

**ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA
E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA
MAXI LOTTO 2**

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA DIRETTRICE PERUGIA ANCONA:
SS. 318 DI "VALFABBRICA". TRATTO PIANELLO – VALFABBRICA
SS. 76 "VAL D'ESINO". TRATTI FOSSATO VICO – CANCELLI E ALBACINA – SERRA SAN QUIRICO
"PEDEMONTANA DELLE MARCHE", TRATTO FABRIANO – MUCCIA – SFERCIA

PROGETTO ESECUTIVO

CONTRAENTE GENERALE: 	<i>Il responsabile del Contraente Generale:</i> Ing. Federico Montanari	<i>Il responsabile Integrazioni delle Prestazioni Specialistiche:</i> Ing. Salvatore Lieto
--	--	---

<i>PROGETTAZIONE: Associazione Temporanea di Imprese</i>			
<i>Mandataria:</i>			
			

RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE PER I'ATI Ing. Antonio Grimaldi GEOLOGO Dott. Geol. Fabrizio Pontoni COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE Ing. Michele Curiale			
--	---	--	---

<i>IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</i> Ing. Iginio Farotti		
--	--	--

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA Relazione di calcolo impalcato	SCALA: -
	DATA: Settembre 2020

Codice Unico di Progetto (CUP) F12C03000050021 (Assegnato CIPE 23-12-2015)

Codice Elaborato:									
Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev		
L 0 7 0 3	2 1 3	E	1 2	V I 5 8 0 0	R E L	0 1	B		

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto	Controllato	Approvato
B	SETTEMBRE 2020	Emissione a seguito istruttoria Anas	PROGIN A. Mazziotti	S.Lieto	A.Grimaldi
A	MARZO 2020	Emissione PE	PROGIN A. Mazziotti	S.Lieto	A.Grimaldi

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 2 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------

I N D I C E

1.	GENERALITA'	
	5	
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA	5
1.2	UNITÀ DI MISURA.....	6
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	
	7	
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI	
	8	
3.1	CALCESTRUZZI.....	8
3.2	ACCIAIO DA ARMATURA E ACCIAIO ARMONICO	8
3.3	RESISTENZE DI PROGETTO.....	8
3.3.1	Calcestruzzo per soletta gettata in opera C35/45.....	8
3.3.2	Calcestruzzo per travi prefabbricate C45/55.....	9
4.	ANALISI DEI CARICHI	
	11	
4.1	PESI PROPRI E CARICHI PERMANENTI (G1, G2).....	11
4.2	SOVRACCARICHI DA TRAFFICO (Q1, Q2).....	11
4.3	RITIRO DIFFERENZIALE SOLETTA-TRAVE (E2).....	14
4.4	VISCOSITÀ (E4)	15
4.1	VARIAZIONE TERMICA (E3).....	15
4.2	AZIONE DI FRENAMENTO (Q3).....	19
4.3	AZIONE CENTRIFUGA (Q4).....	19
4.4	AZIONE DEL VENTO (Q5)	19
4.5	AZIONI SISMICHE (Q6)	20
5.	COMBINAZIONI DI CARICO	
	23	
5.1	GRUPPI DI CARICO.....	23
5.2	COEFFICIENTI PARZIALI E DI COMBINAZIONE	23
5.3	COMBINAZIONI AGLI SLU	24
5.4	COMBINAZIONI AGLI SLE.....	25
6.	MODELLI DI CALCOLO	
	26	
6.1	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO.....	26
6.1.1	Affidabilità dei codici di calcolo.....	26

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 3 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------

6.1.2	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.....	27
6.2	IMPALCATI IN C.A.P. - MODELLO DI CALCOLO PER LA VERIFICA DELLA SOLETTA	27
6.3	MODELLO DI CALCOLO PER LA VERIFICA DELLE TRAVI.....	32

