolo anima rispetto all'orizzontale	1.316	rad
Area sezione trasversale A	0.320796	m ²
Altezza baricentro da intradosso	1.037	m
Momento di inerzia baricentrico J asse orizzontale	0.3440	m ⁴
Momento di inerzia baricentrico J asse verticale	1.8321	m ⁴
Momento di inerzia baricentrico J asse verticale con armatura	2.2124	m ⁴
Momento di inerzia baricentrico J asse verticale con soletta	6.4258	m ⁴
Modulo di flessione intradosso - fibra 1	0.3316033	m ³
Modulo di flessione - fibra 2	0.3537713	m ³
Modulo di flessione - fibra 3	-0.241778	m ³
Modulo di flessione - fibra 4	-0.235166	m ³
Modulo di flessione verticale - ala sup	0.6662139	m ³
Modulo di flessione verticale - ala inf	0.8724229	m ³
Modulo di flessione verticale - ala sup armatura	0.8044937	m ³
Modulo di flessione verticale - ala inf armatura	1.0535036	m ³
Modulo di flessione verticale - ala sup soletta	2.3366684	m ³
Modulo di flessione verticale - ala inf soletta	3.0599229	m ³
Peso al m	25.18	kN/m
Area a taglio lungo y $A_{v,y}$	0.1200	m ²

Tabella 7: concio in pila – struttura metallica + armatura soletta breve termine

Armatura superiore in soletta		
Diametro	24	mm
Numero	53	-
Area	0.0240	m ²
Distanza da estradosso soletta	0.072	m
Armatura inferiore in soletta		
Diametro	20	mm
Numero	53	-
Area	0.0167	m ²
Distanza da intradosso soletta	0.09	m
Contributo armatura per il momento di inerzia rispetto all'asse verticale	0.3802694	m ⁴
passo armatura	0.2	m

Caratteristiche sezione omogeneizzata ad Acciaio		
Area trasversale A_{id}	0.8208	m ²
Altezza baricentro da intradosso y_{id}	2.0197	m
Momento di inerzia baricentrico J_{id}	0.8560	m ⁴
Area resistente a taglio direzione y $A_{v,y}$	0.1200	m ²
Area linea media per torsione (FASE 2)	12.01	m ²
Sc/J_{id} nella corda all'interfaccia tra piatt. e soletta	0.3681802	1/m
Modulo di flessione intradosso - fibra 1	0.4238	m ³
Modulo di flessione - fibra 2	0.4379	m ³
Modulo di flessione - fibra 3	-1.9441	m ³
Modulo di flessione - fibra 4	-1.7822	m ³
Modulo di flessione - armatura inf.	-1.5009	m ³
Modulo di flessione - armatura sup.	-1.2085	m ³
Modulo di flessione - fibra 5	-1.0970	m ³

Tabella 8: concio in pila – struttura metallica + armatura soletta lungo termine

Armatura superiore in soletta		
Diametro	24	mm
Numero	53	-
Area	0.0240	m ²
Distanza da estradosso soletta	0.072	m
Armatura inferiore in soletta		
Diametro	20	mm
Numero	53	-
Area	0.0167	m ²
Distanza da intradosso soletta	0.09	m
Contributo armatura per il momento di inerzia rispetto all'asse verticale		
	0.3802694	m ⁴
passo armatura	0.2	m
Caratteristiche sezione omogeneizzata ad Acciaio		
Area trasversale A_{id}	0.4875	m ²
Altezza baricentro da intradosso y_{id}	1.5888	m
Momento di inerzia baricentrico J_{id}	0.6306	m ⁴
Area resistente a taglio direzione y $A_{v,y}$	0.1200	m ²
Area linea media per torsione (FASE 2)	12.01	m ²
Sc/ J_{id} nella corda all'interfaccia tra piatt. e soletta	0.2805902	1/m
Modulo di flessione intradosso - fibra 1	0.3969	m ³
Modulo di flessione - fibra 2	0.4138	m ³
Modulo di flessione - fibra 3	-0.7238	m ³
Modulo di flessione - fibra 4	-0.6920	m ³
Modulo di flessione - armatura inf.	-0.6298	m ³
Modulo di flessione - armatura sup.	-0.5535	m ³
Modulo di flessione - fibra 5	-0.5206	m ³

Tabella 9: concio intermedio – struttura metallica

Caratteristiche trave metallica		
Altezza totale cassone h	2.500	m
Larghezza ali superiori b_{sup}	0.500	m
Larghezza ala inferiore b_{inf}	1.700	m
Spessore ali superiori $t_{f,sup}$	0.030	m
Spessore ala inferiore $t_{f,inf}$	0.050	m
Spessore anime t_w	0.020	m
Interasse estradosso anime	5.500	m
Interasse intradosso anime	4.200	m
Area linea media per torsione (FASE 1)	10.360	m ²
Angolo anima rispetto all'orizzontale	75.4	°
Angolo anima rispetto all'orizzontale	1.316	rad
Area sezione trasversale A	0.2150301	m ²
Altezza baricentro da intradosso	0.943	m
Momento di inerzia baricentrico J asse orizzontale	0.2019	m ⁴
Momento di inerzia baricentrico J asse verticale	1.1957	m ⁴
Momento di inerzia baricentrico J asse verticale con armatura	1.5760	m ⁴
Momento di inerzia baricentrico J asse verticale con soletta	5.7895	m ⁴
Modulo di flessione intradosso - fibra 1	0.2141193	m ³
Modulo di flessione - fibra 2	0.2261119	m ³
Modulo di flessione - fibra 3	-0.132166	m ³
Modulo di flessione - fibra 4	-0.12962	m ³
Modulo di flessione verticale - ala sup	0.4348025	m ³
Modulo di flessione verticale - ala inf	0.5693843	m ³
Modulo di flessione verticale - ala sup armatura	0.5730823	m ³
Modulo di flessione verticale - ala inf armatura	0.7504649	m ³
Modulo di flessione verticale - ala sup soletta	2.1052571	m ³
Modulo di flessione verticale - ala inf soletta	2.7568843	m ³
Peso al m	16.88	kN/m
Area a taglio lungo y $A_{v,y}$	0.1000	m ²

Tabella 10: concio intermedio – struttura metallica + armatura in soletta breve termine

Armatura superiore in soletta		
Diametro	24	mm
Numero	53	-
Area	0.0240	m ²
Distanza da estradosso soletta	0.072	m
Armatura inferiore in soletta		
Diametro	20	mm
Numero	53	-
Area	0.0167	m ²
Distanza da intradosso soletta	0.09	m
Contributo armatura per il momento di inerzia rispetto all'asse verticale	0.3802694	m ⁴
passo armatura	0.2	m
Caratteristiche sezione omogeneizzata ad Acciaio		
Area trasversale A_{id}	0.7150	m ²
Altezza baricentro da intradosso y_{id}	2.1366	m
Momento di inerzia baricentrico J_{id}	0.6439	m ⁴
Area resistente a taglio direzione y $A_{v,y}$	0.1000	m ²
Area linea media per torsione (FASE 2)	12.01	m ²
Sc/J_{id} nella corda all'interfaccia tra piatt. e soletta	0.3986941	1/m
Modulo di flessione intradosso - fibra 1	0.3014	m ³
Modulo di flessione - fibra 2	0.3086	m ³
Modulo di flessione - fibra 3	-1.9311	m ³
Modulo di flessione - fibra 4	-1.7717	m ³
Modulo di flessione - armatura inf.	-1.4200	m ³
Modulo di flessione - armatura sup.	-1.0887	m ³
Modulo di flessione - fibra 5	-0.9705	m ³

Tabella 11: concio intermedio – struttura metallica + armatura in soletta lungo termine

Armatura superiore in soletta		
Diametro	24	mm
Numero	53	-
Area	0.0240	m ²
Distanza da estradosso soletta	0.072	m
Armatura inferiore in soletta		
Diametro	20	mm
Numero	53	-
Area	0.0167	m ²
Distanza da intradosso soletta	0.09	m
Contributo armatura per il momento di inerzia rispetto all'asse verticale	0.3802694	m ⁴
passo armatura	0.2	m
Caratteristiche sezione omogeneizzata ad Acciaio		
Area trasversale A_{id}	0.3818	m ²
Altezza baricentro da intradosso y_{id}	1.6884	m
Momento di inerzia baricentrico J_{id}	0.4768	m ⁴
Area resistente a taglio direzione y $A_{v,y}$	0.1000	m ²
Area linea media per torsione (FASE 2)	12.01	m ²
Sc/Jid nella corda all'interfaccia tra piatt. e soletta	0.3362434	1/m
Modulo di flessione intradosso - fibra 1	0.2824	m ³
Modulo di flessione - fibra 2	0.2910	m ³
Modulo di flessione - fibra 3	-0.6101	m ³
Modulo di flessione - fibra 4	-0.5875	m ³
Modulo di flessione - armatura inf.	-0.5289	m ³
Modulo di flessione - armatura sup.	-0.4587	m ³
Modulo di flessione - fibra 5	-0.4290	m ³

Tabella 12: concio in campata – struttura metallica

Caratteristiche trave metallica		
Altezza totale cassone h	2.500	m
Larghezza ali superiori b_{sup}	0.400	m
Larghezza ala inferiore b_{inf}	1.600	m
Spessore ali superiori $t_{f,sup}$	0.020	m
Spessore ala inferiore $t_{f,inf}$	0.040	m
Spessore anime t_w	0.014	m
Interasse estradosso anime	5.500	m
Interasse intradosso anime	4.200	m
Area linea media per torsione (FASE 1)	10.360	m ²
Angolo anima rispetto all'orizzontale	75.4	°
Angolo anima rispetto all'orizzontale	1.316	rad
Area sezione trasversale A	0.1505997	m ²
Altezza baricentro da intradosso	0.864	m
Momento di inerzia baricentrico J asse orizzontale	0.1340	m ⁴
Momento di inerzia baricentrico J asse verticale	0.8220	m ⁴
Momento di inerzia baricentrico J asse verticale con armatura	1.1337	m ⁴
Momento di inerzia baricentrico J asse verticale con soletta	5.4158	m ⁴
Modulo di flessione intradosso - fibra 1	0.1551417	m ³
Modulo di flessione - fibra 2	0.1626754	m ³
Modulo di flessione - fibra 3	-0.082905	m ³
Modulo di flessione - fibra 4	-0.081892	m ³
Modulo di flessione verticale - ala sup	0.2989226	m ³
Modulo di flessione verticale - ala inf	0.3914463	m ³
Modulo di flessione verticale - ala sup armatura	0.4122667	m ³
Modulo di flessione verticale - ala inf armatura	0.5398731	m ³
Modulo di flessione verticale - ala sup soletta	1.9693772	m ³
Modulo di flessione verticale - ala inf soletta	2.5789463	m ³
Peso al m	11.82	kN/m
Area a taglio lungo y $A_{v,y}$	0.0700	m ²

Tabella 13: concio in campata – struttura metallica + soletta c.a. breve termine

Armatura superiore in soletta		
Diametro	20	mm
Numero	53	-
Area	0.0167	m ²
Distanza da estradosso soletta	0.07	m
Armatura inferiore in soletta		
Diametro	20	mm
Numero	53	-
Area	0.0167	m ²
Distanza da intradosso soletta	0.09	m
Contributo armatura per il momento di inerzia rispetto all'asse verticale	0.3116963	m ⁴
passo armatura	0.2	m
Caratteristiche sezione omogeneizzata ad Acciaio		
Area trasversale A_{id}	0.6506	m ²
Altezza baricentro da intradosso y_{id}	2.2365	m
Momento di inerzia baricentrico J_{id}	0.5070	m ⁴
Area resistente a taglio direzione y $A_{v,y}$	0.0700	m ²
Area linea media per torsione (FASE 2)	12.01	m ²
Sc/ J_{id} nella corda all'interfaccia tra piatt. e soletta	0.4077368	1/m
Modulo di flessione intradosso - fibra 1	0.2267	m ³
Modulo di flessione - fibra 2	0.2308	m ³
Modulo di flessione - fibra 3	-2.0825	m ³
Modulo di flessione - fibra 4	-1.9244	m ³
Modulo di flessione - armatura inf.	-1.4344	m ³
Modulo di flessione - armatura sup.	-1.0275	m ³
Modulo di flessione - fibra 5	-0.8998	m ³

Tabella 14: concio in campata – struttura metallica + soletta c.a. lungo termine

Armatura superiore in soletta		
Diametro		20 mm
Numero		53 -
Area		0.0167 m ²
Distanza da estradosso soletta		0.07 m
Armatura inferiore in soletta		
Diametro		20 mm
Numero		53 -
Area		0.0167 m ²
Distanza da intradosso soletta		0.09 m
Contributo armatura per il momento di inerzia rispetto all'asse verticale		0.3116963 m ⁴
passo armatura		0.2 m
Caratteristiche sezione omogeneizzata ad Acciaio		
Area trasversale A_{id}		0.3173 m ²
Altezza baricentro da intradosso y_{id}		1.8023 m
Momento di inerzia baricentrico J_{id}		0.3877 m ⁴
Area resistente a taglio direzione y $A_{v,y}$		0.0700 m ²
Area linea media per torsione (FASE 2)		12.01 m ²
Sc/Jid nella corda all'interfaccia tra piatt. e soletta		0.3645429 1/m
Modulo di flessione intradosso - fibra 1		0.2151 m ³
Modulo di flessione - fibra 2		0.2200 m ³
Modulo di flessione - fibra 3		-0.5721 m ³
Modulo di flessione - fibra 4		-0.5557 m ³
Modulo di flessione - armatura inf.		-0.4922 m ³
Modulo di flessione - armatura sup.		-0.4179 m ³
Modulo di flessione - fibra 5		-0.3886 m ³

7.2 ANALISI DEI CARICHI

Il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali relativi alle sottostrutture è stato svolto in relazione ai carichi sotto riportati.

7.2.1 Peso proprio degli elementi strutturali (PP)

Il peso proprio delle strutture viene assegnato in maniera automatica dal programma di calcolo (in funzione della geometria degli elementi che le schematizzano) come carico uniformemente distribuito. In particolare, si è considerato il peso proprio degli isolatori sismici e degli apparecchi di

appoggio unidirezionali e multidirezionali come forze concentrate. Agli elementi strutturali è stata assegnata anche la massa corrispondente.

7.2.2 Carichi permanenti portati (SP, SL, CR, TR)

Il peso della soletta gettata in opera di spessore 0,3 m è stato assunto pari a 81.90 kN/m ("SL") ed il peso di irrigidimenti, diagonali inferiori, controventamenti trasversali, piolature ed unioni per un totale di 10.5 kN/m ("CR").

Inoltre, è stato assegnato il peso proprio della pavimentazione stradale, dei cordoli di impalcato, dei guard-rail, delle velette laterali, delle strutture leggere reggi-impianti, per un totale pari a 50 kN/m ("SP"). I pesi propri e i carichi permanenti portati assunti sull'impalcato sono riassunti in Tabella 15.

Tabella 15: peso proprio e carichi permanenti portati

	Elementi	n.	Area	Larghezza	Spessore	Peso specifico	Peso al m	Peso al mq	Carico al m
			[m ²]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m]	[kN/m ²]	[kN/m]
Pesi strutturali	Travi in acciaio	2	0.107	-	-	78.5	8.39	-	16.78
	Travi in CAP	0	0.00	-	-	25.0	0.00	-	0.00
	Soletta	-	-	10.50	0.30	26.0	-	7.80	81.90
Carichi permanenti portati	Pavimentazione	-	-	9.00	-	-	-	3.50	31.50
	Cordoli	2	-	0.75	0.16	25.0	-	-	6.00
	Barriere antirumore	0	-	-	-	-	0.00	-	0.00
	Guard rail/bordo ponte	2	-	-	-	-	2.00	-	4.00
	Tubi + veletta	2	-	-	-	-	4.00	-	8.00
	Traversi e crociere	1	-	-	-	-	8.50	-	8.50
	Altro	0	-	-	-	-	0.00	-	0.00
	Unioni	1	-	-	-	-	2.00	-	2.00

7.2.3 Coazioni - ritiro (RT)

Il ritiro della soletta d'impalcato è stato considerato partendo dalle indicazioni riportate al punto 11.2.10.6 delle NTC2018. In particolare, si è assunto quanto segue:

- $f_{ck} = 32.0 \text{ MPa}$
- $\epsilon_{c0} = - 0.0003$
- $h_0 = 2*(10.5*0.30)/(10.5+2*0.30) = 568 \text{ mm}$
- $k_h = 0.7$
- $\epsilon_{cd,\infty} = - 0.00021$
- $\epsilon_{ca,\infty} = - 0.00006$
- $\epsilon_{cs,\infty} = - 0.00027$

Tale deformazione indotta dal ritiro va considerata agente nel lungo termine e pertanto associata ad un modulo elastico E del conglomerato cementizio che in prima analisi è possibile assumere pari ad 1/3 del modulo elastico istantaneo a causa degli effetti di natura viscosa:

$$\epsilon_{cs,c,\infty} = -0.00027*0.7 = -0.000189$$

In sede di progettazione, per il coefficiente di dilatazione termica del calcestruzzo si assume un valor medio pari a $\alpha_T=10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$; Inoltre, il ritiro viene considerato come una contrazione termica derivante da un valore di temperatura agente in soletta pari a:

$$\Delta T_R = -19 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Per quanto riguarda gli effetti del ritiro sul dimensionamento della struttura nel suo comportamento globale, si rimanda al punto 7.3.1.

7.2.4 Coazioni - variazioni termiche (TMP 1, TMP 2, TMN 1, TMN 2)

7.2.4.1 *Escursione termica giornaliera*

Gli effetti delle differenze di temperatura tra la soletta di impalcato e la struttura metallica sottostante sono stati analizzati prevedendo una variazione termica uniforme pari a $\Delta T = +/- 10^\circ$ applicata alla soletta. Tale variazione termica va considerata agente nel breve termine e pertanto associata ad un modulo elastico E del conglomerato cementizio pari al modulo elastico istantaneo.

7.2.4.2 *Escursione termica annuale*

Si considera una variazione termica uniforme su tutto l'impalcato, rispetto alla temperatura media annuale pari a $\Delta T = +/- 27^\circ$; per il calcolo della dilatazione termica dell'impalcato a favore di sicurezza è assunto pari a $1,2x 10^{-5} \text{ C}^{-1}$.

7.2.5 Distorsioni - cedimenti vincolari (CSP, CPI)

Non sono previsti cedimenti, ma a favore di sicurezza si adotta un valore convenzionale pari a 1/5000 della luce di riferimento (55 m).

7.2.6 Carichi mobili (ML)

I carichi mobili sono stati considerati in base alle indicazioni previste per i ponti stradali indicati al punto 5.1.3.3.3 delle NTC2018. Data la larghezza massima della carreggiata di 9.00 m, si sono assegnate 3 corsie convenzionali di larghezza pari a 3.0 m secondo lo Schema di Carico 1. I carichi mobili così definiti "Vehicles Class" sono stati assegnati a corsie di carico definite a priori e posizionate secondo la massima eccentricità rispetto all'asse dell'opera. In particolare, al fine di considerare l'eccentricità aggiuntiva dovuta alla differenza tra l'asse stradale e la spezzata

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

rappresentante gli assi dei conci, si sono assunte cautelativamente le eccentricità delle corsie di carico pari a 3.3 m, 0.0 m e -3.3 m.

Si è poi eseguita l’analisi di tipo “Moving Load” in base alla quale il programma di calcolo determina di volta in volta l’effetto più gravoso (sollecitazioni, deformazioni, reazioni vincolari) che le varie configurazioni di carichi mobili provocano sull’impalcato secondo la teoria delle linee di influenza.

Vehicle name: CORSIA1

Units: KN, m, C

Load Elevation: [Diagram showing a red rectangular load with two downward arrows indicating the position of the load on a beam.]

Loads:

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite		27.	300.
Leading Load	Infinite		27.	300.
Fixed Length	1.2		27.	300.
Trailing Load	Infinite		27.	

Buttons: Add, Insert, Modify, Delete

Vehicle Remains Fully In Path

Buttons: OK, Cancel

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Vehicle name: Units:

Load Elevation

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite		7.5	200.
Leading Load	Infinite		7.5	200.
Fixed Length	1.2		7.5	200.
Trailing Load	Infinite		7.5	

Vehicle Remains Fully In Path

Vehicle name: Units:

Load Elevation

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite		7.5	100.
Leading Load	Infinite		7.5	100.
Fixed Length	1.2		7.5	100.
Trailing Load	Infinite		7.5	

Vehicle Remains Fully In Path

7.2.7 Azione di frenatura (FR)

L'azione di frenatura indotta dai veicoli è stata considerata in base alle indicazioni previste per i ponti stradali indicate al punto 5.1.3.5 delle NTC2018. Data la lunghezza dell'impalcato si ha:

$$FFR = 0.6 \cdot (2 \cdot 300) + 0.1 \cdot 9 \cdot 3 \cdot 251 = 1038 \text{ kN} > 900 \text{ kN} \rightarrow 900 \text{ kN}$$

Considerando che ai sensi di quanto indicato nella Tabella 5.1.IV riportata nelle NTC2018 l'azione di frenatura va considerata solo in combinazione con il valore frequente dei carichi mobili verticali (pari al 75% del loro valore caratteristico), l'azione della frenatura non risulta vincolante nel caso in oggetto. S'intende che gli isolatori sismici hanno il compito di assorbire l'azione della frenatura.

7.2.8 Azione centrifuga (CF)

L'azione centrifuga agente sull'impalcato è calcolata secondo quanto descritto nel punto 5.1.3.6 delle NTC2018. Tutti i raggi di curvatura del tracciato stradale risultano minori di 200 m, pertanto:

$$Q_4 = 0.2 \cdot 2 \cdot (300 + 200 + 100) = 240 \text{ kN}$$

Il punto di applicazione dell'azione centrifuga (a livello della pavimentazione) risulta a 47 cm dall'estradosso della trave metallica.

7.2.9 Urto di veicolo in svio

Nel progetto della soletta d'impalcato viene considerata una condizione di carico eccezionale nella quale alla forza orizzontale d'urto su sicurvia si associa un carico verticale isolato sulla sede stradale costituito dal Secondo Schema di Carico, posizionato in adiacenza al sicurvia stesso e disposto nella posizione più gravosa. Per ulteriori dettagli si faccia riferimento al punto 9.2.8.

7.2.10 Azione del vento (VN)

L'azione del vento viene calcolata secondo quanto specificato al Cap. 3 delle NTC2018.

Essa si suppone di carattere statico ed incidente in modo perpendicolare all'asse del viadotto. Si procede ricavando la pressione:

$$p = q_{\text{ref}} \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove :

q_{ref} => pressione cinetica di riferimento

c_e => coefficiente di esposizione

c_p => coefficiente di forma

c_d => coefficiente dinamico

q_{ref} la struttura è situata in Sicilia e quindi in zona 4. Ricaviamo dalla normativa il valore della velocità di riferimento del vento:

$$v_{ref} = v_{ref0} = 28 \text{ m/s}$$

$$q_{ref} = \frac{v_{ref}^2}{1.6} = 0.49 \text{ kN/m}^2$$

c_e la struttura appartiene alla classe di rugosità D; essendo poi a distanza superiore ai 30Km dal mare e ad una quota inferiore a 500 m, si ricade nella categoria di esposizione II. Ricaviamo:

$$c_e = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \cdot \left[7 + c_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)\right] \cong 3.09$$

dove il coefficiente topografico $c_t = 1$, e dove $k_r = 0.19$, $z_0 = 0.05$, $z_{min} = 4 \text{ mt}$.

c_p si assume il valore $c_p = 1,00$

c_d si assume cautelativamente il valore $c_d = 1$

c_p si assume cautelativamente il valore $c_d = 1$

La pressione eolica risultante risulta pari a 1,51 KN/m².

La superficie dei carichi transitanti sul ponte esposta al vento si assimila ad una parete rettangolare continua dell'altezza di 3.0 m a partire dal piano stradale.

Per quanto riguarda la modellazione, il vento è stato assegnato come forza per unità di lunghezza agente ortogonale all'asse dell'impalcato e in entrambi i versi. L'intensità della forza è stata calcolata assumendo una superficie di impatto del vento di altezza pari alla somma tra l'altezza della trave metallica, l'altezza della soletta, altezza della pavimentazione stradale e l'altezza convenzionale di ingombro dei veicoli (3 m), per un totale pari a:

$$h_{tot} = 5.97 \text{ m}$$

$$q_v \cong 9 \text{ kN/m}$$

Il piano di applicazione dell'azione del vento si considera a 2.985 m dall'intradosso dell'impalcato e quindi si è assegnato un momento torcente (asse vettore coincidente con l'asse impalcato) uniformemente distribuito lungo l'impalcato di intensità pari a (l'impalcato è stato modellato a quota estradosso travi metalliche che hanno altezza pari a 2.50 m):

$$m_v = 9 \cdot (2.985 - 2.50) = 4.365 \text{ kNm/m.}$$

7.2.11 Azione sismica (SLD-X, SLD-Y, SLD-Z, SLV-X, SLV-Y, SLV-Z, SLC-X, SLC-Y, SLC-Z)

Per la determinazione dell'azione sismica si faccia riferimento al Cap. 6 del presente elaborato. L'opera è prevista munita di sistema di protezione sismica costituito da isolatori elastomerici inquadabili secondo la tipologia di "Isolatori elastomerici" descritta al punto 11.9.7 delle NTC2018 (si veda per maggiori informazioni il punto 7.3) e da apparecchi d'appoggio mono e multidirezionali sulle spalle. Tale sistema di vincolamento può essere modellato come lineare equivalente secondo le indicazioni del punto 7.10.5.2 delle NTC2018; pertanto si è adottata l'analisi lineare dinamica (analisi con spettro di risposta) come metodologia di analisi sismica.

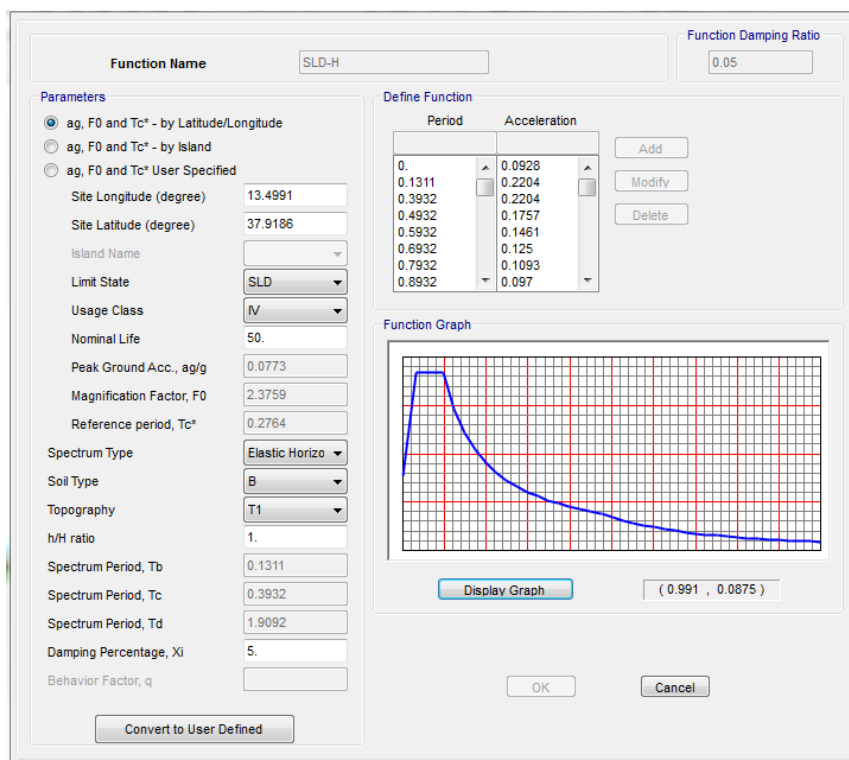


Figura 12: Azione sismica orizzontale SLD.

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

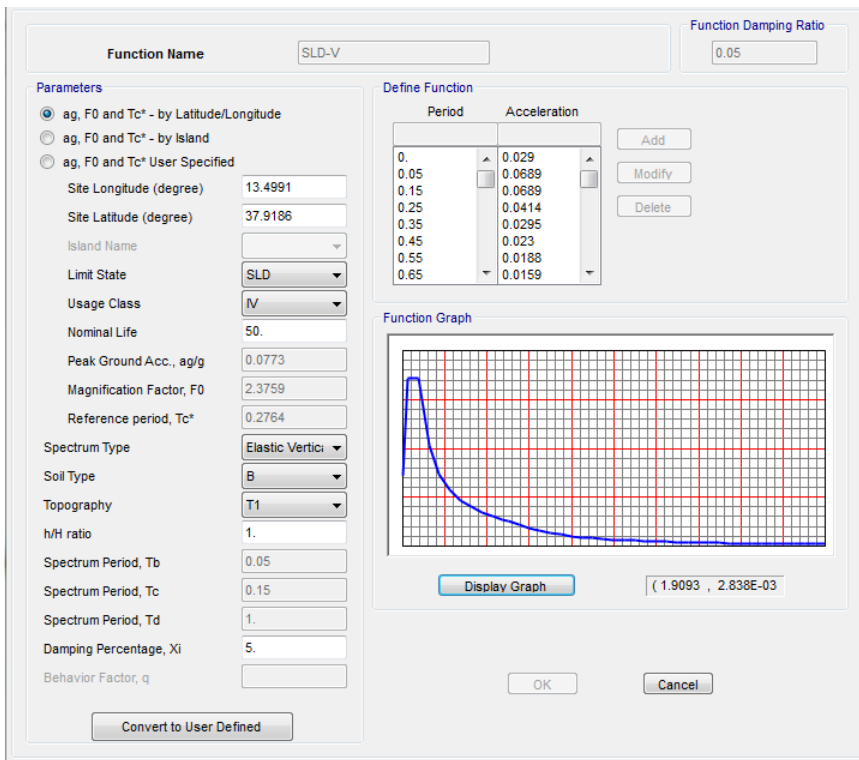


Figura 13: Azione sismica verticale SLD.

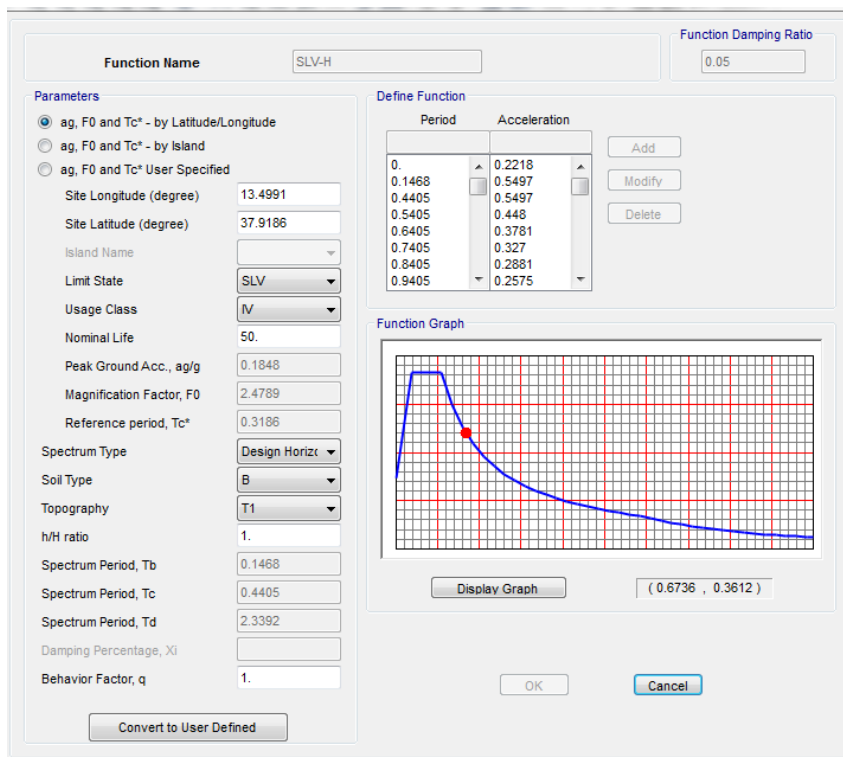


Figura 14: Azione sismica orizzontale SLV.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

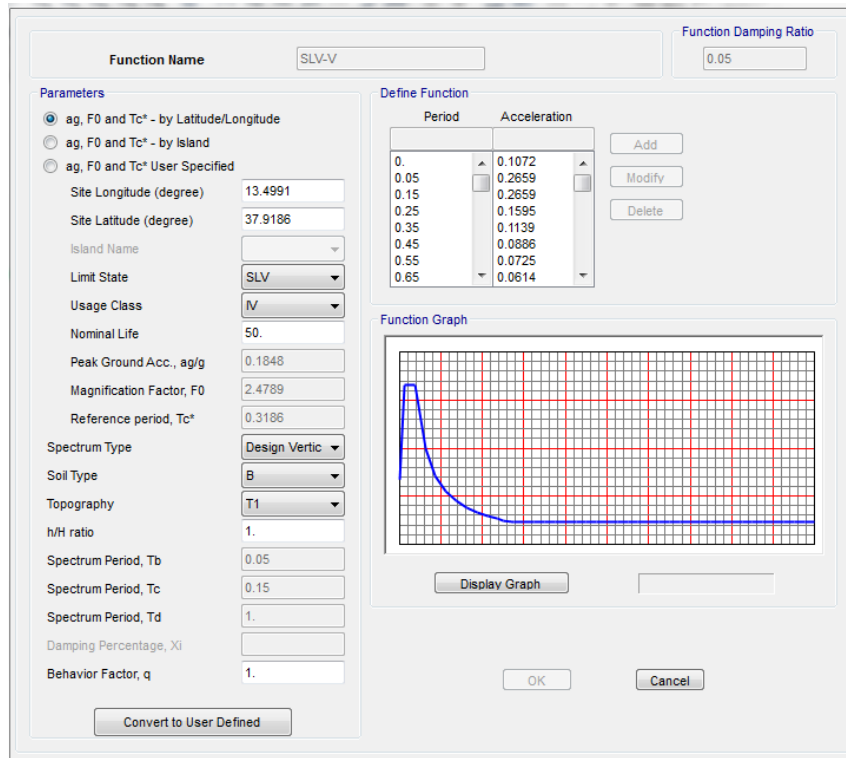


Figura 15: Azione sismica verticale SLV.

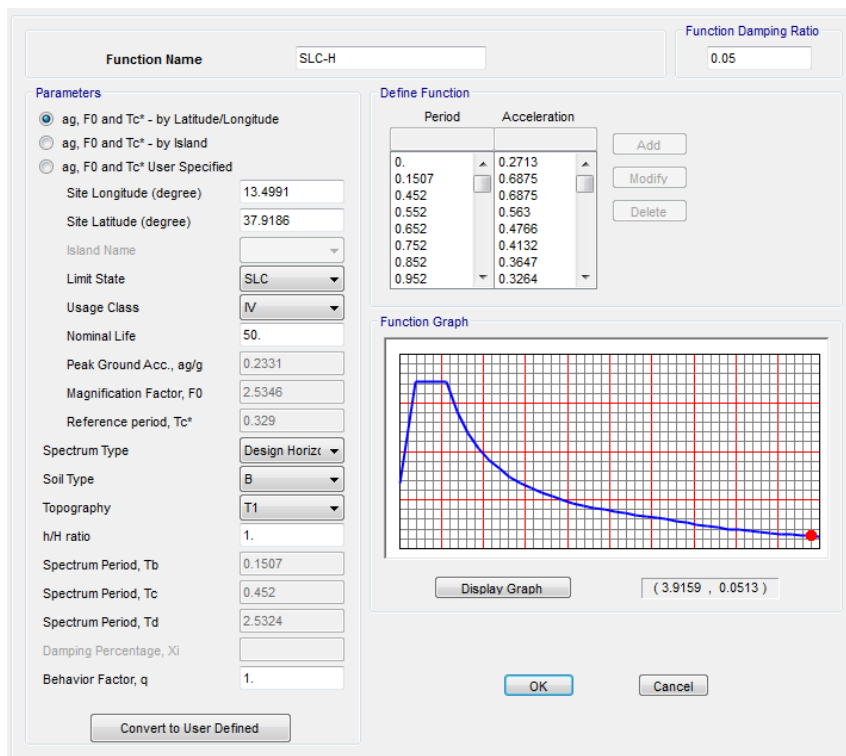


Figura 16: Azione sismica orizzontale SLC.

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

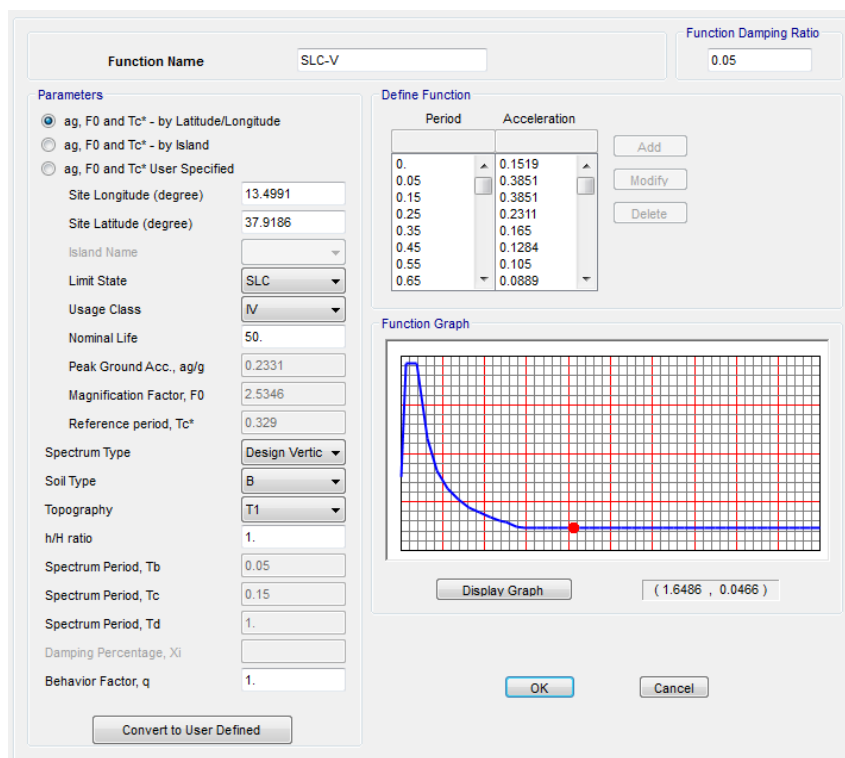


Figura 17: Azione sismica verticale SLC.

7.2.12 Altre azioni variabili

Altre azioni variabili quali azioni idrauliche sulle pile poste in alveo, urto di un veicolo contro le strutture, urto di ghiacci e natanti su pile non sono considerate per le verifiche globali della struttura in esame.

7.3 TIPOLOGIE DI ANALISI ESEGUITE E PARAMETRI DEL SISTEMA DI VINCOLAMENTO

La Tabella 16 riporta la tipologia di analisi eseguita per ognuno dei casi di carico indagati.

Tabella 16: tipologie di analisi eseguite

CASO DI ANALISI	TIPOLOGIA
PP	STATICA LINEARE
SL	STATICA LINEARE
CR	STATICA LINEARE
SP	STATICA LINEARE
TR	STATICA LINEARE
Ritiro	STATICA LINEARE
DT estate	STATICA LINEARE
DT inverno	STATICA LINEARE
Veicoli	STATICA LINEARE
Vento	STATICA LINEARE
Cedimenti	STATICA LINEARE
SLD-X	DINAMICA LINEARE
SLD-Y	DINAMICA LINEARE
SLD-Z	DINAMICA LINEARE
SLV-X	DINAMICA LINEARE
SLV-Y	DINAMICA LINEARE
SLV-Z	DINAMICA LINEARE
SLC-X	DINAMICA LINEARE
SLC-Y	DINAMICA LINEARE
SLC-Z	DINAMICA LINEARE

Il sistema di isolamento previsto è modellabile come “lineare equivalente” ai sensi del punto 7.10.5.2 delle NTC2018 e al riguardo è utile specificare quanto segue.

Dal momento che la rigidezza del sistema di isolamento K_{esi} e l'indice di smorzamento viscoso equivalente ξ_{esi} dipendono dal massimo spostamento di progetto (SLC/SLV/SLD), sarebbe necessario una procedura iterativa accertandosi il rispetto di quanto previsto al punto 7.10.5.2 delle NTC2018. In virtù della variazione di K_{esi} e di ξ_{esi} in funzione dello spostamento, si può però affermare che, per spostamenti relativi a deformazioni taglianti degli isolatori superiori a $0.8 \div 1.0$, tali grandezze rimangono sostanzialmente costanti mentre aumentano per spostamenti minori. Considerando che per il dimensionamento dell'impalcato il valore della rigidezza degli isolatori non risulta importante, è possibile adottare i seguenti parametri riguardanti gli isolatori.

Tabella 17: caratteristiche degli isolatori

	K_{esi} STATICA ORIZZONTALE kN/m	K_{esi} SISMICA ORIZZONTALE kN/m	K_{esi} STATICA/SISMICA VERTICALE kN/m
PILE	5181	4690	4377000

Per l'analisi dello stato deformativo in condizione SLD si sono assunti i parametri di rigidezza si utilizzano gli stessi valori della $K_{esi\ statica}$. Le analisi svolte per la condizione sismica sono di tipo “dinamiche lineari” con spettro di risposta e la riduzione delle forme spettrali in funzione di ξ_{esi} è stata considerata direttamente dal programma di calcolo utilizzato per i 4 primi modi di vibrare orizzontali; per i modi rimanenti si sono considerati gli spettri di risposta elastici definiti per un indice di smorzamento viscoso equivalente standard pari al 5%.

Va precisato che al fine di poter modellare in maniera elastica equivalente il comportamento del sistema di isolamento si è limitato in tutte le analisi di tipo sismico (SLC, SLV e SLD) il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente al valore di $\xi_{esi} = 0.13$ anche in relazione alle caratteristiche dei dispositivi adottati.

7.3.1 Effetti del ritiro e delle variazioni termiche in soletta sul comportamento globale

In relazione a quanto riportato ai punti 7.2.3 e 7.2.4 , si esaminano in quanto segue gli effetti del ritiro e delle variazioni termiche applicate solo in soletta sullo stato di sollecitazione globale dell'impalcato. A tal fine si procede secondo uno schema ormai consolidato della scienza delle costruzioni, valutando cioè separatamente gli effetti primari e quelli secondari (quest'ultimi dovuti all'iperstaticità dell'opera).

Si sottolinea che in generale gli effetti delle coazioni applicate in soletta in una struttura mista acciaio-calcestruzzo potrebbero essere almeno in parte trascurati in condizione ultima SLU in quanto si presuppone la completa fessurazione della soletta nelle zone in cui il momento negativo risulta elevato (zone in corrispondenza degli appoggi). Gli effetti primari del ritiro possono essere valutati con la seguente relazione:

$$N_{R,primario} = \Delta_{TR} * \alpha_T * E_{cls} * b_{sol} * t_{sol}$$

Lo sforzo normale di trazione così calcolato è agente nella sola soletta in calcestruzzo ipotizzata idealmente separata dalla struttura metallica e pertanto fornisce una tensione di trazione nelle barre

longitudinali posizionate in soletta. Sulla base di quanto esposto al punto 7.2.3 gli effetti primari dovuti al ritiro risultano pari a $N_{R,primario} = 6828$ kN. In modo analogo si possono valutare gli effetti primari dovuti all'escursione termica giornaliera sulla soletta che risultano pari a $N_{T,primario} = 10504$ kN.

Gli effetti secondari del ritiro e della variazione termica giornaliera sono causati dall'iperstaticità dell'impalcato e dovuti all'applicazione al baricentro della soletta in c.a. dell'azione primaria sopra dedotta cambiata di segno (azione di compressione), considerando questa volta agente l'intera struttura (soletta in c.a. + struttura metallica).

Per valutare tali effetti secondari in termini di sollecitazioni globali sull'impalcato composto acciaio-calcestruzzo, si è proceduto schematizzando un elemento "tendon" alla quota del baricentro della soletta a cui si è applicata l'azione primaria da ritiro agente in compressione e l'azione primaria derivante dall'escursione termica giornaliera.

7.4 COMBINAZIONE DEI CARICHI

Le combinazioni dei carichi da implementare per le verifiche di resistenza allo SLU e le verifiche allo SLE in condizioni statiche e sismiche sono riportate sotto, mentre i coefficienti parziali di sicurezza sono riportati nelle Tabelle seguenti.

Combinazioni SLU-SLE

- 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 SLD-SLV-SLC

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

Carichi gravitazionali per valutazione delle masse in fase sismica

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

Ai fini del calcolo della massa attivabile in condizione sismica si è adottato $\psi_{2j} = 0$. Nell'opera in oggetto i carichi permanenti non strutturali sono compiutamente definiti.

Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Tabella 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
Vento q_3	4 (folla)	----	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
Neve q_3	Vento a ponte carico	0,6		
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Temperatura	esecuzione	0,8	0,6	0,5
	T_k	0,6	0,6	0,5

Nelle Tabelle seguenti per l'analisi delle sollecitazioni sull'impalcato si adottano le seguenti combinazioni di carico. Il carico elementare “Permanenti” è da intendersi “PP+SL+CR”.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

		Fase 1	Fase 2a	Fase 2b		Fase 1	Fase 2a	Fase 2b		Fase 1	Fase 2a	Fase 2b		
SLU01	Permanenti	1.35	0	0	SLU11	Permanenti	1.35	0	0	SLU21	Permanenti	1.35	0	0
SLU01	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU11	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU21	Sovracc perm	0	1.35	0
SLU01	Ritiro	0	1	0	SLU11	Ritiro	0	1	0	SLU21	Ritiro	0	1	0
SLU01	DT estate	0	0	0	SLU11	DT estate	0	0	0.72	SLU21	DT estate	0	0	0
SLU01	DT inverno	0	0	0	SLU11	DT inverno	0	0	0	SLU21	DT inverno	0	0	0
SLU01	Veicoli	0	0	1.35	SLU11	Veicoli	0	0	0	SLU21	Veicoli	0	0	1.35
SLU01	Vento	0	0	0	SLU11	Vento	0	0	1.5	SLU21	Vento	0	0	0
SLU02	Permanenti	1.35	0	0	SLU12	Permanenti	1.35	0	0	SLU22	Permanenti	1.35	0	0
SLU02	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU12	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU22	Sovracc perm	0	1.35	0
SLU02	Ritiro	0	0.72	0	SLU12	Ritiro	0	1	0	SLU22	Ritiro	0	1.2	0
SLU02	DT estate	0	0	0	SLU12	DT estate	0	0	0.72	SLU22	DT estate	0	0	0
SLU02	DT inverno	0	0	0	SLU12	DT inverno	0	0	0	SLU22	DT inverno	0	0	0
SLU02	Veicoli	0	0	1.35	SLU12	Veicoli	0	0	1.01	SLU22	Veicoli	0	0	1.35
SLU02	Vento	0	0	0	SLU12	Vento	0	0	1.5	SLU22	Vento	0	0	0.9
SLU03	Permanenti	1.35			SLU13	Permanenti	1.35	0	0	SLU23	Permanenti	1.35	0	0
SLU03	Sovracc perm	0	1.35	1.35	SLU13	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU23	Sovracc perm	0	1.35	0
SLU03	Ritiro	0	1	1	SLU13	Ritiro	0	1	0	SLU23	Ritiro	0	1.2	0
SLU03	DT estate	0	0	0	SLU13	DT estate	0	0	0	SLU23	DT estate	0	0	0
SLU03	DT inverno	0	0	0	SLU13	DT inverno	0	0	0.72	SLU23	DT inverno	0	0	0
SLU03	Veicoli	0	0	1.35	SLU13	Veicoli	0	0	1.35	SLU23	Veicoli	0	0	0
SLU03	Vento	0	0.9	0.9	SLU13	Vento	0	0	0	SLU23	Vento	0	0	1.5
SLU04	Permanenti	1.35	0	0	SLU14	Permanenti	1.35	0	0	SLU24	Permanenti	1.35	0	0
SLU04	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU14	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU24	Sovracc perm	0	1.35	0
SLU04	Ritiro	0	1	0	SLU14	Ritiro	0	1	0	SLU24	Ritiro	0	1.2	0
SLU04	DT estate	0	0	0.72	SLU14	DT estate	0	0	0	SLU24	DT estate	0	0	0
SLU04	DT inverno	0	0	0	SLU14	DT inverno	0	0	0.72	SLU24	DT inverno	0	0	0
SLU04	Veicoli	0	0	1.35	SLU14	Veicoli	0	0	1.35	SLU24	Veicoli	0	0	1.01
SLU04	Vento	0	0	0.9	SLU14	Vento	0	0	0.9	SLU24	Vento	0	0	1.5
SLU05	Permanenti	1.35	0	0	SLU15	Permanenti	1.35	0	0	SLU25	Permanenti	1	0	0
SLU05	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU15	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU25	Sovracc perm	0	1	0
SLU05	Ritiro	0	1	0	SLU15	Ritiro	0	1	0	SLU25	Ritiro	0	1.2	0
SLU05	DT estate	0	0	1.2	SLU15	DT estate	0	0	0	SLU25	DT estate	0	0	0
SLU05	DT inverno	0	0	0	SLU15	DT inverno	0	0	1.2	SLU25	DT inverno	0	0	0
SLU05	Veicoli	0	0	0	SLU15	Veicoli	0	0	0	SLU25	Veicoli	0	0	0
SLU05	Vento	0	0	0	SLU15	Vento	0	0	0	SLU25	Vento	0	0	1.5
SLU06	Permanenti	1.35	0	0	SLU16	Permanenti	1.35	0	0	SLU26	Permanenti	1.35	0	0
SLU06	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU16	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU26	Sovracc perm	0	1.35	0
SLU06	Ritiro	0	1	0	SLU16	Ritiro	0	1	0	SLU26	Ritiro	0	1.2	0
SLU06	DT estate	0	0	1.2	SLU16	DT estate	0	0	0	SLU26	DT estate	0	0	0
SLU06	DT inverno	0	0	0	SLU16	DT inverno	0	0	1.2	SLU26	DT inverno	0	0	0.72
SLU06	Veicoli	0	0	1.01	SLU16	Veicoli	0	0	1.01	SLU26	Veicoli	0	0	1.35
SLU06	Vento	0	0	0	SLU16	Vento	0	0	0	SLU26	Vento	0	0	0
SLU07	Permanenti	1.35	0	0	SLU17	Permanenti	1.35	0	0	SLU27	Permanenti	1.35	0	0
SLU07	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU17	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU27	Sovracc perm	0	1.35	0
SLU07	Ritiro	0	1	0	SLU17	Ritiro	0	1	0	SLU27	Ritiro	0	1.2	0
SLU07	DT estate	0	0	1.2	SLU17	DT estate	0	0	0	SLU27	DT estate	0	0	0
SLU07	DT inverno	0	0	0	SLU17	DT inverno	0	0	1.2	SLU27	DT inverno	0	0	0.72
SLU07	Veicoli	0	0	0	SLU17	Veicoli	0	0	0	SLU27	Veicoli	0	0	1.35
SLU07	Vento	0	0	0.9	SLU17	Vento	0	0	0.9	SLU27	Vento	0	0	0.9
SLU08	Permanenti	1.35	0	0	SLU18	Permanenti	1.35	0	0	SLU28	Permanenti	1.35	0	0
SLU08	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU18	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU28	Sovracc perm	0	1.35	0
SLU08	Ritiro	0	1	0	SLU18	Ritiro	0	1	0	SLU28	Ritiro	0	1.2	0
SLU08	DT estate	0	0	1.2	SLU18	DT estate	0	0	0	SLU28	DT estate	0	0	0
SLU08	DT inverno	0	0	0	SLU18	DT inverno	0	0	1.2	SLU28	DT inverno	0	0	1.2
SLU08	Veicoli	0	0	1.01	SLU18	Veicoli	0	0	1.01	SLU28	Veicoli	0	0	0
SLU08	Vento	0	0	0.9	SLU18	Vento	0	0	0.9	SLU28	Vento	0	0	0
SLU09	Permanenti	1.35	0	0	SLU19	Permanenti	1.35	0	0	SLU29	Permanenti	1.35	0	0
SLU09	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU19	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU29	Sovracc perm	0	1.35	0
SLU09	Ritiro	0	1	0	SLU19	Ritiro	0	1	0	SLU29	Ritiro	0	1.2	0
SLU09	DT estate	0	0	0	SLU19	DT estate	0	0	0	SLU29	DT estate	0	0	0
SLU09	DT inverno	0	0	0	SLU19	DT inverno	0	0	0.72	SLU29	DT inverno	0	0	1.2
SLU09	Veicoli	0	0	0	SLU19	Veicoli	0	0	0	SLU29	Veicoli	0	0	1.01
SLU09	Vento	0	0	1.5	SLU19	Vento	0	0	1.5	SLU29	Vento	0	0	0
SLU10	Permanenti	1.35	0	0	SLU20	Permanenti	1.35	0	0	SLU30	Permanenti	1.35	0	0
SLU10	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU20	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU30	Sovracc perm	0	1.35	0
SLU10	Ritiro	0	1	0	SLU20	Ritiro	0	1	0	SLU30	Ritiro	0	1.2	0
SLU10	DT estate	0	0	0	SLU20	DT estate	0	0	0	SLU30	DT estate	0	0	0
SLU10	DT inverno	0	0	0	SLU20	DT inverno	0	0	0.72	SLU30	DT inverno	0	0	1.2
SLU10	Veicoli	0	0	1.01	SLU20	Veicoli	0	0	1.01	SLU30	Veicoli	0	0	0
SLU10	Vento	0	0	1.5	SLU20	Vento	0	0	1.5	SLU30	Vento	0	0	0.9