7 VERIFICHE STRUTTURALI DELL'IMPALCATO

33

7.1	VERIFICA DELLA SOLETTA	34
7.1.1	Verifica della soletta per carichi mobili disposti in mezzeria della campata	34
7.1.1.1	Diagrammi delle sollecitazioni.....	35
7.1.1.2	Verifiche della soletta agli SLU	41
7.1.1.3	Verifiche a flessione.....	41
7.1.1.4	Verifiche a taglio.....	43
7.1.1.5	Verifiche della soletta agli SLE	46
7.1.2	Verifica della soletta per carichi mobili disposti in corrispondenza del giunto	47
8.1.1.1	Diagrammi delle sollecitazioni.....	48
8.1.1.2	Verifiche della soletta agli SLU	54
8.1.1.2.1	Verifiche a flessione.....	54
8.1.1.2.2	Verifiche a taglio.....	56
8.1.1.3	Verifica locale del cordolo per azioni d'urto.....	59
8.1.1.4	Verifiche della soletta agli SLE	61
7.1.3	Conclusioni.....	61
7.2	VERIFICA DELLE TRAVI IN C.A.P.....	62
7.2.1	Diagrammi delle sollecitazioni.....	63
7.2.2	Verifiche della trave agli SLE.....	69
8.4.2.1	Verifica della sezione di mezzeria	69
8.4.2.1.1	Caratteristiche geometriche e maccaniche	69
8.4.2.1.2	Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione RARA	72
8.4.2.1.3	Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione frequente	73
8.4.2.1.4	Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione quasi permanente	75
8.4.2.2	Verifiche della sezione a 3.5 m dall'appoggio.....	76
8.4.2.2.1	Caratteristiche geometriche e maccaniche.....	76
8.4.2.2.2	Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione RARA.....	78
8.4.2.2.3	Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione frequente	79
8.4.2.2.4	Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione quasi permanente	81
8.4.2.3	Verifiche della sezione a 1 m dall'appoggio.....	82
8.4.2.3.1	Caratteristiche geometriche e maccaniche.....	82
8.4.2.3.2	Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione RARA.....	84
8.4.2.3.3	Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione frequente	85
8.4.2.3.4	Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione quasi permanente	87
7.2.3	Verifiche della trave agli SLU.....	88
8.2.3.1	Verifica a flessione	88
8.2.3.2	Verifica a taglio	90
8.2.3.3	Conclusioni	92
7.3	VERIFICHE DEI TRAVERSI.....	93
7.3.1	Diagrammi delle sollecitazioni.....	93
8.3.1.1	Verifica a flessione	94
8.3.1.2	Verifica a taglio	95
8.3.1.3	Verifica in fase di sollevamento	95

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 2B	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 4 di 102
---------------	--------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

8.3.1.4	Conclusioni.....	96
7.4	VERIFICA DI DEFORMABILITA'	98
7.5	VERIFICA DELLE PREDALLES TRALICCIATE.....	99

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	12	VI5800	REL	01	B	5 di 102

1. GENERALITA'

Nell'ambito dei lavori di completamento della direttrice "Pedemontana delle Marche", stralci funzionali 3 e 4, è prevista la realizzazione del viadotto denominato Cesara posto tra le progressive 9+005 – 9+103 del tracciato di progetto.

La presente relazione, emessa nell'ambito della redazione del progetto esecutivo, ha per oggetto la verifica delle strutture di impalcato, mentre, per quanto concerne la verifica delle sottostrutture, si rimanda all'elaborato L0703213E12VI5800REL02A (*Viadotto Cesara - Relazione di calcolo sottostrutture*).

1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il viadotto Cesara è costituito da 4 campate di luce pari a 25m, per un totale di 100 m.

La campata è in c.a.p. ed è costituita da cinque cassoncini prefabbricati e precompressi alti 1.6 m, ad interasse trasversale di 3.5 m con i cassoncini di bordo e di 3.75 con i cassoncini centrali. In prossimità degli appoggi, il cassoncino presenta un ringrosso delle anime e della base. I cassoncini sono precompressi con trefoli del diametro di 0.6 pollici.

I traversi di testata sono semiprefabbricati e completati in opera; essi hanno uno spessore di 0.3 m ed un'altezza di 1.4 m e sono precompressi in opera.

La soletta di calcestruzzo, presenta uno spessore complessivo di 30 cm (25+5), essendo 25cm lo spessore del getto da eseguire in opera e 5 cm lo spessore del pannello delle predalles tralicciate; quest'ultime assolvono alla funzione di cassero in fase di getto, ma costituiscono parte integrante della sezione resistente della soletta in fase finale, in virtù della collaborazione assicurata dalla presenza dei tralicci. La connessione fra travi prefabbricate e soletta è realizzata tramite staffe predisposte lungo le ali dei cassoncini.

Nelle figure si riportano stralcio planimetrico, sezione longitudinale e trasversale dell'opera.