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

		Fase 1	Fase 2a	Fase2b			Fase 1	Fase 2a	Fase2b
SLU61	Permanenti	1.35	0	0	SLU68	Permanenti	1.35	0	0
SLU61	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU68	Sovracc perm	0	1.35	0
SLU61	CEDIMENTI	0	1.35	0	SLU68	CEDIMENTI	0	1.35	0
SLU61	Ritiro	0	1.2	0	SLU68	Ritiro	0	1.2	0
SLU61	DT estate	0	0	0	SLU68	DT estate	0	0	0
SLU61	DT inverno	0	0	0	SLU68	DT inverno	0	0	1.2
SLU61	Veicoli	0	0	1.01	SLU68	Veicoli	0	0	1.01
SLU61	Vento	0	0	1.5	SLU68	Vento	0	0	0.9
SLU62	Permanenti	1	0	0	SLU69	Permanenti	1.35	0	0
SLU62	Sovracc perm	0	1	0	SLU69	Sovracc perm	0	1.35	0
SLU62	CEDIMENTI	0	1	0	SLU69	CEDIMENTI	0	1.35	0
SLU62	Ritiro	0	1.2	0	SLU69	Ritiro	0	1.2	0
SLU62	DT estate	0	0	0	SLU69	DT estate	0	0	0
SLU62	DT inverno	0	0	0	SLU69	DT inverno	0	0	0.72
SLU62	Veicoli	0	0	0	SLU69	Veicoli	0	0	0
SLU62	Vento	0	1.5	1.5	SLU69	Vento	0	0	1.5
SLU63	Permanenti	1.35	0	0	SLU70	Permanenti	1.35	0	0
SLU63	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU70	Sovracc perm	0	1.35	0
SLU63	CEDIMENTI	0	1.35	0	SLU70	CEDIMENTI	0	1.35	0
SLU63	Ritiro	0	1.2	0	SLU70	Ritiro	0	1.2	0
SLU63	DT estate	0	0	0	SLU70	DT estate	0	0	0
SLU63	DT inverno	0	0	0.72	SLU70	DT inverno	0	0	0.72
SLU63	Veicoli	0	0	1.35	SLU70	Veicoli	0	0	1.01
SLU63	Vento	0	0	0	SLU70	Vento	0	0	1.5
SLU64	Permanenti	1.35	0	0	SLU71	Permanenti	1	0	0
SLU64	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU71	Sovracc perm	0	1	0
SLU64	CEDIMENTI	0	1.35	0	SLU71	CEDIMENTI	0	1	0
SLU64	Ritiro	0	1.2	0	SLU71	Ritiro	0	1	0
SLU64	DT estate	0	0	0	SLU71	DT estate	0	0	0
SLU64	DT inverno	0	0	0.72	SLU71	DT inverno	0	0	0
SLU64	Veicoli	0	0	1.35	SLU71	Veicoli	0	0	1.35
SLU64	Vento	0	0	0.9	SLU71	Vento	0	0	0
SLU65	Permanenti	1.35	0	0	SLU72	Permanenti	1	0	0
SLU65	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU72	Sovracc perm	0	1	0
SLU65	CEDIMENTI	0	1.35	0	SLU72	CEDIMENTI	0	1	0
SLU65	Ritiro	0	1.2	0	SLU72	Ritiro	0	1	0
SLU65	DT estate	0	0	0	SLU72	DT estate	0	0	0
SLU65	DT inverno	0	0	1.2	SLU72	DT inverno	0	0	0
SLU65	Veicoli	0	0	0	SLU72	Veicoli	0	0	0
SLU65	Vento	0	0	0	SLU72	Vento	0	0	1.5
SLU66	Permanenti	1.35	0	0	SLU73	Permanenti	1	0	0
SLU66	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU73	Sovracc perm	0	1	0
SLU66	CEDIMENTI	0	1.35	0	SLU73	CEDIMENTI	0	1	0
SLU66	Ritiro	0	1.2	0	SLU73	Ritiro	0	1	0
SLU66	DT estate	0	0	0	SLU73	DT estate	0	0	0
SLU66	DT inverno	0	0	1.2	SLU73	DT inverno	0	0	0
SLU66	Veicoli	0	0	1.01	SLU73	Veicoli	0	0	1.35
SLU66	Vento	0	0	0	SLU73	Vento	0	0	0.9
SLU67	Permanenti	1.35	0	0	SLU74	Permanenti	1	0	0
SLU67	Sovracc perm	0	1.35	0	SLU74	Sovracc perm	0	1	0
SLU67	CEDIMENTI	0	1.35	0	SLU74	CEDIMENTI	0	1	0
SLU67	Ritiro	0	1.2	0	SLU74	Ritiro	0	1	0
SLU67	DT estate	0	0	0	SLU74	DT estate	0	0	0
SLU67	DT inverno	0	0	1.2	SLU74	DT inverno	0	0	0
SLU67	Veicoli	0	0	0	SLU74	Veicoli	0	0	1.01
SLU67	Vento	0	0	0.9	SLU74	Vento	0	0	1.5

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

SLD/SLV/SLC - Fase 1						Permanenti	1	
SLV - Fase 2			SLC - Fase 2			SLD - Fase 2		
SLV01	Sovracc perm	1	SLC01	Sovracc perm	1	SLD01	Sovracc perm	1
SLV01	SLV-X	1	SLC01	SLC-X	1	SLD01	SLD-X	1
SLV01	SLV-Y	0.3	SLC01	SLC-Y	0.3	SLD01	SLD-Y	0.3
SLV01	SLV-Z	0.3	SLC01	SLC-Z	0.3	SLD01	SLD-Z	0.3
SLV01	Ritiro	1	SLC01	Ritiro	1	SLD01	Ritiro	1
SLV02	Sovracc perm	1	SLC02	Sovracc perm	1	SLD02	Sovracc perm	1
SLV02	SLV-X	0.3	SLC02	SLC-X	0.3	SLD02	SLD-X	0.3
SLV02	SLV-Y	1	SLC02	SLC-Y	1	SLD02	SLD-Y	0.3
SLV02	SLV-Z	0.3	SLC02	SLC-Z	0.3	SLD02	SLD-Z	1
SLV02	Ritiro	1	SLC02	Ritiro	1	SLD02	Ritiro	1
SLV03	Sovracc perm	1	SLC03	Sovracc perm	1	SLD03	Sovracc perm	1
SLV03	SLV-X	0.3	SLC03	SLC-X	0.3	SLD03	SLD-X	0.3
SLV03	SLV-Y	0.3	SLC03	SLC-Y	0.3	SLD03	SLD-Y	0.3
SLV03	SLV-Z	1	SLC03	SLC-Z	1	SLD03	SLD-Z	1
SLV03	Ritiro	1	SLC03	Ritiro	1	SLD03	Ritiro	1
SLV04	Sovracc perm	1	SLC04	Sovracc perm	1	SLD04	Sovracc perm	1
SLV04	SLV-X	1	SLC04	SLC-X	1	SLD04	SLD-X	1
SLV04	SLV-Y	0.3	SLC04	SLC-Y	0.3	SLD04	SLD-Y	0.3
SLV04	SLV-Z	0.3	SLC04	SLC-Z	0.3	SLD04	SLD-Z	0.3
SLV04	Ritiro	1	SLC04	Ritiro	1	SLD04	Ritiro	1
SLV04	DT estate	0.5	SLC04	DT estate	0.5	SLD04	DT estate	0.5
SLV05	Sovracc perm	1	SLC05	Sovracc perm	1	SLD05	Sovracc perm	1
SLV05	SLV-X	0.3	SLC05	SLC-X	0.3	SLD05	SLD-X	0.3
SLV05	SLV-Y	1	SLC05	SLC-Y	1	SLD05	SLD-Y	1
SLV05	SLV-Z	0.3	SLC05	SLC-Z	0.3	SLD05	SLD-Z	0.3
SLV05	Ritiro	1	SLC05	Ritiro	1	SLD05	Ritiro	1
SLV05	DT estate	0.5	SLC05	DT estate	0.5	SLD05	DT estate	0.5
SLV06	Sovracc perm	1	SLC06	Sovracc perm	1	SLD06	Sovracc perm	1
SLV06	SLV-X	0.3	SLC06	SLC-X	0.3	SLD06	SLD-X	0.3
SLV06	SLV-Y	0.3	SLC06	SLC-Y	0.3	SLD06	SLD-Y	0.3
SLV06	SLV-Z	1	SLC06	SLC-Z	1	SLD06	SLD-Z	1
SLV06	Ritiro	1	SLC06	Ritiro	1	SLD06	Ritiro	1
SLV06	DT estate	0.5	SLC06	DT estate	0.5	SLD06	DT estate	0.5
SLV07	Sovracc perm	1	SLC07	Sovracc perm	1	SLD07	Sovracc perm	1
SLV07	SLV-X	1	SLC07	SLC-X	1	SLD07	SLD-X	1
SLV07	SLV-Y	0.3	SLC07	SLC-Y	0.3	SLD07	SLD-Y	0.3
SLV07	SLV-Z	0.3	SLC07	SLC-Z	0.3	SLD07	SLD-Z	0.3
SLV07	Ritiro	1	SLC07	Ritiro	1	SLD07	Ritiro	1
SLV07	DT inverno	0.5	SLC07	DT inverno	0.5	SLD07	DT inverno	0.5
SLV08	Sovracc perm	1	SLC08	Sovracc perm	1	SLD08	Sovracc perm	1
SLV08	SLV-X	0.3	SLC08	SLC-X	0.3	SLD08	SLD-X	0.3
SLV08	SLV-Y	1	SLC08	SLC-Y	1	SLD08	SLD-Y	1
SLV08	SLV-Z	0.3	SLC08	SLC-Z	0.3	SLD08	SLD-Z	0.3
SLV08	Ritiro	1	SLC08	Ritiro	1	SLD08	Ritiro	1
SLV08	DT inverno	0.5	SLC08	DT inverno	0.5	SLD08	DT inverno	0.5
SLV09	Sovracc perm	1	SLC09	Sovracc perm	1	SLD09	Sovracc perm	1
SLV09	SLV-X	0.3	SLC09	SLC-X	0.3	SLD09	SLD-X	0.3
SLV09	SLV-Y	0.3	SLC09	SLC-Y	0.3	SLD09	SLD-Y	0.3
SLV09	SLV-Z	1	SLC09	SLC-Z	1	SLD09	SLD-Z	1
SLV09	Ritiro	1	SLC09	Ritiro	1	SLD09	Ritiro	1
SLV09	DT inverno	0.5	SLC09	DT inverno	0.5	SLD09	DT inverno	0.5

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

SLE - Fase 1			Permanenti	1	
SLE - Fase 2					
SLE-FR1	Sovracc perm	1	SLE-FR10	Sovracc perm	1
SLE-FR1	Ritiro	1	SLE-FR10	CEDIMENTI	1
SLE-FR1	DT estate	0	SLE-FR10	Ritiro	1
SLE-FR1	DT inverno	0	SLE-FR10	DT estate	0.5
SLE-FR1	Veicoli	0.75	SLE-FR10	DT inverno	0
SLE-FR1	Vento	0	SLE-FR10	Veicoli	0.75
SLE-FR2	Sovracc perm	1	SLE-FR10	Vento	0
SLE-FR2	Ritiro	1	SLE-FR11	Sovracc perm	1
SLE-FR2	DT estate	0.5	SLE-FR11	CEDIMENTI	1
SLE-FR2	DT inverno	0	SLE-FR11	Ritiro	1
SLE-FR2	Veicoli	0.75	SLE-FR11	DT estate	0.6
SLE-FR2	Vento	0	SLE-FR11	DT inverno	0
SLE-FR3	Sovracc perm	1	SLE-FR11	Veicoli	0
SLE-FR3	Ritiro	1	SLE-FR11	Vento	0
SLE-FR3	DT estate	0.6	SLE-FR12	Sovracc perm	1
SLE-FR3	DT inverno	0	SLE-FR12	CEDIMENTI	1
SLE-FR3	Veicoli	0	SLE-FR12	Ritiro	1
SLE-FR3	Vento	0	SLE-FR12	DT estate	0
SLE-FR4	Sovracc perm	1	SLE-FR12	DT inverno	0
SLE-FR4	Ritiro	1	SLE-FR12	Veicoli	0
SLE-FR4	DT estate	0	SLE-FR12	Vento	0.2
SLE-FR4	DT inverno	0	SLE-FR13	Sovracc perm	1
SLE-FR4	Veicoli	0	SLE-FR13	CEDIMENTI	1
SLE-FR4	Vento	0.2	SLE-FR13	Ritiro	1
SLE-FR5	Sovracc perm	1	SLE-FR13	DT estate	0.5
SLE-FR5	Ritiro	1	SLE-FR13	DT inverno	0
SLE-FR5	DT estate	0.5	SLE-FR13	Veicoli	0
SLE-FR5	DT inverno	0	SLE-FR13	Vento	0.2
SLE-FR5	Veicoli	0	SLE-FR14	Sovracc perm	1
SLE-FR5	Vento	0.2	SLE-FR14	CEDIMENTI	1
SLE-FR6	Sovracc perm	1	SLE-FR14	Ritiro	1
SLE-FR6	Ritiro	1	SLE-FR14	DT estate	0
SLE-FR6	DT estate	0	SLE-FR14	DT inverno	0.5
SLE-FR6	DT inverno	0.5	SLE-FR14	Veicoli	0.75
SLE-FR6	Veicoli	0.75	SLE-FR14	Vento	0
SLE-FR6	Vento	0	SLE-FR15	Sovracc perm	1
SLE-FR7	Sovracc perm	1	SLE-FR15	CEDIMENTI	1
SLE-FR7	Ritiro	1	SLE-FR15	Ritiro	1
SLE-FR7	DT estate	0	SLE-FR15	DT estate	0
SLE-FR7	DT inverno	0.6	SLE-FR15	DT inverno	0.6
SLE-FR7	Veicoli	0	SLE-FR15	Veicoli	0
SLE-FR7	Vento	0	SLE-FR15	Vento	0
SLE-FR8	Sovracc perm	1	SLE-FR16	Sovracc perm	1
SLE-FR8	Ritiro	1	SLE-FR16	CEDIMENTI	1
SLE-FR8	DT estate	0	SLE-FR16	Ritiro	1
SLE-FR8	DT inverno	0.5	SLE-FR16	DT estate	0
SLE-FR8	Veicoli	0	SLE-FR16	DT inverno	0.5
SLE-FR8	Vento	0.2	SLE-FR16	Veicoli	0
SLE-FR9	Sovracc perm	1	SLE-FR16	Vento	0.2
SLE-FR9	CEDIMENTI	1			
SLE-FR9	Ritiro	1			
SLE-FR9	DT estate	0			
SLE-FR9	DT inverno	0			
SLE-FR9	Veicoli	0.75			
SLE-FR9	Vento	0			

SLE - Fase 2		
SLE-QP01	Sovracc perm	1
SLE-QP01	Ritiro	1
SLE-QP01	DT estate	0.5
SLE-QP01	DT inverno	0
SLE-QP01	Veicoli	0
SLE-QP01	Vento	0
SLE-QP02	Sovracc perm	1
SLE-QP02	Ritiro	1
SLE-QP02	DT estate	0
SLE-QP02	DT inverno	0.5
SLE-QP02	Veicoli	0
SLE-QP02	Vento	0
SLE-QP03	Sovracc perm	1
SLE-QP03	Ritiro	1
SLE-QP03	DT estate	0
SLE-QP03	DT inverno	0
SLE-QP03	Veicoli	0
SLE-QP03	Vento	0
SLE-QP04	Sovracc perm	1
SLE-QP04	Ritiro	1
SLE-QP04	DT estate	0.5
SLE-QP04	DT inverno	0
SLE-QP04	Veicoli	0
SLE-QP04	Vento	0
SLE-QP04	CEDIMENTI	1
SLE-QP05	Sovracc perm	1
SLE-QP05	Ritiro	1
SLE-QP05	DT estate	0
SLE-QP05	DT inverno	0.5
SLE-QP05	Veicoli	0
SLE-QP05	Vento	0
SLE-QP05	CEDIMENTI	1
SLE-QP06	Sovracc perm	1
SLE-QP06	Ritiro	1
SLE-QP06	DT estate	0
SLE-QP06	DT inverno	0
SLE-QP06	Veicoli	0
SLE-QP06	Vento	0
SLE-QP06	CEDIMENTI	1

Va segnalato che nel caso di combinazioni contenenti analisi a spettro di risposta il programma di calcolo utilizzato provvede alla restituzione del valore massimo e minimo per ogni grandezza in output (per questo motivo, ad esempio, la combinazione $Ex + 0.3Ey + 0.3Ez$ fornisce i medesimi risultati numerici della combinazione $-Ex - 0.3Ey - 0.3Ez$ che diviene, pertanto, inutile).

7.5 DIAGRAMMI PRINCIPALI DELLE SOLLECITAZIONI

Nel seguito si riportano le Figure estratte dal programma di calcolo SAP2000 che mostrano l'andamento delle sollecitazioni flessionali dell'impalcato in riferimento ai vari casi di analisi indagati con un fattore di scala costante e pari a 0.001.

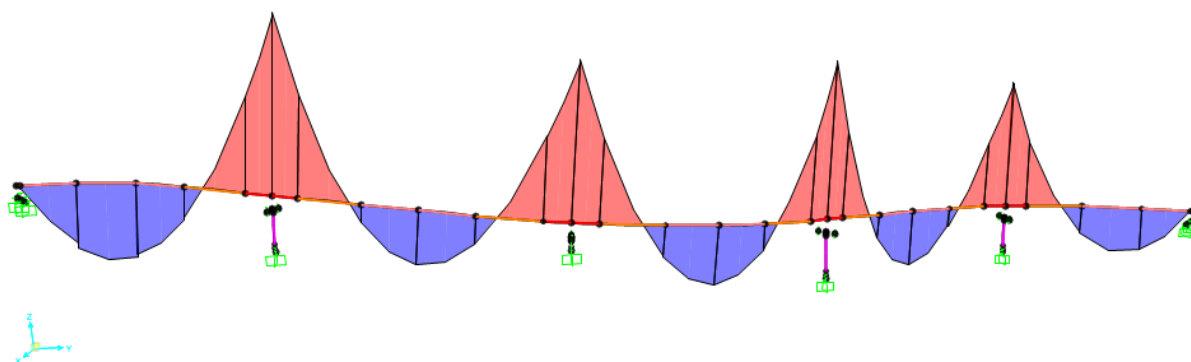


Figura 18: momento flettente nel piano verticale – Permanenti (PP+SL+CR)

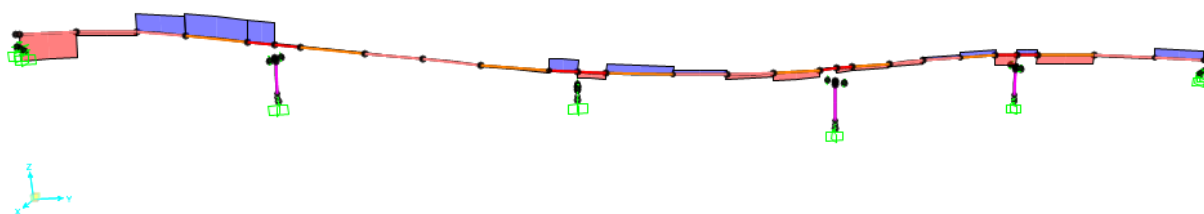


Figura 19: momento torcente – Permanenti (PP+SL+CR)

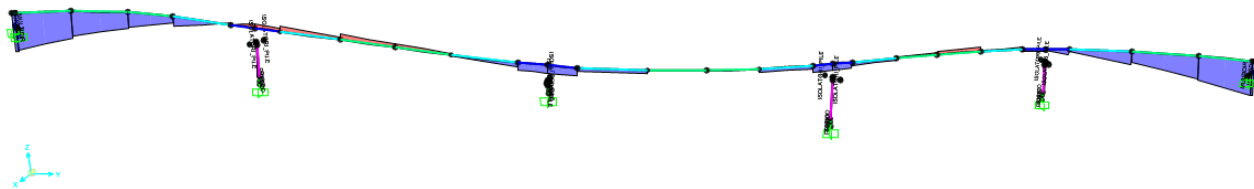


Figura 20: momento flettente nel piano verticale – Ritiro

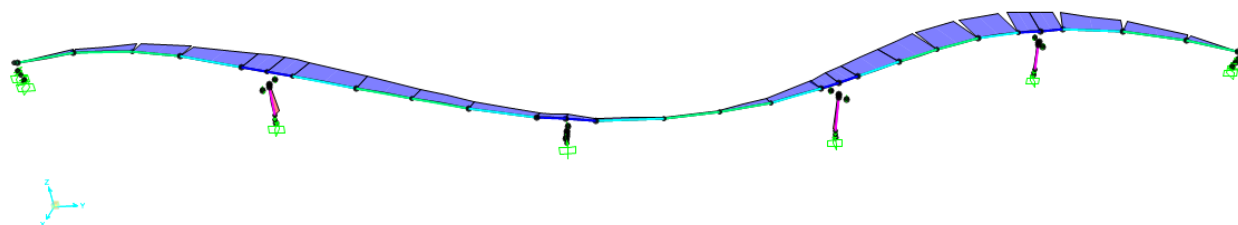


Figura 21: momento flettente nel piano orizzontale – variazione termica positiva

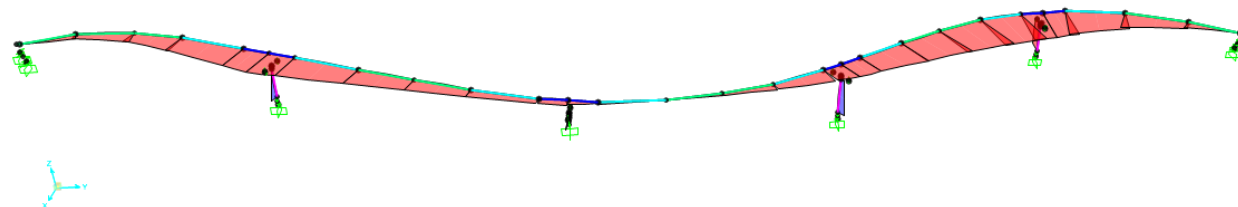


Figura 22: momento flettente nel piano orizzontale – variazione termica negativa

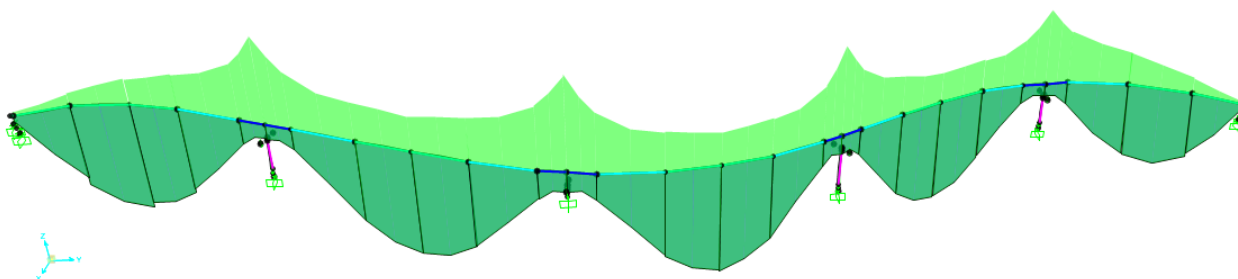


Figura 23: momento flettente nel piano verticale – veicoli

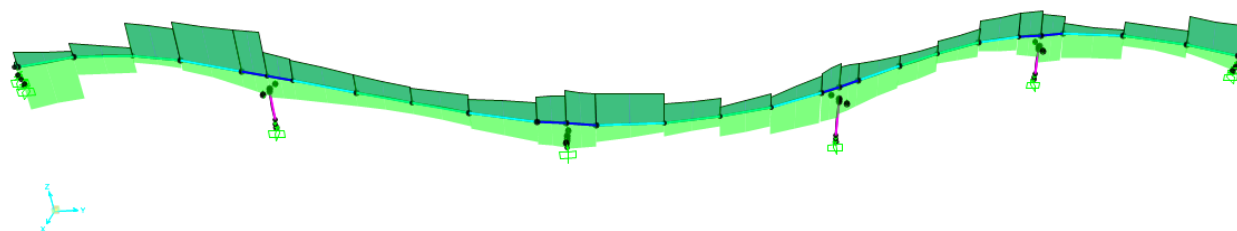


Figura 24: momento torcente – veicoli

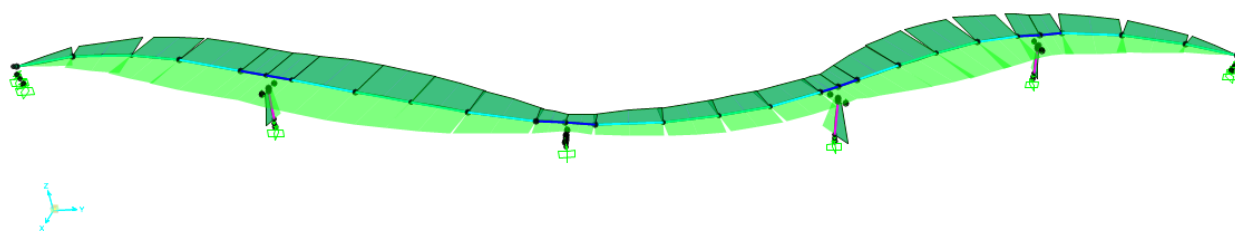


Figura 25: momento flettente nel piano orizzontale – vento

7.6 ANALISI MODALE DELL'OPERA

L'analisi modale dell'opera è stata eseguita tramite algoritmo classico “agli autovettori”; il modello di calcolo di riferimento è il modello “SLE” in cui la soletta è supposta sempre collaborante e il modulo del conglomerato cementizio è stato assegnato pari al valor medio del modulo istantaneo. La rigidità degli isolatori è stata impostata pari a quella attribuita in condizione sismica allo stato SLC in maniera da cogliere correttamente i primi modi traslazionali che coinvolgono gli isolatori, si veda in proposito il punto 7.3. Di seguito si riportano le deformate modali dei modi di vibrare significativi e la tabella riportante la percentuale di massa attivata per ogni singolo modo.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

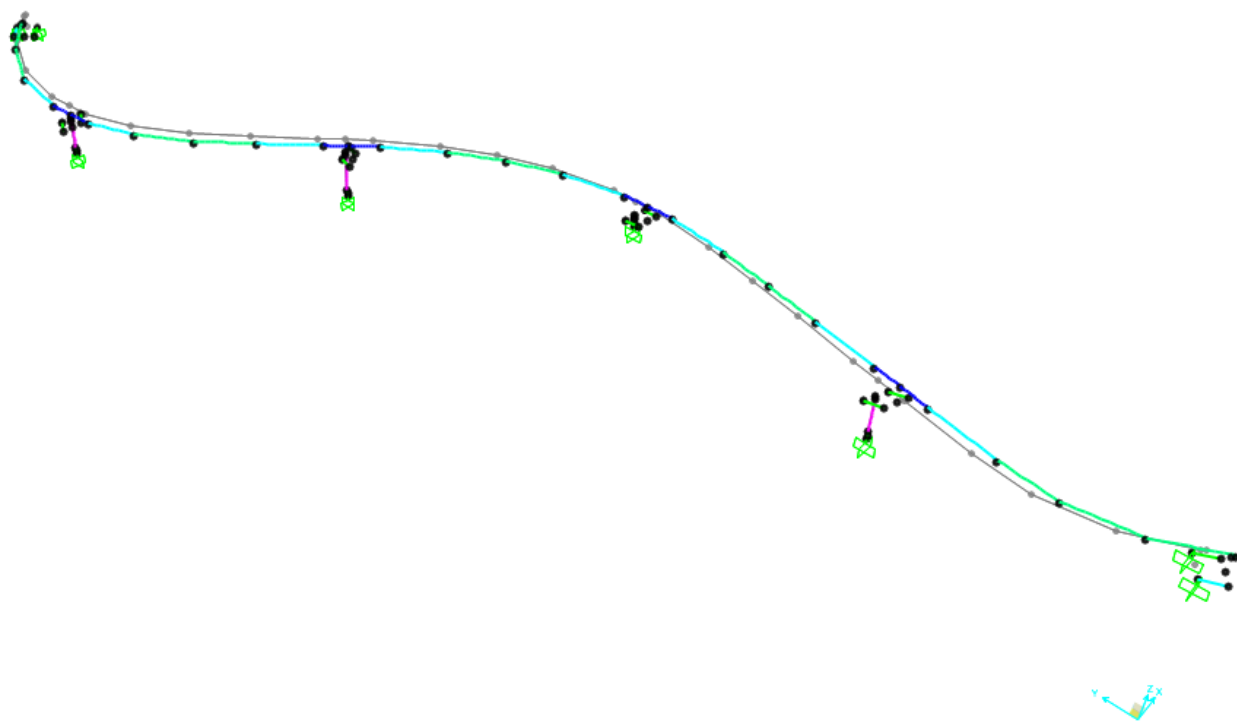


Figura 26: primo modo di vibrare

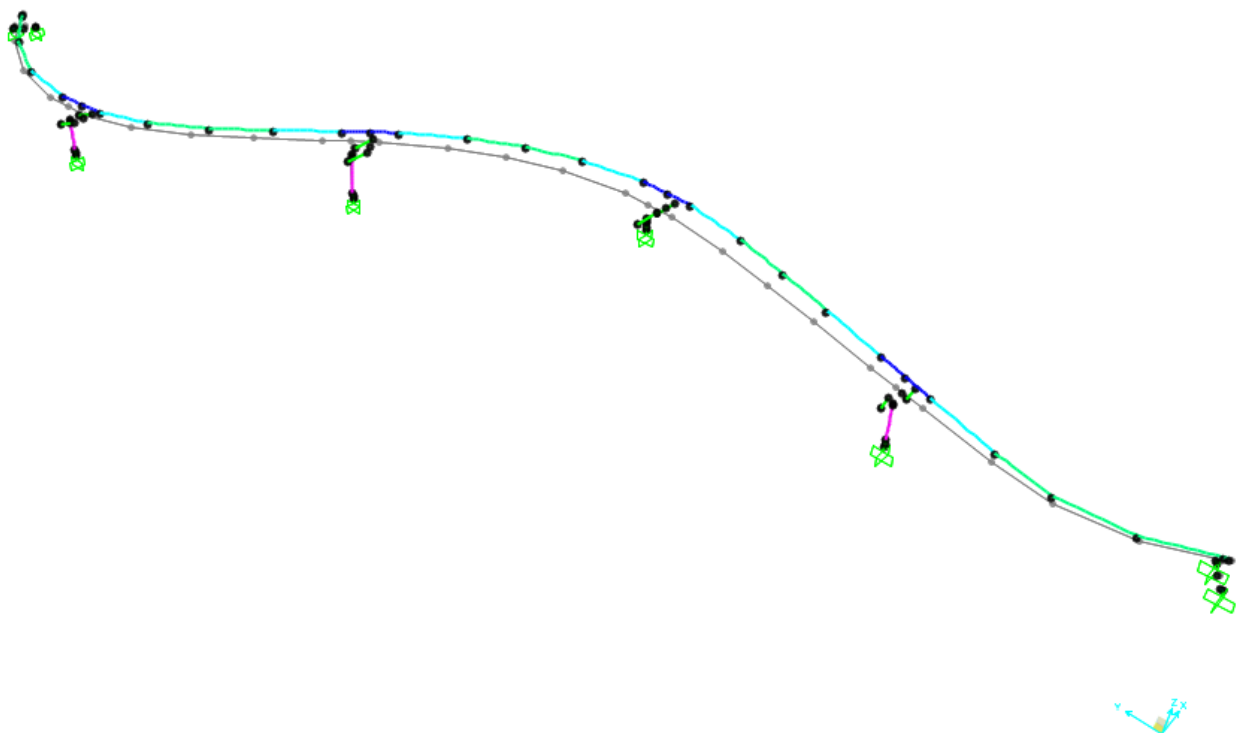


Figura 27: secondo modo di vibrare

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

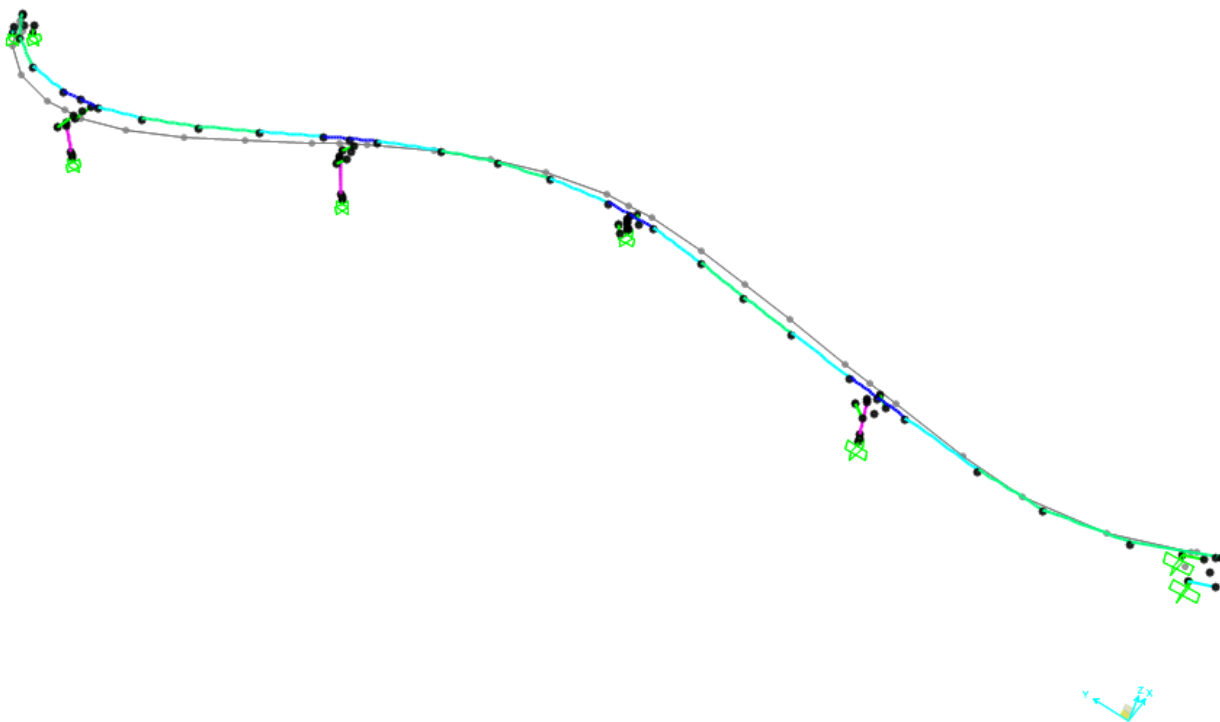


Figura 28: terzo modo di vibrare

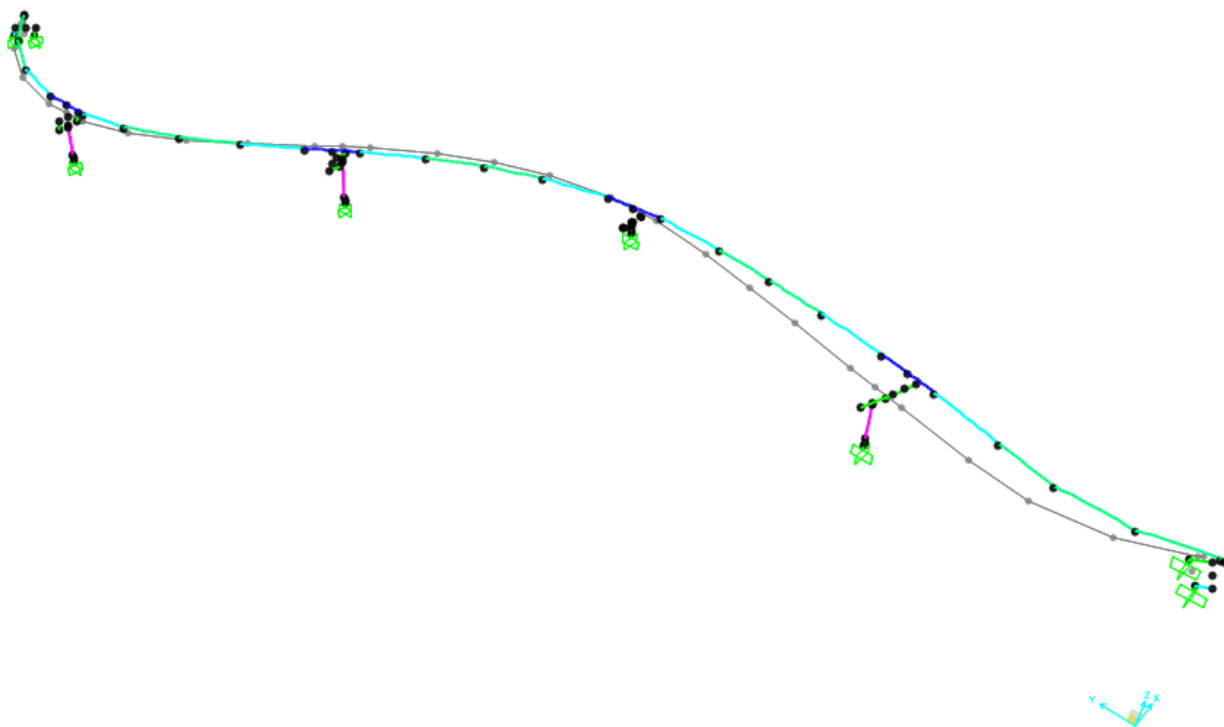


Figura 29: quarto modo di vibrare

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

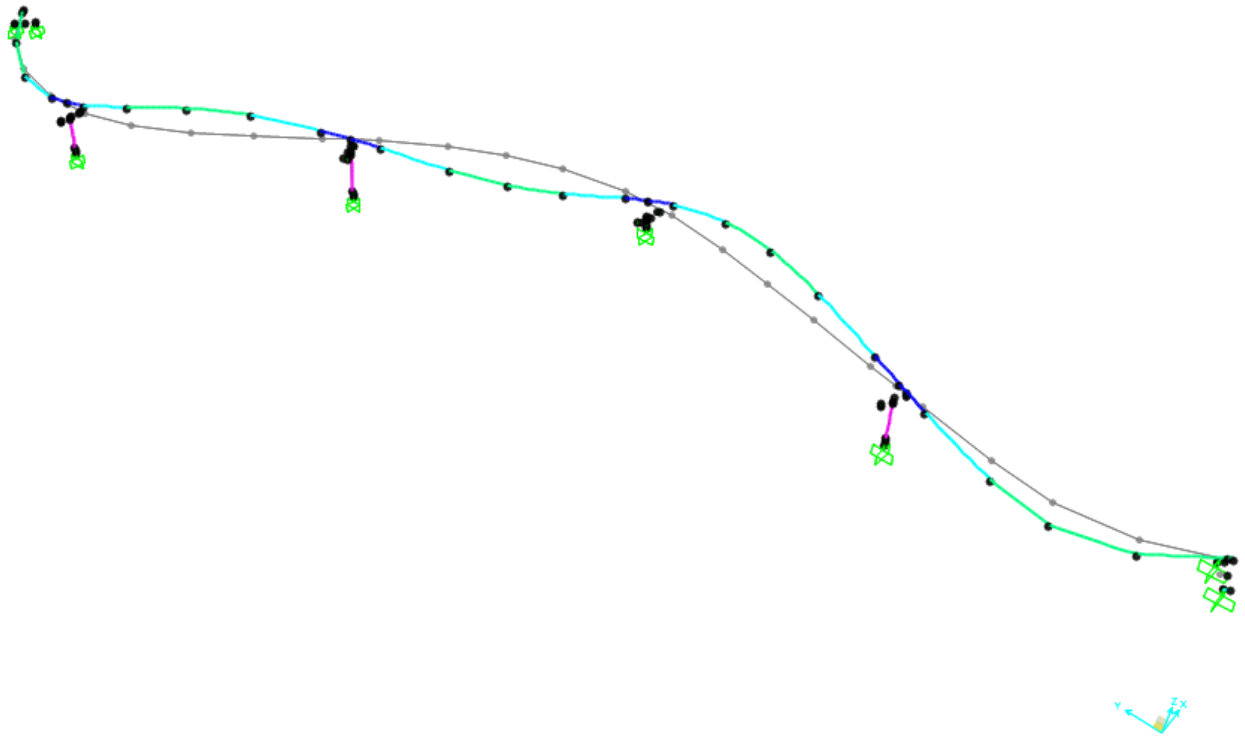


Figura 30: primo modo di vibrare verticale

Tabella 18: massa modale partecipante

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	2.113026	0.03008	0.79391	4.321E-07	0.03008	0.79391	4.321E-07
MODAL	Mode	2	1.752233	0.68542	0.01885	9.534E-09	0.7155	0.81276	4.417E-07
MODAL	Mode	3	1.117503	0.0297	0.08591	0.000005274	0.7452	0.89867	0.000005716
MODAL	Mode	4	0.704567	0.12179	0.0012	0.00003552	0.86699	0.89987	0.00004124
MODAL	Mode	5	0.635733	0.00031	0.00003299	0.00024	0.8673	0.8999	0.00028
MODAL	Mode	6	0.517477	0.00005377	0.00001071	0.00683	0.86736	0.89991	0.00711
MODAL	Mode	7	0.415499	0.00005762	0.00006085	0.00001904	0.86741	0.89997	0.00713
MODAL	Mode	8	0.349238	0.00114	0.01847	0.02212	0.86855	0.91845	0.02925
MODAL	Mode	9	0.339628	0.00003233	0.00244	0.17291	0.86859	0.92089	0.20216
MODAL	Mode	10	0.294977	0.00004865	0.00001362	0.30719	0.86864	0.9209	0.50935
MODAL	Mode	11	0.218026	0.02927	0.00035	0.00036	0.8979	0.92125	0.50971
MODAL	Mode	12	0.166132	0.00001593	0.00001752	0.00062	0.89792	0.92127	0.51033
MODAL	Mode	13	0.15451	0.0000518	0.00031	0.00001138	0.89797	0.92158	0.51034
MODAL	Mode	14	0.151563	0.00015	0.00696	0.0000228	0.89812	0.92854	0.51037
MODAL	Mode	15	0.143954	0.00002746	0.000003386	0.00001823	0.89814	0.92854	0.51038
MODAL	Mode	16	0.125454	0.00021	1.388E-07	0.00888	0.89835	0.92854	0.51926
MODAL	Mode	17	0.120413	0.00035	0.00005105	0.00026	0.8987	0.92859	0.51952
MODAL	Mode	18	0.112982	0.01199	0.00023	0.00062	0.91069	0.92882	0.52014
MODAL	Mode	19	0.100091	0.00019	0.00009101	0.02675	0.91089	0.92891	0.54689
MODAL	Mode	20	0.0903	0.0014	0.0005	0.12073	0.91229	0.9294	0.66762
MODAL	Mode	21	0.088825	0.00328	0.01652	0.00043	0.91557	0.94592	0.66805
MODAL	Mode	22	0.084655	0.00246	0.00043	0.07624	0.91803	0.94635	0.74429
MODAL	Mode	23	0.072777	0.00499	0.00033	0.03	0.92302	0.94668	0.7743
MODAL	Mode	24	0.063576	0.00146	0.000003961	0.08103	0.92447	0.94668	0.85533
MODAL	Mode	25	0.057316	0.00071	0.03221	0.00073	0.92518	0.97889	0.85606
MODAL	Mode	26	0.04866	0.00869	0.00253	0.00588	0.93387	0.98142	0.86194
MODAL	Mode	27	0.045036	0.00514	0.00233	0.00213	0.93901	0.98375	0.86406
MODAL	Mode	28	0.033843	0.00014	0.0003	0.12403	0.93916	0.98404	0.98809
MODAL	Mode	29	0.025905	0.00159	0.01432	0.00097	0.94075	0.99836	0.98906
MODAL	Mode	30	0.022633	0.05343	8.805E-09	0.00029	0.99418	0.99836	0.98934

7.7 CRITERIO DI DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Le verifiche di resistenza e di stabilità (ove vincolanti) degli elementi strutturali sono state condotte operando con il metodo semiprobabilistico agli stati limite in conformità a quanto previsto dalle NTC2018.

Le verifiche a fessurazione (SLE) negli elementi in c.a. sono state condotte con il metodo indiretto tabellare di cui alla C.M. n.7 del 21/01/2019 in base alle classi di esposizione dei vari elementi definite nel capitolo sui materiali.

7.8 DIMENSIONAMENTO SOLETTA D'IMPALCATO

Il dimensionamento della soletta di impalcato è stato eseguito mediante un apposito modello agli elementi finiti realizzato con SAP2000, in grado di analizzare lo stato tensio-deformativo della soletta in direzione trasversale. Si rimanda al capitolo 9 .

7.9 DIMENSIONAMENTO TRAVI PRINCIPALI METALLICHE

Si riportano in seguito le principali ipotesi adottate e i principali risultati ottenuti.

7.9.1 Verifiche di Resistenza – SLU

La sezione delle travi metalliche principali costituenti l'impalcato è stata dimensionata secondo il criterio elastico indicato al punto 4.3.4.2.1.1 delle NTC2018 e cioè limitando le deformazioni al corrispondente limite elastico della resistenza dei materiali (f_{cd} e f_{yd}). Come già indicato, il contributo della soletta in c.a. è stato trascurato (anche ai fini delle verifiche sezionali) per i conci in asse pila e i conci “intermedi”: in tali conci si è considerata agente l'armatura in soletta come già specificato in 7.1.3. Tale procedura operativa è corretta se le sezioni trasversali sono classificate almeno in “classe 3” e cioè non risultano eccessivamente snelle per innescare fenomeni di instabilità locale in fase elastica. La classificazione delle sezioni delle travi metalliche, invece, dimostra la loro appartenenza alla “classe 4” a causa dell'elevata snellezza dei pannelli d'anima e pertanto le verifiche di resistenza in condizione ultima SLU sarebbero da eseguire considerando le proprietà efficaci delle sezioni e non quelle lorde. La determinazione delle caratteristiche efficaci delle sezioni (area efficace, momento flettente efficace, posizione del baricentro, ect...) risulta essere un procedimento complesso e iterativo in quanto dipendente dallo stato di sollecitazione agente sulla sezione in oggetto di classificazione (e quindi variabile in generale per ogni combinazione di carico). Per evitare lunghi e iterativi procedimenti di calcolo, si è operato in maniera più semplice e più controllabile considerando le sezioni in “classe 3” ed eseguendo poi le verifiche di instabilità e di resistenza a taglio e a presso/tenso-flessione dei pannelli di anima secondo il metodo delle “tensioni ridotte” descritto al punto 10 dell'UNI EN 1993-1-5:2006 e introdotto al punto 2.4 della stessa norma. In tale paragrafo viene appunto segnalato che il “Reduced stress method” può essere utilizzato come metodo alternativo al metodo delle proprietà efficaci assumendo che le sezioni dei vari pannelli ricadano in “classe 3”.

L'azione tagliante verticale si è considerata uniformemente distribuita sulle anime delle travi metalliche, mentre per la determinazione delle tensioni tangenziali dovute alla torsione si è fatto riferimento alla formulazione di “Bredt” per sezioni sottili chiuse sfruttando un comportamento a “cassone equivalente” fornito dalla reticolare di piano inferiore.

Per quanto riguarda la combinazione delle tensioni normali e tangenziali si è utilizzato il metodo elastico di "Von Mises" riportato nell'espressione 4.2.4.1.2 delle NTC2018.

Il calcolo è stato svolto differenziando le sollecitazioni allo SLU dovute al modello di calcolo "Fase 1" da quelle dovute al modello di calcolo "Fase 2a", "Fase 2b" e, operando in campo elastico e lineare, si è eseguita a valle la somma delle tensioni (le condizioni sismiche non sono dimensionanti per l'impalcato): analisi "fessurata" elastica senza redistribuzione delle sollecitazioni.

In seguito si riportano le Tabelle di sintesi inerenti i risultati ottenuti dai calcoli svolti per le sezioni in asse pila, per le sezioni di passaggio dai conci di pila ai conci "intermedi" e per le sezioni in campata maggiormente sollecitate. Valgono le seguenti indicazioni:

- P, V2, V3, T, M2 e M3 indicano rispettivamente l'azione assiale (positiva se di trazione), il taglio verticale e orizzontale, il momento torcente e il momento flettente agente attorno all'asse d'inerzia verticale e orizzontale;
- Si riportano le sollecitazioni per le combinazioni di carico allo SLU;
- w1, w2, w3, w4, w5, Ainf, Asup indicano rispettivamente l'intradosso delle travi metalliche, l'estradosso della piattabanda inferiore, l'intradosso delle piattabande superiori, l'estradosso delle piattabande superiori, l'estradosso della soletta in c.a., l'armatura inferiore in soletta e l'armatura superiore in soletta (Figura 31);

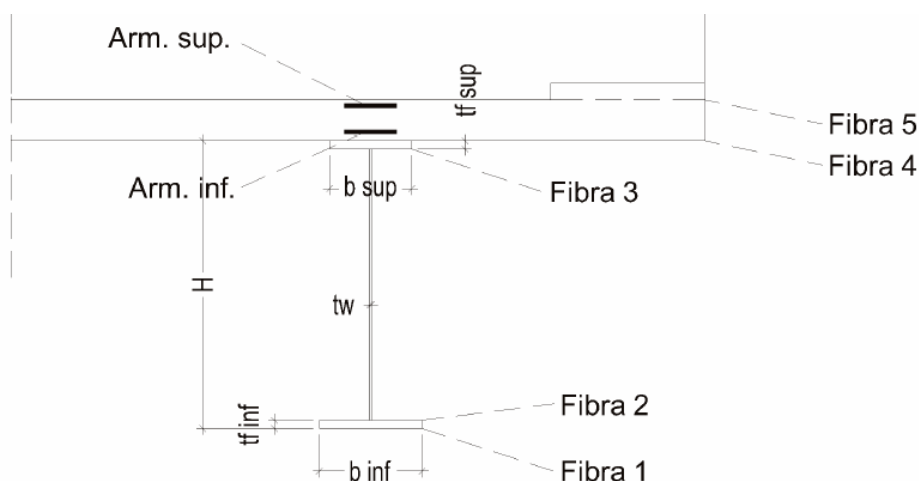


Figura 31: Nomenclatura verifiche di resistenza

- Le tensioni normali nell'acciaio w1, w2, w3, w4 sono calcolate combinando gli effetti delle sollecitazioni M2 ed M3.

- La soletta in c.a. viene considerata collaborante in termini di proprietà geometrico-inerziali della sezione composta se la massima tensione di trazione calcolata in ipotesi di sezione totalmente reagente (considerando anche le sollecitazioni dovute alla fase primaria del ritiro e della variazione termica giornaliera) risulta inferiore alla resistenza a trazione del conglomerato f_{ctm} . Alternativamente vengono considerate le sole proprietà geometrico-inerziali delle travi metalliche e delle armature longitudinali in soletta;
- Nei campi inerenti le fibre in estradosso soletta in c.a. e le fibre corrispondenti le armature intradossali ed estradossali in soletta, si imposta rispettivamente la dicitura "cls teso" e "compresso" se la tensione di trazione supera il valore f_{ctm} o se la tensione risulta di compressione;
- τ_V indica la tensione tangenziale dovuta al taglio e τ_T la tensione tangenziale dovuta alla torsione calcolata unicamente per l'anima (è solo in anima che si combinano le tensioni normali a quelle tangenziali dovute al taglio, per cui la tensione tangenziale dovuta alla torsione è trascurabile negli elementi rimanenti);
- La tensione ideale è calcolata solo alla fibra 2 e alla fibra 3 secondo le ipotesi già dette sulla distribuzione dell'azione di taglio;
- Le tensioni sono indicate in MPa.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Conci di pila

Resistenze di calcolo

f_{yd} - f_{cd}	Acciaio	Acciaio ca	cls compresso	cls tesoro
w1	318.0	-	-	-
w2, w3	338.0	-	-	-
w4	338.0	-	-	-
soletta	-	391.0	18.1	3.0

"Fase 1" – sollecitazioni

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	301.9	4281.8	7.2	5250.8	235.3	-13952.3
MIN	-300.1	-4141.6	-5.9	-2984.9	-311.3	-43850.4

"Fase 1" – tensioni

σ dovute a M				σ dovute a M			
w1	w2	w3	w4	w1	w2	w3	w4
-42.0	-39.4	181.4	186.5	-42.1	-39.5	181.3	186.4
-132.2	-123.9	57.8	59.4	-132.3	-124.0	57.6	59.2

σ dovute a N	τ_v	τ_t	σ ideale	
			w2	w3
0.9	35.7	10.6	146.7	194.8
-0.9	-34.5	-6.0	54.9	70.2

"Fase 2a": lungo termine – sollecitazioni

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-4708.5	2155.2	53.8	3324.0	626.4	-3299.7
MIN	-8325.8	-1988.4	-37.9	-4522.2	-1974.3	-19621.1

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

"Fase 2a": lungo termine – tensioni

σ dovute a M											
w1	w2	w3	w4-acc	w1	w2	w3	w4-acc	w4-cls	w5	Ainf	Asup
-8.2	-7.8	53.9	55.6	-6.7	-6.4	56.5	58.3	cls tesoro	cls tesoro	61.0	67.1
-55.4	-52.5	2.4	2.7	-53.4	-50.5	4.1	4.3	0.3	0.3	0.0	0.0

σ dovute a N	τ_V	τ_T	σ ideale		σ tot cls		σ tot armatura	
			w2	w3	w4	w5	Ainf	Asup
-9.7	18.0	5.8	82.6	53.2	cls tesoro	cls tesoro	52.8	56.9
-23.0	-16.6	-7.8	30.3	17.5	1.1	1.3	-4.8	-3.4

"Fase 2b": breve termine – sollecitazioni

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	894.4	3406.4	620.0	12468.9	21791.9	9173.9
MIN	-12826.2	-3402.8	-603.0	-9081.0	-22857.1	-26130.9

"Fase 2b": breve termine – tensioni

σ dovute a M											
w1	w2	w3	w4-acc	w1	w2	w3	w4-acc	w4-cls	w5	Ainf	Asup
40.1	38.9	71.9	74.3	25.8	25.3	91.3	93.5	cls tesoro	cls tesoro	81.2	89.4
-84.5	-80.9	-30.4	-30.5	-71.1	-67.3	-46.0	-46.7	-0.8	-1.3	-28.5	-31.4

σ dovute a N	τ_V	τ_T	σ ideale		σ tot cls		σ tot armatura	
			w2	w3	w4	w5	Ainf	Asup
2.5	28.4	21.6	137.2	107.0	cls tesoro	cls tesoro	331.8	337.4
-35.5	-28.4	-15.8	1.1	1.1	-4.3	-4.7	-132.2	-126.6

Verifica Completa

σ dovute a M											
w1	w2	w3	w4-acc	w1	w2	w3	w4-acc	w4-cls	w5	Ainf	Asup
0.0	-25.3	302.2	308.4	-35.8	-33.3	321.6	330.7	3.1	4.7	137.0	150.8
-266.7	-251.9	44.0	0.0	-251.9	-237.1	43.2	44.8	-0.4	-0.8	0.6	0.0

σ dovute a N	τ_V	τ_T	σ ideale		σ tot cls		σ tot armatura	
			w2	w3	w4	w5	Ainf	Asup
-8.5	81.9	36.6	333.5	336.0	3.0	3.0	374.0	385.6
-59.5	-79.2	-28.9	0.0	0.0	-2.9	-3.1	-101.1	-90.5

Come si deduce dall'ultima tabella riportata, la verifica di resistenza è soddisfatta.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Conci intermedi

Resistenze di calcolo

f_{yd} - f_{cd}	Acciaio	Acciaio ca	cls compresso	cls tesoro
w1	318.0	-	-	-
w2, w3	338.0	-	-	-
w4	338.0	-	-	-
soletta	-	391.0	18.1	3.0

"Fase 1" – sollecitazioni

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	246.5	3490.8	6.5	5372.8	179.9	7822.8
MIN	-240.9	-3350.3	-4.0	-2864.0	-327.5	-25081.3

"Fase 1" – tensioni

σ dovute a M				σ dovute a M			
w1	w2	w3	w4	w1	w2	w3	w4
36.1	34.2	189.9	193.6	37.1	35.2	189.7	193.4
-117.1	-110.8	-59.9	-61.1	-117.2	-111.0	-58.5	-59.6

σ dovute a N	τ_v	τ_T	σ ideale	
			w2	w3
1.1	34.9	13.0	134.4	199.8
-1.1	-33.5	-6.9	25.8	32.8

"Fase 2a": lungo termine – sollecitazioni

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-4729.7	1817.8	41.7	2857.7	539.0	8979.4
MIN	-8300.3	-1651.6	-45.3	-1552.2	-2051.8	-11096.9

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

"Fase 2a": lungo termine – tensioni

σ dovute a M											
w1	w2	w3	w4-acc	w1	w2	w3	w4-acc	w4-cls	w5	Ainf	Asup
30.9	30.0	43.9	45.0	33.3	32.4	47.5	48.6	cls tesoro	cls tesoro	50.1	55.1
-45.8	-43.9	-16.8	-17.3	-43.1	-41.3	-13.6	-14.1	-0.8	-1.1	-17.0	-19.6

σ dovute a N	τ_V	τ_T	σ ideale		σ tot cls		σ tot armatura	
			w2	w3	w4	w5	Ainf	Asup
-12.4	18.2	5.9	80.9	48.6	cls tesoro	cls tesoro	39.5	42.8
-32.5	-16.5	-3.2	9.2	18.1	-0.1	-0.4	-40.5	-41.4

"Fase 2b": breve termine – sollecitazioni

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	833.9	3048.7	552.3	11903.4	23907.9	24922.9
MIN	-12806.8	-3006.7	-535.3	-8723.5	-25060.3	-17513.7

"Fase 2b": breve termine – tensioni

σ dovute a M											
w1	w2	w3	w4-acc	w1	w2	w3	w4-acc	w4-cls	w5	Ainf	Asup
108.8	106.9	69.5	71.3	86.5	84.6	101.2	102.8	cls tesoro	cls tesoro	79.0	87.0
-91.2	-88.5	-42.4	-42.4	-68.0	-65.1	-63.0	-63.6	-2.2	-4.1	-37.3	-41.0

σ dovute a N	τ_V	τ_T	σ ideale		σ tot cls		σ tot armatura	
			w2	w3	w4	w5	Ainf	Asup
3.3	30.5	24.8	158.4	114.3	cls tesoro	cls tesoro	319.4	325.1
-50.1	-30.1	-18.2	0.8	1.0	-5.4	-6.8	-15.9	-13.4

Verifica Completa

σ dovute a M											
w1	w2	w3	w4-acc	w1	w2	w3	w4-acc	w4-cls	w5	Ainf	Asup
155.5	150.9	297.6	304.0	155.5	150.7	327.3	333.7	2.4	4.0	124.4	137.0
-245.8	-235.1	-100.5	-102.2	-222.6	-212.0	-105.1	-107.6	-3.0	-5.1	-18.9	-22.1

σ dovute a N	τ_V	τ_T	σ ideale		σ tot cls		σ tot armatura	
			w2	w3	w4	w5	Ainf	Asup
-11.0	83.6	43.2	335.4	331.2	2.8	3.0	342.6	353.2
-83.7	-79.9	-26.9	0.0	0.0	-5.3	-6.8	1.9	-0.9

Come si deduce dall'ultima tabella riportata, la verifica di resistenza è soddisfatta in quanto le massime tensioni risultano inferiori a quelle al limite elastico dei materiali.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Conci di campata

Resistenze di calcolo

fyd - fcd	Acciaio	Acciaio ca	cls compresso	cls tesoro
w1	338.0	-	-	-
w2, w3	338.0	-	-	-
w4	338.0	-	-	-
soletta	-	391.0	18.1	3.0

"Fase 1" – sollecitazioni

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	122.9	1930.5	5.6	4633.6	259.1	19225.9
MIN	-106.8	-2209.8	-2.5	-6476.1	-253.7	-17.9

"Fase 1" – tensioni

σ dovute a M				σ dovute a M			
w1	w2	w3	w4	w1	w2	w3	w4
124.1	118.4	0.2	0.2	123.7	118.0	0.2	0.2
-0.1	-0.1	-231.7	-234.5	-0.1	-0.1	-232.1	-235.0

σ dovute a N	τ_V	τ_T	σ ideale	
			w2	w3
0.8	27.6	16.0	119.1	232.4
-0.7	-31.6	-22.3	0.0	0.0

"Fase 2a": lungo termine – sollecitazioni

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	0.0	1008.1	35.2	2649.2	495.0	15257.3
MIN	-8239.1	-1029.7	-53.0	-2502.6	-2063.9	0.0

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

"Fase 2a": lungo termine – tensioni

σ dovute a M											
w1	w2	w3	w4-acc	w1	w2	w3	w4-acc	w4-cls	w5	Ainf	Asup
70.8	69.2	0.0	0.0	71.2	69.7	0.0	0.0	cls teso	cls teso	0.0	0.0
0.0	0.0	-27.1	-27.9	0.0	0.0	-26.5	-27.3	-1.5	-2.1	-27.9	-32.9

σ dovute a N	τ_V	τ_T	σ ideale		σ tot cls		σ tot armatura	
			w2	w3	w4	w5	Ainf	Asup
0.0	14.4	7.9	54.4	55.9	cls teso	cls teso	41.0	41.0
-26.0	-14.7	-7.4	0.0	0.0	-0.8	-1.3	-16.0	-20.5

"Fase 2b": breve termine – sollecitazioni

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	760.7	2623.8	811.0	9221.8	23995.3	31773.5
MIN	-12752.6	-2794.8	-838.9	-12207.5	-25121.7	-12564.4

"Fase 2b": breve termine – tensioni

σ dovute a M											
w1	w2	w3	w4-acc	w1	w2	w3	w4-acc	w4-cls	w5	Ainf	Asup
144.7	142.2	11.6	11.6	140.8	138.3	17.8	18.3	cls teso	cls teso	8.8	12.2
-61.1	-60.2	-17.0	-18.1	-54.1	-53.1	-26.6	-27.8	-2.6	-5.6	-5.4	-7.6

σ dovute a N	τ_V	τ_T	σ ideale		σ tot cls		σ tot armatura	
			w2	w3	w4	w5	Ainf	Asup
1.2	37.5	27.4	161.4	133.4	cls teso	cls teso	378.5	378.5
-19.6	-39.9	-36.3	0.0	0.0	-5.8	-7.9	-1.0	-1.0

Verifica Completa

σ dovute a M											
w1	w2	w3	w4-acc	w1	w2	w3	w4-acc	w4-cls	w5	Ainf	Asup
329.0	319.3	0.0	0.0	328.4	318.8	0.0	0.0	0.7	1.7	3.7	6.0
-21.3	-21.7	-273.8	-278.7	-16.3	-16.6	-274.6	-279.4	-4.0	-7.6	-26.0	-30.3

σ dovute a N	τ_V	τ_T	σ ideale		σ tot cls		σ tot armatura	
			w2	w3	w4	w5	Ainf	Asup
0.0	77.5	50.9	313.8	329.9	2.2	3.0	378.5	378.5
-46.3	-86.0	-65.5	0.0	0.0	-6.3	-9.0	-11.2	-13.8

Come si deduce dall'ultima tabella riportata, la verifica di resistenza è soddisfatta in quanto le massime tensioni risultano inferiori a quelle al limite elastico dei materiali.

7.9.2 Verifiche di instabilità dei pannelli d'anima- SLU

Le anime delle travi metalliche principali risultano essere elementi fortemente snelli a causa del loro elevato rapporto altezza/spessore. Le normative di riferimento utilizzate per le verifiche strutturali sono le seguenti:

- NTC2018 con C.M. n.7/2019;
- UNI EN 1993-1-5: 2006 Eurocodice 3 ;
- CNR 10011/1997;
- CNR 10030/1987.

La normativa NTC2018 prevede che si debbano eseguire verifiche di instabilità di pannelli metallici soggetti ad azioni taglianti qualora non sia verificata tale relazione:

$$\begin{array}{ll} h_w/t_w < 72 \cdot \varepsilon / \eta = 48.82 & \text{pannelli privi di irrigidimenti} \\ h_w/t_w < 31 \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{0.5} / \eta & \text{pannelli muniti di irrigidimenti} \end{array}$$

dove k_τ è il coefficiente di instabilità a taglio. Le anime delle travi metalliche risultano soggette a potenziale instabilità per azione di taglio per tutte e tre le sezioni trasversali adottate. In aggiunta i pannelli d'anima delle travi risultano soggetti in generale anche ad uno stato di presso/tenso-flessione per cui è necessario verificare la stabilità degli stessi per l'intero stato di sollecitazione. Nei punti seguenti si riportano le seguenti verifiche:

- Verifica ad instabilità per taglio e presso/tenso-flessione secondo le indicazioni CNR10011/1997;
- Verifica di resistenza per taglio secondo le indicazioni CNR10030/1987;
- Verifica degli irrigidimenti longitudinali e trasversali secondo le indicazioni CNR10030/1987;
- Verifica di resistenza per taglio secondo le indicazioni UNI EN1993-1-5: 2006;
- Verifica degli irrigidimenti trasversali e secondo le indicazioni UNI EN1993-1-5: 2006.

7.9.2.1 Anima concio pila

L'anima del concio di pila presenta le seguenti caratteristiche:

- Altezza: 2395 mm;
- Spessore: 24 mm;
- Interasse irrigidimenti trasversali: 2250 mm;

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

- Irrigidimento trasversali (sez. a calcolo): 300 mm x 28 mm;
- Irrigidimenti longitudinali: 220 mm x 20 mm posto a 800 mm dal bordo inferiore (zona compressa).

Per i significati dei simboli utilizzati nelle verifiche si rimanda direttamente ai testi normativi citati.

7.9.2.1.1 Verifica instabilità a taglio e presso/tenso flessione CNR10011/1997

Sub-pannello	f_{yk}	f_{yd}	h	t
Tipologia	MPa	MPa	mm	mm
Inferiore	355	355	800	24
Superiore	355	355	1595	24
Anima tot	355	355	2395	24

Sub-pannello	a	α	σ_1	σ_2	τ	ψ	k1	k3
Tipologia	mm	–	MPa	MPa	MPa	–	–	–
Inferiore	2250	2.81	296	130	92	0.44	7.64	23.90
Superiore	2250	1.41	130	-200	92	-1.54	7.64	23.90

Sub-pannello	k_{σ}	k_{τ}	$k_{\tau,adottato}$	β	$\sigma_{cr,0}$	σ_{cr}	τ_{cr}	$\sigma_{cr,id}$	$\sigma_{cr,red}$	σ_{id}	Verifica
Tipologia	–	–	–	–	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	–
Inferiore	5.46	5.85	5.85	1.0	167.6	914.6	979.6	977.4	350.3	336.2	1.04
Superiore	23.90	7.35	7.35	1.0	42.2	1007.6	309.9	655.6	344.4	205.7	1.67

7.9.2.1.2 Verifica irrigidimento longitudinale CNR10030/1987

Sezione	A_L	η	δ	α	ψ	m_L	σ_1/τ	γ^*_L	$I_{L,min}$	I_0	e	I_L	Verifica	
Tipo	cmq	–	–	–	–	–	–	–	cm4	cm4	cm	cm4	–	
220*20	44.0	0.334	0.077	0.94	-0.676	1.00	3.217	10.0	3046.0	1774.7	11	7098.7	2.33	>1

λ	λ_{max}	Verifica
35.4	70	0.51

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

7.9.2.1.3 Verifica irrigidimento trasversale CNR10030/1987

Sezione	A_T	η	δ	α	ψ	σ_1/τ	γ^*_T	$I_{T,min}$	I_0	e	I_T	Verifica	
Tipo	cmq	–	–	–	–	–	–	cm4	cm4	cm	cm4	–	
300*28	84.0	0.334	0.077	0.94	-0.676	3.217	60.0	18275.9	6300.0	15	25200.0	1.38	>1

λ	λ_{max}	Verifica
27.7	50	0.55

7.9.2.1.4 Verifica instabilità a compressione irrigidimento trasversale CNR10030/1987

L_0	b_e	h_{st}	t_{st}	h_{st}/t_{st}	e	J_{st}	N_{cr}	λ	α	Φ	χ	$N_{b,Rd}$	N_{Ed}	Verifica	
mm	mm	mm	mm	-	mm	mm4	kN	–	–	–	–	kN	kN	–	
1676.5	1.0	300	28	10.71	161.6	2.82E+08	207912.0	0.120	0.490	0.488	1.000	2718.4	2387.0	0.878	NEd<NB,Rd

7.9.2.1.5 Verifica resistenza a taglio anima CNR10030/1987

τ^*	σ_{td}	θ	ϕ	t_s	t_i	b_s	b_i	M_{fd}
MPa	MPa	rad	rad	mm	mm	mm	mm	kNm
205.1	0.2	0.817	0.544	40	65	900	1000	44818.8

N_{fd}	M_{fs}	M_{fi}	d_s	d_i	V_{cr}	V_t	V_{Rd}	V_{Ed}	Verifica	
kN	kNm	kNm	mm	mm	kN	kN	kN	kN	–	
18312.1	0.0	138.8	0.0	20508.4	11788.2	29.3	11817.5	6000.0	0.51	<1

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

7.9.2.1.6 Verifica resistenza a taglio UNI EN 1993-1-5:2006

Verifica di resistenza a taglio (shear buckling)			
Grandezza	Valore	U.d.m.	Note
f_{yw}	355	MPa	Tensione di snervamento pannello
E_{acc}	210000	MPa	Modulo elastico dell'acciaio
γ_{M1}	1.1		Coefficiente di sicurezza
h_w	2395	mm	Altezza pannello
t_w	24	mm	Spessore pannello
ε	0.814	-	
h_w/t_w	99.8	-	Rapporto di snellezza
η	1.2	-	EC3-1-5 5.1 Nota 2
$72*\varepsilon/\eta$	48.82	-	Limite per pannelli senza irrigidimenti
$31*\varepsilon*k_t^{0.5}/\eta$	110.78	-	Limite per pannelli con irrigidimenti trasversali senza o con più di 2 irrigidimenti longitudinali
$31*\varepsilon*k_t^{0.5}/\eta$	79.97	-	Limite per pannelli con 1 o 2 irrigidimenti longitudinali e $a/h_w < 3$ (A.6 EC3-1-5)
a	2250	mm	Distanza tra due irrigidimenti trasversali rigidi
a/h_w	0.94	-	Coefficiente di forma
I_{sl}	6922.0	cm ⁴	Momento di inerzia degli irrigidimenti longitudinali
$k_{\tau sl}$	17.73	-	Equazione A.5 punto A.3 EC3-1-5
k_{τ}	27.78	-	Coefficiente di instabilità a taglio per piastre con irr. Trasversali senza o con più di 2 irrigidimenti longitudinali (A.5 EC3-1-5)
k_{τ}	14.48	-	Coefficiente di instabilità a taglio per piastre con 1 o 2 irrigidimenti longitudinali e $a/h_w < 3$ (A.6 EC-1-5)
σ_{ε}	19.06	MPa	Tensione critica di Eulero (A.1 EC3-1-5)
λ_w	1.420	-	Pannello con irrigidimenti solo agli appoggi (5.5 EC3-1-5)
λ_w	0.862	-	Pannello con irrigidimenti agli appoggi e trasversali e/o longitudinali (5.6 EC3-1-5)
λ_w	0.862	-	Formula generale (5.3 EC3-1-5)
χ_w	0.963	-	Fattore di riduzione a taglio (non-rigid end-post)
χ_w	0.963	-	Fattore di riduzione a taglio (rigid end-post)
		-	
$V_{bw,Rd}$	10312.2	kN	Azione tagliante resistente pannello d'anima (non-rigid end-post)
$V_{bw,Rd}$	10312.2	kN	Azione tagliante resistente pannello d'anima (rigid end-post)
$V_{Ed,max}$	6000.0	kN	Azione tagliante sollecitante
Verifica	0.582	-	Verifica sull'azione tagliante resistente minima

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

7.9.2.1.7 Verifica instabilità a compressione irrigidimento trasversale UNI EN 1993-1-5:2006

η	1.2	-	EC3-1-5 5.1 Nota 2
h_{st}	300.0	mm	Altezza sezione Irrigidimento trasversale
t_{st}	28.0	mm	Spessore irrigidimento trasversale
a_1	2250	mm	Distanza tra l'irrigidimento oggetto di verifica e il precedente
a_2	2250	mm	Distanza tra l'irrigidimento oggetto di verifica e il successivo
a	4500	mm	Distanza tra i due irrigidimenti trasversali adiacenti a quello in oggetto
$h_{st} t_{st}$	8400.0	mmq	Area della sezione del solo irrigidimento
h_{st}/t_{st}	10.71	-	Rapporto di snellezza dell'irrigidimento
h_w	2395	mm	Lunghezza irrigidimento trasversale
t_w	24	mm	Spessore pannello irrigidito
b_{st}	613.8	mm	Larghezza collaborante del pannello d'anima (FIG. 9.1 EC3-1-5)
A_{st}	23131.3	mmq	Area dell'irrigiditore trasversale compreso di larghezza collaborante
I_{st}	284156702.08	mm ⁴	Momento d'inerzia dell'irrigidimento trasversale compreso di larghezza collaborante
a/h_w	1.88	-	Rapporto di forma del pannello irrigidito
$I_{st,lim}$	24831360.00	mm ⁴	Momento d'inerzia dell'irrigidimento minimo
$I_{st}/I_{st,lim}$	11.44	Ok	Verifica flessionale punto 9.3.3 EC3-1-5
I_T	2195200.0	mm ⁴	Momento di inerzia torsionale del solo irrigidimento
I_P	65195200.0	mm ⁴	Momento di inerzia polare del solo irrigidimento
I_T/I_P	0.0337	-	Rapporto tra momento di inerzia torsionale e polare del solo irrigidimento
$I_T/I_{P,lim}$	0.0090	Ok	Verifica torsionale punto 9.2.1 EC3-1-5
I_{sl}	6922.0	cm ⁴	Momento di inerzia degli irrigidimenti longitudinali
$k_{\tau sl}$	0.49	-	Equazione A.5 punto A.3 EC3-1-5
k_{τ}	6.96		Coefficiente di instabilità a taglio per piastre con irr. Trasversali senza o con più di 2 irrigidimenti longitudinali (A.5 EC3-1-5)
k_{τ}	8.80	-	Coefficiente di instabilità a taglio per piastre con 1 o 2 irrigidimenti longitudinali e $a/h_w < 3$ (A.6 EC-1-5)
σ_E	19.06	MPa	Tensione critica di Eulero (A.1 EC3-1-5)
λ_w	1.420	-	Pannello con irrigidimenti solo agli appoggi (5.5 EC3-1-5)
λ_w	1.243	-	Pannello con irrigidimenti agli appoggi e trasversali e/o longitudinali (5.6 EC3-1-5)
λ_w	1.243	-	Formula generale (5.3 EC3-1-5)
χ_w	0.668	-	Fattore di riduzione a taglio (non-rigid end-post)
χ_w	0.705	-	Fattore di riduzione a taglio (rigid end-post)
$V_{Ed,max}$	6000.0	kN	Azione di taglio massima agente sul pannello irrigidito

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

V_{cr}	6929.0	kN	Azione di taglio al punto 9.3.3 EC3-1-5
$N_{st,1,Ed}$	0.0	kN	Azione di compressione agente lungo l'irrigidimento causa ancoraggio banda diagonale tesa
$N_{st,2,Ed}$	0.0	kN	Azione di compressione esterna agente lungo l'irrigidimento
$N_{st,Ed}$	0.0	kN	
N_{Ed}	5050.00	kN	Massima azione di compressione scambiata tra i due pannelli divisi dall'irrigidimento 9.2.1 EC3-1-5 (da EBPlate)
$k_{\sigma,p}$	33.60	-	Coefficiente di instabilità a lastra ortotropa (EBPlate) EC3-1-5 A.1
$\sigma_{cr,p}$	640.42	MPa	Tensione critica elastica a lastra ortotropa equivalente
$\sigma_{cr,c}$	5.40	MPa	Elastic critical column buckling stress per un piatto non irrigidito Eq. (4.8)
$\sigma_{cr,c}/\sigma_{cr,p}$	0.01	-	
σ_m	0.02	MPa	9.1 EC3-1-5
$\Delta N_{st,Ed}$	9.18	kN	Azione instabilizzante aggiuntiva se l'irrigidimento è soggetto ad azione di compressione esterna
$\Sigma N_{st,Ed}$	9.2	kN	Azione assiale di compressione di progetto agente sull'irrigidimento
u	2.79	-	9.1 EC3-1-5
e_{max}	312.00	mm	Massima distanza tra il baricentro e la fibra più esterna dell'irrigidimento
w_0	7.50	mm	Imperfezione iniziale
$I_{st,lim}$	91995.67	mm ⁴	Momento d'inerzia minimo dell'irrigidimento trasversale
$I_{st}/I_{st,lim}$	3088.81	Ok	Verifica 9.1 EC3-1-5
$N_{cr,st}$	102675.3	kN	Azione assiale critica euleriana
w	0.001	mm	Incremento dello spostamento trasversale dovuto agli effetti del second'ordine
$300 w/h_w$	0.000	Ok	Verifica deformazione massima (9.2.1 EC3-1-5)
f	7.501	mm	Freccia trasversale totale inclusi effetti del second ordine
σ_{max}	0.1	MPa	Massima tensione di compressione nell'irrigidimento
$\sigma_{max} \gamma_{M1} / f_{yw}$	0.00	Ok	Verifica tensione massima (9.2.1 EC3-1-5)

7.9.2.2 Anima concio intermedio

L'anima del concio di pila presenta le seguenti caratteristiche:

- Altezza: 2420mm;
- Spessore: 20 mm;
- Interasse irrigidimenti trasversali: 3000 mm;
- Irrigidimento trasversali (sez. a calcolo): 260 mm x 24 mm;
- Irrigidimenti longitudinali: 220 mm x 20 mm posto a 800 mm dal bordo inferiore (zona compressa).

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Per i significati dei simboli utilizzati nelle verifiche si rimanda direttamente ai testi normativi citati.

7.9.2.2.1 Verifica instabilità a taglio e presso/tenso flessione CNR10011/1997

Sub-pannello	f_{yk}	f_{yd}	h	t
Tipologia	MPa	MPa	mm	mm
Inferiore	355	355	800	20
Superiore	355	355	1620	20
Anima tot	355	355	2420	20

Sub-pannello	a	α	σ_1	σ_2	τ	ψ	k1	k3
Tipologia	mm	–	MPa	MPa	MPa	–	–	–
Inferiore	3000	3.75	303	143	85	0.47	7.64	23.90
Superiore	3000	1.85	143	-181	85	-1.27	7.64	23.90

Sub-pannello	k_σ	k_τ	$k_{\tau,adottato}$	β	$\sigma_{cr,0}$	σ_{cr}	τ_{cr}	$\sigma_{cr,id}$	$\sigma_{cr,red}$	σ_{id}	Verifica
Tipologia	–	–	–	–	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	–
Inferiore	5.34	5.62	5.62	1.0	116.4	621.9	654.5	656.0	344.4	336.9	1.02
Superiore	23.90	6.51	6.51	1.0	28.4	678.3	184.7	411.9	327.1	205.2	1.59

7.9.2.2.2 Verifica irrigidimento longitudinale CNR10030/1987

Sezione	A_L	η	δ	α	ψ	m_L	σ_1/τ	γ^*_L	$I_{L,min}$	I_0	e	I_L	Verifica	
Tipo	cmq	–	–	–	–	–	–	–	cm4	cm4	cm	cm4	–	
220*20	44.0	0.331	0.091	1.24	-0.597	1.00	3.565	20.0	3562.2	1774.7	11	7098.7	1.99	>1

λ	λ_{max}	Verifica
47.2	70	0.67

7.9.2.2.3 Verifica irrigidimento trasversale CNR10030/1987

Sezione	A_T	η	δ	α	ψ	σ_1/τ	γ^*_T	$I_{T,min}$	I_0	e	I_T	Verifica	
Tipo	cmq	–	–	–	–	–	–	cm4	cm4	cm	cm4	–	
300*28	84.0	0.334	0.077	0.94	-0.676	3.217	60.0	18275.9	6300.0	15	25200.0	1.38	>1

λ	λ_{max}	Verifica
27.7	50	0.55

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

7.9.2.2.4 Verifica instabilità a compressione irrigidimento trasversale CNR10030/1987

L_0	b_e	h_{st}	t_{st}	h_{st}/t_{st}	e	J_{st}	N_{cr}	λ	α	Φ	χ	$N_{b,Rd}$	N_{Ed}	Verifica	
mm	mm	mm	mm	-	mm	mm ⁴	kN	-	-	-	-	kN	kN	-	
1694	140.2	260	24	10.83	96.6	9.35E+07	67436.4	0.218	0.490	0.528	0.991	2891.8	2288.8	0.791	NEd<NB,Rd

7.9.2.2.5 Verifica resistenza a taglio anima CNR10030/1987

τ^*	σ_{td}	θ	ϕ	t_s	t_i	b_s	b_i	M_{fd}
MPa	MPa	rad	rad	mm	mm	mm	mm	kNm
184.7	35.6	0.679	0.453	30	50	500	850	25515.6

N_{fd}	M_{fs}	M_{fi}	d_s	d_i	V_{cr}	V_t	V_{Rd}	V_{Ed}	Verifica	
kN	kNm	kNm	mm	mm	kN	kN	kN	kN	-	
10372.2	0.0	99.5	0.0	1710.7	8937.1	501.4	9438.5	4250.0	0.45	<1

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

7.9.2.2.6 Verifica resistenza a taglio UNI EN 1993-1-5:2006

Verifica di resistenza a taglio (shear buckling)			
Grandezza	Valore	U.d.m.	Note
f_{yw}	355	MPa	Tensione di snervamento pannello
E_{acc}	210000	MPa	Modulo elastico dell'acciaio
γ_{M1}	1.1		Coefficiente di sicurezza
h_w	2420	mm	Altezza pannello
t_w	20	mm	Spessore pannello
ε	0.814	-	
h_w/t_w	121.0	-	Rapporto di snellezza
η	1.2	-	EC3-1-5 5.1 Nota 2
$72*\varepsilon/\eta$	48.82	-	Limite per pannelli senza irrigidimenti
$31*\varepsilon*k_{\tau}^{0.5}/\eta$	97.58	-	Limite per pannelli con irrigidimenti trasversali senza o con più di 2 irrigidimenti longitudinali
$31*\varepsilon*k_{\tau}^{0.5}/\eta$	72.08		Limite per pannelli con 1 o 2 irrigidimenti longitudinali e $a/h_w < 3$ (A.6 EC3-1-5)
a	3000	mm	Distanza tra due irrigidimenti trasversali rigidi
a/h_w	1.24	-	Coefficiente di forma
I_{sl}	5961.0	cm ⁴	Momento di inerzia degli irrigidimenti longitudinali
$k_{\tau sl}$	13.61	-	Equazione A.5 punto A.3 EC3-1-5
k_{τ}	21.56		Coefficiente di instabilità a taglio per piastre con irr. Trasversali senza o con più di 2 irrigidimenti longitudinali (A.5 EC3-1-5)
k_{τ}	11.76	-	Coefficiente di instabilità a taglio per piastre con 1 o 2 irrigidimenti longitudinali e $a/h_w < 3$ (A.6 EC3-1-5)
σ_{ε}	12.98	MPa	Tensione critica di Eulero (A.1 EC3-1-5)
λ_w	1.721	-	Pannello con irrigidimenti solo agli appoggi (5.5 EC3-1-5)
λ_w	1.160	-	Pannello con irrigidimenti agli appoggi e trasversali e/o longitudinali (5.6 EC3-1-5)
λ_w	1.159	-	Formula generale (5.3 EC3-1-5)
χ_w	0.716	-	Fattore di riduzione a taglio (non-rigid end-post)
χ_w	0.737	-	Fattore di riduzione a taglio (rigid end-post)
		-	
$V_{bw,Rd}$	6455.4	kN	Azione tagliante resistente pannello d'anima (non-rigid end-post)
$V_{bw,Rd}$	6644.2	kN	Azione tagliante resistente pannello d'anima (rigid end-post)
$V_{Ed,max}$	4250.0	kN	Azione tagliante sollecitante
Verifica	0.658	-	Verifica sull'azione tagliante resistente minima

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

7.9.2.2.7 Verifica instabilità a compressione irrigidimento trasversale UNI EN 1993-1-5:2006

η	1.2	-	EC3-1-5 5.1 Nota 2
h_{st}	260.0	mm	Altezza Irrigidimento trasversale
t_{st}	24.0	mm	Spessore irrigidimento trasversale
a_1	3000	mm	Distanza tra l'irrigidimento oggetto di verifica e il precedente
a_2	3000	mm	Distanza tra l'irrigidimento oggetto di verifica e il successivo
a	6000	mm	Distanza tra i due irrigidimenti trasversali adiacenti a quello in oggetto
$h_{st} t_{st}$	6240.0	mmq	Area della sezione del solo irrigidimento
h_{st}/t_{st}	10.83	-	
h_w	2420	mm	
t_w	20	mm	Spessore pannello irrigidito
b_{st}	512.2	mm	Larghezza collaborante del pannello d'anima (FIG. 9.1 EC3-1-5)
A_{st}	16483.4	mmq	Area dell'irrigiditore trasversale compreso di larghezza collaborante
I_{st}	157797446.61	mm ⁴	Momento d'inerzia dell'irrigiditore trasversale compreso di larghezza collaborante
a/h_w	2.48	-	Rapporto di forma del pannello irrigidito
$I_{st,lim}$	14520000.00	mm ⁴	Momento d'inerzia dell'irrigidimento minimo
$I_{st}/I_{st,lim}$	10.87	Ok	Verifica flessionale punto 9.3.3 EC3-1-5
I_T	1198080.0	mm ⁴	Momento di inerzia torsionale del solo irrigidimento
I_P	36350080.0	mm ⁴	Momento di inerzia polare del solo irrigidimento
I_T/I_P	0.0330	-	Rapporto tra momento di inerzia torsionale e polare del solo irrigidimento
$I_T/I_{P,lim}$	0.0090	Ok	Verifica torsionale punto 9.2.1 EC3-1-5
I_{sl}	5961.0	cm ⁴	Momento di inerzia degli irrigidimenti longitudinali
$k_{\tau sl}$	0.59	-	Equazione A.5 punto A.3 EC3-1-5
k_{τ}	6.58		Coefficiente di instabilità a taglio per piastre con irr. Trasversali senza o con più di 2 irrigidimenti longitudinali (A.5 EC3-1-5)
k_{τ}	8.42	-	Coefficiente di instabilità a taglio per piastre con 1 o 2 irrigidimenti longitudinali e $a/h_w < 3$ (A.6 EC-1-5)
σ_E	12.98	MPa	Tensione critica di Eulero (A.1 EC3-1-5)
λ_w	1.721	-	Pannello con irrigidimenti solo agli appoggi (5.5 EC3-1-5)
λ_w	1.550	-	Pannello con irrigidimenti agli appoggi e trasversali e/o longitudinali (5.6 EC3-1-5)
λ_w	1.549	-	Formula generale (5.3 EC3-1-5)
χ_w	0.535	-	Fattore di riduzione a taglio (non-rigid end-post)
χ_w	0.609	-	Fattore di riduzione a taglio (rigid end-post)
$V_{Ed,max}$	4250.0	kN	Azione di taglio massima agente sul pannello irrigidito

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

V_{cr}	3756.8	kN	Azione di taglio al punto 9.3.3 EC3-1-5
$N_{st,1,Ed}$	493.2	kN	Azione di compressione agente lungo l'irrigidimento causa ancoraggio banda diagonale tesa
$N_{st,2,Ed}$	0.0	kN	Azione di compressione esterna agente lungo l'irrigidimento
$N_{st,Ed}$	493.2	kN	
N_{Ed}	4545.00	kN	Massima azione di compressione scambiata tra i due pannelli divisi dall'irrigidimento 9.2.1 EC3-1-5 (da EBPlate)
$k_{\sigma,p}$	30.53	-	Coefficiente di instabilità a lastra ortotropa (EBPlate) EC3-1-5 A.1
$\sigma_{cr,p}$	396.28	MPa	Tensione critica elastica a lastra ortotropa equivalente
$\sigma_{cr,c}$	2.11	MPa	Elastic critical column buckling stress per un piatto non irrigidito Eq. (4.8)
$\sigma_{cr,c}/\sigma_{cr,p}$	0.01	-	
σ_m	0.01	MPa	9.1 EC3-1-5
$\Delta N_{st,Ed}$	3.95	kN	Azione instabilizzante aggiuntiva se l'irrigidimento è soggetto ad azione di compressione esterna
$\Sigma N_{st,Ed}$	497.2	kN	Azione assiale di compressione di progetto agente sull'irrigidimento
u	2.39	-	9.1 EC3-1-5
e_{max}	270.00	mm	Massima distanza tra il baricentro e la fibra più esterna dell'irrigidimento
w_0	8.07	mm	Imperfezione iniziale
$I_{st,lim}$	37854.67	mm ⁴	Momento d'inerzia minimo dell'irrigidimento trasversale
$I_{st}/I_{st,lim}$	4168.51	Ok	Verifica 9.1 EC3-1-5
$N_{cr,st}$	55845.5	kN	Azione assiale critica euleriana
w	0.072	mm	Incremento dello spostamento trasversale dovuto agli effetti del second'ordine
$300 w/h_w$	0.009	Ok	Verifica deformazione massima (9.2.1 EC3-1-5)
f	8.139	mm	Freccia trasversale totale inclusi effetti del second ordine
σ_{max}	36.8	MPa	Massima tensione di compressione nell'irrigidimento
$\sigma_{max}\gamma_{M1}/f_{yw}$	0.11	Ok	Verifica tensione massima (9.2.1 EC3-1-5)

7.9.2.3 Anima concio campata

L'anima del concio di campata presenta le seguenti caratteristiche:

- Altezza: 2440mm;
- Spessore: 14 mm;
- Interasse irrigidimenti trasversali: 2900 mm;
- Irrigidimento trasversali (sez. a calcolo): 220 mm x 20 mm;
- Irrigidimenti longitudinali: 200 mm x 18 mm posto a 500 mm dal bordo superiore (zona compressa) e 200 mm x 18 mm posto a 1000 mm dal bordo inferiore.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Per i significati dei simboli utilizzati nelle verifiche si rimanda direttamente ai testi normativi citati.

7.9.2.3.1 Verifica instabilità a taglio e presso/tenso flessione CNR10011/1997

Sub-pannello	f_{yk}	f_{yd}	h	t
Tipologia	MPa	MPa	mm	mm
Superiore	355	355	500	14
Inferiore	355	355	1000	14
Centrale	355	355	940	14
Anima tot	355	355	2440	14

a	α	σ_1	σ_2	τ	ψ	k1	k3	Sub-pannello
mm	–	MPa	MPa	MPa	–	–	–	Tipologia
2900	5.80	316	188	70	0.59	7.64	23.90	Superiore
2900	2.90	1	-130	70	-130.00	7.64	23.90	Inferiore
2900	3.09	188	1	70	0.01	7.64	23.90	Centrale

k_{σ}	k_{τ}	$k_{\tau,adottato}$	β	$\sigma_{cr,0}$	σ_{cr}	τ_{cr}	$\sigma_{cr,id}$	$\sigma_{cr,red}$	σ_{id}	Verifica	Sub-pannello
–	–	–	–	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	–	Tipologia
4.96	5.46	5.46	1.0	146.0	723.5	796.9	750.3	347.0	338.5	1.03	Superiore
23.90	5.82	5.82	1.0	36.5	872.2	212.2	411.0	327.0	121.2	2.70	Inferiore
7.60	5.76	5.76	1.0	41.3	313.9	237.9	325.7	307.4	223.7	1.37	Centrale

7.9.2.3.2 Verifica irrigidimento longitudinale CNR10030/1987

Sezione	$A_{L,TOT}$	η_1	η_2	δ	α	ψ	m_L	σ_1/τ	γ^*_L	$I_{L,min}$	$I_{0,TOT}$	e	I_L	Verifica	
Tipo	cmq	–	–	–	–	–	–	–	–	cm4	cm4	cm	cm4	–	
200*18	72.0	0.205	0.590	0.211	1.19	0.003	1.56	4.514	90.0	8672.0	2400.0	10	9600.0	1.11	>1

λ	λ_{max}	Verifica
-	-	–
50.2	70	0.72

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

7.9.2.3.3 Verifica irrigidimento trasversale CNR10030/1987

Sezione	A_T	η	δ	α	ψ	σ_1/τ	γ^*_T	$I_{T,min}$	I_0	e	I_T	Verifica	
Tipo	cmq	–	–	–	–	–	–	cm4	cm4	cm	cm4	–	
220*20	44.0	0.205	0.211	1.19	0.003	4.514	60.0	3695.8	1774.7	11	7098.7	1.92	>1

λ	λ_{max}	Verifica
38.4	50	0.77

7.9.2.3.4 Verifica instabilità a compressione irrigidimento trasversale CNR10030/1987

L_0	b_e	h_{st}	t_{st}	h_{st}/t_{st}	e	J_{st}	N_{cr}	λ	α	Φ	χ	$N_{b,Rd}$	N_{Ed}	Verifica	
mm	mm	mm	mm	-	mm	mm4	kN	–	–	–	–	kN	kN	–	
1708	0.6	220	20	11.00	116.8	7.78E+07	55191.2	0.168	0.490	0.506	1.000	1422.6	1414.4	0.994	NEd<NB,Rd

7.9.2.3.5 Verifica resistenza a taglio anima CNR10030/1987

τ^*	σ_{td}	θ	ϕ	t_s	t_i	b_s	b_i	M_{fd}
MPa	MPa	rad	rad	mm	mm	mm	mm	kNm
205.1	0.2	0.699	0.466	20	40	500	800	18637.5

N_{fd}	M_{fs}	M_{fi}	d_s	d_i	V_{cr}	V_t	V_{Rd}	V_{Ed}	Verifica	
kN	kNm	kNm	mm	mm	kN	kN	kN	kN	–	
7545.5	0.0	63.5	0.0	20917.0	7005.7	13.3	7018.9	3100.0	0.44	<1

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

7.9.2.3.6 Verifica resistenza a taglio UNI EN 1993-1-5:2006

Verifica di resistenza a taglio (shear buckling)			
Grandezza	Valore	U.d.m.	Note
f_{yw}	355	MPa	Tensione di snervamento pannello
E_{acc}	210000	MPa	Modulo elastico dell'acciaio
γ_{M1}	1.1		Coefficiente di sicurezza
h_w	2440	mm	Altezza pannello
t_w	14	mm	Spessore pannello
ε	0.814	-	
h_w/t_w	174.3	-	Rapporto di snellezza
η	1.2	-	EC3-1-5 5.1 Nota 2
$72*\varepsilon/\eta$	48.82	-	Limite per pannelli senza irrigidimenti
$31*\varepsilon*k_t^{0.5}/\eta$	140.32	-	Limite per pannelli con irrigidimenti trasversali senza o con più di 2 irrigidimenti longitudinali
$31*\varepsilon*k_t^{0.5}/\eta$	80.41		Limite per pannelli con 1 o 2 irrigidimenti longitudinali e $a/h_w < 3$ (A.6 EC3-1-5)
a	2900	mm	Distanza tra due irrigidimenti trasversali rigidi
a/h_w	1.19	-	Coefficiente di forma
I_{sl}	6838.0	cm ⁴	Momento di inerzia degli irrigidimenti longitudinali
$k_{t,sl}$	36.40	-	Equazione A.5 punto A.3 EC3-1-5
k_t	44.57		Coefficiente di instabilità a taglio per piastre con irr. Trasversali senza o con più di 2 irrigidimenti longitudinali (A.5 EC3-1-5)
k_t	14.63	-	Coefficiente di instabilità a taglio per piastre con 1 o 2 irrigidimenti longitudinali e $a/h_w < 3$ (A.6 EC3-1-5)
σ_E	6.26	MPa	Tensione critica di Eulero (A.1 EC3-1-5)
λ_w	2.479	-	Pannello con irrigidimenti solo agli appoggi (5.5 EC3-1-5)
λ_w	1.497	-	Pannello con irrigidimenti agli appoggi e trasversali e/o longitudinali (5.6 EC3-1-5)
λ_w	1.496	-	Formula generale (5.3 EC3-1-5)
χ_w	0.554	-	Fattore di riduzione a taglio (non-rigid end-post)
χ_w	0.624	-	Fattore di riduzione a taglio (rigid end-post)
		-	
$V_{bw,Rd}$	3528.5	kN	Azione tagliante resistente pannello d'anima (non-rigid end-post)
$V_{bw,Rd}$	3968.6	kN	Azione tagliante resistente pannello d'anima (rigid end-post)
$V_{Ed,max}$	3100.0	kN	Azione tagliante sollecitante
Verifica	0.879	-	Verifica sull'azione tagliante resistente minima

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

7.9.2.3.7 Verifica instabilità a compressione irrigidimento trasversale UNI EN 1993-1-5:2006

η	1.2	-	EC3-1-5 5.1 Nota 2
h_{st}	220.0	mm	Altezza irrigidimento trasversale
t_{st}	20.0	mm	Spessore irrigidimento trasversale
a_1	2900	mm	Distanza tra l'irrigidimento oggetto di verifica e il precedente
a_2	2900	mm	Distanza tra l'irrigidimento oggetto di verifica e il successivo
a	5800	mm	Distanza tra i due irrigidimenti trasversali adiacenti a quello in oggetto
$h_{st} t_{st}$	4400.0	mmq	Area della sezione del solo irrigidimento
h_{st}/t_{st}	11.00	-	
h_w	2440	mm	
t_w	14	mm	Spessore pannello irrigidito
b_{st}	361.7	mm	Larghezza collaborante del pannello d'anima (FIG. 9.1 EC3-1-5)
A_{st}	9464.1	mmq	Area dell'irrigiditore trasversale compreso di larghezza collaborante
I_{st}	78060979.73	mm ⁴	Momento d'inerzia dell'irrigiditore trasversale compreso di larghezza collaborante
a/h_w	2.38	-	Rapporto di forma del pannello irrigidito
$I_{st,lim}$	5021520.00	mm ⁴	Momento d'inerzia dell'irrigidimento minimo
$I_{st}/I_{st,lim}$	15.55	Ok	Verifica flessionale punto 9.3.3 EC3-1-5
I_T	586666.7	mm ⁴	Momento di inerzia torsionale del solo irrigidimento
I_P	18333333.3	mm ⁴	Momento di inerzia polare del solo irrigidimento
I_T/I_P	0.0320	-	Rapporto tra momento di inerzia torsionale e polare del solo irrigidimento
$I_T/I_{P,lim}$	0.0090	Ok	Verifica torsionale punto 9.2.1 EC3-1-5
I_{sl}	6838.0	cm ⁴	Momento di inerzia degli irrigidimenti longitudinali
$k_{\tau sl}$	0.99	-	Equazione A.5 punto A.3 EC3-1-5
k_{τ}	7.03		Coefficiente di instabilità a taglio per piastre con irr. Trasversali senza o con più di 2 irrigidimenti longitudinali (A.5 EC3-1-5)
k_{τ}	10.31	-	Coefficiente di instabilità a taglio per piastre con 1 o 2 irrigidimenti longitudinali e $a/h_w < 3$ (A.6 EC-1-5)
σ_E	6.26	MPa	Tensione critica di Eulero (A.1 EC3-1-5)
λ_w	2.479	-	Pannello con irrigidimenti solo agli appoggi (5.5 EC3-1-5)
λ_w	2.160	-	Pannello con irrigidimenti agli appoggi e trasversali e/o longitudinali (5.6 EC3-1-5)
λ_w	2.158	-	Formula generale (5.3 EC3-1-5)
χ_w	0.384	-	Fattore di riduzione a taglio (non-rigid end-post)
χ_w	0.479	-	Fattore di riduzione a taglio (rigid end-post)
$V_{Ed,max}$	3100.0	kN	Azione di taglio massima agente sul pannello irrigidito

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

V_{cr}	1366.6	kN	Azione di taglio al punto 9.3.3 EC3-1-5
$N_{st,1,Ed}$	1733.4	kN	Azione di compressione agente lungo l'irrigidimento causa ancoraggio banda diagonale tesa
$N_{st,2,Ed}$	0.0	kN	Azione di compressione esterna agente lungo l'irrigidimento
$N_{st,Ed}$	1733.4	kN	
N_{Ed}	3000.00	kN	Massima azione di compressione scambiata tra i due pannelli divisi dall'irrigidimento 9.2.1 EC3-1-5 (da EBPlate)
$k_{\sigma,p}$	5.17	-	Coefficiente di instabilità a lastra ortotropa (EBPlate) EC3-1-5 A.1
$\sigma_{cr,p}$	32.36	MPa	Tensione critica elastica a lastra ortotropa equivalente
$\sigma_{cr,c}$	1.11	MPa	Elastic critical column buckling stress per un piatto non irrigidito Eq. (4.8)
$\sigma_{cr,c}/\sigma_{cr,p}$	0.03	-	
σ_m	0.03	MPa	9.1 EC3-1-5
$\Delta N_{st,Ed}$	17.48	kN	Azione instabilizzante aggiuntiva se l'irrigidimento è soggetto ad azione di compressione esterna
$\Sigma N_{st,Ed}$	1750.9	kN	Azione assiale di compressione di progetto agente sull'irrigidimento
u	1.99	-	9.1 EC3-1-5
e_{max}	227.00	mm	Massima distanza tra il baricentro e la fibra più esterna dell'irrigidimento
w_0	8.13	mm	Imperfezione iniziale
$I_{st,lim}$	150188.42	mm ⁴	Momento d'inerzia minimo dell'irrigidimento trasversale
$I_{st}/I_{st,lim}$	519.75	Ok	Verifica 9.1 EC3-1-5
$N_{cr,st}$	27175.2	kN	Azione assiale critica euleriana
w	0.560	mm	Incremento dello spostamento trasversale dovuto agli effetti del second'ordine
$300 w/h_w$	0.069	Ok	Verifica deformazione massima (9.2.1 EC3-1-5)
f	8.693	mm	Freccia trasversale totale inclusi effetti del second ordine
σ_{max}	227.4	MPa	Massima tensione di compressione nell'irrigidimento
$\sigma_{max}\gamma_{M1}/f_{yw}$	0.70	Ok	Verifica tensione massima (9.2.1 EC3-1-5)

7.9.3 Verifiche di deformabilità SLE

Si riporta nella Figura 32 il massimo abbassamento verticale ottenuto dal modello di calcolo "SLE" per effetto dei carichi mobili in ipotesi di soletta sempre reagente e di modulo elastico del conglomerato cementizio pari al valor medio istantaneo (33346 MPa).

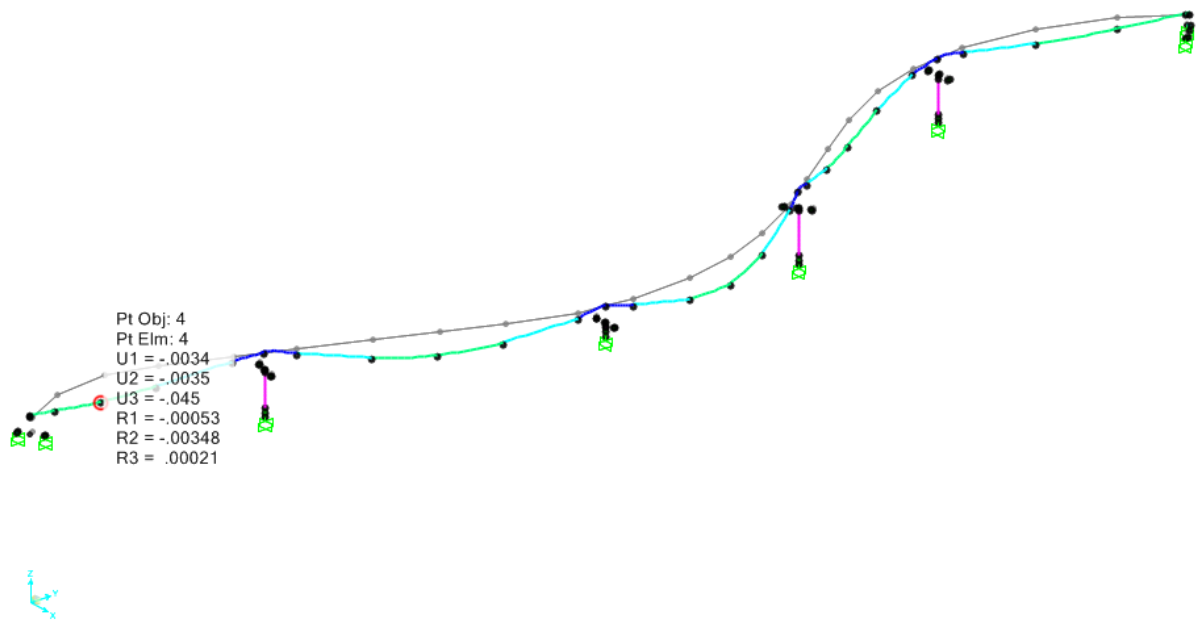


Figura 32: massimo abbassamento causato dai carichi mobili

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	StepType	U3	L	L/U3
Text	Text	Text	m	m	-
1	Veicoli	Min U3	-0.00051	45	88409
2	Veicoli	Min U3	-0.00024	45	185950
3	Veicoli	Min U3	-0.02992	45	1504
4	Veicoli	Min U3	-0.04497	45	1001
5	Veicoli	Min U3	-0.03558	45	1265
6	Veicoli	Min U3	-0.01098	45	4098
7	Veicoli	Min U3	-0.00139	45	32281
8	Veicoli	Min U3	-0.00965	55	5701
9	Veicoli	Min U3	-0.03068	55	1793
10	Veicoli	Min U3	-0.0395	55	1392
11	Veicoli	Min U3	-0.03202	55	1718
12	Veicoli	Min U3	-0.01052	55	5227
13	Veicoli	Min U3	-0.00134	55	40984
14	Veicoli	Min U3	-0.01136	55	4840
15	Veicoli	Min U3	-0.03567	55	1542
16	Veicoli	Min U3	-0.04496	55	1223
17	Veicoli	Min U3	-0.03488	55	1577
18	Veicoli	Min U3	-0.01093	55	5034
19	Veicoli	Min U3	-0.00142	55	38732
20	Veicoli	Min U3	-0.01037	55	5304
21	Veicoli	Min U3	-0.0326	55	1687
22	Veicoli	Min U3	-0.04213	55	1305
23	Veicoli	Min U3	-0.03063	55	1796
24	Veicoli	Min U3	-0.01084	55	5075
25	Veicoli	Min U3	-0.00135	55	40892
26	Veicoli	Min U3	-0.00948	40	4222
27	Veicoli	Min U3	-0.02673	40	1496
28	Veicoli	Min U3	-0.02039	40	1962
29	Veicoli	Min U3	-0.00023	40	174672
30	Veicoli	Min U3	-0.00046	40	87527

In relazione alle diverse lunghezze delle campate, si ha pertanto:

$$v_{\max} = 44.9 \text{ mm} < L/1000$$

dove il limite di L/1000 può ritenersi accettabile per la tipologia dell'opera in esame.

7.10 DIMENSIONAMENTO CONTROVENTI

Lungo lo sviluppo dell'impalcato sono previsti sistemi di controventamento con interasse variabile da un minimo di 4.00 m ad un massimo di 6.00 m circa. Tali sistemi si distinguono in controventi di piano inferiori e controventi di piano superiori.

7.10.1 Controventi superiori

I controventamenti di piano superiore devono resistere all'azione del vento in fase di realizzazione dell'impalcato.

Per la quantificazione dello stato di sollecitazione si è messo a punto un modello piano dei controventi superiori che comprende anche i correnti superiori dei diaframmi di parete, soggetto alla sola azione del vento allo SLU agente durante la fase di montaggio del ponte ("Fase 1"). Il carico dovuto al vento risulta pari a $1.51 \text{ kPa} \cdot 2.5 \text{ m} / 2 = 1.89 \text{ KN/m}$.

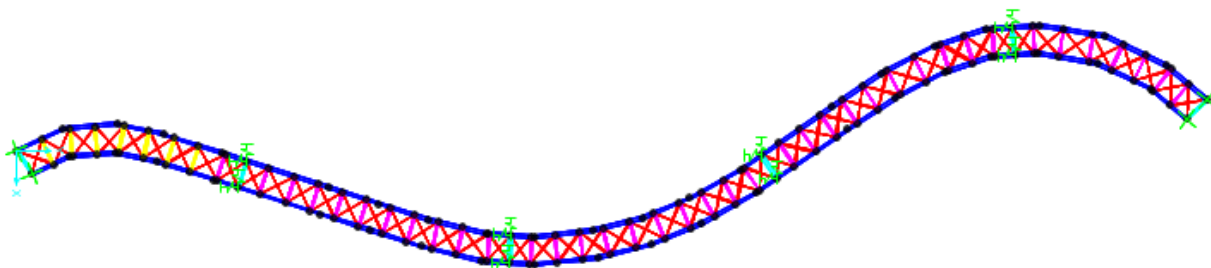


Figura 33: Modello per la valutazione degli sforzi normali nei controventi superiori

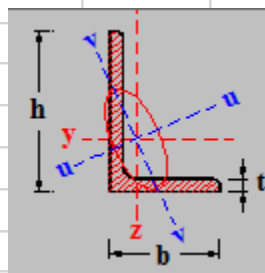
Le azioni massime e minime risultanti sui controventi superiori risultano pari a:

	N_{Ed}	
MIN	-53	kN
MAX	49	kN

Per i controventi superiori prevedono aste composte da L120x12.

Tabella 19: diagonali superiori

Numero L									
1									
DIAGONALI SUPERIORI									
Caratteristiche profilo			Parametri instabilità a P			Azioni resistenti			
Tipo	L 120x12	-	β_u	1.0	-	$N_{cr,u}$	719.7	KN	
f_{yk}	355.0	MPa	β_v	1.0	-	$N_{cr,v}$	186.9	KN	
f_{tk}	510.0	MPa	λ_u	1.166	-	$N_{pl,Rd}$	931.1	KN	
γ_{M0}	1.05	-	λ_v	2.287	-	$N_{u,Rd}$	859.6	KN	
γ_{M1}	1.10	-	α_u	0.340	-	$N_{t,Rd}$	859.6	KN	
γ_{M2}	1.25	-	α_v	0.340	-	$N_{c,Rd}$	931.1	KN	
h	120	mm	ϕ_u	1.343	-	$N_{b,Rd,u}$	441.9	KN	
b	120	mm	χ_u	0.497	-	$N_{b,Rd,v}$	146.2	KN	
t_f	12	mm	ϕ_v	3.470	-				
t_w	12	mm	χ_v	0.164	-	N_{Rd}	146.2	kN	
classe	4								
A	0.002754	m ²							
A_{netta}	0.0023409	m ²							
J_u	0.000005837	m ⁴							
J_v	0.000001516	m ⁴							
I	4.10	m							



$$N_{Ed} = 53 \text{ kN} < N_{b,Rd} = 146.2 \text{ kN}$$

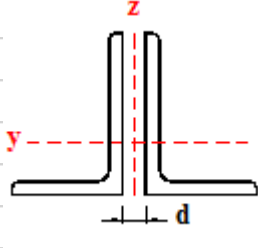
Le verifiche di resistenza e di stabilità risultano quindi soddisfatte in quanto le azioni sollecitanti sono inferiori a quelli resistenti.