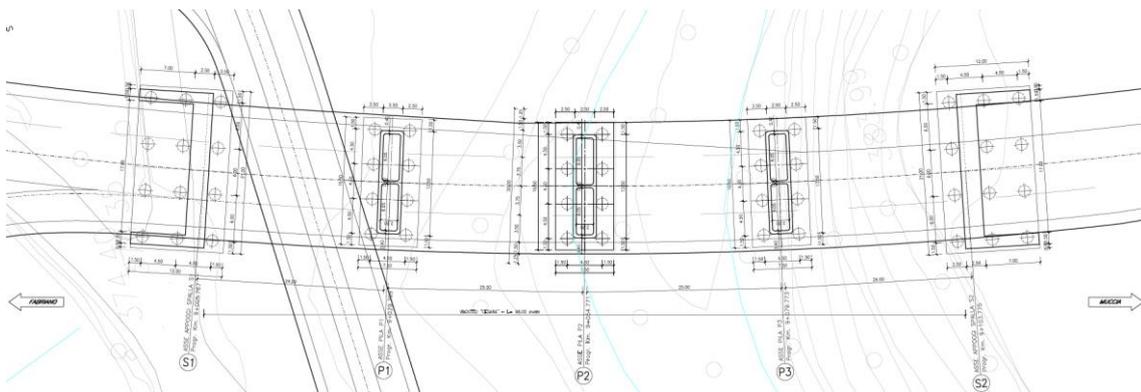


Figura 1 Stralcio planimetrico

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	213	E	12	V15800	REL	01	B	6 di 102

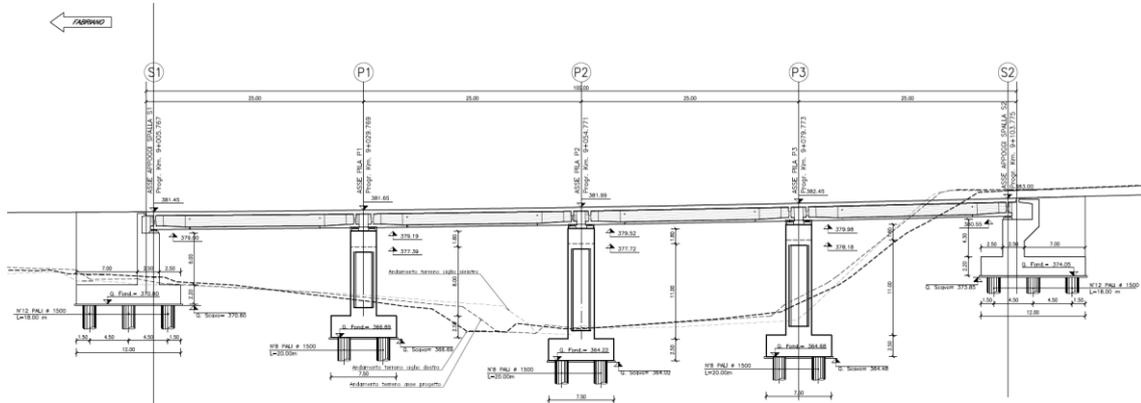


Figura 2 Sezione longitudinale

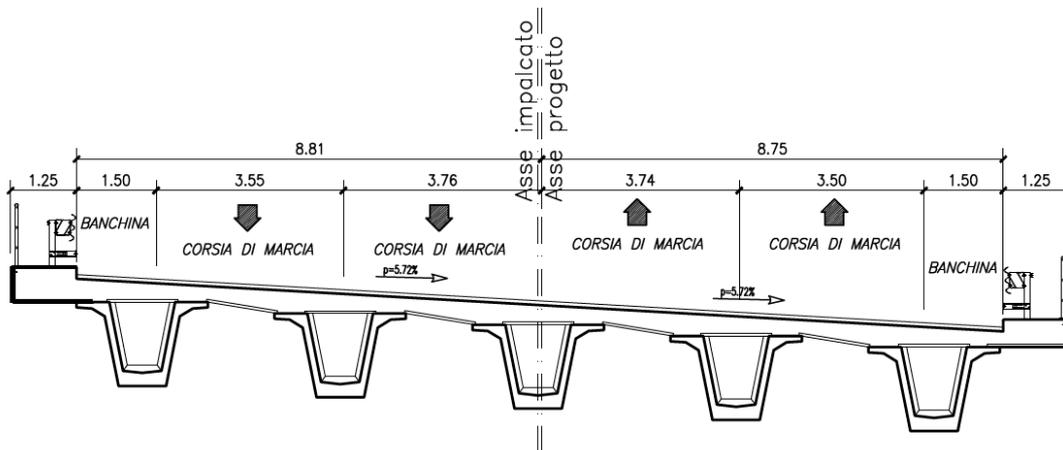


Figura 3 Sezione dell'impalcato in c.a.p.