7.10.2 Controventi inferiori

I controventamenti di piano inferiore hanno il compito di fornire all'impalcato nel suo insieme un comportamento a “cassone equivalente” che evita/riduce l'incremento dello stato di sollecitazione flessionale delle travi a causa dei carichi eccentrici (mobili, vento).

Si prevedono aste composte da 4 L150x15 disposti a croce collegati con imbottiture di spessore 20 mm.

Tabella 20: diagonali inferiori

Caratteristiche profilo			Parametri instabilità a P			Azioni resistenti		
Tipo	L 150x15	-	β_y	1.0	-	$N_{cr,y}$	1519.4	KN
f_{yk}	355.0	MPa	β_z	1.0	-	$N_{cr,z}$	1519.4	KN
f_{tk}	510.0	MPa	λ_y	1.002	-	$N_{pl,Rd}$	1453.8	KN
γ_{M0}	1.05	-	λ_z	1.002	-	$N_{u,Rd}$	1342.1	KN
γ_{M1}	1.10	-	α_y	0.340	-	$N_{t,Rd}$	1342.1	KN
γ_{M2}	1.25	-	α_z	0.340	-	$N_{c,Rd}$	1453.8	KN
h	150	mm	ϕ_y	1.139	-	$M_{pl,y,Rd}$	28.2	KN*m
b	150	mm	χ_y	0.596	-	$M_{pl,z,Rd}$	28.2	KN*m
t_f	15	mm	ϕ_z	1.139	-	$N_{b,Rd,y}$	826.4	KN
t_w	15	mm	χ_z	0.596	-	$N_{b,Rd,z}$	826.4	KN
classe	4							
A	0.0043	m ²				N_{Rd}	3305.8	kN
A_{netta}	0.003655	m ²						
J_y	8.98E-06	m ⁴						
J_z	8.98E-06	m ⁴						
W_y	83.5	cm ³						
W_z	83.5	cm ³						
l	3.50	m						

Chiamato "q" il flusso di taglio dovuto al momento torcente T_{Ed} , si ha indicando con "Ω" l'area racchiusa dalla linea media della sezione chiusa (sottile) equivalente e "d" la lunghezza della singola diagonale inferiore:

- $q = T_{Ed}/(2 \cdot \Omega)$ formulazione di Bredt
- $P_{Ed} = q \cdot d/2$

Il Massimo valore del momento torcente in condizione ultima SLU vale:

$$T_{Ed} = 21160 \text{ kNm}$$

da cui si ottiene

T_{Ed}	21160	kNm
Ω	12.00	m ²
q	881.7	kN/m
d	7.3	m
P_{Ed}	3218	kN

Si ha pertanto:

$$P_{Ed} < N_{b,Rd}$$

Le verifiche di resistenza e di stabilità risultano quindi soddisfatte in quanto le azioni sollecitanti sono inferiori a quelli resistenti.

7.11 DIMENSIONAMENTO DIAFRAMMI

Lungo lo sviluppo dell'impalcato sono previsti sistemi di controventamento con interasse variabile da un minimo di 4.00 m ad un massimo di 6.00 m circa.

In particolare, i diaframmi hanno il compito di garantire l'indeforabilità della sezione trasversale di impalcato. Di seguito si riportano le verifiche relative ai diaframmi di spalla, di pila e quelli intermedi.

7.11.1 Diaframmi di spalla (D1a-D1b) e di pila (D2)

Per i diaframmi di spalla e di pila si prevedono dei diaframmi a “doppio T” costituite da profili saldati. Le massime azioni flessionali e taglianti sul diaframma sono riportate in seguito.

Sollecitazioni		
$\Delta_{MT,Ed}$	25594.0	kNm
d_{travi}	4.85	m
V_{Ed}	5277.1	kN
M_{Ed}	10686.2	kNm

Le caratteristiche del diaframma adottato e le relative verifiche sono riportate nella Tabella 21.

Tabella 21: Verifiche diaframmi di spalla

Caratteristiche sezione			
f_{yd}	338.1	MPa	
Altezza totale h	1.930	m	
Larghezza ala superiore b_{sup}	0.500	m	
Larghezza ala inferiore b_{inf}	0.500	m	
Spessore ala superiore $t_{f,sup}$	0.034	m	
Spessore ala inferiore $t_{f,inf}$	0.034	m	
Spessore anima t_w	0.024	m	
Angolo anima rispetto all'orizzontale	90.0	°	
Angolo anima rispetto all'orizzontale	1.571	rad	
Area sezione trasversale A	0.078688	m ²	
Altezza baricentro da intradosso	0.965	m	
J asse orizzontale	0.0458	m ⁴	
Modulo di flessione - fibra 1	0.0475014	m ³	
Modulo di flessione - fibra 2	0.0492361	m ³	
Modulo di flessione - fibra 3	-0.0492361	m ³	
Modulo di flessione - fibra 4	-0.0475014	m ³	
Peso al m	6.18	kN/m	
Area a taglio lungo y $A_{v,y}$	0.0463	m ²	
Verifiche			
M_{Rd}	16060.0	kNm	> MEd
V_{Rd}	9041.6	kN	<2 VEd
σ - fibra 2	217.0	MPa	
τ	113.9	MPa	
σ_{id}	293.3	MPa	

7.11.1.1 Verifica d'instabilità pannelli d'anima traversi di appoggio di pile e spalle

L'anima dei traversi di appoggio presenta le seguenti caratteristiche:

- Altezza: 1856 mm;
- Spessore: 24 mm;
- Interasse irrigidimenti trasversali: 2400 mm;
- Irrigidimento trasversali (sez. a calcolo): 228 mm x 26 mm;
- Irrigidimenti longitudinali: nessuno.

Per i significati dei simboli utilizzati nelle verifiche si rimanda direttamente ai testi normativi citati.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Sub-pannello	f_{yk}	f_{yd}	h	t
Tipologia	MPa	MPa	mm	mm
Anima tot	355	355	1856	24

a	α	σ_1	σ_2	τ	ψ	k1	k3
mm	–	MPa	MPa	MPa	–	–	–
2400	1.29	218	-218	115	-1.00	7.64	23.90

k_{cr}	k_{τ}	$k_{\tau,adottato}$	β	$\sigma_{cr,0}$	σ_{cr}	τ_{cr}	$\sigma_{cr,id}$	$\sigma_{cr,red}$	σ_{id}	Verifica
–	–	–	–	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	–
23.90	7.73	7.73	1.0	31.1	744.1	240.7	527.0	338.4	295.3	1.15

Verifica irrigidimento trasversale CNR10030/1987

Sezione	A_T	η	δ	α	ψ	σ_1/τ	γ^*_{τ}	$I_{T,min}$	I_0	e	I_T	Verifica	
Tipo	cmq	–	–	–	–	–	–	cm4	cm4	cm	cm4	–	
228*26	118.6	0.000	0.000	1.29	-0.928	3.357	8.0	1888.4	20544.1	0	20544.1	10.88	>1

λ	λ_{max}	Verifica
-	-	–
14.1	50	0.28

Verifica instabilità a compressione irrigidimento trasversale CNR10030/1987

L_0	b_e	h_{st}	t_{st}	h_{st}/t_{st}	e	J_{st}	N_{cr}	λ	α	Φ	χ	$N_{b,Rd}$	N_{Ed}	Verifica	
mm	mm	mm	mm	-	mm	mm4	kN	–	–	–	–	kN	kN	–	
1299.2	1.0	228	26	8.77	0.0	1.45E+08	178447.0	0.109	0.490	0.484	1.000	3833.8	1828.4	0.477	NEd<NB,Rd

Verifica resistenza a taglio anima CNR10030/1987

τ^*	σ_{td}	θ	ϕ	t_s	t_i	b_s	b_i	M_{Rd}	N_{Rd}	M_{fs}	M_{fi}	d_s	d_i	V_{cr}	V_t	V_{Rd}	V_{Ed}	Verifica	
MPa	MPa	rad	rad	mm	mm	mm	mm	kNm	kN	kNm	kNm	mm	mm	kN	kN	kN	kN	–	
205.1	0.2	0.658	0.439	34	34	500	500	11611.3	6143.6	0.0	0.0	0.0	0.0	9135.3	1.4	9136.6	5280.0	0.58	<1

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Verifica resistenza a taglio UNI EN 1993-1-5:2006

Verifica di resistenza a taglio (shear buckling)			
Grandezza	Valore	U.d.m.	Note
f_{yw}	355	MPa	Tensione di snervamento pannello
E_{acc}	210000	MPa	Modulo elastico dell'acciaio
γ_{M1}	1.1		Coefficiente di sicurezza
h_w	1856	mm	Altezza pannello
t_w	24	mm	Spessore pannello
ε	0.814	-	
h_w/t_w	77.3	-	Rapporto di snellezza
η	1.2	-	EC3-1-5 5.1 Nota 2
$72*\varepsilon/\eta$	48.82	-	Limite per pannelli senza irrigidimenti
$31*\varepsilon*k_{\tau}^{0.5}/\eta$	51.16	-	Limite per pannelli con irrigidimenti trasversali senza o con più di 2 irrigidimenti longitudinali
$31*\varepsilon*k_{\tau}^{0.5}/\eta$	47.10	-	Limite per pannelli con 1 o 2 irrigidimenti longitudinali e $a/h_w < 3$ (A.6 EC3-1-5)
a	4850	mm	Distanza tra due irrigidimenti trasversali rigidi
a/h_w	2.61	-	Coefficiente di forma
I_{sl}	0.0	cm ⁴	Momento di inerzia degli irrigidimenti longitudinali
$k_{\tau sl}$	0.00	-	Equazione A.5 punto A.3 EC3-1-5
k_{τ}	5.93		Coefficiente di instabilità a taglio per piastre con irr. Trasversali senza o con più di 2 irrigidimenti longitudinali (A.5 EC3-1-5)
k_{τ}	5.02	-	Coefficiente di instabilità a taglio per piastre con 1 o 2 irrigidimenti longitudinali e $a/h_w < 3$ (A.6 EC-1-5)
σ_E	31.40	MPa	Tensione critica di Eulero (A.1 EC3-1-5)
λ_w	1.100	-	Pannello con irrigidimenti solo agli appoggi (5.5 EC3-1-5)
λ_w	1.134	-	Pannello con irrigidimenti agli appoggi e trasversali e/o longitudinali (5.6 EC3-1-5)
λ_w	1.140	-	Formula generale (5.3 EC3-1-5)
χ_w	0.728	-	Fattore di riduzione a taglio (non-rigid end-post)
χ_w	0.744	-	Fattore di riduzione a taglio (rigid end-post)
		-	
$V_{bw,Rd}$	6041.5	kN	Azione tagliante resistente pannello d'anima (non-rigid end-post)
$V_{bw,Rd}$	6178.9	kN	Azione tagliante resistente pannello d'anima (rigid end-post)
$V_{Ed,max}$	5280.0	kN	Azione tagliante sollecitante
Verifica	0.874	-	Verifica sull'azione tagliante resistente minima

Verifica instabilità a compressione irrigidimento trasversale simmetrico CNR 10011/97

La verifica viene svolta relativamente alla condizione maggiormente gravosa per l'irrigidimento trasversale e cioè in condizione di sollevamento dell'impalcato in ipotesi di sostituzione di un apparecchio di appoggio o isolatore (*in tal caso si ipotizza l'assenza dei carichi mobili in quanto si prevede che l'opera sia chiusa al traffico veicolare durante le manovre di sollevamento*).

Verifica dell'irrigidimento simmetrico per carichi concentrati CNR10011/97			
Grandezza	Valore	U.d.m.	Note
N_{Ed}	7540.0	kN	Azione di compressione di progetto
f_{yw}	355	MPa	Tensione di snervamento pannello
h_s	228	mm	Altezza sezione dell'irrigidimento
t_s	24	mm	Spessore irrigidimento
t_w	26	mm	Spessore pannello irrigidito
h_w	1866	mm	Altezza pannello irrigidito
ε	0.814	-	
b_e	317.3	mm	Larghezza collaborante del pannello, considerata pari a quanto previsto dall'EC3-1-5
A	28068.1	mmq	
$I_{croce, eq}$	224889844	mm ⁴	Momento d'inerzia dell'irrigidimento
l_0	1399.5	mm	Lunghezza libera di inflessione di calcolo
N_{cr}	237981434	N	Azione assiale critica euleriana dell'irrigidimento
λ	0.205	-	
ϕ	0.522	-	
χ	0.998	-	Fattore di riduzione per instabilità
$N_{b,Rd}$	9037.0	kN	Azione assiale resistente ad instabilità
Verifica	0.83	-	Verifica ad instabilità

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

7.11.1.2 Verifica irrigidimenti trasversali travi in appoggio pile

La verifica viene svolta relativamente alla condizione maggiormente gravosa per l'irrigidimento trasversale e cioè in condizione statica allo Stato Limite Ultimo considerando agenti i carichi previsti per il dimensionamento dell'opera. Si ha quanto riportato nelle seguenti Tabelle.

Verifica instabilità a compressione irrigidimento trasversale simmetrico CNR 10011/97

Verifica dell'irrigidimento simmetrico per carichi concentrati CNR10011/97			
Grandezza	Valore	U.d.m.	Note
N_{Ed}	13700.0	kN	Azione di compressione di progetto
f_{yw}	355	MPa	Tensione di snervamento pannello
h_s	400	mm	Altezza sezione dell'irrigidimento
t_s	36	mm	Spessore irrigidimento
t_w	24	mm	Spessore pannello irrigidito
h_w	2395	mm	Altezza pannello irrigidito
ε	0.814	-	
b_e	292.9	mm	Larghezza collaborante del pannello, considerata pari a quanto previsto dall'EC3-1-5
A	43723.3	mmq	
$I_{croce, eq}$	1679103518	mm ⁴	Momento d'inerzia dell'irrigidimento
l_0	1796.25	mm	Lunghezza libera di inflessione di calcolo
N_{cr}	1078606292	N	Azione assiale critica euleriana dell'irrigidimento
λ	0.120	-	
ϕ	0.488	-	
χ	1.000	-	Fattore di riduzione per instabilità
$N_{b,Rd}$	14110.7	kN	Azione assiale resistente ad instabilità
Verifica	0.97	-	Verifica ad instabilità

7.11.1.3 Verifica irrigidimenti trasversali travi in appoggio spalle

La verifica viene svolta relativamente alla condizione maggiormente gravosa per l'irrigidimento trasversale e cioè in condizione statica allo Stato Limite Ultimo considerando agenti i carichi previsti per il dimensionamento dell'opera. Si ha quanto riportato nelle seguenti Tabelle.

Verifica instabilità a compressione irrigidimento trasversale simmetrico CNR 10011/97

Verifica dell'irrigidimento simmetrico per carichi concentrati CNR10011/97			
Grandezza	Valore	U.d.m.	Note
N_{Ed}	8110.0	kN	Azione di compressione di progetto
f_{yw}	355	MPa	Tensione di snervamento pannello
h_s	293	mm	Altezza sezione dell'irrigidimento
t_s	36	mm	Spessore irrigidimento
t_w	14	mm	Spessore pannello irrigidito
h_w	2440	mm	Altezza pannello irrigidito
ε	0.814	-	
b_e	170.9	mm	Larghezza collaborante del pannello, considerata pari a quanto previsto dall'EC3-1-5
A	26384.1	mmq	
$I_{croce, eq}$	648078140	mm ⁴	Momento d'inerzia dell'irrigidimento
l_0	1830	mm	Lunghezza libera di inflessione di calcolo
N_{cr}	401092216	N	Azione assiale critica euleriana dell'irrigidimento
λ	0.153	-	
ϕ	0.500	-	
χ	1.000	-	Fattore di riduzione per instabilità
$N_{b,Rd}$	8514.9	kN	Azione assiale resistente ad instabilità
Verifica	0.95	-	Verifica ad instabilità

7.11.2 Diaframmi intermedi ad anima piena (D3-D4)

Per i traversi intermedi ad anima piena si prevedono dei diaframmi a "doppio T" costituite da profili saldati. Le massime azioni flessionali e taglianti sul diaframma sono riportate in seguito e sono desunte dalla massima variazione del momento torcente agente lungo l'impalcato allo SLU.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Sollecitazioni		
$\Delta_{MT,Ed}$	11934.1	kNm
d_{travi}	5.5	m
V_{Ed}	2169.8	kN
M_{Ed}	5967.1	kNm

Le caratteristiche del diaframma del diaframma adottato e le relative verifiche sono riportate nella Tabella 22.

Tabella 22: Verifiche diaframmi intermedi ad anima piena

Caratteristiche sezione			
f_{yd}	338.1	MPa	
Altezza totale h	1.890	m	
Larghezza ala superiore b_{sup}	0.400	m	
Larghezza ala inferiore b_{inf}	0.400	m	
Spessore ala superiore $t_{f,sup}$	0.020	m	
Spessore ala inferiore $t_{f,inf}$	0.020	m	
Spessore anima t_w	0.018	m	
Angolo anima rispetto all'orizzontale	90.0	°	
Angolo anima rispetto all'orizzontale	1.571	rad	
Area sezione trasversale A	0.0493	m ²	
Altezza baricentro da intradosso	0.945	m	
J asse orizzontale	0.0210	m ⁴	
Modulo di flessione - fibra 1	0.0222034	m ³	
Modulo di flessione - fibra 2	0.0226835	m ³	
Modulo di flessione - fibra 3	-0.0226835	m ³	
Modulo di flessione - fibra 4	-0.0222034	m ³	
Peso al m	3.87	kN/m	
Area a taglio lungo y $A_{v,y}$	0.0340	m ²	
Verifiche			
M_{Rd}	7506.9	kNm	> MEd
V_{Rd}	6640.7	kN	>2 VEd
σ - fibra 2	263.1	MPa	
τ	63.8	MPa	
σ_{id}	285.3	MPa	

7.11.2.1 Verifiche di instabilità dei pannelli d'anima del traverso pieno

L'anima del concio di pila presenta le seguenti caratteristiche:

- Altezza: 1870 mm;
- Spessore: 18 mm;
- Interasse irrigidimenti trasversali: 2250 mm;
- Irrigidimento trasversali (sez. a calcolo): 183 mm x 18 mm a croce;
- Irrigidimenti longitudinali: nessuno.

Per i significati dei simboli utilizzati nelle verifiche si rimanda direttamente ai testi normativi citati.

Verifica instabilità a taglio e presso/tenso flessione CNR10011/1997

Sub-pannello	f_{yk}	f_{yd}	h	t
Tipologia	MPa	MPa	mm	mm
Anima	355	355	1872	18

Sub-pannello	a	α	σ_1	σ_2	τ	ψ	k1	k3
Tipologia	mm	-	MPa	MPa	MPa	-	-	-
Anima	2425	1.30	260	-260	64	-1.00	7.64	23.90

Sub-pannello	k_σ	k_τ	$k_{\tau,adottato}$	β	$\sigma_{cr,0}$	σ_{cr}	τ_{cr}	$\sigma_{cr,id}$	$\sigma_{cr,red}$	σ_{id}	Verifica
Tipologia	-	-	-	-	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	-
Inferiore	23.90	7.72	7.72	1.0	17.2	411.4	133.0	355.8	316.5	282.6	1.12

Verifica irrigidimento trasversale CNR10030/1987

Sezione	A_T	η	δ	α	ψ	σ_1/τ	γ^*_T	$I_{T,min}$	I_0	e	I_T	Verifica	
Tipo	cmq	-	-	-	-	-	-	cm4	cm4	cm	cm4	-	
183*18	65.9	1.000	0.000	1.30	-1.000	4.063	8.0	802.7	7354.2	0	7354.2	9.16	>1

λ	λ_{max}	Verifica
-	-	-
17.7	50	0.35

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Verifica instabilità a compressione irrigidimento trasversale CNR10030/1987

L_0	b_e	h_{st}	t_{st}	h_{st}/t_{st}	e	J_{st}	N_{cr}	λ	α	Φ	χ	$N_{b,Rd}$	N_{Ed}	Verifica	
mm	mm	mm	mm	-	mm	mm ⁴	kN	-	-	-	-	kN	kN	-	
1309	442.3	183	18	10.17	0.0	5.17E+07	62419.1	0.253	0.490	0.545	0.973	4569.2	1734.2	0.380	NEd<NB,Rd

Verifica resistenza a taglio anima CNR10030/1987

τ^*	σ_{td}	θ	ϕ	t_s	t_i	b_s	b_i	M_{fd}
MPa	MPa	rad	rad	mm	mm	mm	mm	kNm
133.2	124.6	0.657	0.438	20	20	400	400	5424.4

N_{fd}	M_{fs}	M_{fi}	d_s	d_i	V_{cr}	V_t	V_{Rd}	V_{Ed}	Verifica	
kN	kNm	kNm	mm	mm	kN	kN	kN	kN	-	
2870.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4482.2	632.8	5115.0	2170.0	0.42	<1

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Verifica resistenza a taglio UNI EN 1993-1-5:2006

Verifica di resistenza a taglio (shear buckling)			
Grandezza	Valore	U.d.m.	Note
f_{yw}	355	MPa	Tensione di snervamento pannello
E_{acc}	210000	MPa	Modulo elastico dell'acciaio
γ_{M1}	1.1		Coefficiente di sicurezza
h_w	1870	mm	Altezza pannello
t_w	18	mm	Spessore pannello
ε	0.814	-	
h_w/t_w	103.9	-	Rapporto di snellezza
η	1.2	-	EC3-1-5 5.1 Nota 2
$72*\varepsilon/\eta$	48.82	-	Limite per pannelli senza irrigidimenti
$31*\varepsilon*k_{\tau}^{0.5}/\eta$	58.39	-	Limite per pannelli con irrigidimenti trasversali senza o con più di 2 irrigidimenti longitudinali
$31*\varepsilon*k_{\tau}^{0.5}/\eta$	58.88		Limite per pannelli con 1 o 2 irrigidimenti longitudinali e $a/h_w < 3$ (A.6 EC3-1-5)
a	2425	mm	Distanza tra due irrigidimenti trasversali rigidi
a/h_w	1.30	-	Coefficiente di forma
I_{sl}	0.0	cm ⁴	Momento di inerzia degli irrigidimenti longitudinali
$k_{\tau sl}$	0.00	-	Equazione A.5 punto A.3 EC3-1-5
k_{τ}	7.72		Coefficiente di instabilità a taglio per piastre con irr. Trasversali senza o con più di 2 irrigidimenti longitudinali (A.5 EC3-1-5)
k_{τ}	7.85	-	Coefficiente di instabilità a taglio per piastre con 1 o 2 irrigidimenti longitudinali e $a/h_w < 3$ (A.6 EC3-1-5)
σ_E	17.59	MPa	Tensione critica di Eulero (A.1 EC3-1-5)
λ_w	1.478	-	Pannello con irrigidimenti solo agli appoggi (5.5 EC3-1-5)
λ_w	1.229	-	Pannello con irrigidimenti agli appoggi e trasversali e/o longitudinali (5.6 EC3-1-5)
λ_w	1.229	-	Formula generale (5.3 EC3-1-5)
χ_w	0.675	-	Fattore di riduzione a taglio (non-rigid end-post)
χ_w	0.710	-	Fattore di riduzione a taglio (rigid end-post)
		-	
$V_{bw,Rd}$	4235.9	kN	Azione tagliante resistente pannello d'anima (non-rigid end-post)
$V_{bw,Rd}$	4454.4	kN	Azione tagliante resistente pannello d'anima (rigid end-post)
$V_{Ed,max}$	2170.0	kN	Azione tagliante sollecitante
Verifica	0.512	-	Verifica sull'azione tagliante resistente minima

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Verifica instabilità a compressione irrigidimento trasversale UNI EN 1993-1-5:2006

η	1.2	-	EC3-1-5 5.1 Nota 2
h_{st}	183.0	mm	Altezza Irrigidimento trasversale
t_{st}	18.0	mm	Spessore irrigidimento trasversale
a_1	2425	mm	Distanza tra l'irrigidimento oggetto di verifica e il precedente
a_2	2425	mm	Distanza tra l'irrigidimento oggetto di verifica e il successivo
a	4850	mm	Distanza tra i due irrigidimenti trasversali adiacenti a quello in oggetto
$h_{st} t_{st}$	3294.0	mmq	Area della sezione del solo irrigidimento
h_{st}/t_{st}	10.17	-	
h_w	1870	mm	Altezza pannello irrigidito
t_w	18	mm	Spessore pannello irrigidito
b_{st}	457.4	mm	Larghezza collaborante del pannello d'anima (FIG. 9.1 EC3-1-5)
A_{st}	11526.4	mmq	Area dell'irrigiditore trasversale compreso di larghezza collaborante
I_{st}	42685227.52	mm ⁴	Momento d'inerzia dell'irrigiditore trasversale compreso di larghezza collaborante
a/h_w	2.59	-	Rapporto di forma del pannello irrigidito
$I_{st,lim}$	8179380.00	mm ⁴	Momento d'inerzia dell'irrigidimento minimo
$I_{st}/I_{st,lim}$	5.22	Ok	Verifica flessionale punto 9.3.3 EC3-1-5
I_T	355752.0	mm ⁴	Momento di inerzia torsionale del solo irrigidimento
I_P	9548482.5	mm ⁴	Momento di inerzia polare del solo irrigidimento
I_T/I_P	0.0373	-	Rapporto tra momento di inerzia torsionale e polare del solo irrigidimento
$I_T/I_{P,lim}$	0.0090	Ok	Verifica torsionale punto 9.2.1 EC3-1-5
I_{sl}	0.0	cm ⁴	Momento di inerzia degli irrigidimenti longitudinali
$k_{\tau sl}$	0.00	-	Equazione A.5 punto A.3 EC3-1-5
k_{τ}	5.93		Coefficiente di instabilità a taglio per piastre con irr. Trasversali senza o con più di 2 irrigidimenti longitudinali (A.5 EC3-1-5)
k_{τ}	5.04	-	Coefficiente di instabilità a taglio per piastre con 1 o 2 irrigidimenti longitudinali e $a/h_w < 3$ (A.6 EC-1-5)
σ_E	17.59	MPa	Tensione critica di Eulero (A.1 EC3-1-5)
λ_w	1.478	-	Pannello con irrigidimenti solo agli appoggi (5.5 EC3-1-5)
λ_w	1.521	-	Pannello con irrigidimenti agli appoggi e trasversali e/o longitudinali (5.6 EC3-1-5)
λ_w	1.521	-	Formula generale (5.3 EC3-1-5)
χ_w	0.546	-	Fattore di riduzione a taglio (non-rigid end-post)
χ_w	0.617	-	Fattore di riduzione a taglio (rigid end-post)
$V_{Ed,max}$	2170.0	kN	Azione di taglio massima agente sul pannello irrigidito

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

V_{cr}	2709.8	kN	Azione di taglio al punto 9.3.3 EC3-1-5
$N_{st,1,Ed}$	0	kN	Azione di compressione agente lungo l'irrigidimento causa ancoraggio banda diagonale tesa
$N_{st,2,Ed}$	0.0	kN	Azione di compressione esterna agente lungo l'irrigidimento
$N_{st,Ed}$	0.0	kN	
N_{Ed}	2190.00	kN	Massima azione di compressione scambiata tra i due pannelli divisi dall'irrigidimento 9.2.1 EC3-1-5 (da EBPlate)
$k_{\sigma,p}$	18.31	-	Coefficiente di instabilità a lastra ortotropa (EBPlate) EC3-1-5 A.1
$\sigma_{cr,p}$	322.02	MPa	Tensione critica elastica a lastra ortotropa equivalente
$\sigma_{cr,c}$	2.61	MPa	Elastic critical column buckling stress per un piatto non irrigidito Eq. (4.8)
$\sigma_{cr,c}/\sigma_{cr,p}$	0.01	-	
σ_m	0.01	MPa	9.1 EC3-1-5
$\Delta N_{st,Ed}$	2.78	kN	Azione instabilizzante aggiuntiva se l'irrigidimento è soggetto ad azione di compressione esterna
$\Sigma N_{st,Ed}$	2.8	kN	Azione assiale di compressione di progetto agente sull'irrigidimento
u	2.20	-	9.1 EC3-1-5
e_{max}	192.00	mm	Massima distanza tra il baricentro e la fibra più esterna dell'irrigidimento
w_0	6.23	mm	Imperfezione iniziale
$I_{st,lim}$	14990.55	mm ⁴	Momento d'inerzia minimo dell'irrigidimento trasversale
$I_{st}/I_{st,lim}$	2847.47	Ok	Verifica 9.1 EC3-1-5
$N_{cr,st}$	25299.6	kN	Azione assiale critica euleriana
w	0.001	mm	Incremento dello spostamento trasversale dovuto agli effetti del second'ordine
$300 w/h_w$	0.000	Ok	Verifica deformazione massima (9.2.1 EC3-1-5)
f	6.234	mm	Freccia trasversale totale inclusi effetti del second ordine
σ_{max}	0.1	MPa	Massima tensione di compressione nell'irrigidimento
$\sigma_{max}\gamma_{M1}/f_{yw}$	0.00	Ok	Verifica tensione massima (9.2.1 EC3-1-5)

7.11.3 Diaframmi intermedi (D5-D6-D7)

I diaframmi intermedi (D5-D6-D7) sono costituiti da due diagonali di parete e da un corrente inferiore e superiore. Di seguito si riportano i criteri per il loro dimensionamento.

Le massime azioni di trazione e di compressione sul diagonale di parete ed il corrente inferiore sono riportate in seguito e sono desunte dalla massima variazione del momento torcente agente lungo l'impalcato.

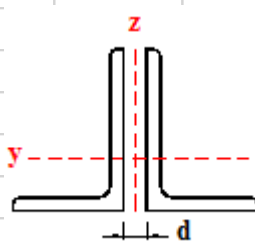
$\Delta_{MT,Ed}$	9490.0	kNm
$i_{traversi}$	6.0	m
$h_{traverso}$	2.1	m
d_{travi}	5.5	m
$N_{Ed, inf}$	2228	kN
$H_{Ed,diag}$	2228	kN
$V_{Ed,diag}$	1725	kN
$N_{Ed,diag}$	2818	kN

Dal punto di vista teorico, secondo lo schema statico ad aste reticolari, i correnti superiori risultano scarichi per l'equilibrio globale e locale delle aste. Tuttavia si considera l'azione del vento durante il montaggio in "Fase 1" allo SLU.

7.11.3.1 *Diagonali di parete*

Si prevedono aste composte da 2 L180x18 accostati di lato e collegati con imbottiture di spessore da 20 mm a 28 mm (a seconda dei conci) in modo da dividere l'intero elemento in due campi di lunghezza uguale.

Tabella 23: diagonali di parete

Caratteristiche profilo		Parametri instabilità a P			Azioni resistenti					
Tipo	L 180x18	-	β_y	1.0	-	$N_{cr,y}$	4598.7	KN		
f_{yk}	355.0	MPa	β_z	1.0	-	$N_{cr,z}$	4598.7	KN		
f_{tk}	510.0	MPa	λ_y	0.691	-	$N_{pl,Rd}$	2092.8	KN		
γ_{M0}	1.05	-	λ_z	0.691	-	$N_{u,Rd}$	1932.0	KN		
γ_{M1}	1.10	-	α_y	0.340	-	$N_{t,Rd}$	1932.0	KN		
γ_{M2}	1.25	-	α_z	0.340	-	$N_{c,Rd}$	2092.8	KN		
h	180	mm	ϕ_y	0.822	-	$M_{pl,y,Rd}$	48.9	KN*m		
b	180	mm	χ_y	0.789	-	$M_{pl,z,Rd}$	48.9	KN*m		
t_f	18	mm	ϕ_z	0.822	-	$N_{b,Rd,y}$	1575.4	KN		
t_w	18	mm	χ_z	0.789	-	$N_{b,Rd,z}$	1575.4	KN		
classe	4									
A	0.00619	m ²						N_{Rd}	3150.8	kN
A_{netta}	0.0052615	m ²								
J_y	0.00001866	m ⁴								
J_z	0.00001866	m ⁴								
W_y	144.7	cm ³								
W_z	144.7	cm ³								
I	2.90	m								

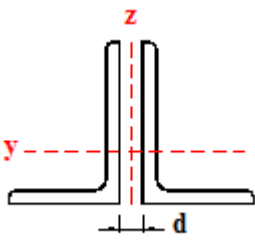
$$N_{Ed} = 2818 \text{ kN} < N_{b,Rd} = 3150.8 \text{ kN}$$

Le verifiche di resistenza e di stabilità risultano quindi soddisfatte in quanto le azioni sollecitanti sono inferiori a quelli resistenti.

7.11.3.2 Correnti inferiori

Si prevedono aste composte da 2 L150x15 accostati di lato e collegati con imbottiture di spessore da 20 mm a 28 mm (a seconda dei conci).

Tabella 24: correnti inferiori

Numero L		2												
CORRENTI INFERIORI														
Caratteristiche profilo			Parametri instabilità a P			Azioni resistenti								
Tipo	L 150x15	-	β_y	1.0	-	$N_{cr,y}$	4220.4	KN						
f_{yk}	355.0	MPa	β_z	1.0	-	$N_{cr,z}$	4220.4	KN						
f_{tk}	510.0	MPa	λ_y	0.601	-	$N_{pl,Rd}$	1453.8	KN						
γ_{M0}	1.05	-	λ_z	0.601	-	$N_{u,Rd}$	1342.1	KN						
γ_{M1}	1.10	-	α_y	0.340	-	$N_{t,Rd}$	1342.1	KN						
γ_{M2}	1.25	-	α_z	0.340	-	$N_{c,Rd}$	1453.8	KN						
h	150	mm	ϕ_y	0.749	-	$M_{pl,y,Rd}$	28.2	KN*m						
b	150	mm	χ_y	0.836	-	$M_{pl,z,Rd}$	28.2	KN*m						
t_f	15	mm	ϕ_z	0.749	-	$N_{b,Rd,y}$	1160.6	KN						
t_w	15	mm	χ_z	0.836	-	$N_{b,Rd,z}$	1160.6	KN						
classe	4													
A	0.0043	m ²				N_{Rd}	2321.3	kN						
A_{netta}	0.003655	m ²												
J_y	0.00000898	m ⁴												
J_z	0.00000898	m ⁴												
W_y	83.5	cm ³												
W_z	83.5	cm ³												
I	2.10	m												

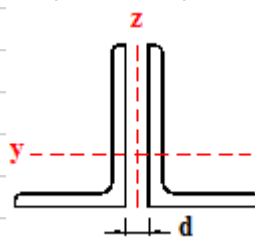
$$N_{Ed} = 2228 \text{ kN} < N_{b,Rd} = 2321.3 \text{ kN}$$

Le verifiche di resistenza e di stabilità risultano quindi soddisfatte in quanto le azioni sollecitanti sono inferiori a quelli resistenti.

7.11.3.3 Correnti superiori

Si prevedono aste composte da 2 L120x12 accostati di lato e collegati con imbottiture di spessore da 20 mm a 28 mm (a seconda dei conchi) in modo da dividere l'intero elemento in 5 campi di lunghezza uguale.

Tabella 25: correnti superiori

Caratteristiche profilo			Parametri instabilità a P			Azioni resistenti				
Tipo	L 120X12	-	β_y	1.0	-	$N_{cr,y}$	251.9	KN		
f_{yk}	355.0	MPa	β_z	1.0	-	$N_{cr,z}$	251.9	KN		
f_{tk}	510.0	MPa	λ_y	1.969	-	$N_{pl,Rd}$	929.8	KN		
γ_{M0}	1.05	-	λ_z	1.969	-	$N_{u,Rd}$	858.3	KN		
γ_{M1}	1.10	-	α_y	0.340	-	$N_{t,Rd}$	858.3	KN		
γ_{M2}	1.25	-	α_z	0.340	-	$N_{c,Rd}$	929.8	KN		
h	120	mm	ϕ_y	2.738	-	$M_{pl,y,Rd}$	14.4	KN*m		
b	120	mm	χ_y	0.215	-	$M_{pl,z,Rd}$	14.4	KN*m		
t_f	12	mm	ϕ_z	2.738	-	$N_{b,Rd,y}$	191.2	KN		
t_w	12	mm	χ_z	0.215	-	$N_{b,Rd,z}$	191.2	KN		
classe	4									
A	0.00275	m ²				N_{Rd}	382.4	kN		
A_{netta}	0.0023375	m ²								
J_y	0.000003677	m ⁴								
J_z	0.000003677	m ⁴								
W_y	42.7	cm ³								
W_z	42.7	cm ³								
l	5.50	m								

Dal punto di vista teorico, secondo lo schema statico ad aste reticolari, i correnti superiori risultano scarichi per l'equilibrio globale e locale delle aste. Tuttavia si considera l'azione del vento durante il montaggio in “Fase 1” allo SLU. Per la quantificazione dello stato di sollecitazione sulle aste si utilizza il modello piano illustrato al paragrafo 7.10.1 da cui risulta un'azione massima di compressione pari a 16 kN. Pertanto la verifica risulta soddisfatta.

7.11.4 Diaframmi intermedi (D8-D9)

I diaframmi intermedi (D8-D9) sono costituiti da due diagonali di parete e da un corrente inferiore e superiore. Di seguito si riportano i criteri per il loro dimensionamento.

Le massime azioni di trazione e di compressione sul diagonale di parete ed il corrente inferiore sono riportate in seguito e sono desunte dalla massima variazione del momento torcente agente lungo l'impalcato.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

$\Delta_{MT,Ed}$	6630.1	kNm
$i_{traversi}$	5.9	m
$h_{traverso}$	2.1	m
d_{travi}	5.5	m
$N_{Ed, inf}$	1556.4	kN
$H_{Ed,diag}$	1556.4	kN
$V_{Ed,diag}$	1205.5	kN
$N_{Ed,diag}$	1968.6	kN

Dal punto di vista teorico, secondo lo schema statico ad aste reticolari, i correnti superiori risultano scarichi per l'equilibrio globale e locale delle aste. Tuttavia si considera l'azione del vento durante il montaggio in "Fase 1" allo SLU.

7.11.4.1 *Diagonali di parete*

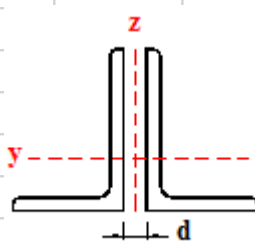
Si prevedono aste composte da 2 L160x16 accostati di lato e collegati con imbottiture di spessore da 20 mm a 28 mm (a seconda dei conci) in modo da dividere l'intero elemento in due campi di lunghezza uguale.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Tabella 26: diagonali di parete

Caratteristiche profilo		Parametri instabilità a P			Azioni resistenti					
Tipo	L160X16	-	β_y	1.0	-	$N_{cr,y}$	2548.3	KN		
f_{yk}	355.0	MPa	β_z	1.0	-	$N_{cr,z}$	2548.3	KN		
f_{tk}	510.0	MPa	λ_y	0.826	-	$N_{pl,Rd}$	1656.7	KN		
γ_{M0}	1.05	-	λ_z	0.826	-	$N_{u,Rd}$	1529.4	KN		
γ_{M1}	1.10	-	α_y	0.340	-	$N_{t,Rd}$	1529.4	KN		
γ_{M2}	1.25	-	α_z	0.340	-	$N_{c,Rd}$	1656.7	KN		
h	160	mm	ϕ_y	0.948	-	$M_{pl,y,Rd}$	30.3	KN*m		
b	160	mm	χ_y	0.708	-	$M_{pl,z,Rd}$	30.3	KN*m		
t_f	16	mm	ϕ_z	0.948	-	$N_{b,Rd,y}$	1119.8	KN		
t_w	16	mm	χ_z	0.708	-	$N_{b,Rd,z}$	1119.8	KN		
classe	4									
A	0.0049	m ²						N_{Rd}	2239.7	kN
A_{netta}	0.004165	m ²								
J_y	0.00001034	m ⁴								
J_z	0.00001034	m ⁴								
W_y	89.5	cm ³								
W_z	89.5	cm ³								
l	2.90	m								

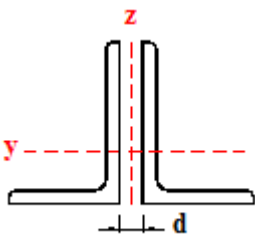
$$N_{Ed} = 1968.6 \text{ kN} < N_{b,Rd} = 2239.7 \text{ kN}$$

Le verifiche di resistenza e di stabilità risultano quindi soddisfatte in quanto le azioni sollecitanti sono inferiori a quelli resistenti.

7.11.4.2 Correnti inferiori

Si prevedono aste composte da 2 L130x13 accostati di lato e collegati con imbottiture di spessore da 20 mm a 28 mm (a seconda dei conci).

Tabella 27: correnti inferiori

Numero L		2										
CORRENTI INFERIORI												
Caratteristiche profilo			Parametri instabilità a P			Azioni resistenti						
Tipo	L130x13	-	β_y	1.0	-	$N_{cr,y}$	2378.1	KN				
f_{yk}	355.0	MPa	β_z	1.0	-	$N_{cr,z}$	2378.1	KN				
f_{tk}	510.0	MPa	λ_y	0.694	-	$N_{pl,Rd}$	1092.0	KN				
γ_{M0}	1.05	-	λ_z	0.694	-	$N_{u,Rd}$	1008.1	KN				
γ_{M1}	1.10	-	α_y	0.340	-	$N_{t,Rd}$	1008.1	KN				
γ_{M2}	1.25	-	α_z	0.340	-	$N_{c,Rd}$	1092.0	KN				
h	130	mm	ϕ_y	0.825	-	$M_{pl,y,Rd}$	18.4	KN*m				
b	130	mm	χ_y	0.787	-	$M_{pl,z,Rd}$	18.4	KN*m				
t_f	13	mm	ϕ_z	0.825	-	$N_{b,Rd,y}$	820.2	KN				
t_w	13	mm	χ_z	0.787	-	$N_{b,Rd,z}$	820.2	KN				
classe	4											
A	0.00323	m ²						N_{Rd}	1640.5	kN		
A_{netta}	0.0027455	m ²										
J_y	0.00000506	m ⁴										
J_z	0.00000506	m ⁴										
W_y	54.3	cm ³										
W_z	54.3	cm ³										
l	2.10	m										

$$N_{Ed} = 1556.4 \text{ kN} < N_{b,Rd} = 1640.5 \text{ kN}$$

Le verifiche di resistenza e di stabilità risultano quindi soddisfatte in quanto le azioni sollecitanti sono inferiori a quelli resistenti.

7.11.4.3 Correnti superiori

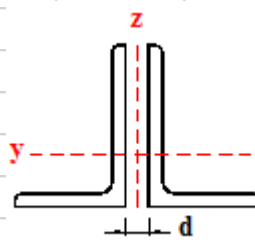
Si prevedono aste composte da 2 L120x12 accostati di lato e collegati con imbottiture di spessore da 20 mm a 28 mm (a seconda dei conci) in modo da dividere l'intero elemento in 5 campi di lunghezza uguale.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Tabella 28: correnti superiori

Caratteristiche profilo			Parametri instabilità a P			Azioni resistenti				
Numero L	2		CORRENTI SUPERIORI							
Tipo	L 120X12	-	β_y	1.0	-	$N_{cr,y}$	251.9	KN		
f_{yk}	355.0	MPa	β_z	1.0	-	$N_{cr,z}$	251.9	KN		
f_{tk}	510.0	MPa	λ_y	1.969	-	$N_{pl,Rd}$	929.8	KN		
γ_{M0}	1.05	-	λ_z	1.969	-	$N_{u,Rd}$	858.3	KN		
γ_{M1}	1.10	-	α_y	0.340	-	$N_{t,Rd}$	858.3	KN		
γ_{M2}	1.25	-	α_z	0.340	-	$N_{c,Rd}$	929.8	KN		
h	120	mm	ϕ_y	2.738	-	$M_{pl,y,Rd}$	14.4	KN*m		
b	120	mm	χ_y	0.215	-	$M_{pl,z,Rd}$	14.4	KN*m		
t_f	12	mm	ϕ_z	2.738	-	$N_{b,Rd,y}$	191.2	KN		
t_w	12	mm	χ_z	0.215	-	$N_{b,Rd,z}$	191.2	KN		
classe	4									
A	0.00275	m ²				N_{Rd}	382.4	kN		
A_{netta}	0.0023375	m ²								
J_y	0.000003677	m ⁴								
J_z	0.000003677	m ⁴								
W_y	42.7	cm ³								
W_z	42.7	cm ³								
l	5.50	m								

Dal punto di vista teorico, secondo lo schema statico ad aste reticolari, i correnti superiori risultano scarichi per l'equilibrio globale e locale delle aste. Tuttavia si considera l'azione del vento durante il montaggio in "Fase 1" allo SLU. Per la quantificazione dello stato di sollecitazione sulle aste si utilizza il modello piano illustrato al paragrafo 7.10.1 da cui risulta un'azione massima di compressione pari a 16 kN. Pertanto la verifica risulta soddisfatta.

7.12 UNIONI BULLONATE

In seguito si riporta il dimensionamento delle principali (e maggiormente gravose) unioni bullonate previste in progetto relativamente all'impalcato del ponte. I diaframmi "D1a", D1b", "D2" sono i diaframmi di spalle e pile ad anima piena e si prevedono connessi alle travi di impalcato da saldature a completa penetrazione.

7.12.1 Angolari di parete traversi "D5"

Si prevedono aste composte da 2 L180x18 accostati di lato e collegati con imbottiture di spessore 28 mm in modo da dividere l'intero elemento in due campi di lunghezza uguale; l'unione è prevista tramite 2 file da 5 bulloni M27 ognuna.

UNIONE DIAGONALI PARETE TRAVERSI D5			
Profilo	2L180x18/28	-	
n	5	-	Numero bulloni per fila
m	2	-	Numero file di bulloni
p	90	mm	Interasse bulloni direzione forza
Y _G	51	mm	Altezza baricentro profilato da intradosso
Y _{bulloni}	95	mm	Altezza asse bulloni da intradosso
e _y	44	mm	Eccentricità bulloni-baricentro
N _{Ed}	2820.0	kN	Azione assiale agente sull'asta
V _{Ed}	132.0	kN	Azione di taglio sul singolo bullone dovuta all'eccentricità
n piani taglio	2	-	Numero piani di taglio per bullone
F _{Ed, bullone}	155.7	kN	Azione di taglio max singolo bullone
F _{Ed, piastra}	311.4	kN	Azione di taglio max piastra di collegamento

Classe bullone diametro d f_{yb} f_{ub} N/mm²

Sezione filettata
 Sezione lorda

Area mm²

Resistenza a taglio (per piano di taglio) F_{v,Rd} kN

Resistenza a trazione F_{t,Rd} kN

Taglio e Trazione - EC3 #6.5.5.(5)

F_{v,Sd} F_{t,Sd} kN

$$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1.4 F_{t,Rd}} = 0.959 + 0 = 0.959$$

Le verifiche a rifollamento su profilato "L" e piastra di collegamento sono le seguenti.

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Rifollamento

Acciaio f_u N/mm²

spessore t mm

diametro foro d_o mm

distanze bordo e_1 e_2

passo p_1 p_2

α

Resistenza a rifollamento $F_{b,Rd}$ kN

Acciaio f_u N/mm²

spessore t mm

diametro foro d_o mm

distanze bordo e_1 e_2

passo p_1 p_2

α

Resistenza a rifollamento $F_{b,Rd}$ kN

7.12.2 Correnti superiori inferiori “D5”

Si prevedono aste composte da 2 L150x15 accostati di lato e collegati con imbottiture di spessore 28 mm in modo da dividere l'intero elemento in due campi di lunghezza uguale; l'unione è prevista tramite 2 file da 4 bulloni M27 ognuna.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

UNIONE CORRENTI INFERIORI TRAVERSI D5			
Profilo	2L150x15/28	-	
n	4	-	Numero bulloni per fila
m	2	-	Numero file di bulloni
p	90	mm	Interasse bulloni direzione forza
Y _G	42.5	mm	Altezza baricentro profilato da intradosso
Y _{bulloni}	85	mm	Altezza asse bulloni da intradosso
e _y	42.5	mm	Eccentricità bulloni-baricentro
N _{Ed}	2230.0	kN	Azione assiale agente sull'asta
V _{Ed}	147.0	kN	Azione di taglio dovuta all'eccentricità
n piani taglio	2	-	Numero piani di taglio per bullone
F _{Ed, bullone}	157.6	kN	Azione di taglio max singolo bullone
F _{Ed, piastra}	315.1	kN	Azione di taglio max piastra di collegamento

Classe bullone diametro d f_{yb} f_{ub} N/mm²

Sezione filettata
 Sezione lorda

Area mm²

Resistenza a taglio (per piano di taglio) F_{v,Rd} kN

Resistenza a trazione F_{t,Rd} kN

Taglio e Trazione - EC3 #6.5.5.(5)

F_{v,Sd} F_{t,Sd} kN

$$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1.4 F_{t,Rd}} = 0.861 + 0 = 0.861$$

Le verifiche a rifollamento su profilato "L" e piastra di collegamento sono le seguenti.

Rifollamento

Acciaio f_u N/mm²

spessore t mm

diametro foro d_o mm

distanze bordo e₁ e₂

passo p₁ p₂

α

Resistenza a rifollamento F_{b,Rd} kN

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Rifollamento

Acciaio f_u N/mm²

spessore t mm

diametro foro d_o mm

distanze bordo e_1 e_2

passo p_1 p_2

α

Resistenza a rifollamento $F_{b,Rd}$ kN Osservazioni

7.12.3 Diagonali di parete trasversi "D9"

Si prevedono aste composte da 2 L160x16 accostati di lato e collegati con imbottiture di spessore 20 mm in modo da dividere l'intero elemento in due campi di lunghezza uguale; l'unione è prevista tramite 2 file da 4 bulloni M27 ognuna.

UNIONE DIAGONALI PARETE TRAVERSARI D9			
Profilo	2L160x16/20	-	
n	4	-	Numero bulloni per fila
m	2	-	Numero file di bulloni
p	90	mm	Interasse bulloni direzione forza
Y_G	45.3	mm	Altezza baricentro profilato da intradosso
Y_{bulloni}	85	mm	Altezza asse bulloni da intradosso
e_y	39.7	mm	Eccentricità bulloni-baricentro
N_{Ed}	1970.0	kN	Azione assiale agente sull'asta
V_{Ed}	139.0	kN	Azione di taglio sul singolo bullone dovuta all'eccentricità
n piani taglio	2	-	Numero piani di taglio per bullone
$F_{Ed, \text{bullone}}$	141.4	kN	Azione di taglio max singolo bullone
$F_{Ed, \text{piastra}}$	282.8	kN	Azione di taglio max piastra di collegamento

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

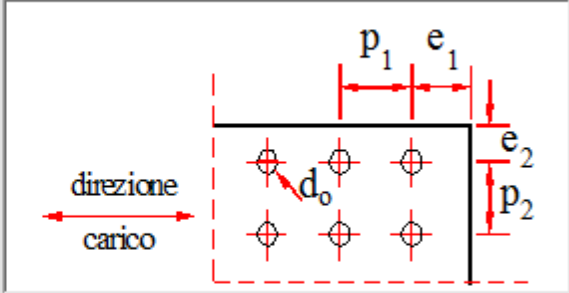
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

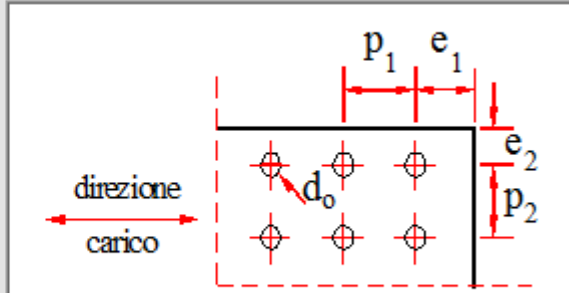
Classe bullone	10.9	diametro d	27	f_{yb}	900	f_{ub}	1000	N/mm ²	
<input checked="" type="radio"/> Sezione filettata <input type="radio"/> Sezione lorda		Area	459.0	mm ²					
Resistenza a taglio (per piano di taglio)	$F_{v,Rd}$	183.6	kN						
Resistenza a trazione	$F_{t,Rd}$	330.5	kN						
Taglio e Trazione - EC3 #6.5.5.(5)									
$F_{v,Sd}$	141	$F_{t,Sd}$	0	kN					
$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1.4 F_{t,Rd}} = 0.768 + 0 = 0.768$									
								OK	

Le verifiche a rifollamento su profilato "L" e piastra di collegamento sono le seguenti.

Rifollamento									
Acciaio	S355 (Fe510)	f_u	510	N/mm ²					
spessore t	16	mm							
diametro foro d_o	28.5	mm							
distanze bordo e_1	50	e_2	50						
passo p_1	90	p_2	68.4						
α	0.585	Resistenza a rifollamento $F_{b,Rd}$		171.8	kN				
Osservazioni									



Rifollamento									
Acciaio	S355 (Fe510)	f_u	510	N/mm ²					
spessore t	20	mm							
diametro foro d_o	28.5	mm							
distanze bordo e_1	70	e_2	70						
passo p_1	90	p_2	68.4						
α	0.803	Resistenza a rifollamento $F_{b,Rd}$		294.7	kN				
Osservazioni									



7.12.4 Correnti inferiori trasversali "D9"

Si prevedono aste composte da 2 L130x13 accostati di lato e collegati con imbottiture di spessore 20 mm in modo da dividere l'intero elemento in due campi di lunghezza uguale; l'unione è prevista tramite una fila di 5 bulloni M27 ognuna.

Profilo	2L130x13/20	-	
n	5	-	Numero bulloni per fila
m	1	-	Numero file di bulloni
p	90	mm	Interasse bulloni direzione forza
Y _G	36.8	mm	Altezza baricentro profilato da intradosso
Y _{bulloni}	50	mm	Altezza asse bulloni da intradosso
e _y	13.2	mm	Eccentricità bulloni-baricentro
N _{Ed}	1560.0	kN	Azione assiale agente sull'asta
V _{Ed}	32.0	kN	Azione di taglio dovuta all'eccentricità
n piani taglio	2	-	Numero piani di taglio per bullone
F _{Ed, bullone}	156.8	kN	Azione di taglio max singolo bullone
F _{Ed, piastra}	313.6	kN	Azione di taglio max piastra di collegamento

Classe bullone diametro d f_{yb} f_{ub} N/mm²

Sezione filettata
 Sezione lorda

Area mm²

Resistenza a taglio (per piano di taglio) F_{v,Rd} kN
 Resistenza a trazione F_{t,Rd} kN

Taglio e Trazione - EC3 #6.5.5.(5)

F_{v,Sd} F_{t,Sd} kN

$$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1.4 F_{t,Rd}} = 0.855 + 0 = 0.855$$

Le verifiche a rifollamento su profilato "L" e piastra di collegamento sono le seguenti.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Rifollamento

Acciaio f_u N/mm²

spessore t mm

diametro foro d_o mm

distanze bordo e_1 e_2

passo p_1 p_2

α

Resistenza a rifollamento $F_{b,Rd}$ kN

Rifollamento

Acciaio f_u N/mm²

spessore t mm

diametro foro d_o mm

distanze bordo e_1 e_2

passo p_1 p_2

α

Resistenza a rifollamento $F_{b,Rd}$ kN

7.12.5 Diagonali inferiori

Si prevedono aste composte da 4 L150x15 accostati a croce e collegati con imbottiture di spessore 20 mm; l'unione è prevista tramite due file di 4 bulloni M27 ognuna per ogni coppia di angolari.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

UNIONE DIAGONALI INFERIORI			
Profilo	4L150x15/20	-	
n	3	-	Numero bulloni per fila
m	2	-	Numero file di bulloni
l	2	-	Numero di coppie di angolari
p	90	mm	Interasse bulloni direzione forza
Y _G	0	mm	Altezza baricentro profilato da intradosso
Y _{bulloni}	0	mm	Altezza asse bulloni da intradosso
e _y	0	mm	Eccentricità bulloni-baricentro
N _{Ed}	3220.0	kN	Azione assiale agente sull'asta
V _{Ed}	0.0	kN	Azione di taglio dovuta all'eccentricità
n piani taglio	2	-	Numero piani di taglio per bullone
F _{Ed, bullone}	134.2	kN	Azione di taglio max singolo bullone
F _{Ed, piastra}	268.3	kN	Azione di taglio max piastra di collegamento

Classe bullone diametro d f_{yb} f_{ub} N/mm²

Sezione filettata
 Sezione lorda

Area mm²

Resistenza a taglio (per piano di taglio) F_{v,Rd} kN

Resistenza a trazione F_{t,Rd} kN

Taglio e Trazione - EC3 #6.5.5.(5)

F_{v,Sd} F_{t,Sd} kN

$$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1.4 F_{t,Rd}} = 0.730 + 0 = 0.730$$

Le verifiche a rifollamento su profilato "L" e piastra di collegamento sono le seguenti.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Rifollamento

Acciaio f_u N/mm²

spessore t mm

diametro foro d_o mm

distanze bordo e_1 e_2

passo p_1 p_2

α

Resistenza a rifollamento $F_{b,Rd}$ kN

Rifollamento

Acciaio f_u N/mm²

spessore t mm

diametro foro d_o mm

distanze bordo e_1 e_2

passo p_1 p_2

α

Resistenza a rifollamento $F_{b,Rd}$ kN

7.12.6 Traversi ad anima piena "D3" e "D4"

I traversi ad anima piena del tipo "D3" sono collegati alle travi di impalcato tramite unioni bullonate con coprigiunti d'ala e anima; in seguito si riportano i calcoli di dimensionamento.

PROFILO	DOPPIO T	-
t_w	14	mm
h_w	1890	mm
b_f	400	mm
t_f	18	mm
r	0	mm
A	40860	mmq
M bulloni ala	27	mm
D bulloni ala	29	mm
N° bulloni ala x fila	2	-
M bulloni anima	27	mm
D bulloni anima	29	mm
N° bulloni anima x colonna	12	-
t piatti ala	10	mm
t piatti anima	10	mm
h piatti anima	1400	mm
e1 ala (direzione orizzontale)	60	mm
p1 ala	100	mm
e2 ala	60	mm
p2 ala	280	mm
e2 anima	60	mm
p2 anima	100	mm
e1 anima (direzione verticale)	100	mm
p1 anima	109.1	mm
d distanza G bulloni anima dal bordo	110.0	mm
Area ala $A_{f,net}$	6156	mmq
Area netta anima $A_{w,net}$	21588	mmq
$N_{f,pl,Rd}$	2434.3	KN
$N_{f,u,Rd}$	2260.5	KN
Azione resistente trazione ala $N_{f,t,Rd}$	2260.5	KN

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

$N_{w,pl,Rd}$	8946.0	KN
$N_{w,u,Rd}$	7927.1	KN
Azione resistente trazione anima $N_{w,t,Rd}$	7927.1	KN
Area netta trave A_{net}	34944.0	mmq
$F_{v,Rd}$ bulloni ala	183.6	KN
$F_{v,Rd}$ bulloni anima	183.6	KN
$F_{b,Rd}$ rifollamento ala	342.0	KN
$F_{b,Rd}$ rifollamento anima	266.0	KN
Piani di taglio bulloni ala	2	-
Piani di taglio bulloni anima	2	-
N° totale bulloni ala	10	-
N° totale bulloni anima	24	-
$F_{v,Rd}$ giunto ala	3672.0	KN
$F_{v,Rd}$ giunto anima	8812.8	KN
$F_{b,Rd}$ ala	3420.0	KN
$F_{b,Rd}$ anima	6384.0	KN
Resistenza trazione R_d giunto ala	3420.0	KN
Resistenza trazione R_d giunto anima	6384.0	KN

Il valore dell'azione resistente sopra riportato è riferito all'azione assiale, mentre l'unione in oggetto è sollecitata a flessione e taglio; pertanto, almeno per quanto riguarda l'unione in anima, è opportuno svolgere calcoli più dedicati. Si ipotizza che l'intero valore del momento flettente sollecitante sia assorbito dall'unione in ala, mentre l'intera azione tagliante con l'aggiunta del momento flettente parassita (causato dall'eccentricità tra l'azione di taglio e il baricentro dei bulloni del semi-coprigiunto d'anima) si considera assorbito dall'unione d'anima.

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

M_{Rd} momento resistente sez. lorda	6770.0	kNm
V_{Rd} taglio resistente sez. lorda	5165.0	kN
W elastico coprigiunto anima sez. lorda	3266666.667	mmc
W elastico coprigiunto anima sez. netta	2776666.667	mmc
Area a taglio coprigiunto anima sez. netta	10520	mmq
Momento flettente sollecitante M_{Ed}	5754.5	kNm
H azione orizzontale ala	3016.0	kN
Azione di taglio sollecitante V_{Ed}	2170	kN
$M_{t,Ed}$ coprigiunto anima	568.15	kNm
Tensione ideale coprigiunto anima	205.9	MPa
Tensione normale coprigiunto ala	257.3	MPa
$V_{Ed,i}$ bulloni d'anima	94.6	kN
$F_{v,Rd}$ bulloni anima	183.6	KN
$V_{Ed,i}$ bulloni d'ala	150.8	kN
$F_{v,Rd}$ bulloni d'ala	183.6	KN

L'unione risulta soddisfatta in termini di bulloni e di coprigiunti.

7.12.7 Aste trasversi “D6” e “D7”

Le unioni bullonate sono identiche a quelle previste per i diaframmi “D5” i quali risultano maggiormente sollecitati e le relative verifiche di sicurezza maggiormente gravose.

7.12.8 Aste trasversi “D8”

Le unioni bullonate sono identiche a quelle previste per i diaframmi “D9” i quali risultano maggiormente sollecitati e le relative verifiche di sicurezza maggiormente gravose.

7.13 VERIFICA A FESSURAZIONE SOLETTA IN DIREZIONE LONGITUDINALE

La soletta in c.a. collabora con le travi metalliche al comportamento globale dell'opera come già osservato diverse volte. In condizione ultima, per le verifiche di resistenza e stabilità delle travi metalliche, la soletta è assunta completamente fessurata e quindi non reagente in corrispondenza delle pile e dei conci definiti “intermedi”, sia in fase di modellazione sia in fase di verifica, come spiegato al punto 7.1.2, 7.1.3 e 7.9. In fase di esercizio, invece, la soletta deve in generale essere considerata reagente lungo tutto l'impalcato al fine di poter eseguire le verifiche a fessurazione dovute alle azioni di trazione agenti in soletta in direzione longitudinale che si innescano nel comportamento globale dell'impalcato soggetto ai vari carichi agenti.

La verifica a fessurazione è stata svolta secondo i criteri riportati in UNI EN 1994-2:2005 al punto 7.4.2 e 7.4.3 limitando la tensione delle barre di armatura a valori prestabiliti in funzione del diametro e dell'apertura massima delle fessure e controllando che l'armatura fosse superiore al minimo imposto da normativa.

7.13.1 Armatura minima

Secondo le prescrizioni dell'UNI EN 1994-2:2005 l'armatura minima da prevedere in tutte le zone soggette a tensioni di trazione significative dovute alle coazioni (ritiro e variazioni termiche) è fornita dalla Tabella seguente nella quale si assume la tensione massima nelle barre pari al valore della tensione di snervamento di calcolo.

Tabella 29: armatura longitudinale minima

	k_s	k	$f_{ct,eff}$	A_{ct}	h_c	z_0	k_c	σ_s	$A_{s,min}$	ϕ	n°_{min}
	-	-	MPa	mmq	mm	mm	-	MPa	cmq	mm	-
PILA	0.9	0.8	3.024	3150000	300	630	1.0	390.0	175.9	20	57.0
INTERMEDIO	0.9	0.8	3.024	3150000	300	513	1.0	390.0	175.9	20	57.0
CAMPATA	0.9	0.8	3.024	3150000	300	413	1.0	390.0	175.9	20	57.0

L'armatura prevista, pari almeno a 106 ϕ 20 (ϕ 20/200 mm) in campata è sempre maggiore della minima richiesta.

7.13.2 Verifica a fessurazione

La verifica a fessurazione è stata eseguita limitando la tensione massima di trazione nelle barre di armatura in soletta in funzione al loro diametro e all'ampiezza massima delle fessure accettabile. Al riguardo si fa riferimento alla condizione ambientale "aggressiva" (classe di esposizione "XC4") e ad armatura poco sensibili, ottenendo i seguenti valori limite di apertura delle fessure (si veda il punto 0):

- Combinazione frequente: $w_1 = 0.3$ mm
- Combinazione quasi permanente: $w_1 = 0.2$ mm.

Le tensioni alle varie fibre delle sezioni trasversali sono state calcolate in ipotesi di sezione interamente reagente qualora la massima tensione di trazione in soletta fosse inferiore al valore $f_{ctm} = 3.02$ MPa, massima tensione ottenuta come somma delle tensioni derivanti dalle varie

combinazioni dei carichi e quella dovuta all'azione primaria del ritiro e delle variazioni termiche agente sulla soletta interamente reagente. Qualora la tensione massima di trazione in soletta superasse f_{ctm} , invece, le tensioni sono state calcolate in ipotesi di soletta completamente fessurata e le tensioni di trazione nelle barre di armatura sono ottenute come somma delle tensioni derivanti dalle varie combinazioni dei carichi e quelle ottenute dall'azione primaria dovuta alle variazioni termiche agente in ipotesi di soletta totalmente fessurata (solo barre). Infatti, in accordo con l'UNI-EN 1994-2:2005 §5.4.2.2, se la soletta è fessurata è possibile trascurare gli effetti primari del ritiro.

Conci di pila

Si adotta un'armatura longitudinale costituita da $\phi 24/200$ mm superiormente e $\phi 20/200$ mm inferiormente.

σ dovute a M											
w1	w2	w3	w4-acc	w1	w2	w3	w4-acc	w4-cls	w5	Ainf	Asup
8.6	8.3	95.5	98.6	11.2	11.0	100.8	103.8	2.6	3.6	104.6	115.2
-98.0	-93.0	-9.6	-9.7	-93.8	-88.9	-4.8	-5.0	-0.2	-0.3	-3.6	-4.2

σ dovute a N	τ_v	τ_T	σ ideale		σ tot cls		σ tot armatura		
			w2	w3	w4	w5	Ainf	Asup	
0.0	30.2	14.0	139.8	98.4	2.7	3.0	201.5	203.9	MAX
-36.5	-28.7	-16.1	0.0	0.0	-0.7	-0.7	-52.2	-42.5	MIN

La massima tensione nelle barre nella combinazione frequente risulta inferiore al limite previsto dalla verifica tabellare per l'ampiezza di 0.3 mm delle fessure.

Si procede alla verifica tabellare nella combinazione quasi permanente.

σ dovute a M											
w1	w2	w3	w4-acc	w1	w2	w3	w4-acc	w4-cls	w5	Ainf	Asup
0.0	0.0	41.6	43.1	0.5	0.7	52.7	54.2	1.4	1.9	52.1	57.3
-50.7	-48.2	-5.9	-5.7	-42.2	-40.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

σ dovute a N	τ_v	τ_T	σ ideale		σ tot cls		σ tot armatura		
			w2	w3	w4	w5	Ainf	Asup	
0.0	14.6	6.7	85.4	40.2	2.6	3.0	148.7	153.9	MAX
-33.6	-13.4	-8.9	0.0	0.0	-0.2	-0.1	-1.0	-0.1	MIN

La massima tensione nelle barre risulta inferiore al limite di 160 MPa previsto dalla verifica tabellare per l'ampiezza di 0.2 mm delle fessure.

Conci "intermedi"

Si adotta un'armatura longitudinale costituita da $\phi 24/200$ mm superiormente e $\phi 20/200$ mm inferiormente.

σ dovute a M											
w1	w2	w3	w4-acc	w1	w2	w3	w4-acc	w4-cls	w5	Ainf	Asup
78.5	75.0	92.9	95.1	89.6	86.2	101.5	103.7	1.5	2.2	102.1	112.3
-96.9	-93.2	-93.8	-95.8	-90.0	-86.3	-79.2	-81.2	-1.8	-2.6	-94.8	-104.3

σ dovute a N	τ_v	τ_T	σ ideale		σ tot cls		σ tot armatura		
			w2	w3	w4	w5	Ainf	Asup	
0.0	31.8	16.0	153.4	143.8	2.2	2.9	185.4	195.7	MAX
-51.5	-29.8	-11.3	0.0	0.0	-1.1	-1.9	-112.7	-121.3	MIN

La massima tensione nelle barre nella combinazione frequente risulta inferiore al limite previsto dalla verifica tabellare per l'ampiezza di 0.3 mm delle fessure.

Si procede alla verifica tabellare nella combinazione quasi permanente.

σ dovute a M											
w1	w2	w3	w4-acc	w1	w2	w3	w4-acc	w4-cls	w5	Ainf	Asup
28.2	26.8	39.8	40.8	40.4	39.0	51.2	52.3	1.0	1.4	48.0	52.8
-48.2	-46.5	-43.3	-44.1	-39.0	-37.3	-27.3	-28.1	-0.6	-0.9	-38.7	-42.5

σ dovute a N	τ_v	τ_T	σ ideale		σ tot cls		σ tot armatura		
			w2	w3	w4	w5	Ainf	Asup	
0.0	15.0	3.6	95.5	90.9	1.7	2.1	131.4	136.2	MAX
-47.4	-13.6	-2.5	0.0	0.0	0.0	-0.2	-56.6	-59.6	MIN

La massima tensione nelle barre risulta inferiore al limite di 160 MPa previsto dalla verifica tabellare per l'ampiezza di 0.2 mm delle fessure.

Conci di campata

Si adotta un'armatura longitudinale costituita da $\phi 20/200$ mm sia superiormente, sia inferiormente.

σ dovute a M											
w1	w2	w3	w4-acc	w1	w2	w3	w4-acc	w4-cls	w5	Ainf	Asup
123.4	120.8	10.1	10.4	129.0	126.5	27.7	28.0	0.7	1.2	11.2	13.8
-42.3	-41.6	-40.8	-41.8	-33.8	-33.1	-33.6	-34.8	-2.6	-4.1	-10.0	-12.3

σ dovute a N	τ_V	τ_T	σ ideale		σ tot cls		σ tot armatura		
			w2	w3	w4	w5	Ainf	Asup	
0.0	29.8	19.2	113.5	102.7	1.8	2.2	25.0	27.5	MAX
-33.4	-31.7	-23.0	0.0	0.0	-3.3	-4.7	-2.3	-0.2	MIN

La soletta rimane sempre reagente in quanto la massima tensione di trazione in soletta risulta inferiore a f_{ctm} . Inoltre, la tensione normale di trazione massima nel calcestruzzo risulta inferiore a quella dello stato limite di formazione delle fessure (2.51 MPa).

7.14 CONNETTORI A TAGLIO TRAVI METALLICHE – SOLETTA

La soletta è connessa strutturalmente alle travi metalliche tramite connettori a piolo saldati in officina in estradosso all'ala superiore delle travi. I connettori a piolo devono rispettare diverse regole geometriche e di dimensionamento prescritte in NTC2018, C.M. n.7/2019 (punto C4.3.4.3.1.1) e in UNI EN 1994-2: 2005 al paragrafo 6.6.

Dal momento che il dimensionamento delle sezioni trasversali di impalcato è stato eseguito tramite il metodo elastico (limitazione delle tensioni ai valori al limite elastico), il dimensionamento dei connettori a piolo è eseguito anch'esso secondo la teoria elastica come espressamente richiesto al punto 4.3.4.3.3 delle NTC2018, determinando per i vari conci di impalcato il massimo valore dell'azione di scorrimento longitudinale all'interfaccia travi-soletta e, cautelativamente, assumendolo costante per l'intera lunghezza del concio in esame. Si è pertanto calcolato il momento statico della sola soletta rispetto al baricentro della sezione composta assumendo come modulo elastico del conglomerato cementizio il valor medio istantaneo per le tre sezioni di impalcato, in quanto l'effetto dei fenomeni lenti fa sì che diminuiscano le tensioni sulla soletta, ipotizzando quindi cautelativamente sempre reagente la soletta come prescritto dall'UNI EN 1994-2:2005.

Si adottano connettori a piolo tipo Nelson aventi le seguenti caratteristiche che rispettano i limiti e le prescrizioni previste dalle normative tecniche sopra citate.

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Tabella 30: caratteristiche geometriche dei connettori a piolo assunti

	t_F	H_{tot}	H_{gambo}	D_{gambo}	D_{testa}	H_{testa}	S_{LG}	S_{TV}	e_d
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
PILA	40	200	187.3	25.4	40.9	12.7	200	250	187.3
INTERMEDIO	30	200	187.3	25.4	40.9	12.7	200	150	87.3
CAMPATA	20	200	187.3	25.4	40.9	12.7	200	160	107.3
CAMPATA	20	200	187.3	25.4	40.9	12.7	200	120	67.3

Tabella 31: verifiche delle prescrizioni geometriche da normativa

	H_{tot}/D_{gambo} > 4	D_{testa}/D_{gambo} > 1.5	H_{testa}/D_{gambo} > 0.4	D_{gambo}/t_F < 1.5	S_{LG}/t_F < 22ε	$S_{LG} < 800$	S_{LG}/D_{gambo} > 5	e_d/t_F < 9ε	$e_d > 25$	S_{TV}/D_{gambo} > 2.5
PILA	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
INTERMEDIO	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
CAMPATA	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
CAMPATA	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

con il seguente significato dei simboli utilizzati:

Tabella 32: legenda

t_F	Spessore ala superiore trave
H_{tot}	Altezza totale piolo
H_{gambo}	Altezza gambo del piolo
D_{gambo}	Diametro gambo del piolo
D_{testa}	Diametro testa del piolo
H_{testa}	Spessore testa del piolo
S_{LG}	Interasse longitudinale piolo
S_{TV}	Interasse trasversale piolo
e_d	Distanza minima tra il bordo dell'ala della trave e i connettori

7.14.1 Verifica in condizione ultima SLU

I connettori previsti presentano una resistenza di calcolo pari a $P_{Rd}=145.9$ kN secondo quanto riportato al §4.3.4.3.1.2 delle NTC2018. Nella Tabella 33 si riporta il calcolo di dimensionamento dei connettori, ipotizzando come già detto che l'azione di scorrimento longitudinale massima sia costante per la lunghezza dell'intero concio di trave in esame (l'azione di taglio agente è stata

cautelativamente assunta pari alla somma di quella ottenuta dal modello “SLU” e di quella derivante dal peso proprio della soletta in c.a.).

Tabella 33: dimensionamento del numero dei connettori a piolo

	S_i/J	$V_{Ed,max}$	$v_{L,ed}$	L	$V_{L,Ed}$	P_{Rd}	N° min	N° fila	Passo
	1/m	kN	kN/m	m	kN	kN	-	-	mm
PILA	0.3682	4410.8	1624.0	10.0	16239.6	145.9	111.28	3	269.6
INTERMEDIO	0.3987	3779.1	1506.7	12.5	18849.1	145.9	129.16	3	290.6
CAMPATA	0.40774	2780.1	1133.5	12.5	14158.0	145.9	97.02	2	257.5

Come mostrato nella Tabella 30, il passo longitudinale adottato per le file di connettori è sempre inferiore a quello minimo richiesto da calcolo riportato in Tabella 33 e pertanto tutte le verifiche risultano soddisfatte.

I calcoli riportati in Tabella 33 prescindono dall’azione di scorrimento longitudinale che si innesca a causa dell’effetto primario delle coazioni imposte in soletta (ritiro e variazioni termiche). Per mettere in conto anche questa azione di scorrimento, si fa riferimento al punto 6.6.2.4 dell’UNI EN 1994-2:2005 e si considera che lo scorrimento longitudinale dovuto alle coazioni sia agente solo all’estremità dell’impalcato per una lunghezza di soletta pari alla sua larghezza 10.5 m. Si prende in esame il ritiro e la variazione termica negativa (fattorizzate per 1.20 in condizione ultima SLU) che hanno il medesimo effetto, mentre si trascurano gli altri carichi in quanto innescando azioni di scorrimento longitudinale che si oppongono a quelle innescate dal ritiro.

Tabella 34: dimensionamento del numero dei connettori a piolo per gli effetti delle coazioni in soletta

	S_i/J	$V_{Ed,max}$	$v_{L,ed}$	$v_{L,coazioni}$	L	$V_{L,Ed}$	P_{Rd}	N° min	N° fila	Passo
	1/m	kN	kN/m	kN/m	m	kN	kN	-	-	mm
CAMPATA	0.40774	0.0	0.0	1980.8	10.0	19807.5	145.9	135.73	3	221.0

La Tabella 34 mostra che per i primi due e gli ultimi due conci (C1-C2-C22-C23) è necessario disporre i connettori su 3 file invece che su 2.

7.14.2 Verifica in condizione di esercizio SLE

La verifica in condizioni di esercizio SLE dei connettori a piolo travi-soletta si esegue nello stesso modo con cui si è eseguita quella in condizione ultima SLU, ma limitando la resistenza dei connettori al 60% della loro resistenza di progetto secondo quanto previsto al punto C4.3.4.3.3 della C.M. n.7/2019. L'azione di taglio agente è stata cautelativamente assunta pari alla somma di quella ottenuta dal modello “SLE” e di quella derivante dal peso proprio della soletta in c.a.. La Tabella 35 mostra che la verifica risulta soddisfatta.

Tabella 35: verifica del numero dei connettori a piolo in esercizio

	S_i/J	$V_{Ed,max}$	$v_{L,ed}$	L	$V_{L,Ed}$	P_{Rd}	N° min	N° fila	Passo
	1/m	kN	kN/m	m	kN	kN	-	-	mm
PILA	0.3682	2978.8	1096.7	10.0	10967.4	87.6	125.26	3	239.5
INTERMEDIO	0.3987	2548.4	1016.0	12.5	12710.7	87.6	145.17	3	258.5
CAMPATA	0.40774	1780.5	726.0	12.5	9067.2	87.6	103.56	2	241.2

7.15 VERIFICA A FATICA

Le strutture portanti di un ponte devono essere considerate elementi sensibili a fenomeni di fatica a causa della natura ciclica dei carichi mobili che agiscono su di esse. Trattandosi ragionevolmente di elementi sensibili alla rottura per fatica, in base al punto 4.2.4.1.4 delle NTC2018, si è eseguita la verifica a fatica per vita illimitata (criterio della “vita utile” a fatica) di alcuni dettagli costruttivi in modo tale da garantire per la vita a fatica prevista per l'opera gli stessi livelli di sicurezza adottati per le altre verifiche di resistenza agli SLU, a prescindere da specifiche procedure di ispezione e manutenzione.

Con riferimento al §5.1.4.3 delle NTC2018, per strutture, elementi strutturali e dettagli sensibili a fenomeni di fatica vanno eseguite opportune verifiche.

Vengono svolte le verifiche a fatica per vita illimitata adottando gli spettri di carico associati.

In assenza di studi specifici, volti alla determinazione dell'effettivo spettro di carico che interessa il ponte, si fa far riferimento ai modelli descritti nel seguito.

7.15.1 verifica per vita illimitata

Le verifiche a fatica per vita illimitata vengono condotte, per dettagli caratterizzati da limite di fatica ad ampiezza costante, controllando che il massimo delta di tensione $\Delta\sigma_{max} = (\sigma_{max} - \sigma_{min})$ indotto nel

dettaglio stesso dallo spettro di carico significativo risulti minore del limite di fatica del dettaglio stesso.

La verifica a vita illimitata si esegue controllando che per le tensioni normali sia verificata la seguente disequaglianza:

$$\Delta\sigma_{\max} = \gamma_{Mf} \times \Delta\sigma_{\max} \leq \Delta\sigma_D$$

oppure per le tensioni tangenziali:

$$\Delta\tau_{\max} = \gamma_{Mf} \times \Delta\tau_{\max} \leq \Delta\tau_D$$

dove sono, rispettivamente, i valori di progetto delle massime escursioni di tensioni normali e di tensioni tangenziali indotte nel dettaglio considerato dallo spettro di carico per le verifiche a vita illimitata, talvolta denominato spettro frequente, e $\Delta\sigma_D$ e $\Delta\tau_D$ i limiti di fatica ad ampiezza costante.

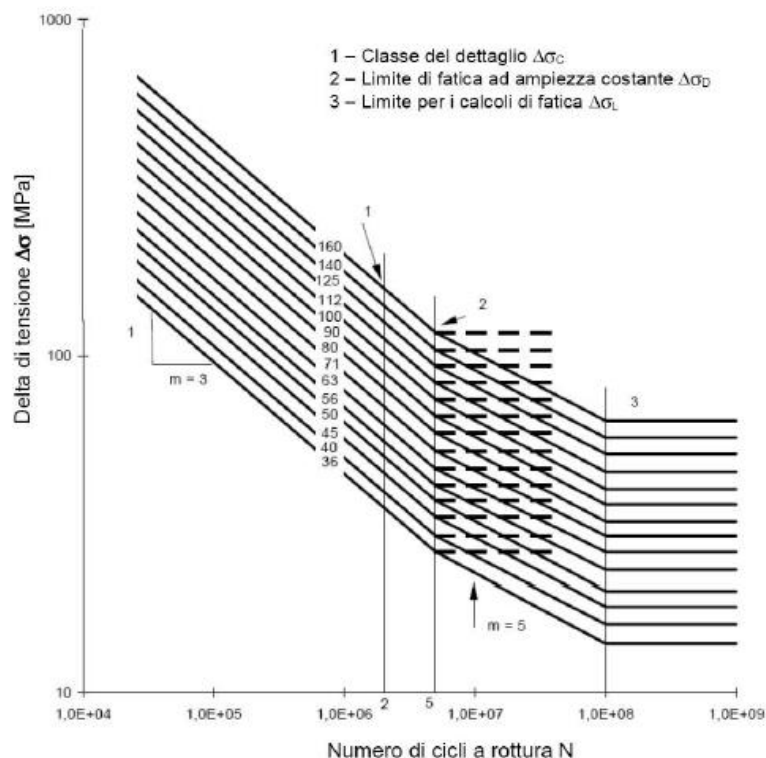


Figura 34: curva S-N per dettagli strutturali soggetti a tensioni normali

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

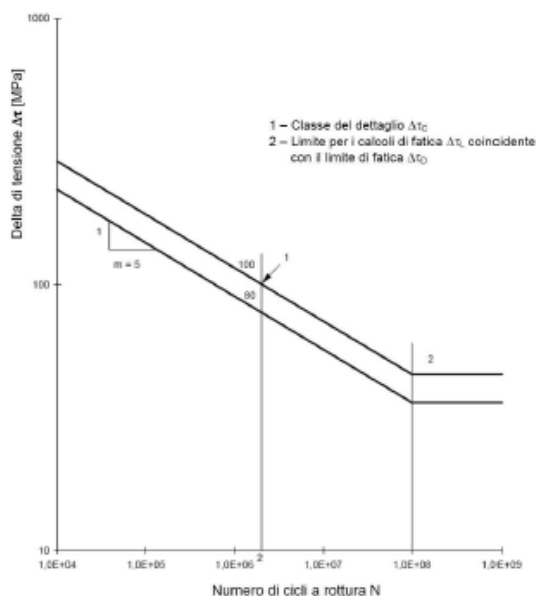


Figura 35: curva S-N per dettagli strutturali soggetti a tensioni tangenziali

7.15.1.1 *Modello di carico*

Le verifiche vengono condotte considerando lo spettro di tensione indotto nel dettaglio dal modello di carico di fatica 2, disposto sul ponte nelle configurazioni che determinano la tensione massima e minima, rispettivamente, nel dettaglio considerato. Si riporta lo schema in Figura 36.

Tabella 5.1.VII – Modello di carico a fatica n. 2 – veicoli frequenti






SAGOMA del VEICOLO	Distanza tra gli assi (m)	Carico frequente per asse (kN)	Tipo di ruota (Tab. 5.1.IX)
	4,5	90 190	A B
	4,20 1,30	80 140 140	A B B
	3,20 5,20 1,30 1,30	90 180 120 120 120	A B C C C
	3,40 6,00 1,80	90 190 140 140	A B B B
	4,80 3,60 4,40 1,30	90 180 120 110 110	A B C C C

Figura 36: modello di carico adottato per le verifiche a fatica

Con riferimento alle indicazioni riportate nelle Istruzioni alle NTC2018 il modello di carico sopra definito viene applicato alla corsia fisica lenta del ponte.

Con riferimento al metodo di verifica a fatica cui il modello di carico sopra descritto risulta associato si osserva che quest’ultimo è un sistema di carico che applicato alla struttura produce uno spettro equivalente a $\Delta\sigma$ costante con effetti affaticanti uguali a quelli prodotti da un sistema complesso di traffico se riferiti a 5×10^6 cicli.

7.15.1.2 Coefficienti di sicurezza

Il coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche a fatica γ_{Mf} è fornito dalla relazione:

$$\gamma_{Mf} = \gamma_f \times \gamma_m$$

ove γ_f è il coefficiente parziale relativo alle azioni di fatica e γ_m il coefficiente parziale relativo alla resistenza, che copre le incertezze nella valutazione dei carichi e delle tensioni e la possibile presenza di difetti nei particolari in esame.

Il coefficiente γ_{Mf} dipende sia dalla possibilità di individuare e riparare eventuali lesioni per fatica, sia dall’entità delle conseguenze della crisi per fatica dell’elemento o della struttura.

A questo scopo, le strutture possono essere distinte, a seconda della loro sensibilità alla crisi per fatica, in strutture poco sensibili (damage tolerant) e in strutture sensibili (safe life).

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Tabella C4.2.XII – Coefficienti parziali γ_{Mf} per verifiche a 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)	$\gamma_{Mf}=1,15$	$\gamma_{Mf}=1,35$

Le verifiche vengono svolte a vita utile del viadotto, e si considera quindi la struttura sensibile alla rottura per fatica, con conseguenze significative.

Per i dettagli strutturali primari per cui le conseguenze della rottura per fatica risultano significative si assume un coefficiente di sicurezza pari a $\gamma_{Mf}=1.35$.

7.15.2 Verifica a fatica saldatura ali-anima delle travi principali

Le travi principali presentano sezione trasversale a forma di doppio T, realizzata in officina con saldature a cordone d'angolo. Il dettaglio costruttivo verificato a fatica è caratterizzato dalla classe “80” riportata in tabella C 4.2.XIV della C.M. sopracitata.

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>

Figura 37: dettaglio costruttivo per le saldature ali-anime delle travi di impalcato

La resistenza a fatica del dettaglio saldato è data da:

$$\Delta\tau_D = \Delta\tau_C \cdot (2/8)^{1/5} = 0.457 \cdot \Delta\tau_C = 36.6 \text{ MPa.}$$

Si hanno le seguenti tensioni massime dovute allo spettro di carico considerato e ipotizzando cautelativamente la soletta sempre fessurata per i conci di pila e intermedi e quindi non reagente e considerando nei conci di campata in corrispondenza dei giunti un coefficiente dinamico.

In particolare, il coefficiente dinamico è assunto cautelativamente 1.3 per almeno i primi 6 m dal giunto di espansione (EC1 - EN 1991-2:2003 §4.6.1)

Tabella 36: massime sollecitazioni dovute allo spettro di carico per fatica – conci di pila

$\Delta\sigma$ dovute a M								$\Delta\tau$
w1	w2	w3	w4-acc	w1	w2	w3	w4-acc	
10.6	10.1	-6.2	-6.4	10.3	9.7	-6.6	-6.8	10.6
6.5	6.2	-10.3	-10.7	6.2	5.8	-10.8	-11.2	7.0

Tabella 37: massime sollecitazioni dovute allo spettro di carico per fatica – conci intermedi

$\Delta\sigma$ dovute a M								$\Delta\tau$
w1	w2	w3	w4-acc	w1	w2	w3	w4-acc	
25.5	24.5	-10.0	-10.2	24.9	23.9	-10.7	-10.9	12.4
10.3	9.9	-25.5	-26.2	9.8	9.4	-26.3	-27.0	7.5

Tabella 38: massime sollecitazioni dovute allo spettro di carico per fatica – conci in campata

$\Delta\sigma$ dovute a M								$\Delta\tau$
w1	w2	w3	w4-acc	w1	w2	w3	w4-acc	
30.1	29.6	0.0	0.0	30.0	29.5	0.0	0.0	23.8
0.0	0.0	-3.2	-3.5	0.0	0.0	-3.4	-3.6	0.0

Essendo la tensione tangenziale assunta costante lungo l'anima delle travi metalliche, la variazione della tensione tangenziale di scorrimento ala-anima è numericamente identica al suo valore. Calcolando la variazione della tensione tangenziale in riferimento alla sezione di gola si ha pertanto:

$$\Delta\tau_{MAX,d} = \gamma_{MF} * \Delta\tau_{MAX} = 1.35 * (10.6 * 24 / 14 / 1.4) = 17.5 \text{ MPa} < \Delta\tau_D = 36.6 \text{ MPa} \quad \text{Concio pila}$$

$$\Delta\tau_{MAX,d} = \gamma_{MF} * \Delta\tau_{MAX} = 1.35 * (12.4 * 20 / 12 / 1.4) = 19.9 \text{ MPa} < \Delta\tau_D = 36.6 \text{ MPa} \quad \text{Concio intermedio}$$

$$\Delta\tau_{MAX,d} = \gamma_{MF} * \Delta\tau_{MAX} = 1.35 * (23.8 * 14 / 10 / 1.4) = 32.1 \text{ MPa} < \Delta\tau_D = 36.6 \text{ MPa} \quad \text{Concio campata}$$

7.15.3 Verifica a fatica saldatura tra i vari conci delle travi principali

La saldatura tra i vari conci delle travi metalliche principali sono previste in opera e a completa penetrazione. Il dettaglio costruttivo verificato a fatica è caratterizzato dalla classe “71” per le piattabande inferiori e dalla classe “80” per le piattabande superiori e anime. Tali dettagli sono riportati in tabella C 4.2.XIV della C.M. sopracitata.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

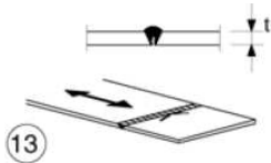
<p>71 (36)</p>		<p>13) Giunti trasversali a piena penetrazione eseguiti da un solo lato, con piena penetrazione controllata mediante opportuni controlli non distruttivi.</p> <p>Per spessori $t > 25$ mm, si deve adottare una classe ridotta del coefficiente</p> $k_s = (25/t)^{0.2}$ <p>In assenza di controlli, si deve adottare la classe 36, per qualsiasi valore di t</p>	<p>Saldature senza piatto di sostegno</p> <p>Le saldature devono essere iniziate e terminate su tacchi d'estremità, da rimuovere una volta completata la saldatura</p> <p>I bordi esterni delle saldature devono essere molati in direzione degli sforzi</p>
--------------------	---	--	--

Figura 38: dettaglio costruttivo per le saldature dei conci delle travi di impalcato – piattabanda inferiore

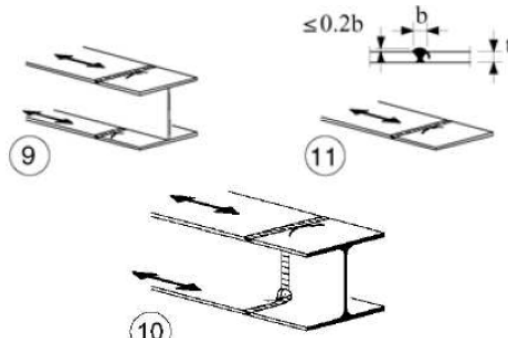
<p>80</p>		<p>Saldature senza piatto di sostegno</p> <p>9) Giunti trasversali in travi composte, in assenza di lunette di scarico</p> <p>10) Giunti trasversali completi di profili laminati, in presenza di lunette di scarico</p> <p>11) Giunti trasversali di lamiera, piatti, profilati e travi composte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

Figura 39: dettaglio costruttivo per le saldature dei conci delle travi di impalcato – piattabanda superiore e anima

Cautelativamente si confronta la massima delle variazioni delle tensioni normali calcolate con le resistenze a fatica per la piattabanda inferiore, essendo le più vincolanti.

La resistenza a fatica del dettaglio saldato 71 è data da:

$$\Delta\sigma_D = \Delta\sigma_C * (2/5)^{1/3} * (25/65)^{0.2} = 0.737 * 0.826 * \Delta\sigma_C = 43.22 \text{ MPa per conci in pila}$$

$$\Delta\sigma_D = \Delta\sigma_C * (2/5)^{1/3} * (25/50)^{0.2} = 0.737 * 0.871 * \Delta\sigma_C = 45.55 \text{ MPa per conci intermedi}$$

$$\Delta\sigma_D = \Delta\sigma_C * (2/5)^{1/3} * (25/40)^{0.2} = 0.737 * 0.910 * \Delta\sigma_C = 47.63 \text{ MPa per conci in campata}$$

Dalle variazioni tensioni normali riportate nelle Tabelle al punto precedente si ha quanto segue:

$$\Delta\sigma_{MAX,d} = \gamma_{MF} * \Delta\sigma_{MAX} = 1.35 * 11.2 = 15.12 \text{ MPa} < \Delta\sigma_D = 43.22 \text{ MPa conci in pila}$$

$$\Delta\sigma_{MAX,d} = \gamma_{MF} * \Delta\sigma_{MAX} = 1.35 * 27.0 = 36.45 \text{ MPa} < \Delta\sigma_D = 45.55 \text{ MPa conci intermedi}$$

$$\Delta\sigma_{MAX,d} = \gamma_{MF} * \Delta\sigma_{MAX} = 1.35 * 30.1 = 40.64 \text{ MPa} < \Delta\sigma_D = 47.63 \text{ MPa conci in campata}$$

7.16 SISTEMA DI VINCOLAMENTO

L'impalcato è previsto dotato di un sistema di protezione sismica costituito da isolatori elastomerici posti in corrispondenza delle pile e da vincoli multi e monodirezionali posti in corrispondenza delle spalle le cui caratteristiche generali sono descritte al punto 7.3.

Si precisa che gli appoggi sono indicati con le seguenti numerazioni:

- 1 : multidirezionale sulla spalla A;
- 2 : monodirezionale sulla spalla A;
- 3 e 4: isolatori sulla pila 1;
- 5 e 6: isolatori sulla pila 2;
- 7 e 8: isolatori sulla pila 3;
- 9 e 10: isolatori sulla pila 4;
- 11 : multidirezionale sulla spalla B;
- 12 : monodirezionale sulla spalla B;

Nei paragrafi seguenti si riportano le massime azioni agenti su ciascun dispositivo di vincolamento ed i relativi spostamenti: P indica l'azione normale positiva se in trazione, V2 indica l'azione orizzontale in direzione longitudinale, V3 l'azione orizzontale in direzione trasversale mentre T, M2 e M3 indicano l'azione torsionale e le azioni flessionali che sono ovviamente trascurabili per i dispositivi.

7.16.1 Isolatori Sismici

Si riportano le massime azioni agenti sugli isolatori elastomerici ottenute in condizione statica come somma delle azioni determinate dal modello "Fase 1" e dal modello "SLU-Fase2a", "SLU-Fase2b" e in condizione sismica come somma delle azioni determinate dal modello "Fase 1" e dal modello "SLC".

Tabella 39: massime azioni agenti sugli isolatori delle pile in condizione statica SLU

CONDIZIONE STATICA						
OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-173.0	356.7	337.4	0.0	67.5	71.3
MIN	-13687.5	-375.9	-258.4	0.0	-51.7	-75.2

Tabella 40: massime azioni agenti sugli isolatori delle pile in condizione sismica SLC

CONDIZIONE SISMICA SLC						
OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-903.4	618.8	657.5	0.0	131.5	123.8
MIN	-7753.4	-634.3	-732.0	0.0	-146.4	-126.9

Dai valori sopra riportati si deduce immediatamente che gli isolatori rimangono sempre in compressione in quanto tutte le azioni assiali risultano negative.

Le tabelle seguenti riportano i massimi e minimi valori degli spostamenti orizzontali registrati dagli isolatori nelle varie combinazioni dei carichi indagate per la condizione statica ultima SLU e in condizione sismica ultima SLC: U1 indica lo spostamento verticale, U2 lo spostamento orizzontale in direzione longitudinale, U3 quello in direzione trasversale e R1, R2 e R3 le rotazioni attorno ai rispettivi assi. Lo spostamento totale "U_{tot}" è stato ottenuto come quadratura degli spostamenti orizzontali U3 e U2.

Tabella 41: spostamenti massimi isolatori condizione statica SLU – pile

MAX/MIN (mm)						
U1	U2	U3	R1	R2	R3	U _{tot}
mm	mm	mm	Rad/1000	Rad/1000	Rad/1000	mm
0.5	69.5	63.9	1.2	4.4	2.5	79.3
-2.0	-72.1	-49.1	-1.0	-4.2	-2.5	62.0

Tabella 42: spostamenti massimi isolatori condizione sismica SLC - pile

MAX/MIN (mm)						
U1	U2	U3	R1	R2	R3	U _{tot}
mm	mm	mm	Rad/1000	Rad/1000	Rad/1000	mm
0.3	132.1	140.2	2.3	0.8	0.3	177.9
-0.9	-134.0	-154.8	-2.1	-0.7	-0.4	41.0

Dai valori sopra riportati si deduce che gli isolatori devono garantire spostamenti orizzontali pari a 200 mm.

Si sottolinea che il massimo spostamento in condizione statica riportato non è ovviamente contemporaneo alla massima azione verticale sopra riportata in quanto la prima si ottiene per le

combinazioni in cui la variazione termica positiva è il carico variabile principale, mentre la seconda per le combinazioni in cui il carico dovuto ai veicoli è il principale.

Si ricorda, infine, che in condizione statica ultima SLU e in esercizio SLE gli isolatori hanno anche il compito di assorbire l'azione di frenatura come riportato al punto 7.2.7. Considerando le rigidità alla traslazione orizzontale assunte in condizione statica, si ha un'azione orizzontale di frenatura pari a circa 110 kN per isolatore.

L'azione di frenatura però deve essere combinata con il valore “frequente” dei carichi mobili, per cui non risulta concomitante alla massima azione verticale agente sugli isolatori e non è combinabile con la variazione termica quando questa è il carico variabile principale per cui non comporta incrementi di spostamento orizzontale rispetto a quanto già indicato.

7.16.2 Vincoli Multidirezionali

Si riportano le massime azioni agenti sui vincoli multidirezionali della spalla A e della spalla B, ottenute in condizione statica agli SLU.

Tabella 43: massime azioni agenti sul vincolo multidirezionale SPA in condizione statica SLU

CONDIZIONE STATICA							
Link	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	MAX	2762.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.2
1	MIN	-2374.6	-0.8	0.0	0.0	0.0	-0.2

Tabella 44: massime azioni agenti sul vincolo multidirezionale SPB in condizione statica SLU

CONDIZIONE STATICA							
Link	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
11	MAX	1122.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.1
11	MIN	-3308.1	-0.8	0.0	0.0	0.0	-0.2

Dai valori sopra riportati si deduce che agli SLU i vincoli multidirezionali vanno in trazione. Si riportano le massime azioni agenti sui vincoli monodirezionali della spalla A e della spalla B, ottenute in condizione sismica agli SLC.

Tabella 45: massime azioni agenti sul vincolo multidirezionale SPA in condizione sismica SLC

MULTIDIREZIONALE SPA						
OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	1161.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.3
MIN	-891.2	-1.5	0.0	0.0	0.0	-0.3

Tabella 46: massime azioni agenti sul vincolo multidirezionale SPB in condizione sismica SLC

MULTIDIREZIONALE SPB						
OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	151.3	1.6	0.0	0.0	0.0	0.3
MIN	-1445.9	-1.8	0.0	0.0	0.0	-0.4

Dai valori sopra riportati si deduce che anche agli SLC i vincoli multidirezionali vanno in trazione. Le tabelle seguenti riportano i massimi e minimi valori degli spostamenti orizzontali registrati dai vincoli monodirezionali nelle varie combinazioni dei carichi indagate per la condizione statica ultima SLU e in condizione sismica ultima SLC: U1 indica lo spostamento verticale, U2 lo spostamento orizzontale in direzione longitudinale, U3 quello in direzione trasversale e R1, R2 e R3 le rotazioni attorno ai rispettivi assi. Lo spostamento totale "U_{tot}" è stato ottenuto come quadratura degli spostamenti orizzontali U3 e U2.

Tabella 47: spostamenti massimi multidirezionale SPA in condizione statica SLU

SPA - MAX/MIN (mm)						
U1	U2	U3	R1	R2	R3	U _{tot}
mm	mm	mm	Rad/1000	Rad/1000	Rad/1000	mm
0.5	86.0	0.9	1.5	1.6	9.1	86.0
-0.6	-69.8	-0.9	-1.4	0.0	0.4	69.8

Tabella 48: spostamenti massimi multidirezionale SPB in condizione statica SLU

SPB - MAX/MIN (mm)						
U1	U2	U3	R1	R2	R3	U _{tot}
mm	mm	mm	Rad/1000	Rad/1000	Rad/1000	mm
0.3	58.3	0.5	1.7	0.7	0.4	76.8
-0.7	-76.8	-0.6	-1.3	-0.2	-6.2	58.3

Tabella 49: spostamenti massimi multidirezionale SPA in condizione sismica SLC

MONODIREZIONALE SPA						
MAX/MIN (mm)						
U1	U2	U3	R1	R2	R3	Utot
mm	mm	mm	Rad/1000	Rad/1000	Rad/1000	mm
0.2	162.0	1.5	2.4	0.5	3.1	162.0
-0.3	-144.6	-1.5	-2.5	0.2	1.4	11.8

Tabella 50: spostamenti massimi multidirezionale SPB in condizione sismica SLC

MONODIREZIONALE SPB						
MAX/MIN (mm)						
U1	U2	U3	R1	R2	R3	Utot
mm	mm	mm	Rad/1000	Rad/1000	Rad/1000	mm
0.1	163.4	0.9	2.9	0.2	-0.5	179.8
-0.3	-179.8	-1.0	-2.6	0.0	-2.5	23.7

7.16.3 Vincoli Monodirezionali

Si riportano le massime azioni agenti sui vincoli monodirezionali della spalla A e della spalla B, ottenute in condizione statica agli SLU.

Tabella 51: massime azioni agenti sul vincolo monodirezionale SPA in condizione statica SLU

CONDIZIONE STATICA							
Link	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
2	MAX	-1092.7	0.0	745.6	0.0	149.1	0.0
2	MIN	-8104.9	0.0	-807.7	0.0	-161.5	0.0

Tabella 52: massime azioni agenti sul vincolo monodirezionale SPB in condizione statica SLU

CONDIZIONE STATICA							
Link	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
12	MAX	65.9	0.0	790.4	0.0	158.1	0.0
12	MIN	-5710.0	0.0	-898.4	0.0	-179.7	0.0

Dai valori sopra riportati si deduce che agli SLU il monodirezionale della spalla A rimane sempre in compressione in quanto tutte le azioni assiali risultano negative, mentre quello sulla spalla B va in trazione.

Si assume che la forza centrifuga venga assorbita dai vincoli monodirezionali. In particolare si valuta il taglio in direzione trasversale sui vincoli nella combinazione SLU comprendente la forza centrifuga. I risultati sono riportati nella Tabella 53 e Tabella 54.

Tabella 53: massima azione di taglio trasversale agente sul vincolo monodirezionale SPA in presenza della forza centrifuga

LinkElem	OutputCase	ass(V3)	coeff.	V3 fatt
Text	Text	KN	Comb	KN
2	Permanenti	1.204	1.35	1.63
2	DT inverno	167.414	0.72	120.54
2	Vento	431.216	0.9	388
2	Veicoli	11.801	1.0125	11.95
2	Ritiro	25.728	0.72	18.52
2	Sovracc perm	1.684	1.35	2.2734
2	Forza centrifuga	240	1.35	324
TOTALE				867

Tabella 54: massima azione di taglio trasversale agente sul vincolo monodirezionale SPB in presenza della forza centrifuga

LinkElem	OutputCase	ass(V3)	coeff.	V3 fatt
Text	Text	KN	Comb	KN
12	Permanenti	0.296	1.35	0.4
12	DT inverno	277.852	0.72	200.1
12	Vento	418.072	0.9	376.3
12	Veicoli	31.404	1.0125	31.8
12	Ritiro	44.837	0.72	32.3
12	Sovracc perm	2.337	1.35	3.2
12	Forza centrifuga	240	1.35	324.0
TOTALE				968.0

Si riportano le massime azioni agenti sui vincoli monodirezionali della spalla A e della spalla B, ottenute in condizione sismica agli SLC.

Tabella 55: massime azioni agenti sul vincolo monodirezionale SPA in condizione sismica SLC

MONODIREZIONALE SPA						
OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-1427.1	0.0	1435.6	0.0	287.1	0.0
MIN	-3552.9	0.0	-1492.1	0.0	-298.4	0.0

Tabella 56: massime azioni agenti sul vincolo monodirezionale SPB in condizione sismica SLC

MONODIREZIONALE SPB						
OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-304.0	0.0	1246.0	0.0	249.2	0.0
MIN	-2435.4	0.0	-1353.9	0.0	-270.8	0.0

Le tabelle seguenti riportano i massimi e minimi valori degli spostamenti orizzontali registrati dai vincoli monodirezionali nelle varie combinazioni dei carichi indagate per la condizione statica ultima SLU e in condizione sismica ultima SLC: U1 indica lo spostamento verticale, U2 lo spostamento orizzontale in direzione longitudinale, U3 quello in direzione trasversale e R1, R2 e R3 le rotazioni attorno ai rispettivi assi. Lo spostamento totale "U_{tot}" è stato ottenuto come quadratura degli spostamenti orizzontali U3 e U2.

Tabella 57: spostamenti massimi monodirezionale SPA in condizione statica SLU

SPA - MAX/MIN (mm)						
U1	U2	U3	R1	R2	R3	U _{tot}
mm	mm	mm	Rad/1000	Rad/1000	Rad/1000	mm
0.2	90.8	0.1	1.5	1.6	9.1	90.8
-1.2	-74.7	-0.1	-1.4	0.0	0.4	74.7

Tabella 58: spostamenti massimi monodirezionale SPB in condizione statica SLU

SPB - MAX/MIN (mm)						
U1	U2	U3	R1	R2	R3	U _{tot}
mm	mm	mm	Rad/1000	Rad/1000	Rad/1000	mm
0.3	57.7	0.1	1.7	0.7	0.4	78.0
-0.9	-78.0	-0.1	-1.3	-0.2	-6.2	57.7

Tabella 59: spostamenti massimi monodirezionale SPA in condizione sismica SLC

MONODIREZIONALE SPA						
MAX/MIN (mm)						
U1	U2	U3	R1	R2	R3	Utot
mm	mm	mm	Rad/1000	Rad/1000	Rad/1000	mm
0.1	166.2	0.2	2.4	0.5	3.1	166.2
-0.4	-148.6	-0.2	-2.5	0.2	1.4	12.7

Tabella 60: spostamenti massimi monodirezionale SPB in condizione sismica SLC

MONODIREZIONALE SPB						
MAX/MIN (mm)						
U1	U2	U3	R1	R2	R3	Utot
mm	mm	mm	Rad/1000	Rad/1000	Rad/1000	mm
0.2	167.5	0.1	2.9	0.2	-0.5	185.2
-0.3	-185.2	-0.2	-2.6	0.0	-2.5	22.4

7.16.4 Sintesi caratteristiche

Nella Tabella 61 si sintetizzano i requisiti che devono soddisfare i dispositivi di vincolamento.

Tabella 61: sintesi vincolamento

	K_{esi} SISMICA ORIZZONTALE	K_{esi} STATICA/SISMICA VERTICALE	P_{Ed} - STATICA (COMPRESSIONE)	P_{Ed} - STATICA (TRAZIONE)	P_{Ed} - SISMICA (COMPRESSIONE)	P_{Ed} - SISMICA (TRAZIONE)	V_{Ed} - STATICA	V_{Ed} - SISMICA	Δ_{TOT} - STATICA	Δ_{TOT} - SISMICA
	kN/m	kN/m	kN	kN	kN	kN	kN	kN	mm	mm
PILE CENTRALI	4690	> 800 k_{esi} SISMICA ORIZZONTALE	13690	-	7760	-	-	-	80	180
MONODIREZIONALE SPA	-	-	8110	-	3560	-	870	1500	100	170
MONODIREZIONALE SPB	-	-	5710	70	2440	-	970	1360	80	190
MULTIDIREZIONALE SPA	-	-	2380	2770	900	1170	-	-	90	170
MULTIDIREZIONALE SPB	-	-	3310	1130	1450	160	-	-	80	180

7.16.5 Sostituzione vincoli

La sostituzione dei vincoli dovrà essere prevista in conformità con quanto esposto al §7.10.7 delle NTC2018.