1.2 UNITÀ DI MISURA

Nel seguito si adotteranno le seguenti unità di misura:

- per le lunghezze ⇒ m, mm
- per i carichi ⇒ kN, kN/m², kN/m³
- per le azioni di calcolo ⇒ kN, kNm
- per le tensioni ⇒ MPa

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 7 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nella redazione del progetto esecutivo si è fatto riferimento ai seguenti documenti normativi.

- D.M. 14/01/2008.
Norme tecniche per le costruzioni (NTC).
- Circolare del 02/02/2009.
Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. del 14/01/2008.
- UNI EN1993 -1-1.
EUROCODICE 3, parte 1.3. Progettazione delle strutture in acciaio. Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN1992-2:2006.
EUROCODICE 2, Parte 2. Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi
- UNI EN1998-2:2006.
EUROCODICE 8, Parte 2. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Ponti.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 8 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

Per la realizzazione dell'impalcato sono stati utilizzati i seguenti materiali.

3.1 CALCESTRUZZI

Calcestruzzo cassoncini prefabbricati C50/55

Calcestruzzo armato gettato in opera (soletta e traversi) C35/45

Per il calcestruzzo della soletta è prevista l'aggiunta di additivo antiritiro con dosaggio, in relazione alle condizioni ambientali e alle modalità di getto e stagionatura idonea a contenere la deformazione da ritiro nel valore massimo pari a $\epsilon_{cs} \leq 20 \times 10^{-5}$

3.2 ACCIAIO DA ARMATURA E ACCIAIO ARMONICO

Acciaio per armature in barre ad aderenza migliorata: B450 C controllato in stabilimento.

Acciaio armonico: trefoli da 0.6 pollici.

Per la realizzazione dei calcestruzzi, al fine di assicurare i requisiti di qualità e di durabilità, si è fatto riferimento alle specifiche riportate nella norma UNI EN 206-1. pertanto sulla base delle condizioni ambientali prevedibili per le opere in oggetto si riporta nella tabella seguente, in corrispondenza di ogni elemento strutturale, la classe di esposizione, la resistenza caratteristica R_{ck} , il rapporto a/c massimo, il quantitativo di cemento minimo, e l'eventuale percentuale di aria che deve essere inglobata nel calcestruzzo.

Sono previsti inoltre per la soletta e i traversi, copriferri pari a 35 mm.

CLASSI DEI CALCESTRUZZI						
Elemento	Classi di esposizione	Classi di resistenza [f_{ck}/R_{ck}]	a/c	Tipi di cementi	Quantitativo di cemento [kg/m ³]	Classi di consistenza
Soletta e Traversi	XC4-XD3-XF4	C35/45	0.45	CEM III-IV	340	S4-S5
Cassoncini in c.a.p.	XC4-XF2	C45/55	0.45	CEM III-IV	330	S4-S5

Le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in opera e prefabbricato sono state valutate conformemente alle specifiche previste dal Decreto Ministeriale 14/01/2008, pertanto nelle tabelle seguenti vengono riportati i valori assunti per il modulo elastico e per le resistenze allo stato limite ultimo e di esercizio.

Si precisa che il valore del modulo elastico è stato presunto mediando i valori riportati nella norma UNI EN 1992 e nel D.M. 14/01/2008.