Ai fini della sostituzione degli isolatori, nel progetto dell'impalcato si prevede la possibilità di trasferire temporaneamente i carichi verticali dalla sovrastruttura alla sottostruttura per il tramite di martinetti oleodinamici, adiacenti all'isolatore da sostituire. In particolare, nel paragrafo 7.11.1.1 è stata svolta la verifica in condizione di sollevamento dell'impalcato in ipotesi di sostituzione di un apparecchio di

appoggio o isolatore, prevedendo che ***l’opera sia chiusa al traffico veicolare durante le manovre di sollevamento.***

7.17 GIUNTI E VARCO STRUTTURALE ALLE SPALLE

Per “capacità di spostamento” dei giunti posti alle estremità dell’impalcato si intende la capacità di deformarsi in allungamento (dilatazione), di accorciarsi (contrazione) e di deformarsi trasversalmente (scorrimento). I giunti sono stati previsti secondo i seguenti indici prestativi:

- Devono garantire come capacità di spostamento, senza danneggiarsi, l’assorbimento degli spostamenti longitudinali e trasversali dovuti al normale esercizio dell’opera (SLE) per le variazioni termiche, l’azione di frenatura, l’azione del vento, le azioni dei carichi mobili e quelle dovute ai carichi permanenti portati;
- Devono garantire come capacità di spostamento, senza danneggiarsi, l’assorbimento degli spostamenti longitudinali e trasversali dovuti allo Stato Limite di Danno (SLD) in condizione sismica, opportunamente combinati con quelli derivanti dalle variazioni termiche e dai carichi permanenti portati;
- Devono garantire la fruibilità del ponte in condizioni sismiche violente (SLC) opportunamente combinato con le variazioni termiche e i carichi permanenti, anche se irreversibilmente danneggiati in termini di capacità di spostamento;
- Devono evitare, in termini di distanza strutturale tra la spalla e la testata della soletta, fenomeni longitudinali di martellamento per un sisma violento (SLV) opportunamente combinato con le variazioni termiche e i carichi permanenti.

Nella tabella seguente si riportano i valori massimi degli spostamenti longitudinali “U1” in dilatazione (positivi) ed in contrazione (negativi) e degli scorrimenti trasversali “U2” per le combinazioni di carico in condizione sismica SLC, SLV e SLD e per i casi di carico elementare in condizione statica significativi ai fini degli spostamenti orizzontali dei nodi di estremità dell’impalcato.

Tabella 62: spostamenti di estremità impalcato in condizione statica SLU

MAX/MIN (mm)						Vento	Termico	
U1	U2	U3	R1	R2	R3	U _{tot}	U _{tot}	U _{tot}
mm	mm	mm	Rad/1000	Rad/1000	Rad/1000	mm	mm	mm
46.5	0.9	1.8	0.8	1.2	0.7	56.8	10.9	56.8
-56.8	-1.9	-0.6	-0.3	-3.8	-0.7	0.3	10.4	38.6

Tabella 63: spostamenti di estremità impalcato in condizione sismica SLD

MAX/MIN (mm)						
U1	U2	U3	R1	R2	R3	U _{tot}
mm	mm	mm	Rad/1000	Rad/1000	Rad/1000	mm
47.9	0.6	1.1	0.3	-1.1	1.1	73.4
-73.4	-0.9	0.5	-0.1	-2.4	-0.8	0.8

Tabella 64: spostamenti di estremità impalcato in condizione sismica SLV

MAX/MIN (mm)						
U1	U2	U3	R1	R2	R3	U _{tot}
mm	mm	mm	Rad/1000	Rad/1000	Rad/1000	mm
128.1	1.0	1.4	0.4	-0.8	2.4	153.0
-153.0	-1.3	0.3	-0.2	-3.0	-2.1	5.1

Tabella 65: spostamenti di estremità impalcato in condizione sismica SLC

MAX/MIN (mm)						
U1	U2	U3	R1	R2	R3	U _{tot}
mm	mm	mm	Rad/1000	Rad/1000	Rad/1000	mm
161.7	1.2	1.5	0.5	-0.6	2.9	186.6
-186.6	-1.4	0.2	-0.2	-3.1	-2.6	5.2

Si prevede pertanto l'adozione di giunti di dilatazione che presentino le seguenti caratteristiche:

- Capacità deformativa longitudinale: +/- 100 mm;
- Carrabilità garantita: +/- 200 mm;

Il varco strutturale tra la testata della soletta e il muro frontale di spalla/paraghiaia sarà non inferiore a 300 mm in modo tale da scongiurare fenomeni di martellamento in caso di sisma violento in condizione ultima SLV.

8 DIMENSIONAMENTO DELLA LASTRA PREDALLE

Si riporta nei punti seguenti il dimensionamento delle lastre prefabbricate predalle costituite da un fondello in conglomerato cementizio (C32/40) avente spessore pari a 70 mm e armate con tralicci realizzati con barre da c.a. saldate tra loro (corrente superiore, corrente inferiore e barre diagonali), rete elettrosaldata e apposite armature inserite in fondello.

Le lastre predalle sono interrotte in corrispondenza delle travi metalliche per quanto attiene al fondello in calcestruzzo, mentre sono continui i tralicci metallici di armatura; ovviamente la disposizione dei tralicci non dovrà essere interferente con quella dei pioli saldati alle ali superiori delle travi.

8.1 PREMESSA, ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO

La soletta di impalcato presenta una sezione trasversale caratterizzata da una campata centrale ($L = 5.50$ m) e due sbalzi terminali ($L = 2.50$ m) per una larghezza complessiva di 10.50 m. Le lastre predalle vengono dimensionate per la fase di getto della soletta. Dal punto di vista esecutivo, per ovviare a problemi di dimensionamento degli sbalzi, si prevede di effettuare un getto suddiviso in due fasi:

- Fase 1 – Getto delle campate centrali e della sola porzione di sbalzo adiacente alle piattebande della trave metallica per una larghezza di 1.75 m (misurata da asse anima trave metallica);
- Fase 2 – A getto di prima fase indurito, montaggio della veletta di bordo e getto della rimanente porzione di sbalzo (larghezza 0.75 m).

Si prevedono lastre caratterizzate da:

- Larghezza pari a 239 cm;
- Lunghezza pari a 1050 cm (tutta la larghezza dell'impalcato);
- Spessore del fondello di 7 cm.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

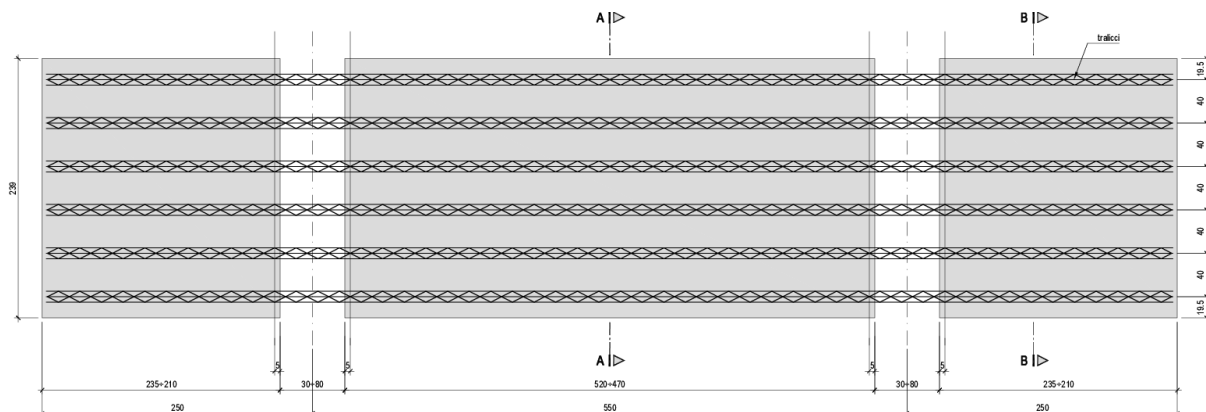


Figura 40: Geometria delle lastre

I tralicci della predalles sono di tipo standard di altezza 16.5 cm con ferri di parete $\Phi 10$, correnti superiori $\Phi 20$ e correnti inferiori $\Phi 12$. Il passo fra i tralicci correnti è di 40 cm.

La lastra predalle sarà poi munita di una rete metallica elettrosaldata posizionata immediatamente al di sotto dei tralicci metallici. In corrispondenza degli appoggi costituiti dalle piattebande superiori delle travi metalliche si prevede la continuità dei tralicci a cavallo delle piattebande stesse.

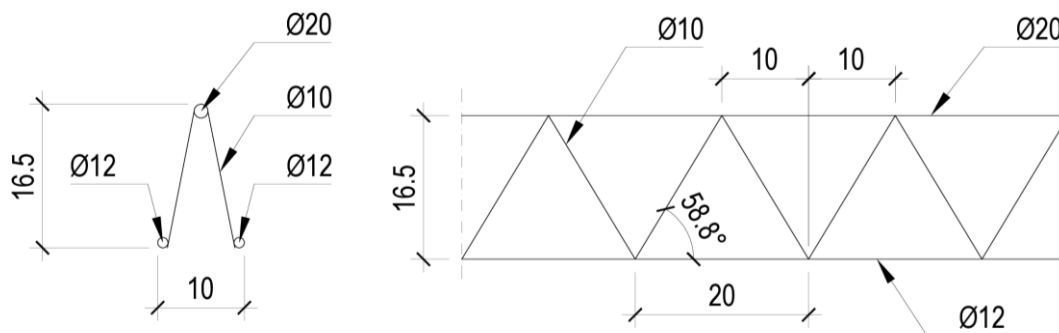


Figura 41: Schema tipologico del traliccio di armatura.

Tabella 66: Geometria lastra predalle

Geometria		
Larghezza singola lastra	2400	mm
Spessore fondello in cls	70	mm
Numero tralicci a lastra	6	-
Altezza fuori tutto del traliccio	165	mm
Diametro barre superiori	20	mm
Diametro barre inferiori	12	mm
Diametro barre diagonali	10	mm
Passo barre diagonali in direzione longitudinale	200	mm
Distanza barre inferiori in direzione trasversale	100	mm
Angolo barre diagonali-orizzontale piano longitudinale	0.980	rad
Angolo barre diagonali-verticale piano trasversale	0.160	rad
Spessore del getto in cls	230	mm
Distanza verticali tra le armature	149	mm

I carichi agenti sono di seguito elencati.

Tabella 67: Carichi agenti sulla lastra predalle

Carichi agenti		
PL - Peso proprio lastra (25 kN/mc)	4.20	kN/m
PG1 - Peso del getto in cls fase 1 (25 kN/mc)	13.80	kN/m
PG2 - Peso del getto in cls fase 2 (25 kN/mc)	23.40	kN/m
SC - Sovraccarico variabile costruzione (1.0 kPa)	2.40	kN/m
PN - Peso pannello chiusura ferma getto (0.20 kN/m)	0.48	kN

I carichi per le due fasi di costruttive sono fattorizzati secondo le seguenti combinazioni:

- Fase 1 SLU: $1.35 \cdot PL + 1.35 \cdot PG1 + 1.50 \cdot SC + 1.35 \cdot PN$;
- Fase 2 SLU: $1.35 \cdot PG2 + 1.50 \cdot SC + 1.35 \cdot PN$.

dove con "PG1" e "PG2" si indica rispettivamente il peso della soletta fluida agente in fase 1 e in fase 2.

Le deformazioni verticali residue saranno calcolate con riferimento ai seguenti carichi:

- $PL + PG1 + PG2 + PN$.

8.2 MODELLI DI CALCOLO

Si sono realizzati due differenti modelli di calcolo agli elementi finiti tramite il programma SAP2000: un modello per analizzare la fase 1 e un modello per la fase 2. La lastra predalle è modellata assegnando ai corrispondenti elementi frames un momento d'inerzia corrispondente ai correnti longitudinali superiori ed inferiori dei tralicci con le armature in fondello previste. Tali armature variano dalla zona tipica a quella del giunto. Si procede alla verifica delle predalles in zona tipica in quanto meno armate di quelle previste in zona giunto e soggette alle medesime sollecitazioni.

Tabella 68: Caratteristiche statiche dei tralicci + armature in fondello (zona tipica)

Momento di inerzia di un singolo traliccio (campata)						
	Diametro	Area	Quota rispetto a G	Jx	JxG	
	mm	cmq	cm	cm4	cm4	
φsup	20	3.14	11.14	0.785	390.4414	
φinf	12	1.13	-3.56	0.102	14.45997	
φinf	12	1.13	-3.56	0.102	14.45997	
φinf	24	4.52	-2.96	1.629	41.34722	
φinf	16	2.01	-3.36	0.322	23.06219	
φinf	16	2.01	-3.36	0.322	23.06219	
	φsup TOT	3.14		TOT	506.83	cm4
	φinf TOT	10.81				
	TOT	13.95	cmq			
Momento d'inerzia di 6 tralicci omogeneizzato:						
		N° tralicci	6.00			
		Coeff. Omogeneizzazione	15.00			
		Jid	45615	cm4		

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Momento di inerzia di un singolo traliccio (appoggio)					
	Diametro	Area	Quota rispetto a G	Jx	JxG
	mm	cmq	cm	cm4	cm4
φsup	20	3.14	9.77	0.785	300.9471
φinf	12	1.13	-4.93	0.102	27.53778
φinf	12	1.13	-4.93	0.102	27.53778
φinf	24	4.52	-4.33	1.629	86.26324
φinf	0	0.00	-4.73	0.000	0
φinf	0	0.00	-4.73	0.000	0
	φsup TOT	3.14		TOT	442.29
	φinf TOT	6.79			
	TOT	9.93	cmq		
Momento d'inerzia di 6 tralicci omogeneizzato:					
		N° tralicci	6.00		
		Coeff. Omogeneizzazione	15.00		
		Jid	39806		cm4

Nel modello di calcolo realizzato per la fase 2, la porzione di soletta gettata in fase 1 (e pertanto già indurita) è modellata assegnando ai corrispondenti elementi monodimensionali “frames” la sezione della soletta definitiva (h = 30 cm).

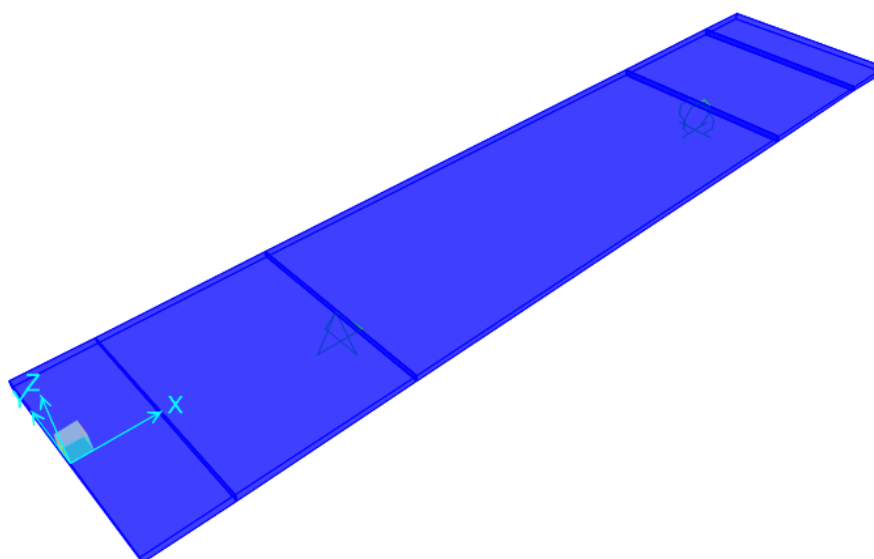


Figura 42: Modello di calcolo fase 1 con ingombro solido

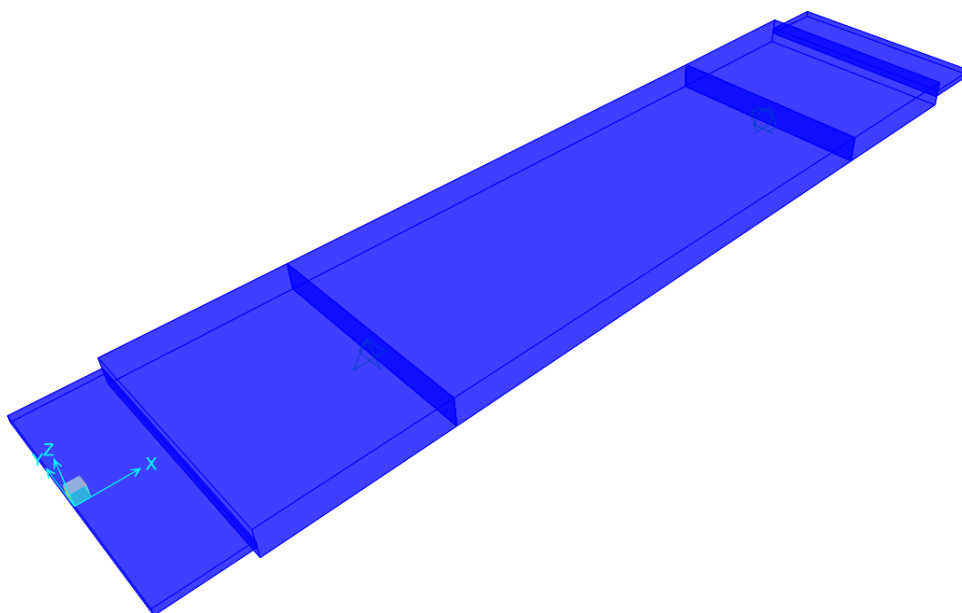


Figura 43: Modello di calcolo fase 2 con ingombro solido

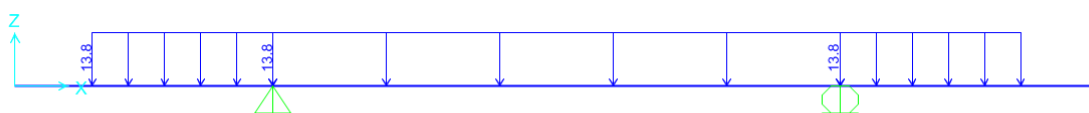


Figura 44: Peso del getto della soletta fase 1

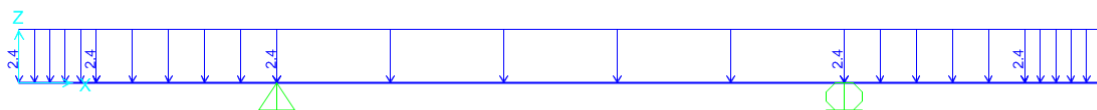


Figura 45: Sovraccarico variabile fase 1



Figura 46: Peso pannello ferma-getto fase 1

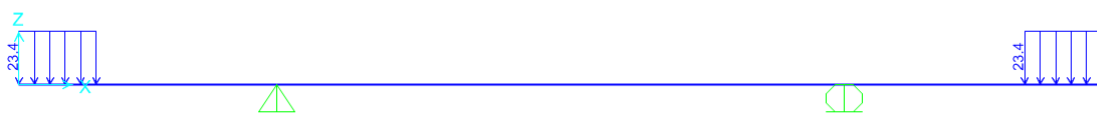


Figura 47: Peso getto della soletta fase 2

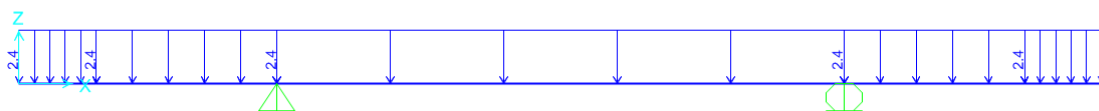


Figura 48: Sovraccarico variabile fase 2

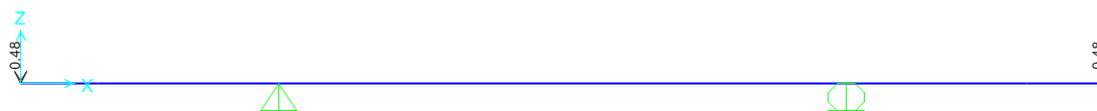


Figura 49: Peso pannello ferma-getto fase 2

8.3 SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

Si hanno le seguenti sollecitazioni massime per la FASE 1:

Momento in campata = 46.0 kNm

Momento all'appoggio = -45.3 kNm

Taglio sull'appoggio = 56.4 kN

8.4 VERIFICHE DI SICUREZZA

In seguito si riportano le elaborazioni relative alle verifiche di sicurezza delle lastre predalle previste in progetto.

8.4.1 Verifica a momento negativo in corrispondenza dell'appoggio laterale

Si verificano a trazione le barre superiori e si esegue la verifica di stabilità a compressione delle barre inferiori. La sollecitazione di calcolo si ricava dal modello di FASE 1.

Tabella 69: Verifiche sicurezza sezione appoggio laterale

SEZIONE APPOGGIO SOLLECITAZIONI FASE 1			SEZIONE APPOGGIO SOLLECITAZIONI FASE 1			SEZIONE APPOGGIO SOLLECITAZIONI FASE 1		
Verifica barre superiori			Verifica barre inferiori tipo 1			Verifica barre inferiori tipo 3		
M _{Ed}	45.3	kNm	M _{Ed}	45.3	kNm	M _{Ed}	45.3	kNm
braccio	0.149	m	braccio	0.149	m	braccio	0.149	m
coeff. Rip	1	-	coeff. Rip	0.17	-	coeff. Rip	0.67	-
N°tralicci	6	-	N°tralicci	6	-	N°tralicci	6	-
N _{Ed}	50.68	kN	N _{Ed}	8.45	kN	N _{Ed}	33.79	kN
φ	20	mm	L ₀	200	mm	L ₀	800	mm
A	314	mmq	φ	12	mm	φ	24	mm
f _{yk}	450	N/mm ²	A	113	mmq	A	452	mmq
γ _s	1.15	-	I	1018	mm ⁴	I	16286	mm ⁴
			f _{yk}	450	N/mm ²	f _{yk}	450	N/mm ²
N _{Rd}	122.9	kN	N _{cr}	52.7	kN	N _{cr}	52.7	kN
	ok		λ	0.98	-	λ	1.96	-
			φ	1.17	-	φ	2.86	-
			χ	0.55026	-	χ	0.202274	-
			γ _s	1.15		γ _s	1.15	
			N _{b,Rd}	24.35	kN	N _{b,Rd}	35.81	kN
				ok			ok	

8.4.2 Verifica a momento positivo in campata

Si verificano a trazione le barre inferiori e si esegue la verifica di stabilità a compressione della barra superiore. La sollecitazione di calcolo si ricava dal modello di fase 1.

Tabella 70: Verifiche sicurezza sezione in campata

SEZIONE CAMPATA SOLLECITAZIONI FASE 1			SEZIONE CAMPATA SOLLECITAZIONI FASE 1			SEZIONE CAMPATA SOLLECITAZIONI FASE 1			SEZIONE CAMPATA SOLLECITAZIONI FASE 1		
Verifica barre superiori			Verifica barre inferiori tipo 1			Verifica barre inferiori tipo 2			Verifica barre inferiori tipo 3		
M_{Ed}	46.0	kNm	M_{Ed}	46.0	kNm	M_{Ed}	46.0	kNm	M_{Ed}	46.0	kNm
braccio	0.149	m	braccio	0.149	m	braccio	0.149	m	braccio	0.149	m
coeff. Rip	1	-	coeff. Rip	0.10	-	coeff. Rip	0.19	-	coeff. Rip	0.42	-
N°tralicci	6	-	N°tralicci	6	-	N°tralicci	6	-	N°tralicci	6	-
N_{Ed}	51.45	kN	N_{Ed}	5.38	kN	N_{Ed}	9.57	kN	N_{Ed}	21.54	kN
L_0	200	mm	ϕ	12	mm	ϕ	16	mm	ϕ	24	mm
ϕ	20	mm	A	113	mmq	A	201	mmq	A	452	mmq
A	314	mmq	f_{yk}	450	N/mm ²	f_{yk}	450	N/mm ²	f_{yk}	450	N/mm ²
I	7854	mm ⁴	γ_s	1.15	-	γ_s	1.15	-	γ_s	1.15	-
f_{yk}	450	N/mm ²									
N_{cr}	407.0	kN	N_{Rd}	44.3	kN	N_{Rd}	78.7	kN	N_{Rd}	177.0	kN
λ	0.59	-		ok			ok			ok	
ϕ	0.77	-									
χ	0.791652	-									
γ_s	1.15	-									
$N_{b,Rd}$	97.32	kN									
	ok										

8.4.3 Verifica a momento negativo in corrispondenza della sezione di ripresa di getto

La sezione esaminata è quella maggiormente sollecitata in seconda fase: le sollecitazioni derivano dalla somma di quelle agenti in fase 1 con quelle agenti in fase 2.

Tabella 71: Verifiche sicurezza sezione di ripresa del getto

SEZIONE RIPRESA GETTO SOLLECITAZIONI FASE 1 + FASE 2			SEZIONE RIPRESA GETTO SOLLECITAZIONI FASE 1 + FASE 2		
Verifica barre superiori			Verifica barre inferiori		
M _{Ed}	12.99	kNm	M _{Ed}	12.99	kNm
braccio	0.149	m	braccio	0.149	m
coeff. Rip	1	-	coeff. Rip	0.5	-
N°tralicci	6	-	N°tralicci	6	-
N _{Ed}	14.53	kN	N _{Ed}	7.27	kN
φ	20	mm	φ	12	mm
A	314	mmq	A	113	mmq
f _{yk}	450	N/mmq	f _{yk}	450	N/mmq
γ _s	1.15	-	γ _s	1.15	-
N _{Rd}	122.9	kN	N _{Rd}	44.3	kN
	ok			ok	

8.4.4 Verifica a taglio

La resistenza a taglio del sistema è affidata alle staffe che lavorano secondo un meccanismo a traliccio con bracci inclinati alternativamente tesi e compressi. La verifica è svolta con riferimento alla situazione più gravosa, ossia al taglio generato nella sezione di appoggio laterale per effetto della prima fase di carico. Si riporta la verifica di stabilità a compressione del braccio compresso: l'azione di compressione nel singolo braccio è calcolato come:

$$F_d = [V_{Ed}/(2 \cdot \text{sen} \alpha \cdot \text{cos} \beta)]/6.$$

Tabella 72: Verifiche sicurezza a taglio sezione appoggio laterale

SEZIONE APPOGGIO LATERALE		
Verifica barre diagonali		
V_{Ed}	56.4	kNm
N_{Ed}	5.7	kN
L_0	181.8	mm
ϕ	10	mm
A	79	mmq
I	491	mm ⁴
f_{yk}	450	N/mmq
N_{cr}	30.80	kN
λ	1.07	-
ϕ	1.29	-
χ	0.50	-
γ_s	1.15	-
$N_{b,Rd}$	15.4	kN
	ok	

8.4.5 Verifiche di deformabilità

La freccia verticale (residua) dello sbalzo vale:

$$f = -1.7 \text{ mm (fase 1)} + 1.4 \text{ mm (fase 2)} = -0.3 \text{ mm (} 2L/f \cong 16667 \text{)}.$$

La freccia verticale (residua) in campata vale:

$$f = 6.0 \text{ mm (fase 1)} - 0.8 \text{ mm (fase 2)} = 5.2 \text{ mm (} L/f \cong 1057 \text{)}.$$

La verifica di deformabilità risulta soddisfatta.

9 DIMENSIONAMENTO DELLA SOLETTA

Il dimensionamento della soletta di impalcato è stato eseguito mediante un apposito modello agli elementi finiti realizzato con il programma di calcolo SAP2000, in grado di analizzare lo stato tensio-deformativo della soletta modellata con elementi bidimensionali “areas” tipo “thin shell”.

Si sono messi a punto due modelli: uno per la zona “tipica” e uno per la zona “giunto”.

A tal fine si è presa in considerazione una porzione di impalcato di lunghezza circa uguale alla larghezza della soletta, adottando per la soletta elementi finiti di dimensioni 0.25 m x 0.25 m in modo da poter applicare alla soletta i carichi trasmessi dalle impronte dei veicoli di norma in maniera piuttosto accurata. Per quanto riguarda il vincolamento della soletta, si è operato schematizzando il vincolo offerto dalle anime metalliche come vincolo fisso in direzione verticale. Il vincolamento nel piano, invece, è di tipo isostatico in direzione longitudinale al viadotto e di tipo elastico in direzione trasversale per tenere conto del vincolamento offerto dalla sottostante struttura metallica nella valutazione delle coazioni sulla soletta. In particolare, si è adottato un valore di rigidezza delle molle compatibile con il grado di vincolamento che l'impalcato munito di traversi fornisce alla soletta. La figura che segue illustra il modello di calcolo adottato.

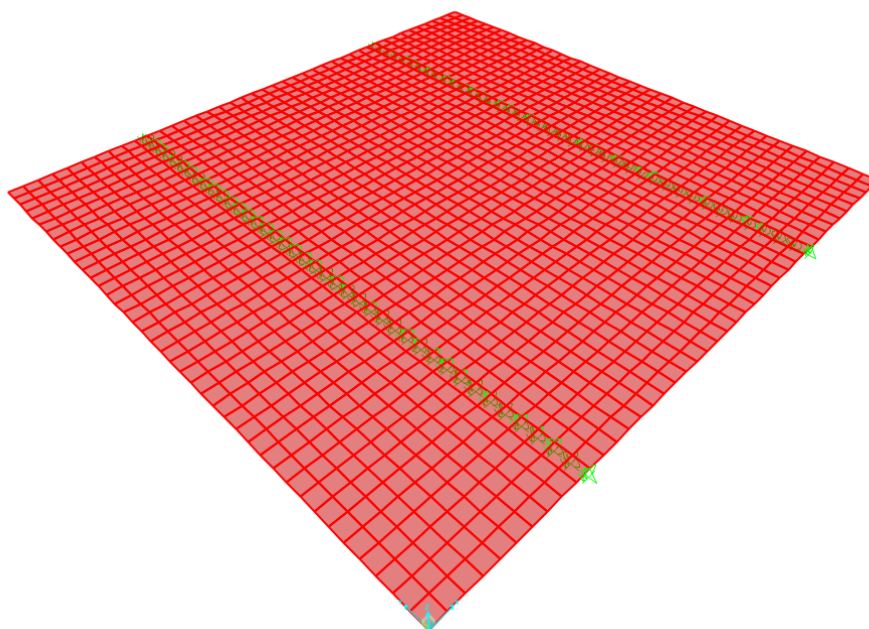


Figura 50: Modello agli elementi finiti per il dimensionamento della soletta

9.1 VALUTAZIONI PRELIMINARI IN MERITO AGLI EFFETTI DELLE COAZIONI

Le coazioni in grado di generare uno stato di sollecitazione significativo sulla soletta sono rappresentate dal ritiro e dalle variazioni termiche positive e negative applicate solo ad essa: i valori da applicare sono riportati ai punti 7.2.3 e 7.2.4.

Come già anticipato, si può tener conto della rigidezza che la struttura metallica offre agli spostamenti trasversali nel modello della soletta applicando molle orizzontali ai nodi in corrispondenza dei vincoli verticali schematizzanti le travi metalliche con un valore di rigidezza compatibile con il grado di vincolamento che l'impalcato munito di traversi fornisce alla soletta.

Le figure che seguono illustrano il regime delle sollecitazioni di membrana in direzione trasversale indotte in soletta dal ritiro.

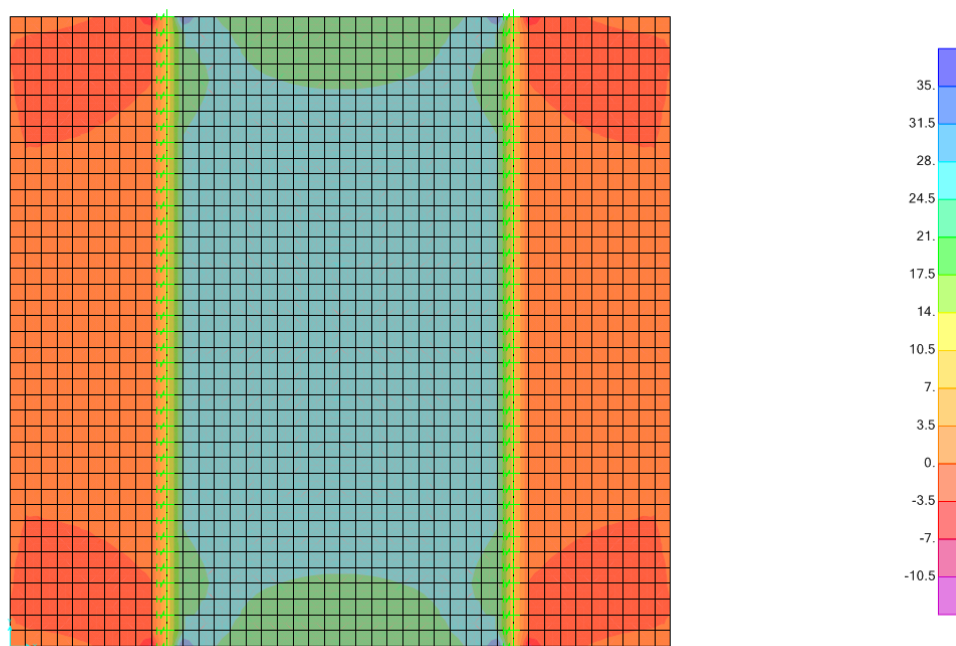


Figura 51: Sollecitazioni di membrana in direzione trasversale indotte in soletta dal ritiro (F11)

Riferendosi allo sforzo di membrana F11 (azione membranale in direzione trasversale) si ottengono i seguenti valori:

- Ritiro: $F11 \cong 26.0$ kN/m (trazione)
- Variazione termica estiva: $F11 \cong -28.0$ kN/m (compressione)
- Variazione termica invernale: $F11 \cong 28.0$ kN/m (trazione)

Il modesto valore delle sollecitazioni indotte dalle coazioni in soletta rende lecito trascurare gli effetti delle stesse nel dimensionamento strutturale della soletta in c.a.. Analoghi risultati si ottengono anche per la porzione di soletta in zona di giunto.

9.2 ANALISI DEI CARICHI

Nel seguito si riassumono i carichi considerati nel dimensionamento della soletta in c.a..

9.2.1 Carichi permanenti

Peso proprio soletta: applicato automaticamente dal programma di calcolo ($\gamma = 25.0$ kN/mc).

9.2.2 Guardrail (GR): 2.0 kN/m

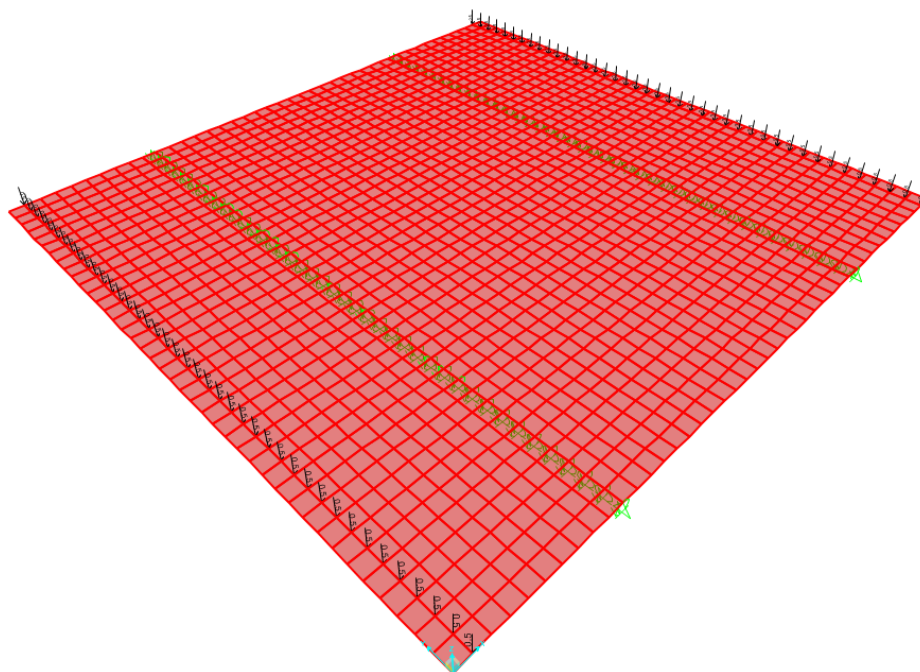


Figura 52: Guardrail

9.2.3 Cordoli (C) (tratto sveltante rispetto alla soletta): 4.0 kPa

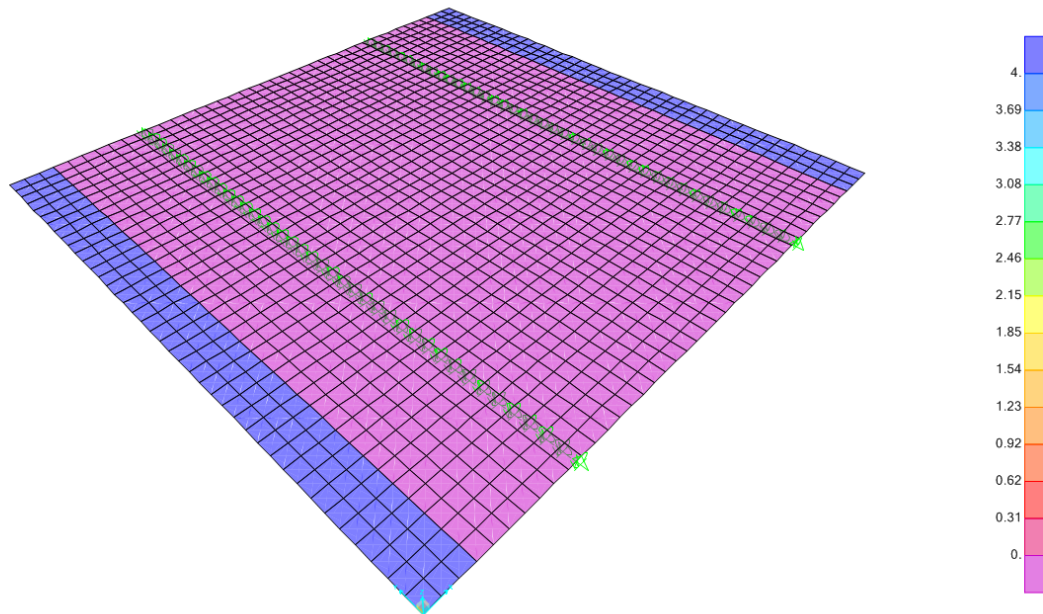


Figura 53: Cordoli

9.2.4 Pavimentazione stradale (PV): 3.50 kPa

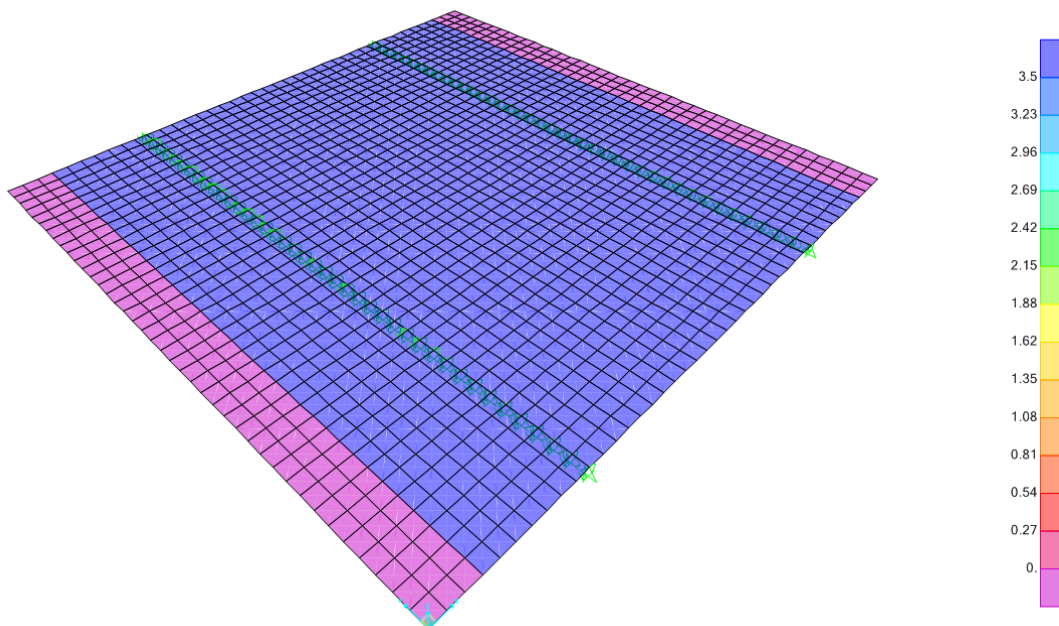


Figura 54: Pavimentazione stradale

9.2.5 Impianti vari (TB): 2.5 kN/m

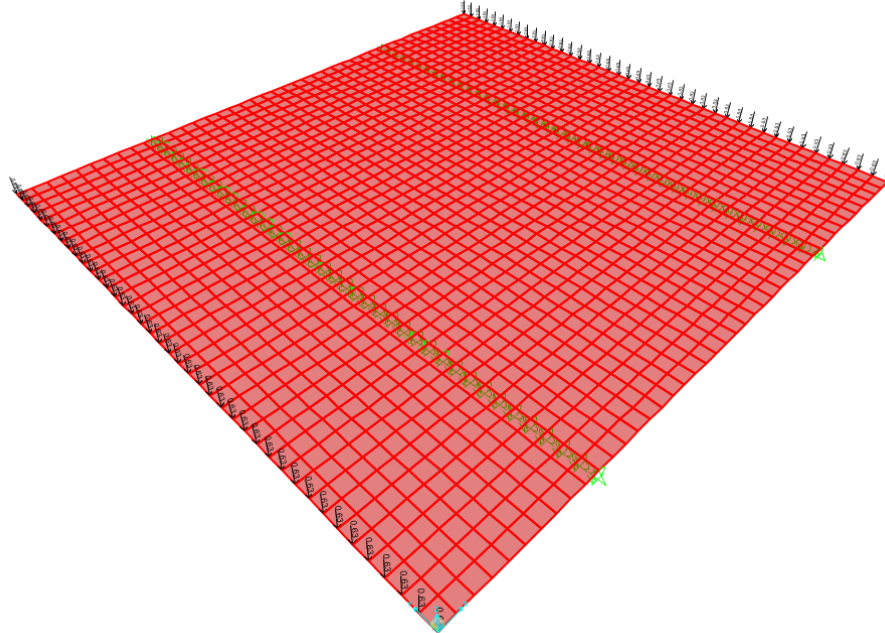


Figura 55: Impianti vari

9.2.6 Veletta (VL): 1.5 kN/m

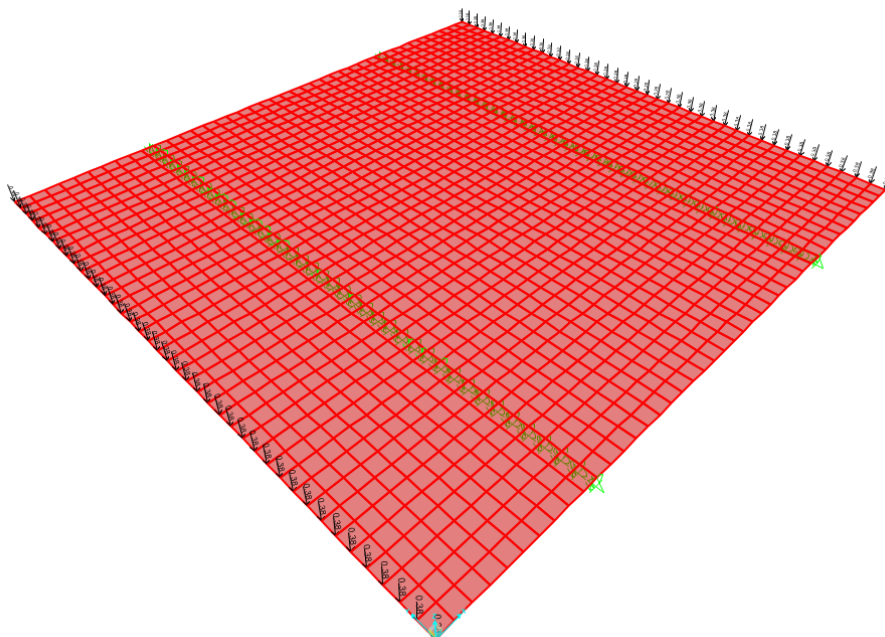


Figura 56: Veletta

9.2.7 Carichi mobili

Si considera lo schema di carico 1 in quanto lo schema 2 non risulta vincolante ai fini del dimensionamento.

Al fine di adattare il più possibile le superfici di impronta dei carichi mobili agli elementi della soletta, si è operato in modo semplificato considerando pari ad 1.0 x 1.0 mq la superficie di impronta della singola ruota diffusa a 45° a partire dalla quota della pavimentazione stradale fino al piano medio della soletta.

Le pressioni equivalenti relative alle varie corsie di carico in zona "tipica" sono di seguito riassunte:

- Corsia 1: $p = 150 \text{ kPa}$ (singola impronta) + 9 kPa diffuso in corsia;
- Corsia 2: $p = 100 \text{ kPa}$ (singola impronta) + 2.5 kPa diffuso in corsia;
- Corsia 3: $p = 50 \text{ kPa}$ (singola impronta) + 2.5 kPa diffuso in corsia;
- Schema di carico 5 (valore in combinazione con lo Schema 1): $p = 2.50 \text{ KPa}$.

In zona "giunto" si considerano le impronte dei carichi mobili a filo giunto con diffusione su tre lati (si vedano le figure seguenti). In quest'ultimo caso le pressioni equivalenti variano come segue:

- Corsia 1: $p = 200 \text{ kPa}$ (singola impronta);
- Corsia 2: $p = 134 \text{ kPa}$ (singola impronta);
- Corsia 3: $p = 67 \text{ kPa}$ (singola impronta);

Le impronte di carico dei veicoli così come sopra descritte sono state applicate al modello secondo 6 distinte configurazioni spaziali in modo da massimizzare le sollecitazioni flettenti e taglianti nelle sezioni significative della soletta riportate in Figura 57.

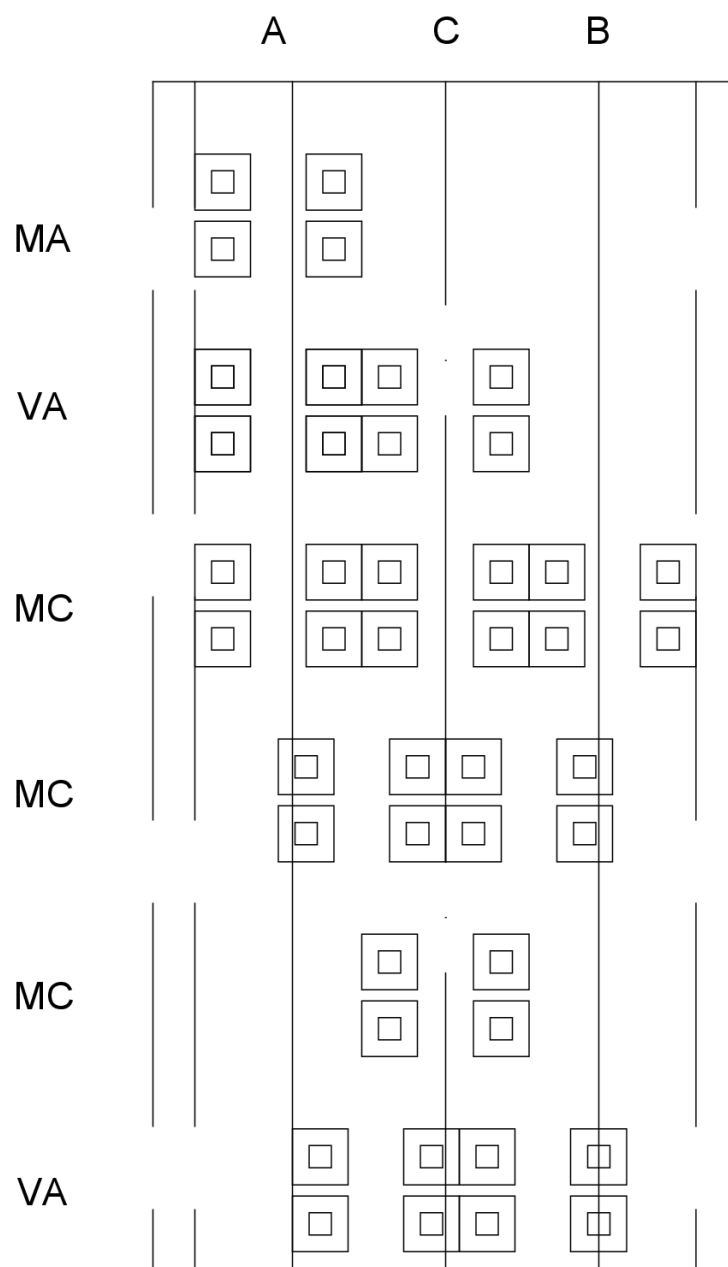


Figura 57: Configurazioni dei carichi mobili in soletta

Le figure che seguono illustrano le configurazioni di carico adottate in zona "tipica".

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

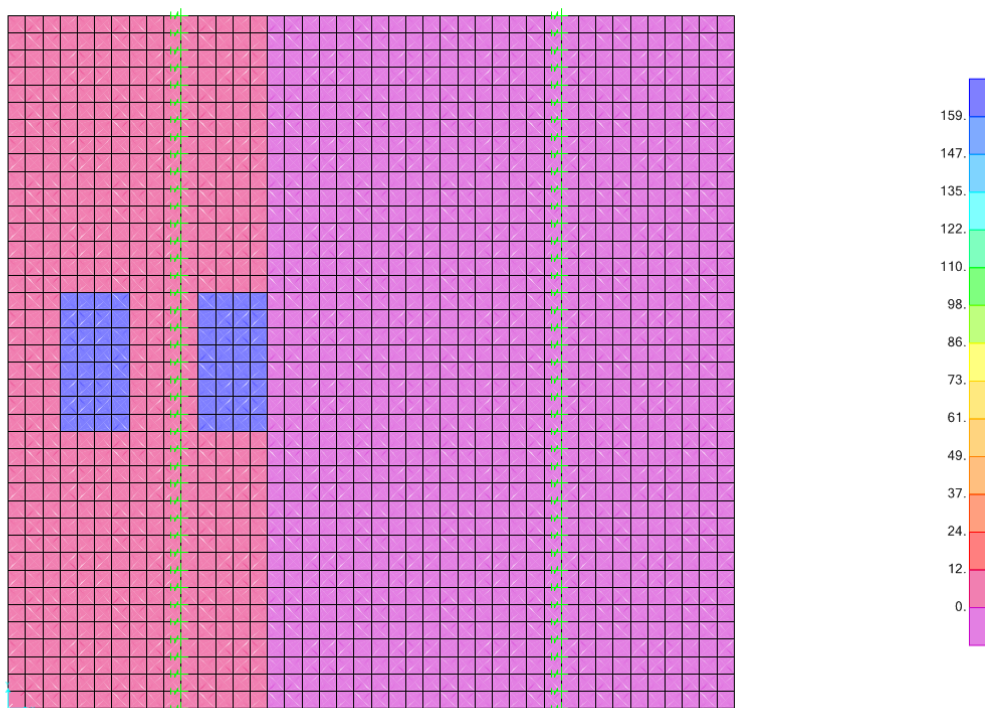


Figura 58: Carchi mobili: caso 1

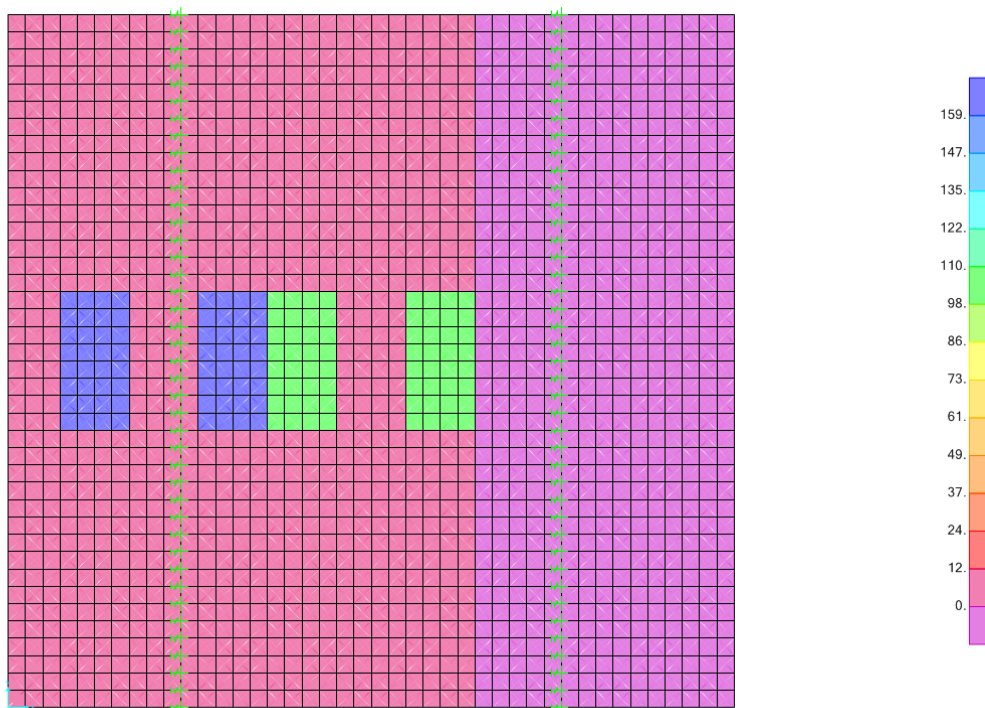


Figura 59: Carchi mobili: caso 2

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

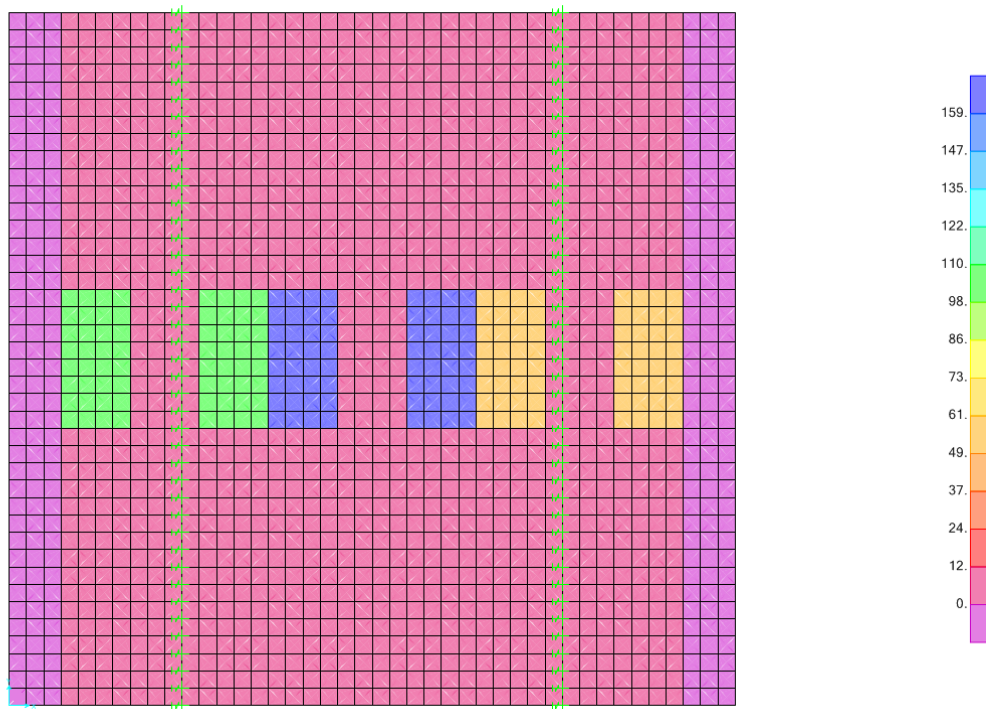


Figura 60: Carchi mobili: caso 3

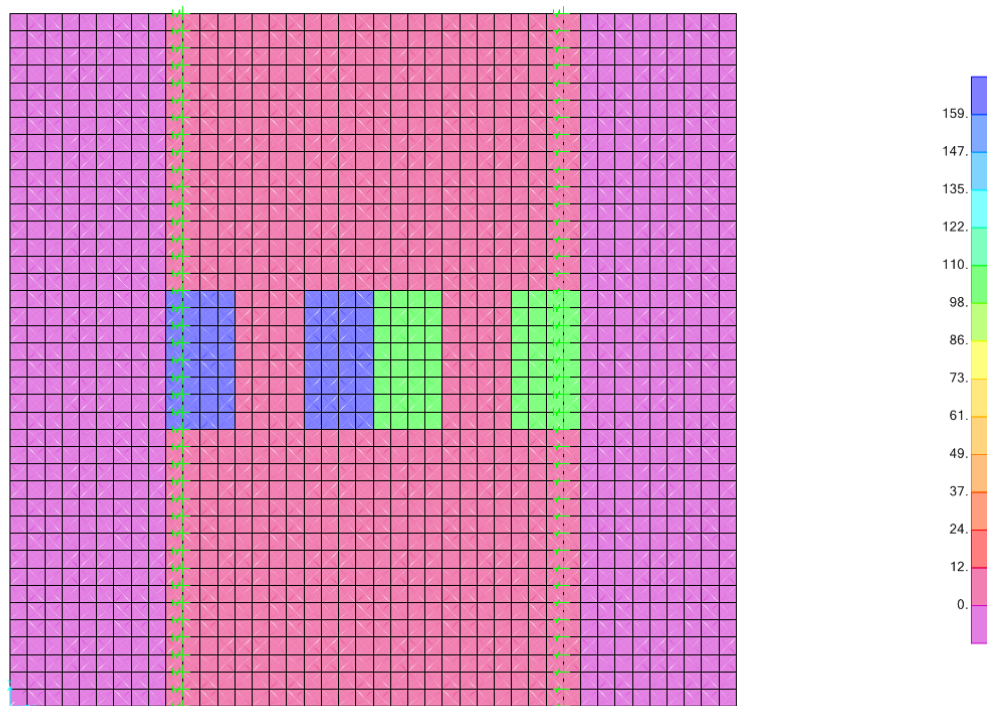


Figura 61: Carchi mobili: caso 4

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

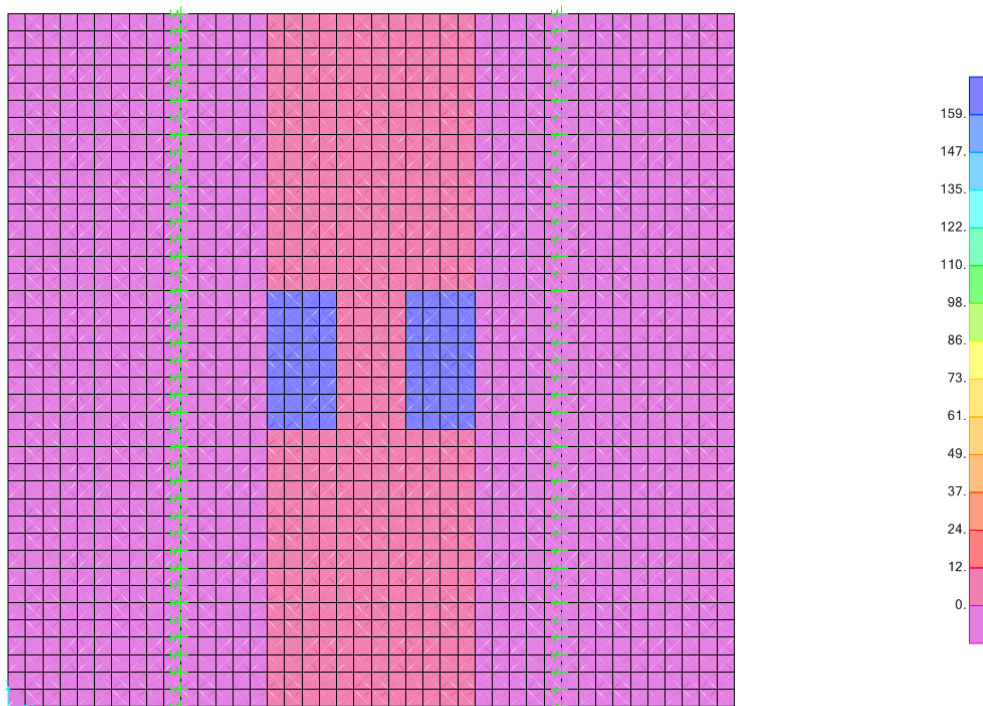


Figura 62: Carichi mobili: caso 5

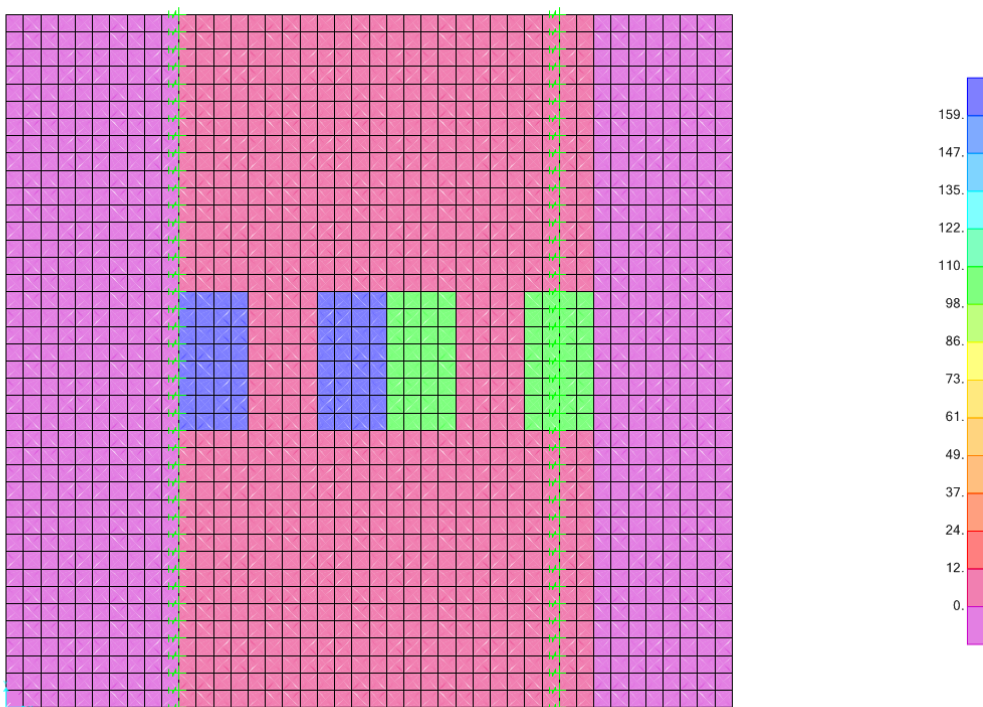


Figura 63: Carichi mobili: caso 6

In zona “giunto” si considerano le seguenti configurazioni di carico.

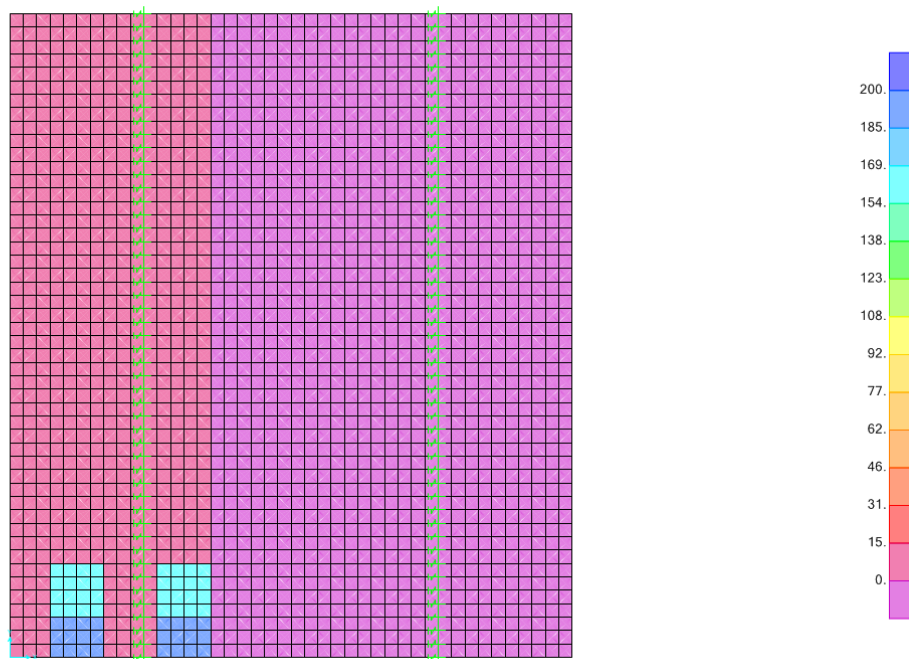


Figura 64: Carchi mobili: caso 1 – zona giunto

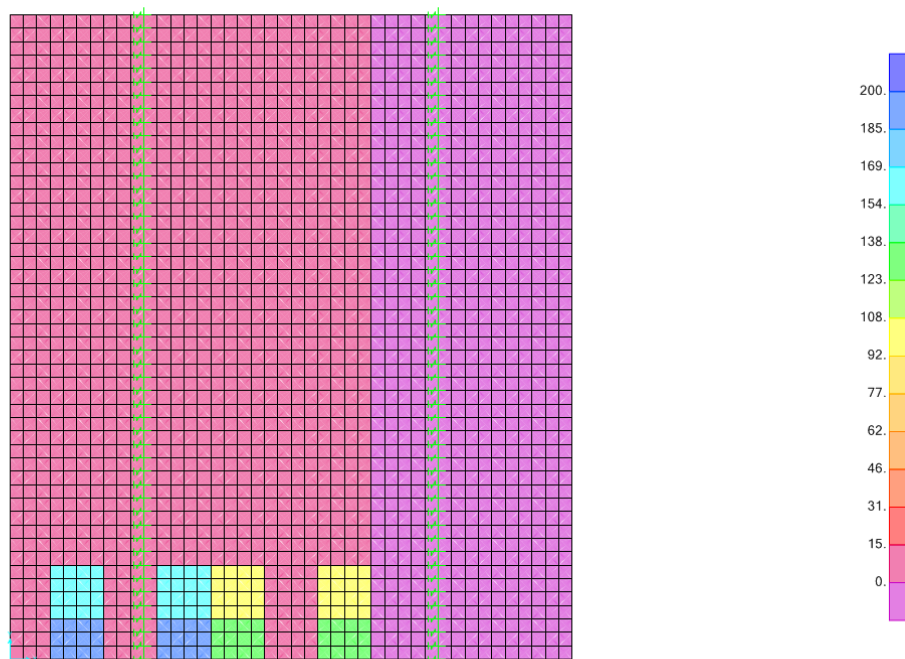


Figura 65: Carchi mobili: caso 2 – zona giunto

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

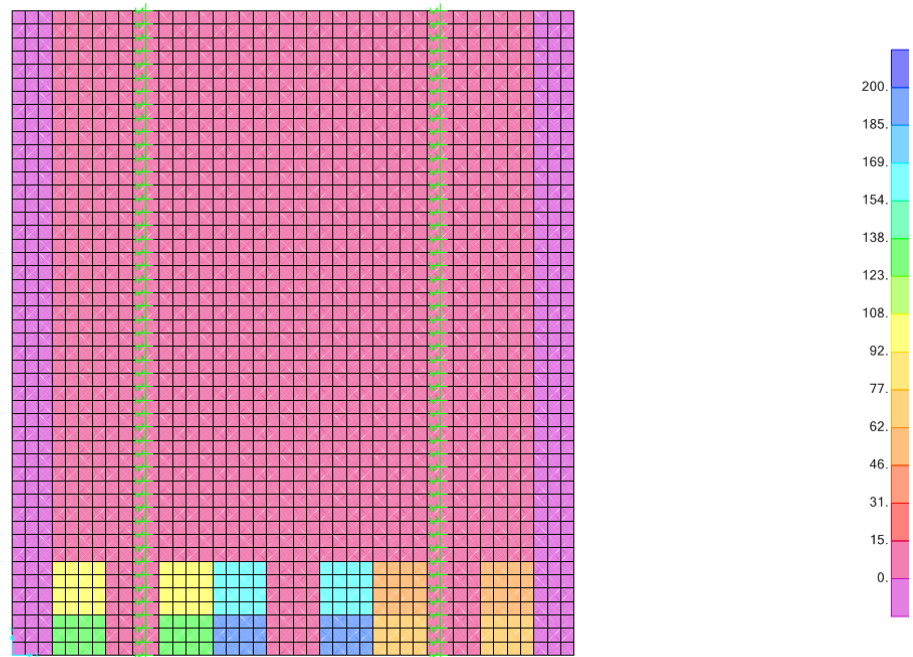


Figura 66: Carichi mobili: caso 3 – zona giunto

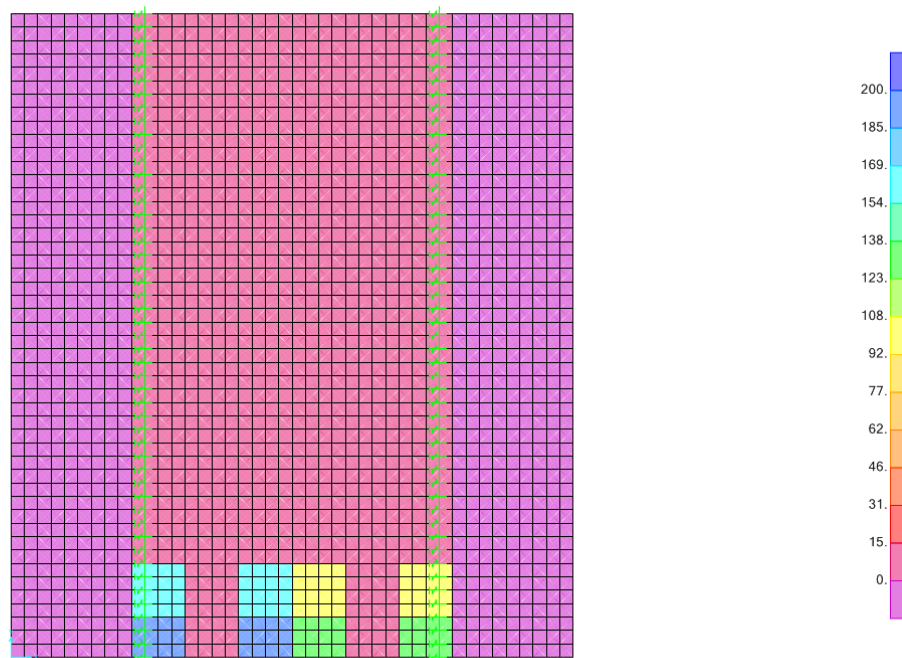


Figura 67: Carichi mobili: caso 4 – zona giunto

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

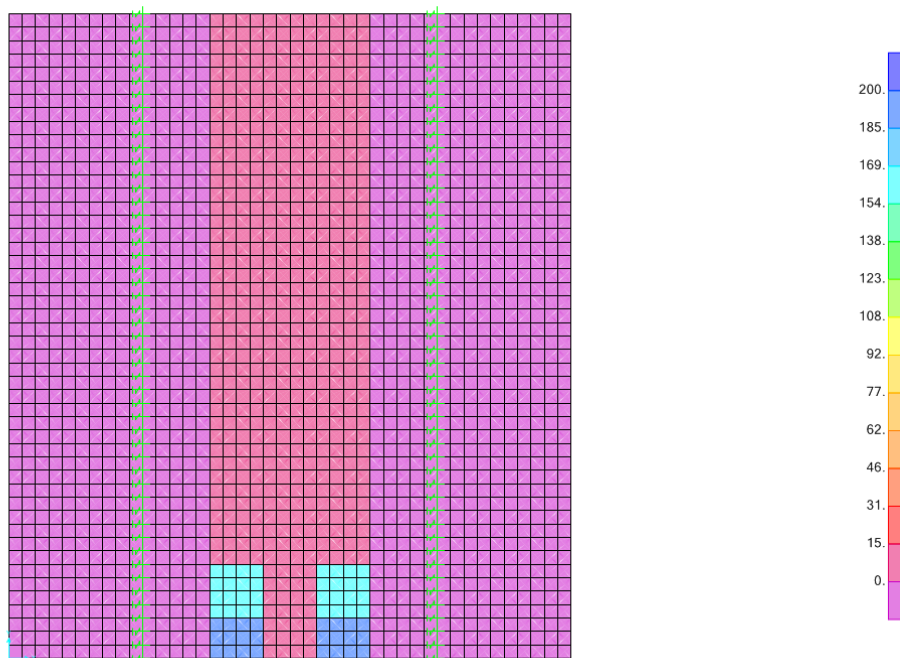


Figura 68: Carichi mobili: caso 5 – zona giunto

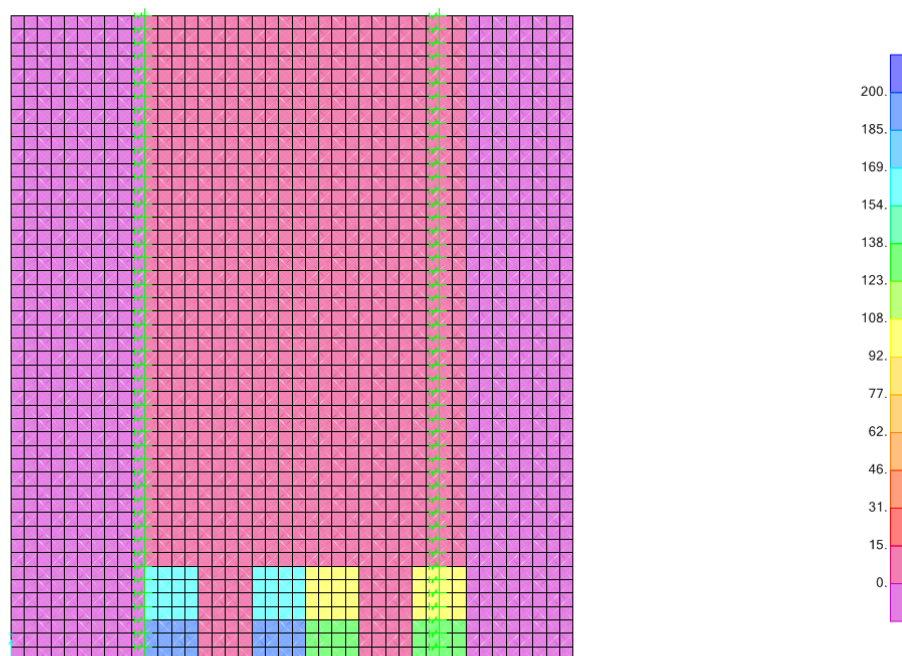


Figura 69: Carichi mobili: caso 6 – zona giunto

9.2.8 Urto sui sicurvia dei veicoli in svio

L'azione d'urto sui sicurvia, secondo quanto prescritto al punto 3.6.3 delle NTC2018, è da considerare come azione eccezionale e pertanto va combinata in maniera opportuna con i rimanenti carichi (combinazione dei carichi "eccezionale"). Secondo quanto stabilito al punto 5.1.3.10 delle NTC2018 l'azione da urto di veicoli in svio contro i sicurvia va considerata in contemporanea all'azione verticale dello Schema di Carico 2 posizionato in adiacenza al sicurvia stesso.

L'urto sul sicurvia è schematizzato come la simultanea presenza di un'azione membrana di trazione "f" (kN/m) agente in direzione trasversale ed un momento flettente a piastra "m" (kNm/m) che inflette lo sbalzo tendendo le fibre superiori. Entrambe le azioni sono state considerate applicate in corrispondenza delle barriere bordo ponte previste.

Per valutare "f" ed "m" si ipotizza che il sicurvia sia costituito da montanti posti ad interasse $i = 2.00$ m e che il singolo montante sia caratterizzato da un momento di plasticizzazione pari a 40.0 kNm. Considerando un'altezza di 0.60 m dal punto di impatto alla base del montante, ne deriva che l'azione d'urto equivalente corrisponde ad una forza trasversale $U = 66.7$ kN.

Secondo quanto prescritto al punto 5.1.3.10 delle NTC2018, per il dimensionamento dell'impalcato, le forze orizzontali così determinate devono essere amplificate di un fattore pari a 1.50.

Ne deriva che l'azione d'urto equivalente corrisponde ad una forza trasversale

$$U = 1.50 \times 66.7 \text{ kN} = 100 \text{ kN}.$$

Si possono ora calcolare le azioni f ed m che agiscono alla quota del piano medio della soletta:

- $f = U/i = 50$ kN/m;
- $m = f \cdot (0.60 + 0.15 + 0.16) = 45.50$ kNm/m (0.16 m porzione sveltante di cordolo rispetto ad estradosso soletta).

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

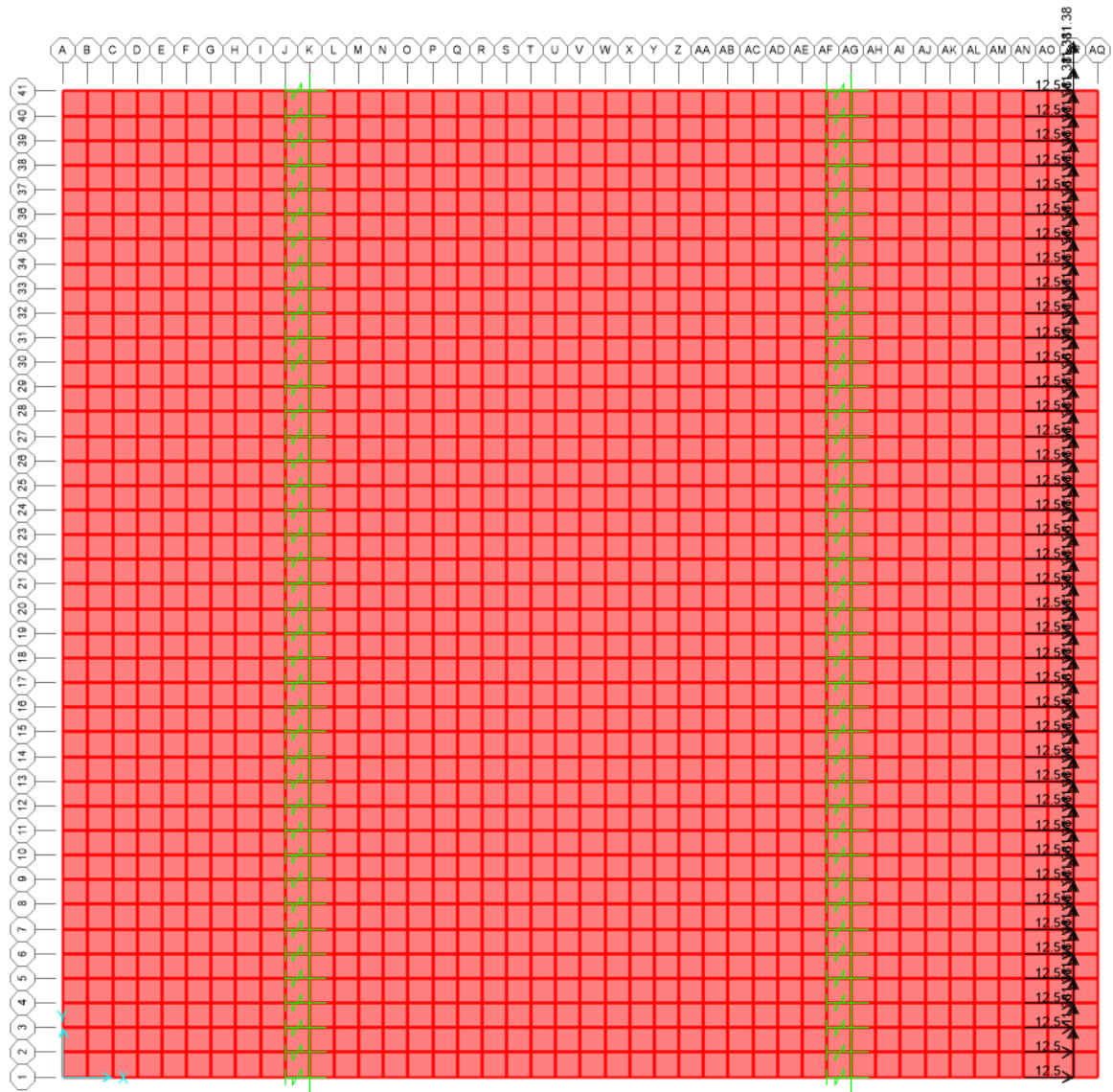


Figura 70: Urto sui sicurvia dei veicoli in svio

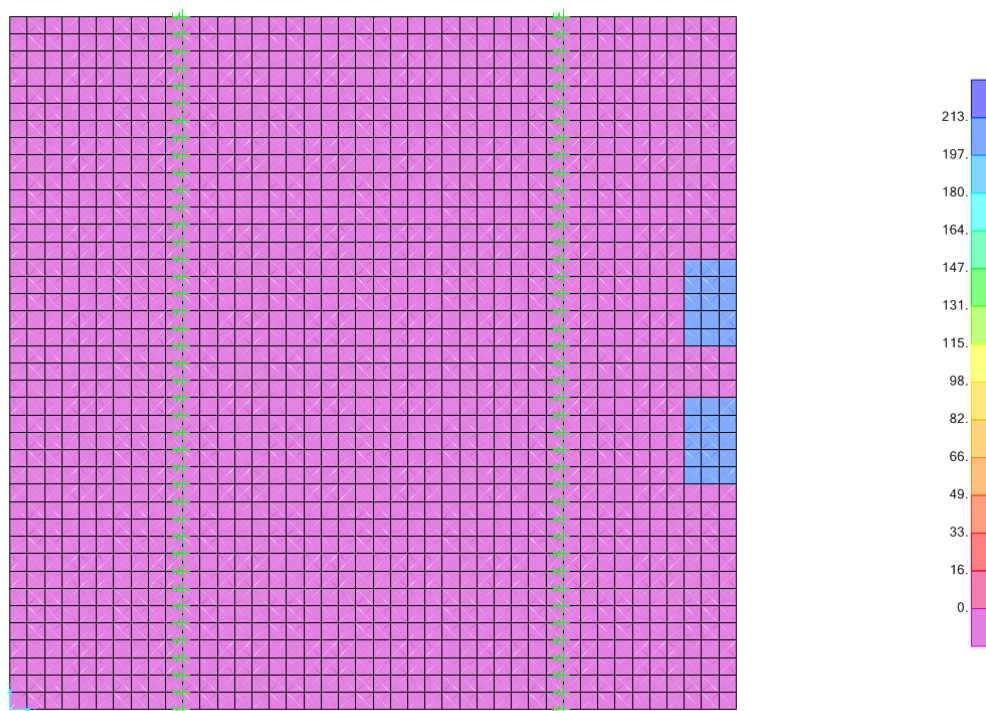


Figura 71: Schema di carico 2

9.3 COMBINAZIONI DI CARICO

Per semplificare la definizione delle combinazioni di carico di progetto, i singoli carichi elementari sono stati preventivamente raggruppati nelle seguenti combinazioni elementari di carico:

- Permanenti: PESO PROPRIO + GR + PV + VL + TB + CORDOLI;
- ENV M: inviluppo degli effetti indotti da tutte le 6 configurazioni di carico mobile analizzate.
- ENV M - GIUNTO: inviluppo degli effetti indotti da tutte le 6 configurazioni di carico mobile analizzate, moltiplicati per un coefficiente dinamico pari a 1.3.

La tabella che segue riassume le combinazioni di carico di progetto (con “URTO” si indica l’applicazione dello Schema di Carico 2 nella combinazione eccezionale per l’urto sui sicurvia e le azioni dell’urto f e m applicate ai nodi (prescritti al punto 9.2.8)).

Tabella 73: Combinazioni dei carichi indagate – zona tipica

TABLE: Combination Definitions					
ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless
ENV M	Envelope	No	Linear Static	M1	1
ENV M			Linear Static	M2	1
ENV M			Linear Static	M3	1
ENV M			Linear Static	M4	1
ENV M			Linear Static	M5	1
ENV M			Linear Static	M6	1
PERMANENTI	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
PERMANENTI			Linear Static	GR	1
PERMANENTI			Linear Static	PV	1
PERMANENTI			Linear Static	VL	1
PERMANENTI			Linear Static	TB	1
PERMANENTI			Linear Static	C	1
SLU 01	Linear Add	No	Response Combo	PERMANENTI	1.35
SLU 01			Response Combo	ENV M	1.35
SLU 02	Linear Add	No	Response Combo	PERMANENTI	1
SLU 02			Response Combo	ENV M	1.35
SLU 03	Linear Add	No	Response Combo	PERMANENTI	1
SLU 03			Linear Static	URTO	1
ENV SLU	Envelope	No	Response Combo	SLU 01	1
ENV SLU			Response Combo	SLU 02	1
ENV SLU			Response Combo	SLU 03	1
SLEr	Linear Add	No	Response Combo	PERMANENTI	1
SLEr			Response Combo	ENV M	1
SLEf	Linear Add	No	Response Combo	PERMANENTI	1
SLEf			Response Combo	ENV M	0.75
SLEqp	Linear Add	No	Response Combo	PERMANENTI	1

Tabella 74: Combinazioni dei carichi indagate – zona giunto

TABLE: Combination Definitions					
ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless
PERMANENTI	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
PERMANENTI			Linear Static	GR	1
PERMANENTI			Linear Static	PV	1
PERMANENTI			Linear Static	VL	1
PERMANENTI			Linear Static	TB	1
PERMANENTI			Linear Static	C	1
ENVM-GIUNTO	Envelope	No	Linear Static	M1	1.3
ENVM-GIUNTO			Linear Static	M2	1.3
ENVM-GIUNTO			Linear Static	M3	1.3
ENVM-GIUNTO			Linear Static	M4	1.3
ENVM-GIUNTO			Linear Static	M5	1.3
ENVM-GIUNTO			Linear Static	M6	1.3
SLU01-GIUNTO	Linear Add	No	Response Combo	PERMANENTI	1.35
SLU01-GIUNTO			Response Combo	ENVM-GIUNTO	1.35
SLU02-GIUNTO	Linear Add	No	Response Combo	PERMANENTI	1
SLU02-GIUNTO			Response Combo	ENVM-GIUNTO	1.35
SLU03-GIUNTO	Linear Add	No	Response Combo	PERMANENTI	1
SLU03-GIUNTO			Linear Static	URTO	1
ENV-SLU-GIUNTO	Envelope	No	Response Combo	SLU01-GIUNTO	1
ENV-SLU-GIUNTO			Response Combo	SLU02-GIUNTO	1
ENV-SLU-GIUNTO			Response Combo	SLU03-GIUNTO	1
SLEf-giunto	Linear Add	No	Response Combo	PERMANENTI	1
SLEf-giunto			Response Combo	ENV M	1.0125
SLEqp-giunto	Linear Add	No	Response Combo	PERMANENTI	1

9.4 RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICHE DI SICUREZZA

La figura che segue illustra la mappatura dell'inviluppo delle sollecitazioni di flessione trasversale (M11) calcolate per lo stato limite ultimo SLU in zona “tipica”. Si riconoscono i seguenti valori significativi di sollecitazione in zona “tipica”:

- Massimo momento negativo allo sbalzo M11 = - 217 kNm/m;
- Massimo momento positivo in campata: M11 = 160 kNm/m.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

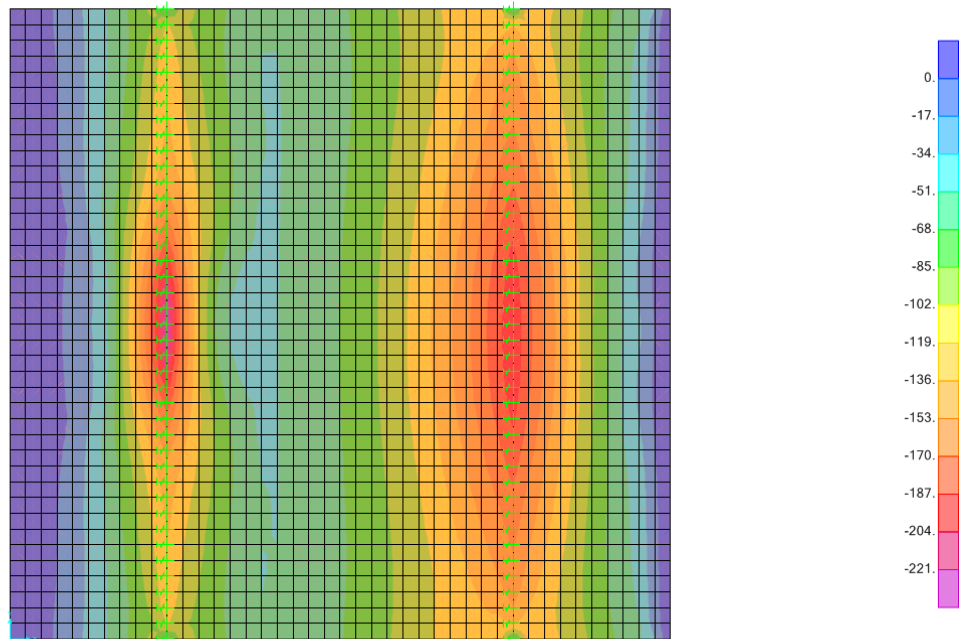


Figura 72: Involuppo minimo sollecitazioni di flessione trasversale (M11)

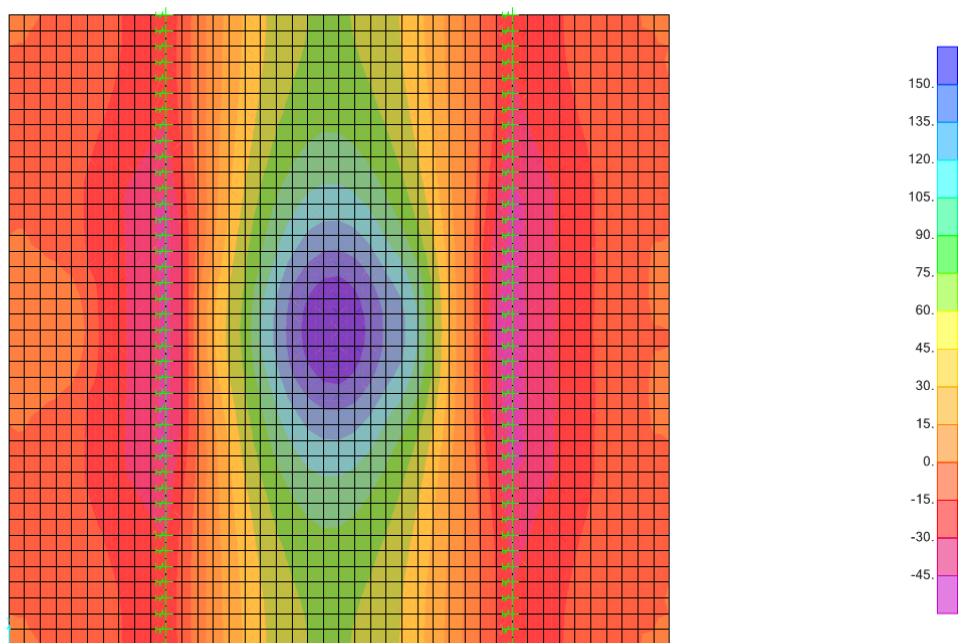


Figura 73: Involuppo massimo sollecitazioni di flessione trasversale (M11)

La figura che segue illustra la mappatura dell'involuppo delle sollecitazioni massime di azione membranale trasversale (F11) calcolate per lo stato limite ultimo SLU impostando un cut-off dei valori a 35 kN/m. Si riconosce come l'azione membranale di trazione è assai ridotta e pertanto del tutto trascurabile per le verifiche di resistenza a presso/tenso-flessione della soletta.

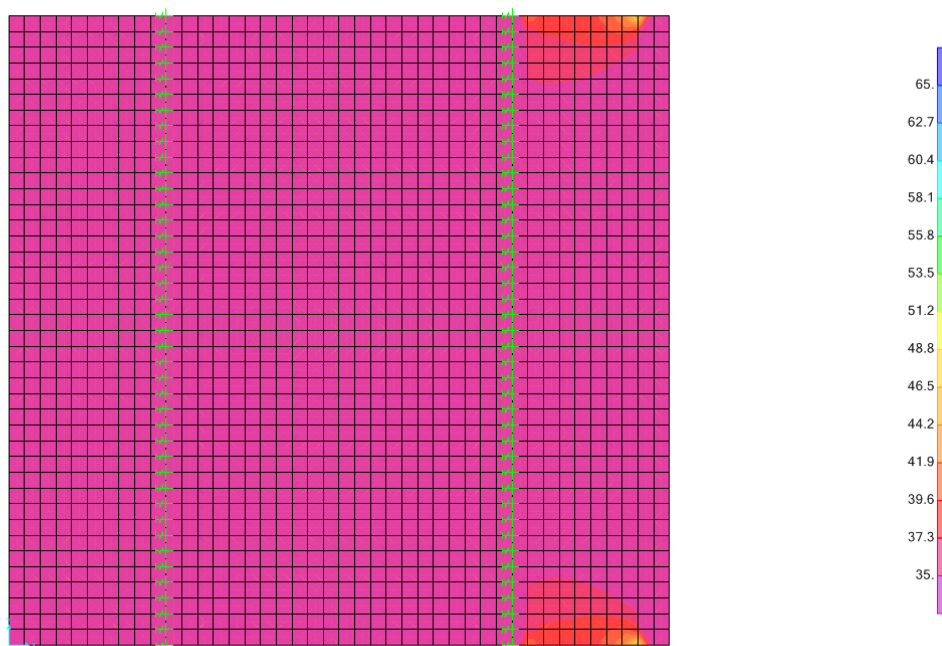


Figura 74: Azione membranale di trazione (F11) per lo Stato Limite Ultimo

La figura che segue illustra la mappatura dell'involuppo delle sollecitazioni di flessione trasversale (M11) calcolate per lo stato limite ultimo SLU in zona “giunto”.

In zona “giunto”, si riconoscono i seguenti valori significativi di sollecitazione:

- Massimo momento negativo allo sbalzo $M_{11} = - 400$ kNm/m;
- Massimo momento positivo in campata: $M_{11} = 325$ kNm/m.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

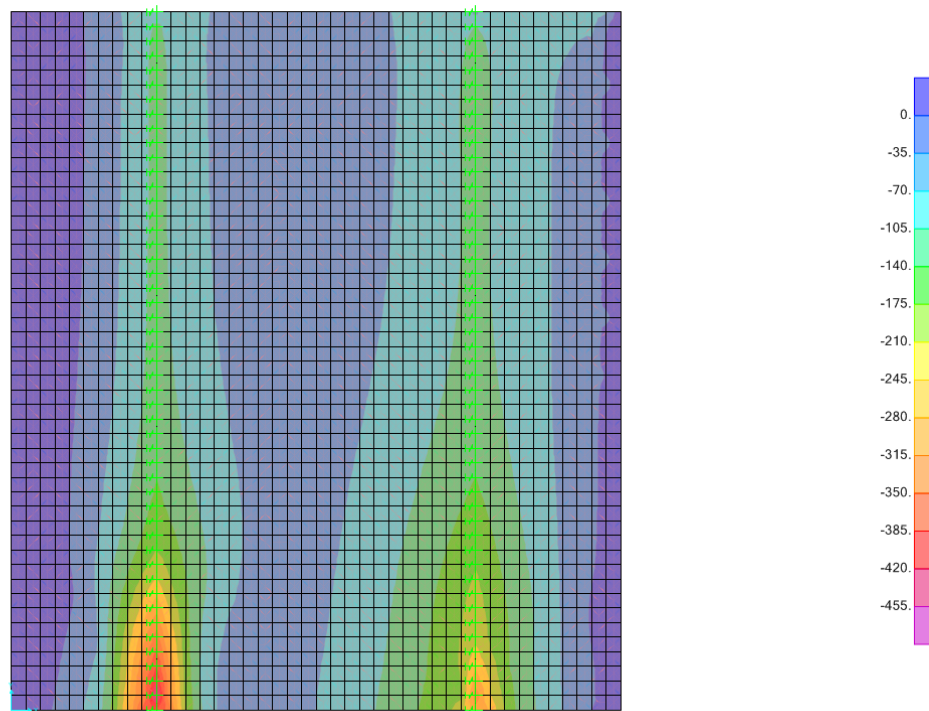


Figura 75: Involuppo minimo sollecitazioni di flessione trasversale (M11)

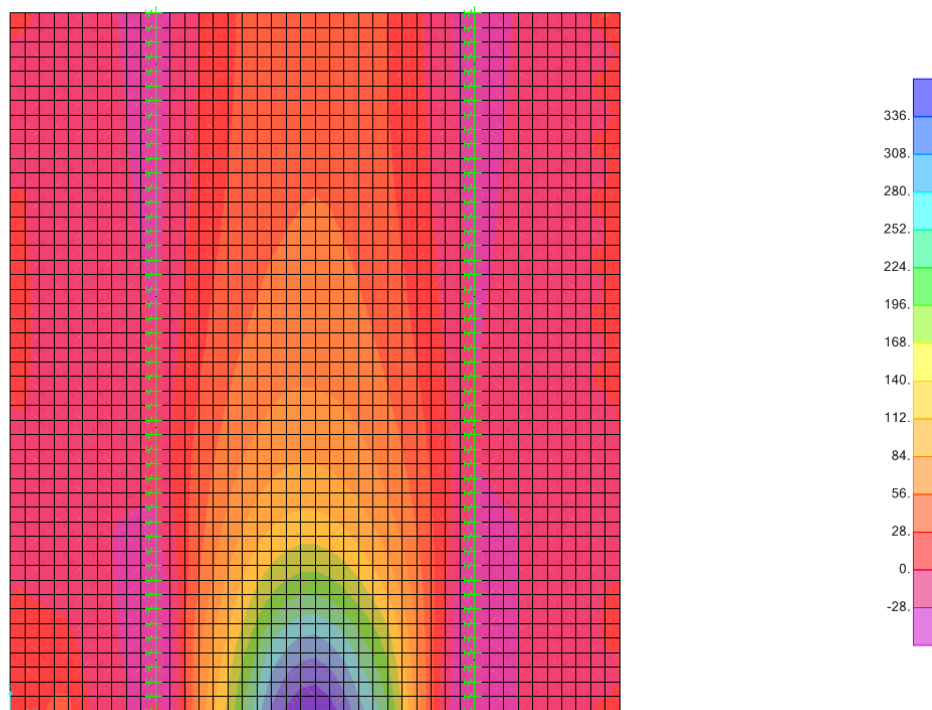


Figura 76: Involuppo massimo sollecitazioni di flessione trasversale (M11)

La figura che segue illustra la mappatura dell'inviluppo delle sollecitazioni massime di azione membranale trasversale (F11) calcolate per lo stato limite ultimo SLU impostando un cut-off dei valori a 35 kN/m. Si riconosce come l'azione membranale di trazione è assai ridotta e pertanto del tutto trascurabile per le verifiche di resistenza a presso/tenso-flessione della soletta.

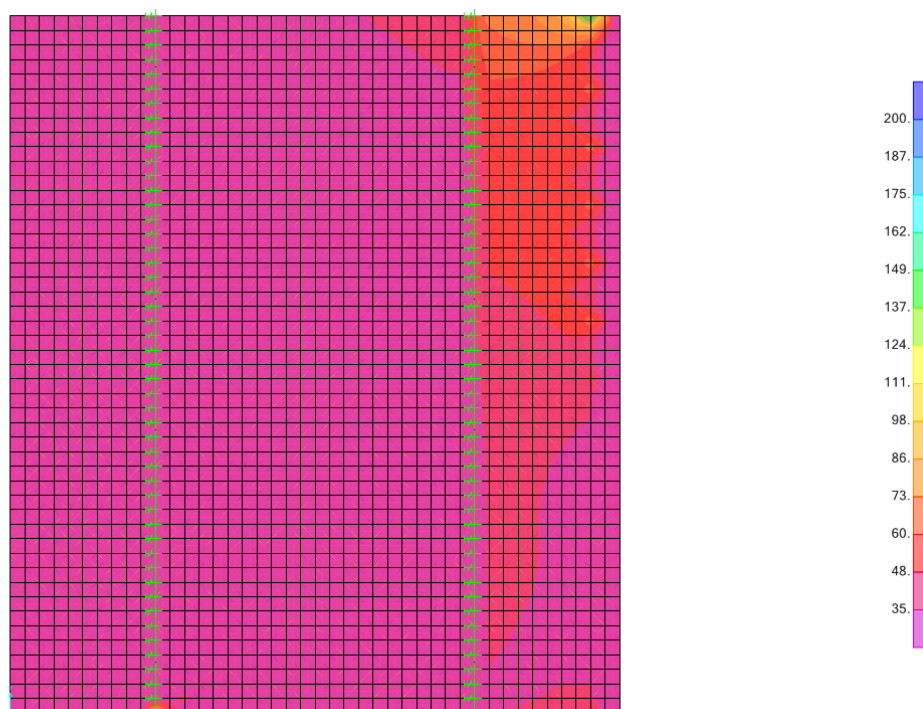


Figura 77: Azione membranale di trazione (F11) per lo Stato Limite Ultimo

9.4.1 Verifiche di resistenza a flessione

Di seguito si riportano le verifiche di resistenza a flessione per la zona “tipica” e la zona “giunto”.

9.4.1.1 Zona “tipica”

Per quanto riguarda le armature in zona tipica si considera quanto segue per 1.0 m di soletta in direzione trasversale:

📐 Sezione allo sbalzo:

$$A_{s,sup} = \phi 20/10 \text{ cm} = 31.42 \text{ cmq}$$

$$A_{s,inf} = \phi 24/40 \text{ cm} = 11.30 \text{ cmq (in fondello)}$$

📐 Sezione in campata:

$$A_{s,sup} = \phi 20/10 \text{ cm} = 31.42 \text{ cmq}$$

$$A_{s,inf} = \phi 24/40 + \phi 16/20 \text{ cm} = 21.35 \text{ cmq (in fondello)}$$

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Le figure che seguono illustrano l'esito positivo delle verifiche a flessione.

Verifica C.A. S.L.U. - File: appoggio

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: Sezione su appoggio (armatura inferiore = 6fi24 predalle)

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	31.42	5
			2	11.3	25.8

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
M_{xEd}: 0 -133 kNm
M_{yEd}: 0

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

Materiali: B450C C32/40

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}: -270 kN m
σ_c: -18.13 N/mm²
σ_s: 391.3 N/mm²
ε_c: 3.5 ‰
ε_s: 10.01 ‰
d: 25 cm
x: 6.479 x/d: 0.2592
δ: 0.7639

Tipo Sezione: Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.

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

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett.: 100
Calcola MRd Dominio M-N
L_o: 0 cm Col. modello
 Precompresso

Figura 78: Verifica a flessione sezione allo sbalzo

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

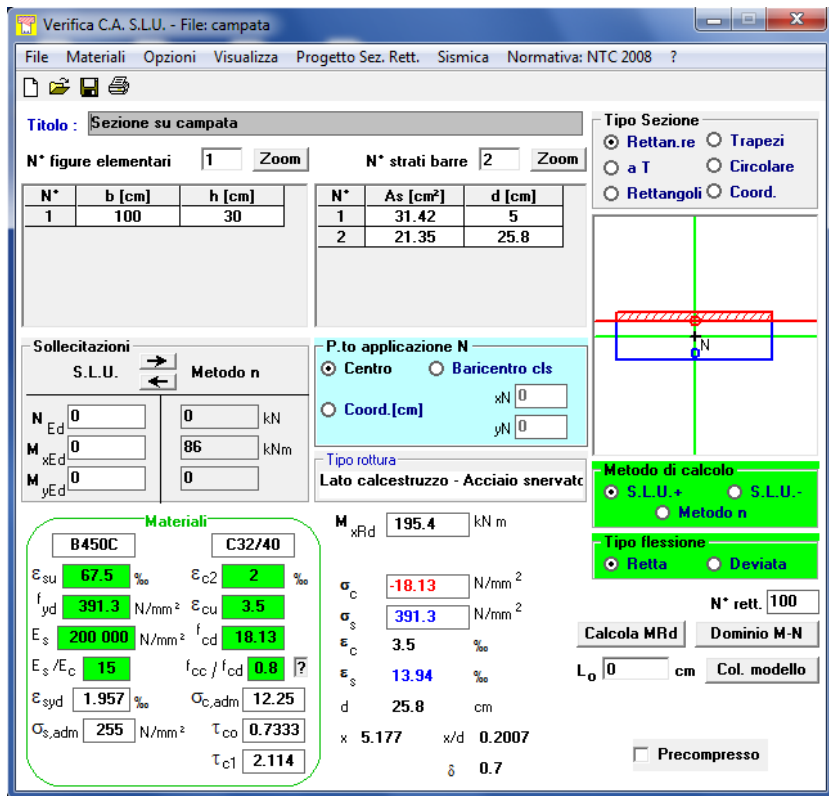


Figura 79: Verifica a flessione in campata

9.4.1.2 Zona “giunto”

Per quanto riguarda le armature in zona giunto si considera quanto segue per 1.0 m di soletta in direzione trasversale:

Sezione allo sbalzo:

$$A_{s,sup} = \phi 26/10 \text{ cm} = 53.09 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,inf} = \phi 26/40 \text{ cm} = 13.27 \text{ cm}^2 \text{ (in fondello)}$$

Sezione in campata:

$$A_{s,sup} = \phi 26/20 \text{ cm} = 26.55 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,inf} = \phi 26/40 + \phi 26/20 \text{ cm} = 39.82 \text{ cm}^2 \text{ (in fondello)}$$

Le figure che seguono illustrano l'esito positivo delle verifiche a flessione.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Verifica C.A. S.L.U. - File: appoggio_giunto

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: Sezione su appoggio (armatura inferiore = 6fi26 predalle)

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	53.09	5.3
			2	13.27	25.7
			3	0	0

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} kNm

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

Materiali
B450C C32/40
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

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

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

Verifica

Precompresso

Figura 80: Verifica a flessione sezione allo sbalzo

Verifica C.A. S.L.U. - File: campata_giunto

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: Sezione su campata - giunto

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	26.55	5.3
			2	39.82	25.7
			3	0	19

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} kNm

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

Materiali
B450C C32/40
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

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

Precompresso

M_{xRd} kNm
σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c %
ε_s %
d cm
x x/d
δ

Figura 81: Verifica a flessione in campata

9.4.2 Verifiche di resistenza a taglio

Di seguito si riportano le verifiche di resistenza a taglio per la zona “tipica” e la zona “giunto”.

9.4.2.1 Zona “tipica”

La figura che segue illustra la mappatura dell’involuppo delle sollecitazioni di taglio trasversale (V13) calcolate lo stato limite ultimo SLU in zona “tipica”. Eseguendo “section cut” nelle zone maggiormente sollecitate si ha quanto segue (valor assoluto):

- $V13 \max \cong 213.0 \text{ kN/m}$.

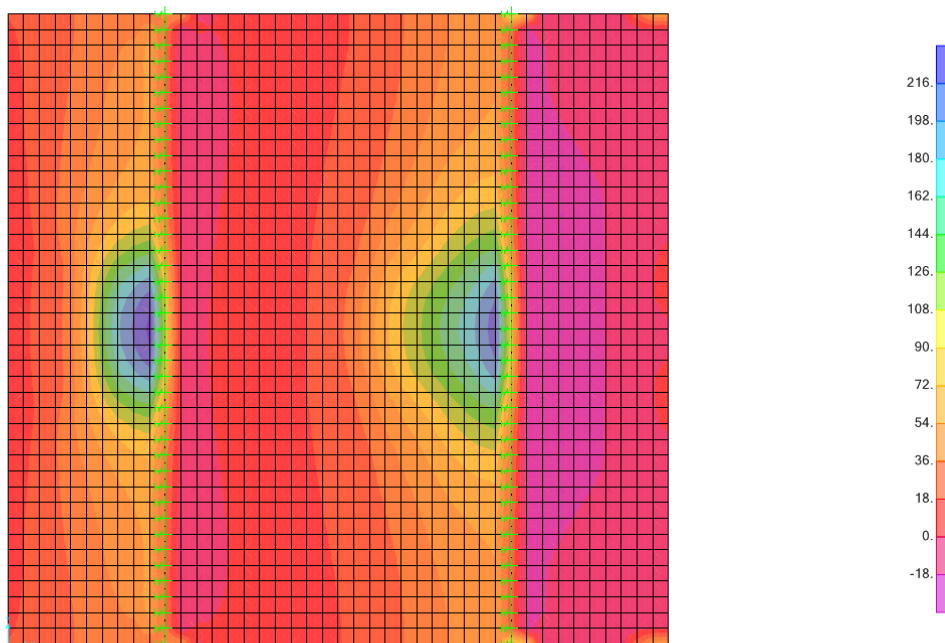


Figura 82: Involuppo valori massimi delle azioni di taglio trasversali

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

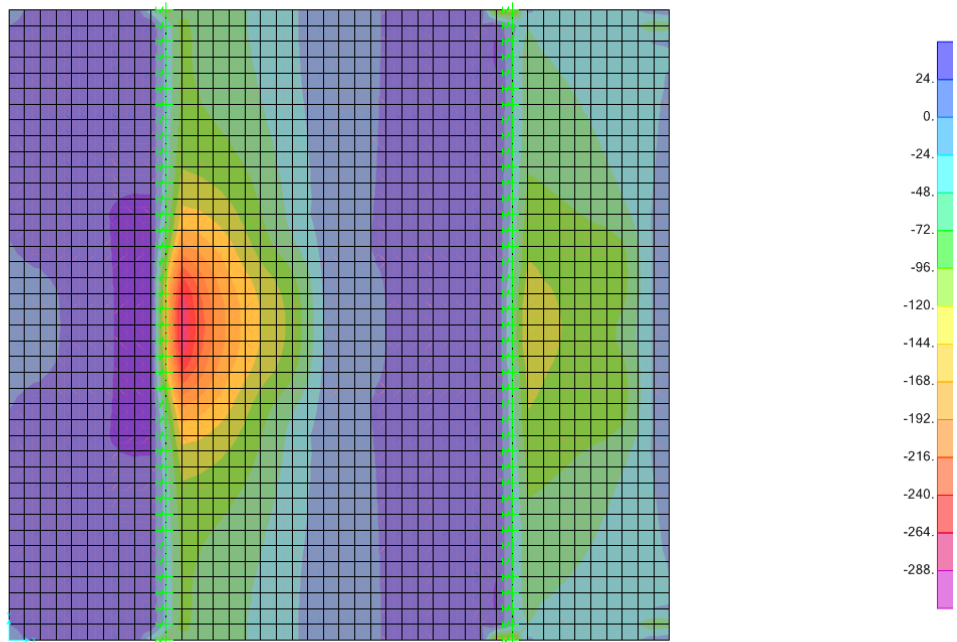


Figura 83: Inviluppo valori minimi delle azioni di taglio trasversali

Il taglio resistente di un tratto di soletta di larghezza 1.0 m è dato dalla tabella seguente.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

VERIFICHE SLU TAGLIO		
Dati		
b (mm)	1000.0	larghezza dell'anima resistente a taglio
h (mm)	300.0	altezza della sezione
d (mm)	258.0	altezza utile
f_{ck} (MPa)	32.0	resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f_{yd} (MPa)	391.0	resistenza di progetto dell'acciaio
f_{ctm} (MPa)	3.0	valore medio della resistenza a trazione assiale(11.2.10.2)
f_{cd} (MPa)	18.13	resistenza di progetto del calcestruzzo
f'_{cd} (MPa)	9.07	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
A_{st} (mmq)	1130.0	armatura longitudinale
k	1.88	fattore di ingranamento
v_{min}	0.51	tensione resistente minima
ρ_l	0.0044	rapporto geom. di armatura longit.
N_{Ed} (N)	0.0	sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ_{cp} (MPa)	0.00	tensione media di compressione nella sezione
α_c	1.00	coefficiente maggiorativo
Resist. a taglio dell'elemento non armato e armatura minima		
V_{Rd} (kN)	140.4	resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
A_{smin} (mmq/m)	450.75	armatura minima a taglio (4.1.6.1.1)
Resist. a taglio della trave armata a taglio		
ϕ (mm)	10	
nb	5	
A_{st} (mmq)	392.7	Area considerata
s (mm)	200.0	1963.495408
α	57.0	
ctg α	0.6	
sen α	0.8	
ctg $\theta_{calcolato}$	3.288	
ctg θ	2.50	2.50
Rottura	duttile lato acc	
V_{Rsd} (kN)	470.9	
V_{Rcd} (kN)	914.5	
V_{Rd} (kN)	470.9	

Tabella 75: Verifica a taglio soletta zona "tipica"

La verifica di resistenza a taglio risulta soddisfatta in quanto $V_{Ed} < V_{Rd}=470.9$ kN.

9.4.2.2 Zona “giunto”

La figura che segue illustra la mappatura dell’inviluppo delle sollecitazioni di taglio trasversale (V13) calcolate lo stato limite ultimo SLU in zona “giunto”. Eseguendo “section cut” nelle zone maggiormente sollecitate si ha quanto segue (valor assoluto):

- V13 max \cong 421.0 kN/m.

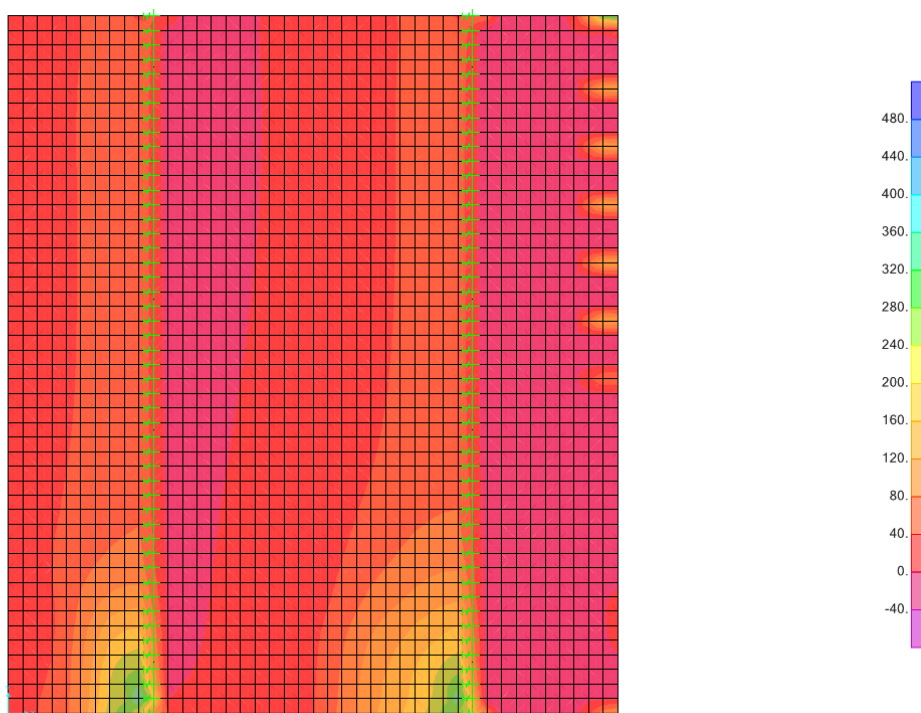


Figura 84:Inviluppo valori massimi delle azioni di taglio trasversali

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

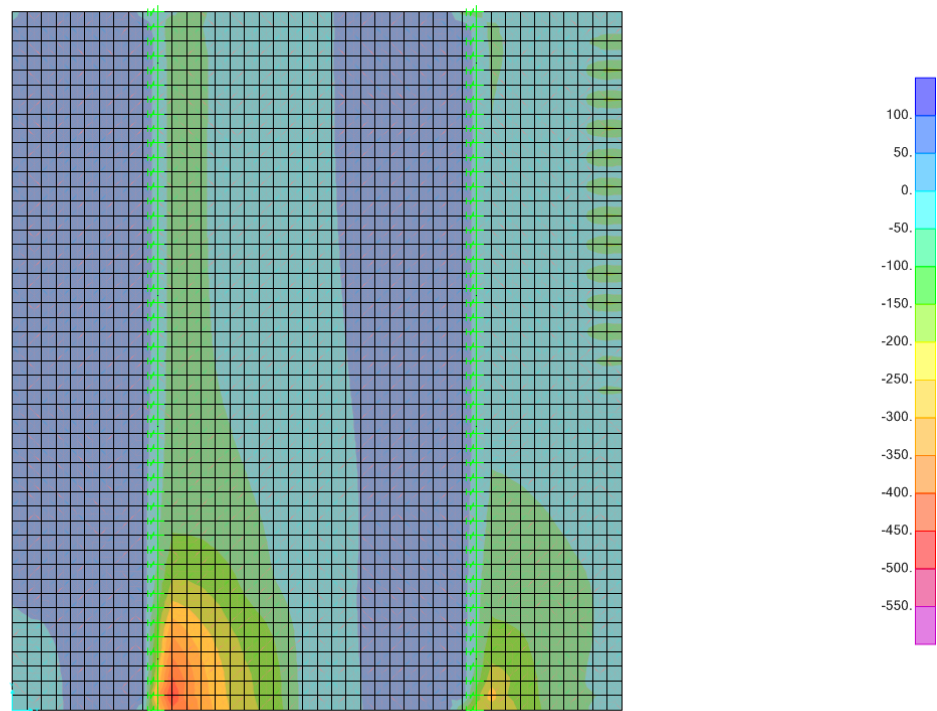


Figura 85: Involuppo valori minimi delle azioni di taglio trasversali

Il taglio resistente di un tratto di soletta di larghezza 1.0 m è dato dalla tabella seguente.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

VERIFICHE SLU TAGLIO		
Dati		
b (mm)	1000.0	larghezza dell'anima resistente a taglio
h (mm)	300.0	altezza della sezione
d (mm)	257.0	altezza utile
f_{ck} (MPa)	32.0	resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f_{yd} (MPa)	391.0	resistenza di progetto dell'acciaio
f_{ctm} (MPa)	3.0	valore medio della resistenza a trazione assiale(11.2.10.2)
f_{cd} (MPa)	18.13	resistenza di progetto del calcestruzzo
f'_{cd} (MPa)	9.07	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
A_{st} (mmq)	1327.0	armatura longitudinale
k	1.88	fattore di ingranamento
v_{min}	0.51	tensione resistente minima
ρ_l	0.0052	rapporto geom. di armatura longit.
N_{Ed} (N)	0.0	sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ_{cp} (MPa)	0.00	tensione media di compressione nella sezione
α_c	1.00	coefficiente maggiorativo
Resist. a taglio dell'elemento non armato e armatura minima		
V_{Rd} (KN)	147.8	resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
A_{smin} (mmq/m)	0.00	armatura minima a taglio (4.1.6.1.1)
Resist. a taglio della trave armata a taglio		
ϕ (mm)	10	
nb	5	
A_{st} (mmq)	392.7	Area considerata
s (mm)	200.0	1963.495408
α	57.0	
$ctg\alpha$	0.6	
$sen\alpha$	0.8	
$ctg\theta_{calcolato}$	3.288	
$ctg\theta$	2.50	2.50
Rottura	duttile lato acc	
V_{Rsd} (kN)	469.0	
V_{Rcd} (kN)	911.0	
V_{Rd} (kN)	469.0	

Tabella 76: Verifica a taglio soletta zona "giunto"

La verifica di resistenza a taglio risulta soddisfatta in quanto $V_{Ed} < V_{Rd} = 469.0$ kN.

9.4.3 Verifiche a fessurazione

Le verifiche a fessurazione sono eseguite seguendo il metodo di calcolo dell'ampiezza delle fessure di cui alla C.M. n.617 02/02/2009. Al riguardo si fa riferimento alla condizione ambientale "aggressiva" (classe di esposizione XC4) e ad armatura poco sensibile ottenendo i seguenti valori limite di apertura delle fessure:

- Combinazione frequente: $w_2 = 0.3 \text{ mm}$
- Combinazione quasi permanente: $w_1 = 0.2 \text{ mm}$

9.4.3.1 Zona "tipica"

La figura che segue illustra la mappatura dell'involuppo delle sollecitazioni di flessione trasversale (M11) calcolate le combinazioni "frequenti" dei carichi in zona "tipica". Si riconoscono i seguenti valori significativi.

- Massimo momento negativo allo sbalzo: $M_{11} = - 133 \text{ kNm/m}$;
- Massimo momento positivo in campata: $M_{11} = 86 \text{ kNm/m}$.

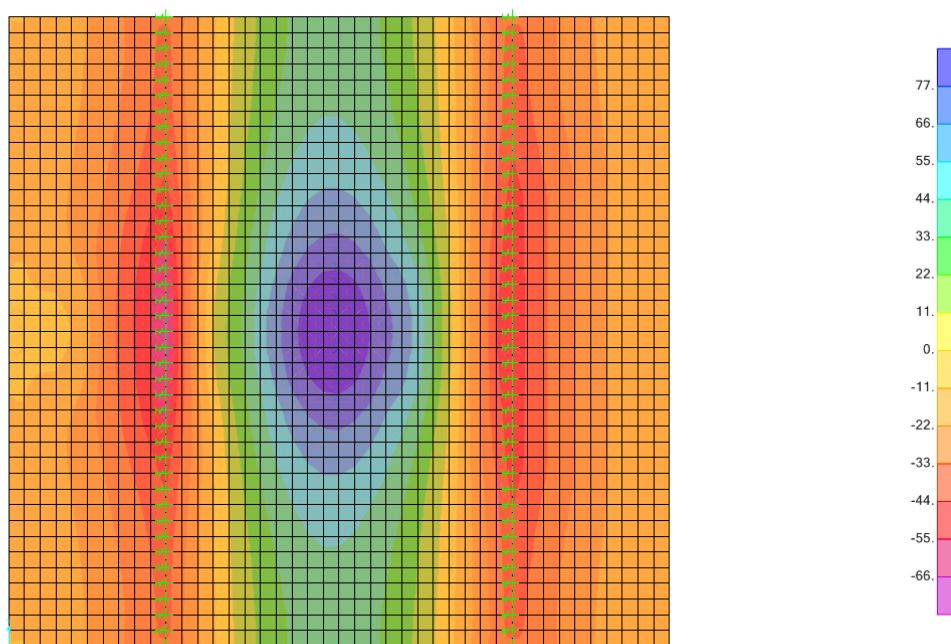


Figura 86: Momento flettente trasversale – involucro dei valori massimi

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

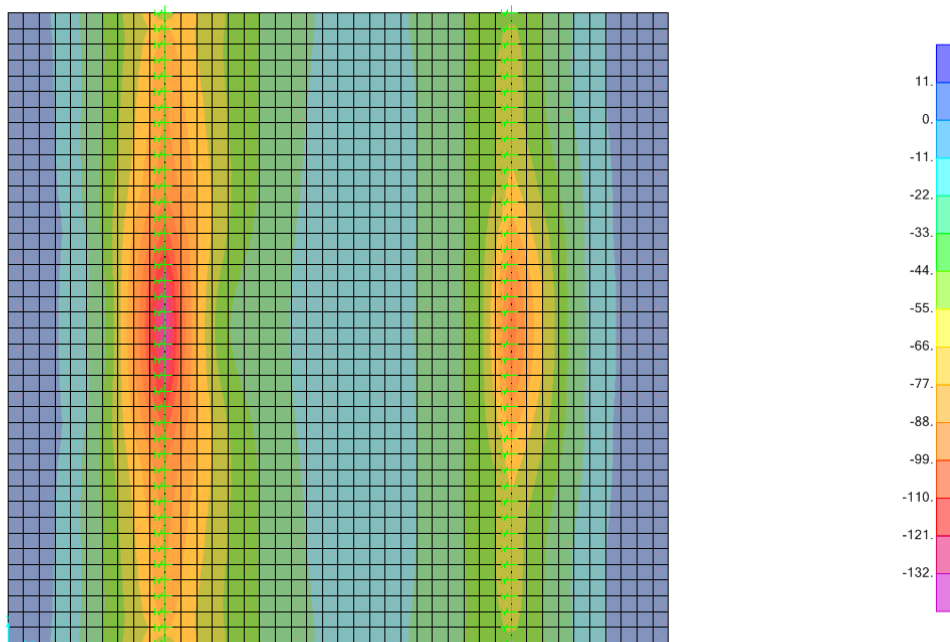


Figura 87: Momento flettente trasversale – involucro dei valori minimi

Il calcolo delle tensioni di trazione nelle barre di armatura è riportato nelle seguenti Figure.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

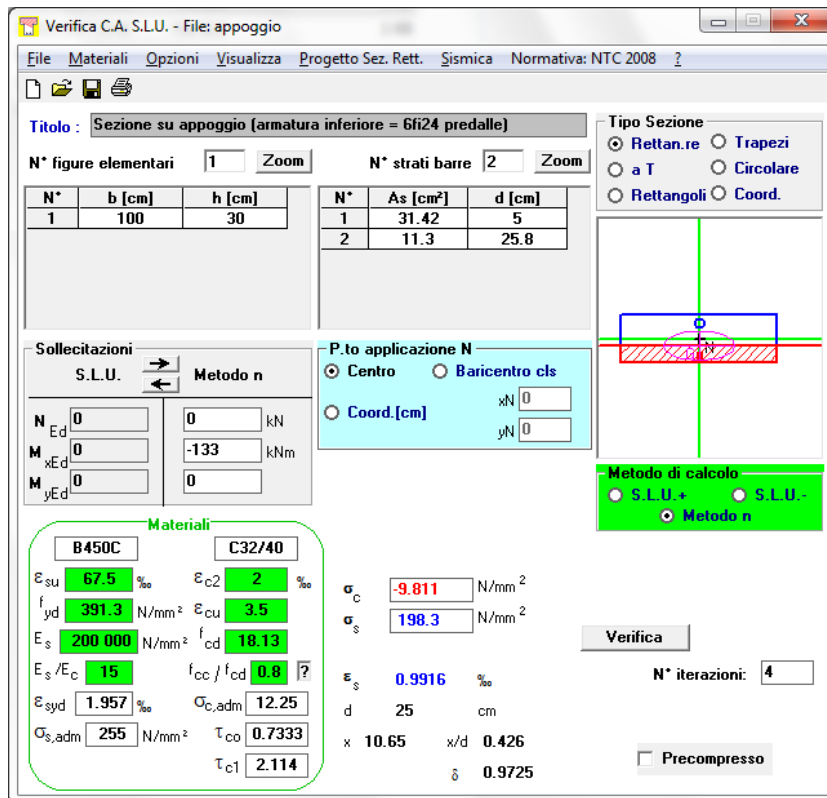


Figura 88: Tensione massima di trazione sezione su appoggio

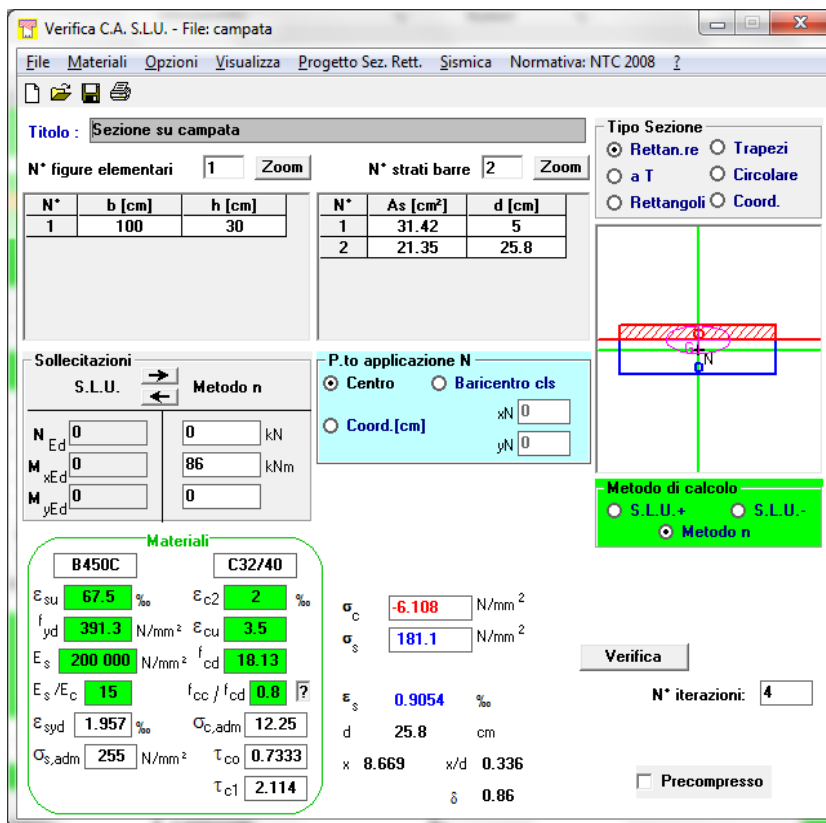


Figura 89: Tensione massima di trazione sezione in campata

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

La verifica di fessurazione viene svolta con metodo analitico riportato nella C.M. 617 2/2/09:

NTC2008 - C.M. 617 2/2/09		
f_{ck}	32.0	MPa
γ_c	1.5	-
f_{cd}	18.1	MPa
f_{cfm}	3.629	MPa
σ_t	3.024	MPa
E_c	30000.0	MPa
E_s	210000	MPa
M_{Ed}		KN*m
N_{Ed}		KN
b	1000	mm
h	300	mm
A'_s	1130	mm ²
A_s	3140	mm ²
d	260	mm
c ricoprimento netto arm. tesa	40	mm
ricoprimento barra più esterna	40	mm
ϕ_1	20	mm
n_1	10	-
ϕ_2	0	mm
n_2	0	-
ϕ_{eq}	20.0	mm
s orizzontale	100	mm
x	106.5	mm
2.5(h-d)	100.0	mm
(h-x)/3	64.5	mm
h/2	150.0	mm
$h_{c,eff}$	64.5	mm
$b_{c,eff}$	1000.0	mm
$A_{c,eff}$	64500	mm ²
$\rho_{p,eff}$	0.04868	-
k_t	0.4	-
k_1	0.8	-
k_2	0.5	-
k_3	3.4	-
k_4	0.425	-
$f_{ct,eff}$	3.024	MPa
α_e	7.000	-
σ_s	198.3	MPa
ε_{sm}	0.000786	-
$5*(c+\phi/2)$	250.0	mm
$1.3*(h-x)$	251.6	mm
$k_3*c+k_1*k_2*k_4*\phi/r$	205.8	mm
$\Delta_{s,max}$ - zona esterna barra	205.8	mm
w_d - zona esterna alla barra	0.162	mm
$\Delta_{s,max}$ - zona barra	205.8	mm
w_d - zona barra	0.162	mm

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Figura 90: Verifica a fessurazione sezione su appoggio

NTC2008 - C.M. 617 2/2/09		
f_{ck}	32.0	MPa
γ_c	1.5	-
f_{cd}	18.1	MPa
f_{cfm}	3.629	MPa
σ_t	3.024	MPa
E_c	30000.0	MPa
E_s	210000	MPa
M_{Ed}		KN*m
N_{Ed}		KN
b	1000	mm
h	300	mm
A'_s	1000	mm ²
A_s	2135	mm ²
d	270	mm
c ricoprimento netto arm. tesa	30	mm
ricoprimento barra più esterna	30	mm
ϕ_1	16	mm
n_1	5	-
ϕ_2	24	mm
n_2	2.5	-
ϕ_{eq}	19.4	mm
s orizzontale	133	mm
x	86.7	mm
2.5(h-d)	75.0	mm
(h-x)/3	71.1	mm
h/2	150.0	mm
$h_{c,eff}$	71.1	mm
$b_{c,eff}$	1000.0	mm
$A_{c,eff}$	71100	mm ²
$\rho_{p,eff}$	0.03003	-
k_t	0.4	-
k_1	0.8	-
k_2	0.5	-
k_3	3.4	-
k_4	0.425	-
$f_{ct,eff}$	3.024	MPa
α_e	7.000	-
σ_s	181.1	MPa
ε_{sm}	0.000630	-
$5*(c+\phi/2)$	198.6	mm
$1.3*(h-x)$	277.3	mm
$k_3*c+k_1*k_2*k_4*\phi/r$	212.0	mm
$\Delta_{s,max}$ - zona esterna barra	212.0	mm
w_d - zona esterna alla barra	0.134	mm
$\Delta_{s,max}$ - zona barra	212.0	mm
w_d - zona barra	0.134	mm

Figura 91: Verifica a fessurazione sezione in campata

Essendo l'apertura delle fessure inferiore al valore di w_1 , la verifica a fessurazione è automaticamente soddisfatta anche per la combinazione di carico quasi permanente, in quanto la combinazione frequente è la più gravosa.

9.4.3.2 Zona “giunto”

La figura che segue illustra la mappatura dell'involuppo delle sollecitazioni di flessione trasversale (M_{11}) calcolate le combinazioni “frequenti” dei carichi in zona “tipica”. Si riconoscono i seguenti valori significativi.

- Massimo momento negativo allo sbalzo: $M_{11} = - 230 \text{ kNm/m}$;
- Massimo momento positivo in campata: $M_{11} = 210 \text{ kNm/m}$.

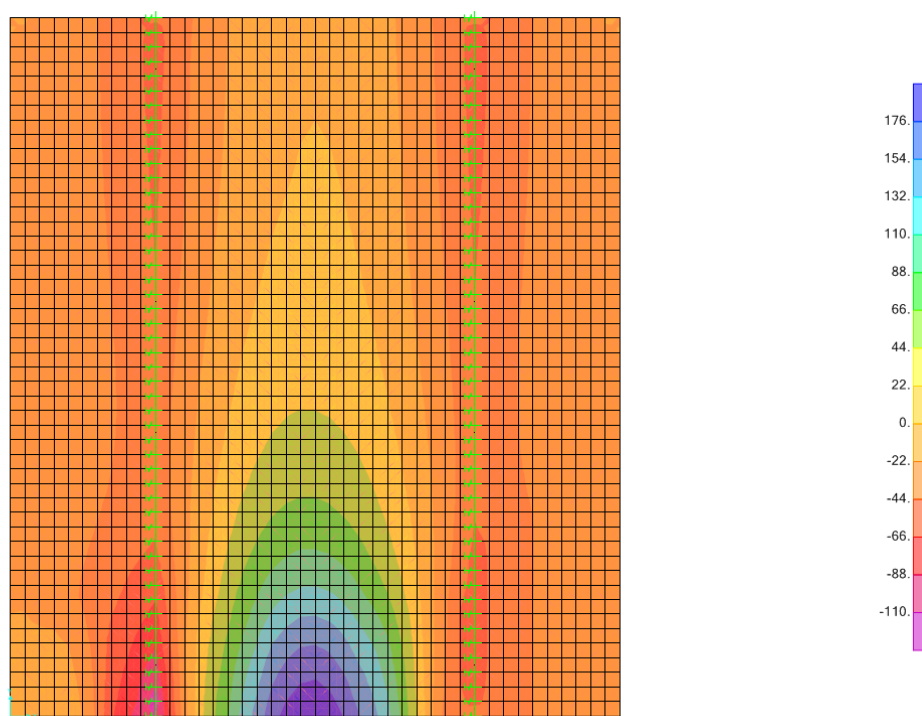


Figura 92: Momento flettente trasversale – involucro dei valori massimi

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

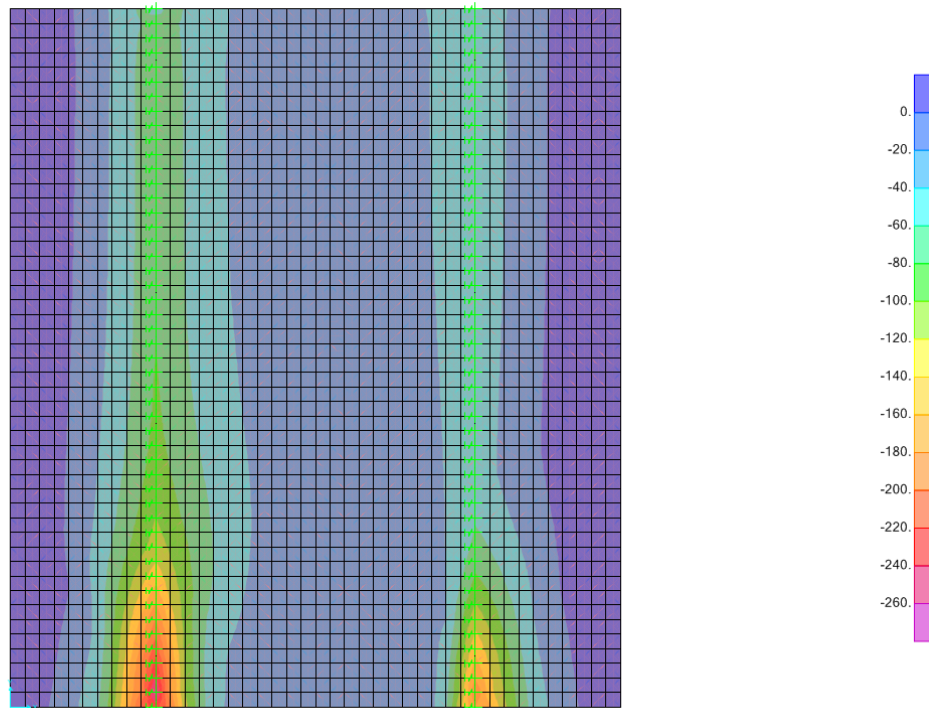


Figura 93: Momento flettente trasversale – involucro dei valori minimi

Il calcolo delle tensioni di trazione nelle barre di armatura è riportato nelle seguenti Figure.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

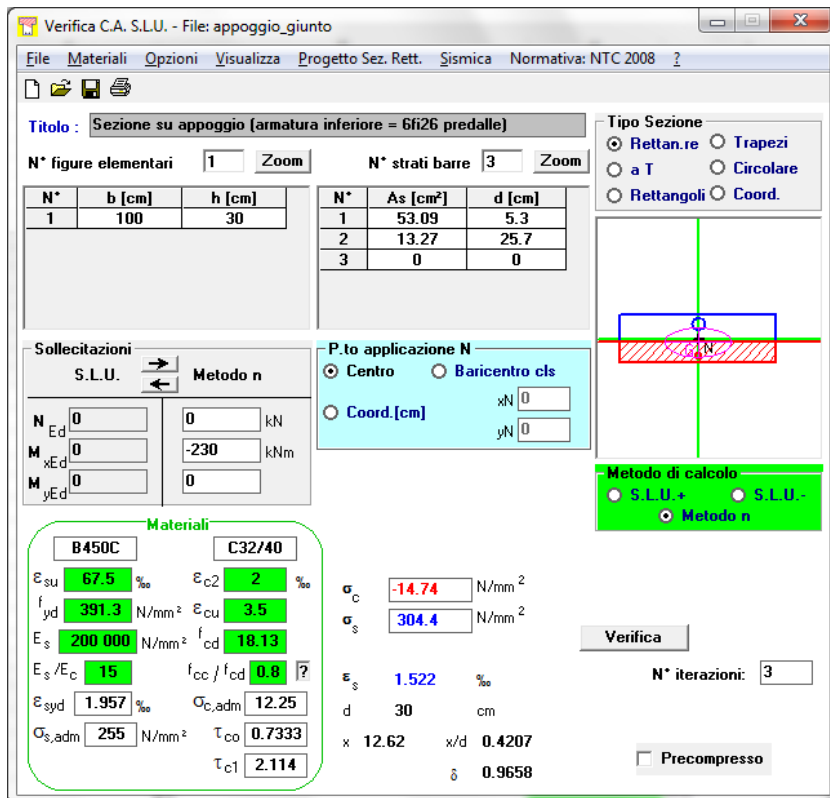


Figura 94: Tensione massima di trazione sezione su appoggio

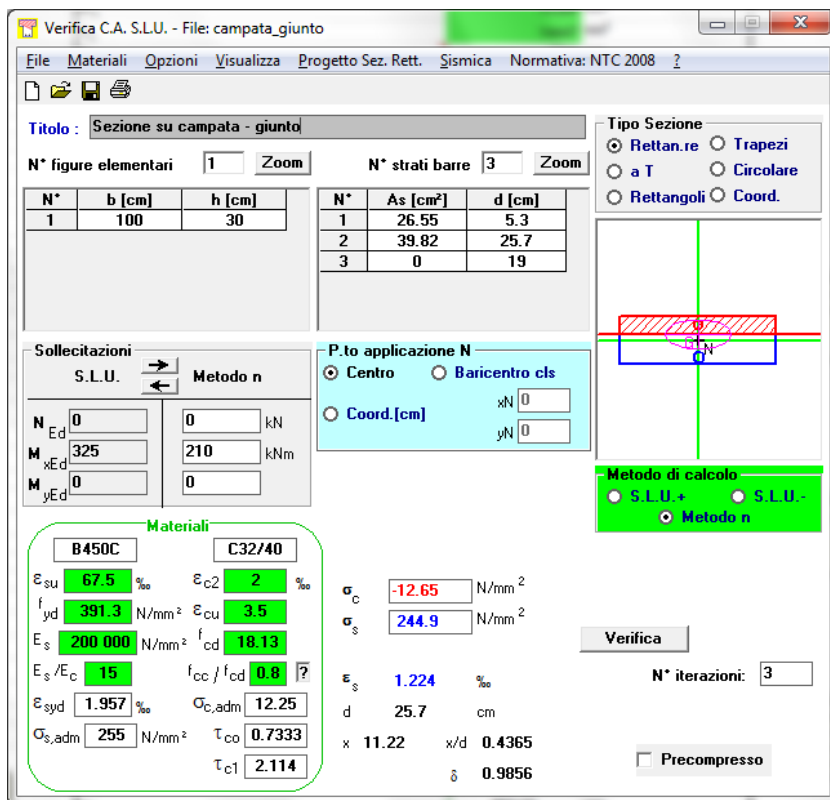


Figura 95: Tensione massima di trazione sezione in campata

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

La verifica a fessurazione viene svolta con metodo analitico riportato nella C.M. 617 2/2/09:

NTC2008 - C.M. 617 2/2/09		
f_{ck}	32.0	MPa
γ_c	1.5	-
f_{cd}	18.1	MPa
f_{cfm}	3.629	MPa
σ_t	3.024	MPa
E_c	30000.0	MPa
E_s	210000	MPa
M_{Ed}		KN*m
N_{Ed}		KN
b	1000	mm
h	300	mm
A'_s	1327	mm ²
A_s	5309	mm ²
d	247	mm
c ricoprimento netto arm. tesa	40	mm
ricoprimento barra più esterna	40	mm
ϕ_1	26	mm
n_1	10	-
ϕ_2	0	mm
n_2	0	-
ϕ_{eq}	26.0	mm
s orizzontale	100	mm
x	126.2	mm
$2.5(h-d)$	132.5	mm
$(h-x)/3$	57.9	mm
$h/2$	150.0	mm
$h_{c,eff}$	57.9	mm
$b_{c,eff}$	1000.0	mm
$A_{c,eff}$	57933	mm ²
$\rho_{p,eff}$	0.09164	-
k_t	0.4	-
k_1	0.8	-
k_2	0.5	-
k_3	3.4	-
k_4	0.425	-
$f_{ct,eff}$	3.024	MPa
α_e	7.000	-
σ_s	304	MPa
ϵ_{sm}	0.001344	-
$5*(c+\phi/2)$	265.0	mm
$1.3*(h-x)$	225.9	mm
$k_3*c+k_1*k_2*k_4*\phi/r$	184.2	mm
$\Delta_{s,max}$ - zona esterna barra	184.2	mm
w_d - zona esterna alla barra	0.248	mm
$\Delta_{s,max}$ - zona barra	184.2	mm
w_d - zona barra	0.248	mm

Figura 96: Verifica a fessurazione sezione su appoggio

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

NTC2008 - C.M. 617 2/2/09		
f_{ck}	32.0	MPa
γ_c	1.5	-
f_{cd}	18.1	MPa
f_{cfm}	3.629	MPa
σ_t	3.024	MPa
E_c	30000.0	MPa
E_s	210000	MPa
M_{Ed}		KN*m
N_{Ed}		KN
b	1000	mm
h	300	mm
A'_s	2655	mm ²
A_s	3982	mm ²
d	257	mm
c ricoprimento netto arm. tesa	30	mm
ricoprimento barra più esterna	30	mm
ϕ_1	26	mm
n_1	7.5	-
ϕ_2	0	mm
n_2	0	-
ϕ_{eq}	26.0	mm
s orizzontale	133	mm
x	112.2	mm
$2.5(h-d)$	107.5	mm
$(h-x)/3$	62.6	mm
$h/2$	150.0	mm
$h_{c,eff}$	62.6	mm
$b_{c,eff}$	1000.0	mm
$A_{c,eff}$	62600	mm ²
$\rho_{p,eff}$	0.06361	-
k_t	0.4	-
k_1	0.8	-
k_2	0.5	-
k_3	3.4	-
k_4	0.425	-
$f_{ct,eff}$	3.024	MPa
α_e	7.000	-
σ_s	245	MPa
ϵ_{sm}	0.001036	-
$5*(c+\phi/2)$	215.0	mm
$1.3*(h-x)$	244.1	mm
$k_3*c+k_1*k_2*k_4*\phi/r$	171.5	mm
$\Delta_{s,max}$ - zona esterna barra	171.5	mm
w_d - zona esterna alla barra	0.178	mm
$\Delta_{s,max}$ - zona barra	171.5	mm
w_d - zona barra	0.178	mm

Figura 97: Verifica a fessurazione sezione in campata

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

Essendo in Figura 97 l'apertura delle fessure inferiore al valore di w_1 , la verifica a fessurazione è automaticamente soddisfatta anche per la combinazione di carico quasi permanente, in quanto la combinazione frequente è la più gravosa.

Per quanto riguarda la sezione in appoggio si procede con la verifica a fessurazione nella combinazione quasi permanente.

Il massimo momento negativo allo sbalzo risulta pari a: $M_{11} = -60 \text{ kNm/m}$;

Il calcolo delle tensioni di trazione nelle barre di armatura è riportato nella Figura 98.

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The title bar indicates the file name 'appoggio_giunto_qp'. The main window contains several panels:

- Titolo:** Sezione su appoggio (armatura inferiore = 6fi26 predalle)
- N° figure elementari:** 1
- N° strati barre:** 3
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30
- Table 2:**

N°	As [cm²]	d [cm]
1	53.09	5.3
2	13.27	25.7
3	0	0
- Sollecitazioni:** S.L.U. Metodo n. N_{Ed} = 0 kN, M_{xEd} = -60 kNm, M_{yEd} = 0.
- P.to applicazione N:** Centro. xN = 0, yN = 0.
- Materiali:** B450C and C32/40. Properties include $\epsilon_{su} = 67.5\%$, $f_{yd} = 391.3 \text{ N/mm}^2$, $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$, $E_c = 2$, $f_{cd} = 18.13$, $E_s/E_c = 15$, $f_{cc}/f_{cd} = 0.8$, $\sigma_c = -3.844 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_s = 79.41 \text{ N/mm}^2$, $\epsilon_s = 0.397\%$, $d = 30 \text{ cm}$, $x = 12.62$, $x/d = 0.4207$, $\delta = 0.9658$.
- Metodo di calcolo:** S.L.U. Metodo n.
- Verifica:** N° iterazioni: 3. Precompresso:

Figura 98: Tensione massima di trazione sezione su appoggio

La verifica a fessurazione viene svolta con metodo analitico riportato nella C.M. 617 2/2/09:

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

NTC2008 - C.M. 617 2/2/09		
f_{ck}	32.0	MPa
γ_c	1.5	-
f_{cd}	18.1	MPa
f_{cfm}	3.629	MPa
σ_t	3.024	MPa
E_c	30000.0	MPa
E_s	210000	MPa
M_{Ed}		KN*m
N_{Ed}		KN
b	1000	mm
h	300	mm
A'_s	1327	mm ²
A_s	5309	mm ²
d	247	mm
c ricoprimento netto arm. tesa	40	mm
ricoprimento barra più esterna	40	mm
ϕ_1	26	mm
n_1	10	-
ϕ_2	0	mm
n_2	0	-
ϕ_{eq}	26.0	mm
s orizzontale	100	mm
x	126.2	mm
$2.5(h-d)$	132.5	mm
$(h-x)/3$	57.9	mm
$h/2$	150.0	mm
$h_{c,eff}$	57.9	mm
$b_{c,eff}$	1000.0	mm
$A_{c,eff}$	57933	mm ²
$\rho_{p,eff}$	0.09164	-
k_t	0.4	-
k_1	0.8	-
k_2	0.5	-
k_3	3.4	-
k_4	0.425	-
$f_{ct,eff}$	3.024	MPa
α_e	7.000	-
σ_s	80	MPa
ϵ_{sm}	0.000278	-
$5*(c+\phi/2)$	265.0	mm
$1.3*(h-x)$	225.9	mm
$k_3*c+k_1*k_2*k_4*\phi/r$	184.2	mm
$\Delta_{s,max}$ - zona esterna barra	184.2	mm
w_d - zona esterna alla barra	0.051	mm
$\Delta_{s,max}$ - zona barra	184.2	mm
w_d - zona barra	0.051	mm

Figura 99: Verifica a fessurazione sezione su appoggio – combinazione quasi permanente

La verifica risulta ampiamente soddisfatta.

9.4.4 Verifiche di deformabilità

Si riportano le deformazioni verticali dovute all'applicazione dei carichi mobili.

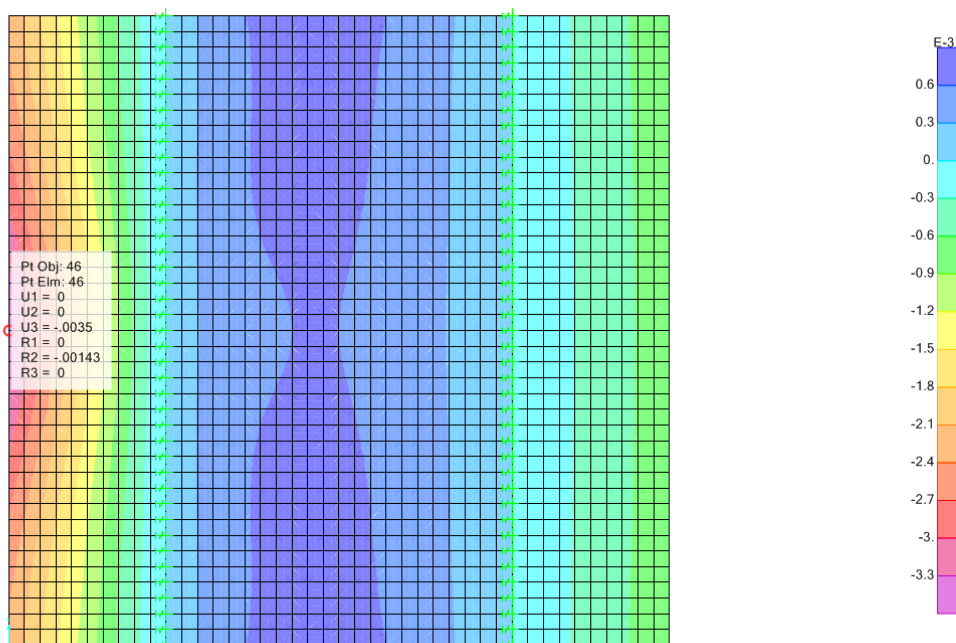


Figura 100: Spostamenti verticali dovuti ai carichi mobili – caso 1

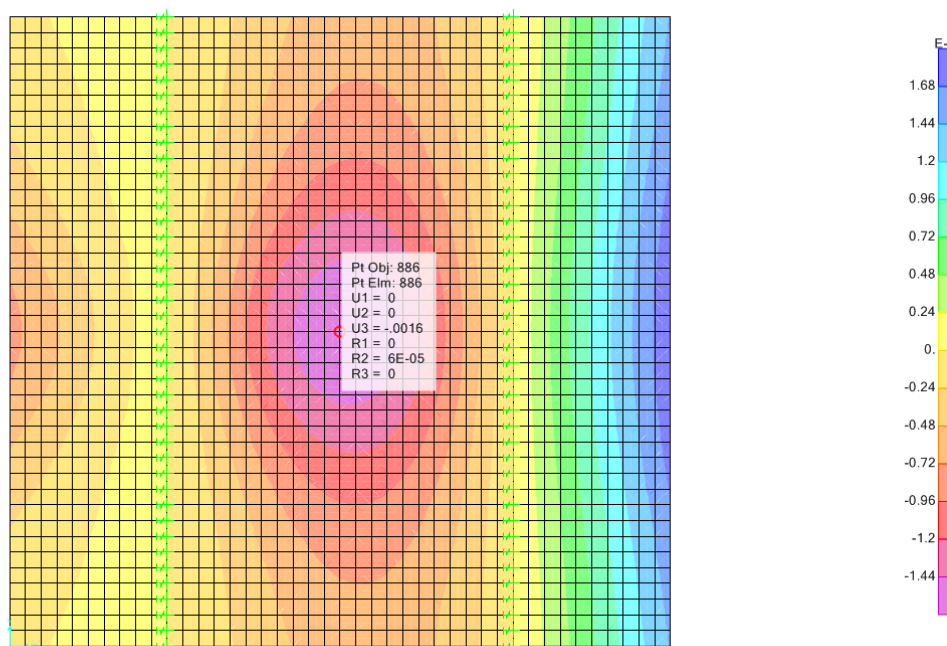


Figura 101: Spostamenti verticali dovuti ai carichi mobili – caso 2

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

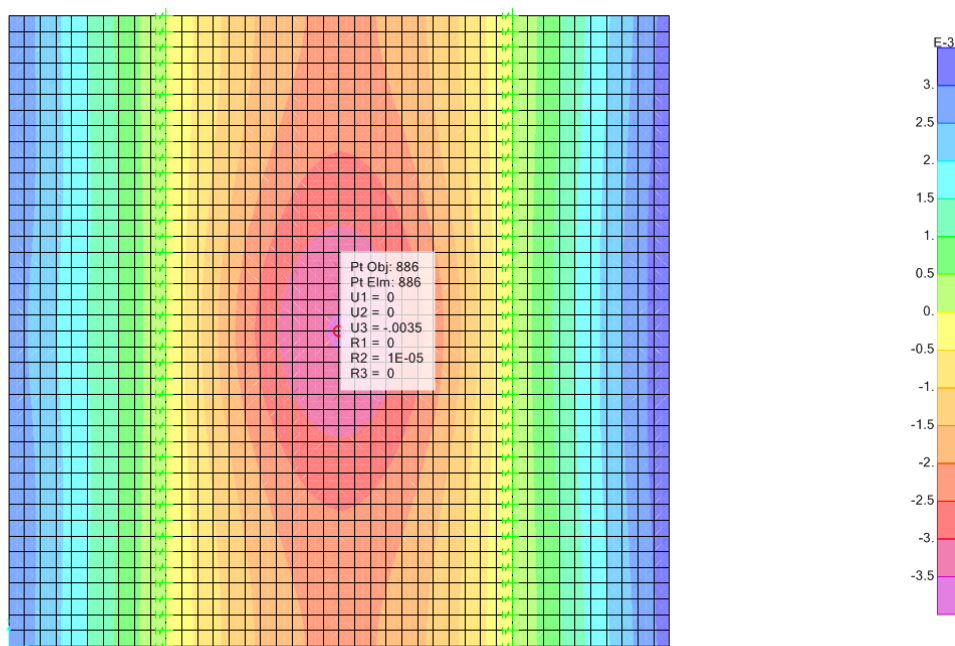


Figura 102: Spostamenti verticali dovuti ai carichi mobili – caso 3

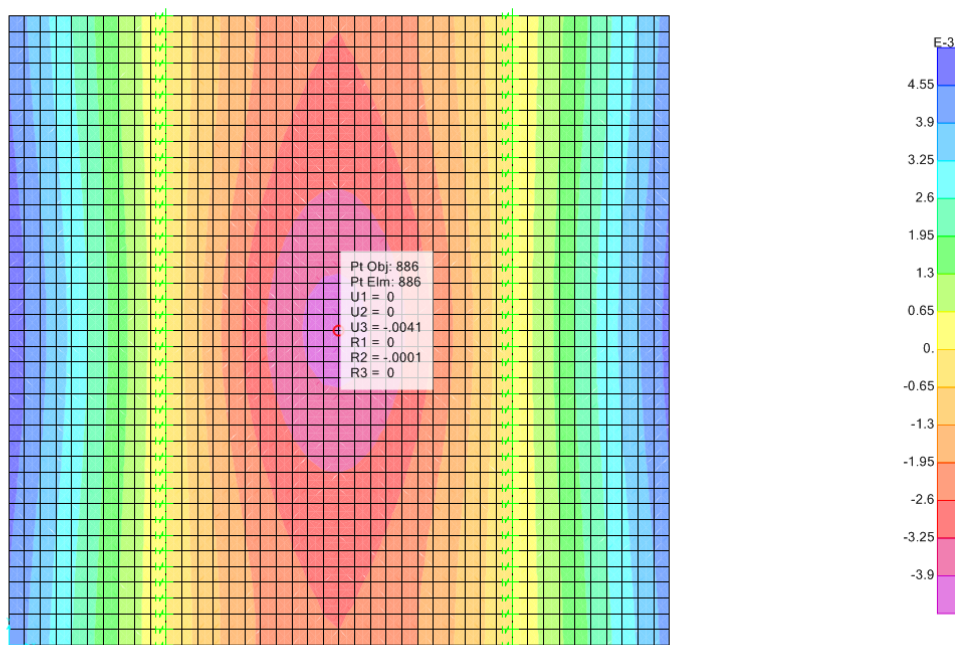


Figura 103: Spostamenti verticali dovuti ai carichi mobili – caso 4

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

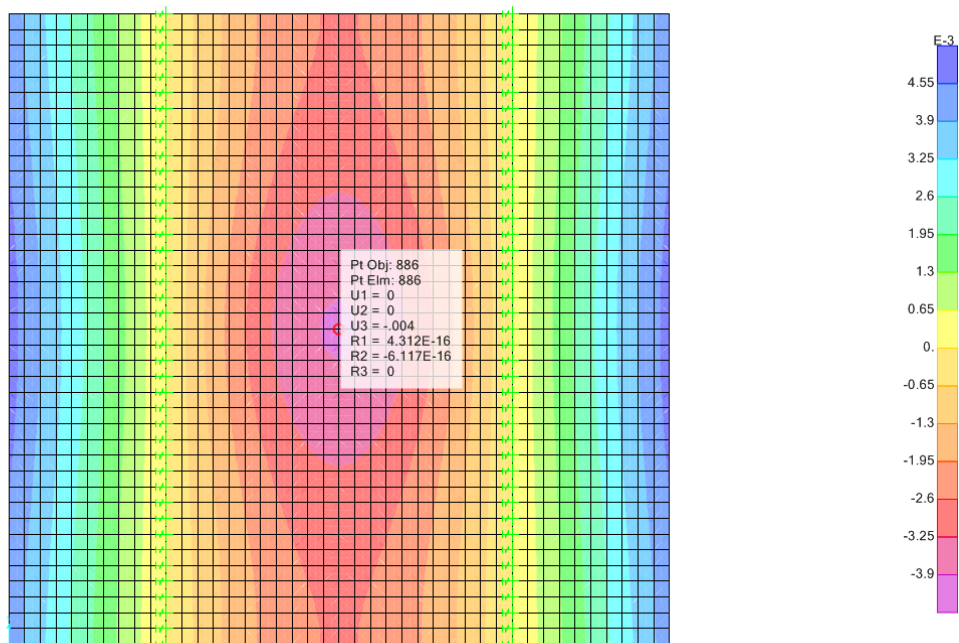


Figura 104: Spostamenti verticali dovuti ai carichi mobili – caso 5

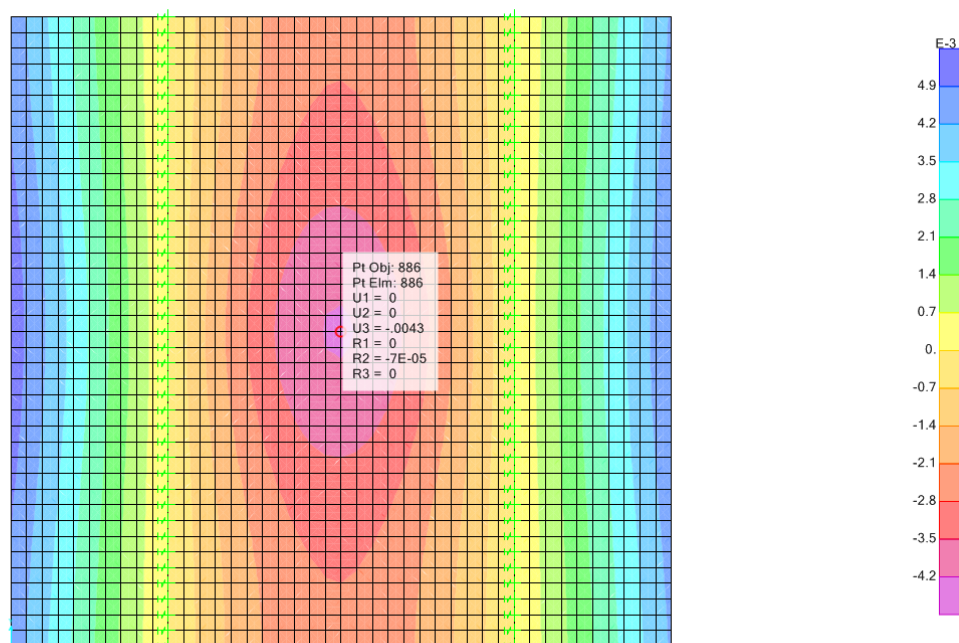


Figura 105: Spostamenti verticali dovuti ai carichi mobili – caso 6

I massimi cedimenti verticali valgono quindi:

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

- Zona di sbalzo: $v_{\max} = 3.5 \text{ mm} \ll 2 \cdot L/1000$
- Zona in campata: $v_{\max} = 4.3 \text{ mm} \ll L/1000$

La verifica può considerarsi quindi soddisfatta.

10 FASI DI MONTAGGIO

La struttura metallica di impalcato verrà assemblata in opera mediante apposita officina di saldatura e varata mediante varo dal basso.

Al fine di progettare le fasi di montaggio, è stata eseguita una valutazione numerica finalizzata al contenimento delle trazioni sui vincoli. Sulla base dei calcoli eseguiti, il montaggio del ponte è previsto a partire dalla campata P4-SPB. Le fasi di montaggio previste sono riassunte in Tabella 77. Il varo viene eseguito con autogru ed è previsto l'utilizzo di pile provvisorie. Il massimo peso da sollevare (carpenteria metallica relativa ad una campata) risulta pari a circa 150 Tonnellate. Pertanto si prevedono autogru da 250 Tonnellate.

Tabella 77: Fasi di montaggio

FASE	DESCRIZIONE
0	a) predisposizione pile provvisorie
1	a) Pre-assemblaggio a terra delle travi della campata P4-SPB mediante saldatura dei conci e dei traversi di pila e spalla, montaggio dei diaframmi correnti e dei controventi mediante bullonatura b) Sollevamento con gru della carpenteria metallica della campata e calaggio sugli appoggi
2	a) Pre-assemblaggio a terra delle travi della campata P3-P4 mediante saldatura dei conci e dei traversi di pila e spalla, montaggio dei diaframmi correnti e dei controventi mediante bullonatura b) Sollevamento con gru della carpenteria metallica della campata e posizionamento in quota c) Realizzazione del giunto saldato "G19" tra le due campate adiacenti e calaggio
3	a) Pre-assemblaggio a terra delle travi della campata P2-P3 mediante saldatura dei conci e dei traversi di pila e spalla, montaggio dei diaframmi correnti e dei controventi mediante bullonatura b) Sollevamento con gru della carpenteria metallica della campata e posizionamento in quota c) Realizzazione del giunto saldato "G14" tra le due campate adiacenti e calaggio

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione Impalcato

4	<p>a) Pre-assemblaggio a terra delle travi della campata P1-P2 mediante saldatura dei conci e dei traversi di pila e spalla, montaggio dei diaframmi correnti e dei controventi mediante bullonatura</p> <p>b) Sollevamento con gru della carpenteria metallica della campata e posizionamento in quota</p> <p>c) Realizzazione del giunto saldato "G9" tra le due campate adiacenti e calaggio</p>
5	<p>a) Pre-assemblaggio a terra delle travi della campata SPA-P1 mediante saldatura dei conci e dei traversi di pila e spalla, montaggio dei diaframmi correnti e dei controventi mediante bullonatura</p> <p>b) Sollevamento con gru della carpenteria metallica della campata e posizionamento in quota</p> <p>c) Realizzazione del giunto saldato "G4" tra le due campate adiacenti e calaggio</p> <p>d) Completamento del varo della carpenteria metallica</p>
6	<p>Predisposizione delle predalles e montaggio armatura lenta della soletta</p>
7	<p>a) Getto del cls in opera della soletta e completamento delle opere di finitura</p> <p>b) Rimozione delle pile provvisorie dopo maturazione del cls</p>