3.3 RESISTENZE DI PROGETTO

3.3.1 Calcestruzzo per soletta gettata in opera C35/45

$R_{ck} = 45$ MPa

resistenza caratteristica cubica a 28 giorni

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 9 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni
$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 43 \text{ MPa}$	resistenza cilindrica valore medio
$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.21 \text{ MPa}$	resistenza media a trazione semplice (assiale)
$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.25 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica a trazione
$E_{cm} = 22000 [f_{cm}/10]^{0.3} = 34077 \text{ MPa}$	modulo elastico
$\gamma = 25.0 \text{ kN/m}^3$	peso per unità di volume

Resistenze di progetto allo SLU

$f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / \gamma_c = 19.8 \text{ MPa}; \gamma_c = 1.50$	resistenza di progetto a compressione
$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.50 \text{ MPa}$	resistenza di progetto a trazione

Resistenze di progetto allo SLE

$\sigma_{c,r} = 0.60 \cdot f_{ck} = 21.0 \text{ MPa}$	tensione limite in comb. caratteristica (rara)
$\sigma_{c,f} = 0.45 \cdot f_{ck} = 15.8 \text{ MPa}$	tensione limite in comb. quasi permanente
$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 2.68 \text{ MPa}$	tensione limite di fessurazione (trazione)

3.3.2 Calcestruzzo per travi prefabbricate C45/55

$R_{ck} = 55 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a 28 giorni
$f_{ck} = 45 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni
$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 53 \text{ MPa}$	resistenza cilindrica valore medio
$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.80 \text{ MPa}$	resistenza media a trazione semplice (assiale)
$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.66 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica a trazione
$E_{cm} = 22000 [f_{cm}/10]^{0.3} = 36283 \text{ MPa}$	modulo elastico
$\gamma = 25.0 \text{ kN/m}^3$	peso per unità di volume

Resistenze di progetto allo SLU

$f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / \gamma_c = 25.5 \text{ MPa}; \gamma_c = 1.50$	resistenza di progetto a compressione
$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.77 \text{ MPa}$	resistenza di progetto a trazione

Resistenze di progetto allo SLE

$\sigma_{c,r} = 0.60 \cdot f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$	tensione limite in comb. caratteristica (rara)
$\sigma_{c,f} = 0.45 \cdot f_{ck} = 20.3 \text{ MPa}$	tensione limite in comb. quasi permanente
$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 3.17 \text{ MPa}$	tensione limite di fessurazione (trazione)

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 10 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

Le caratteristiche meccaniche adottate per l'acciaio da armatura sono:

CARATTERISTICHE MECCANICHE ACCIAIO PER C.A.					
TIPO	E (Mpa)	f_{tk} (Mpa)	f_{yk} (Mpa)	S.L.U	S.L.E
				$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_{m,s}$ (Mpa)	$\sigma_{smax}=f_{yk}/1.25$ (Mpa)
B450C	210000	540	450	391	360

Le caratteristiche meccaniche adottate per l'acciaio armonico sono:

CARATTERISTICHE MECCANICHE ACCIAIO ARMONICO			
TIPO	E (Mpa)	F_{ptk} (Mpa)	$F_{p(1)k}$ (Mpa)
TREFOLI 0.6"	210000	1870	1670

Intendendo con

F_{ptk} : la resistenza caratteristica a rottura

$F_{p(1)k}$: la resistenza caratteristica all' 1% di deformazione totale

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 11 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

4. ANALISI DEI CARICHI

Per l'impalcato è stata analizzata la campata di luce 25 m in cap, adottando lo schema di impalcato appoggiato all'estremità e soggetto ai carichi verticali, permanenti, mobili e sismici.

Per quanto riguarda i carichi e le azioni utilizzate si è fatto riferimento alle indicazioni della vigente normativa sia per la valutazione delle singole azioni sia per le loro combinazioni.

Nel seguito si riportano le condizioni di carico utilizzate per l'analisi delle sollecitazioni e le relative verifiche.

Si precisa che non è stata considerata la condizione relativa alle resistenze parassite dei vincoli, in quanto tale condizione produce modeste sollecitazioni nelle travi e nella soletta degli impalcati.

Di seguito si riportano le modalità e i valori delle azioni di carico considerate.

4.1 PESI PROPRI E CARICHI PERMANENTI (G1, G2)

Peso proprio dei cassoncini in c.a.p. (G1.1), calcolato in automatico dal software di calcolo assumendo un peso specifico del calcestruzzo armato pari a 25 kN/m³. Il peso degli elementi di carpenteria principale

$$G1.1 = 19.55 \text{ kN/m}$$

Peso della soletta (G1.2), considerando uno spessore di 30 cm, per una larghezza complessiva di piattaforma pari a 20.06 m

Peso dei cordoli (G1.3), considerando uno spessore di 45 cm, per una larghezza complessiva dei cordoli di 2.5 m

$$G1.2+G1.3 = 179 \text{ kN/m}$$

Carichi permanenti portati (G2)

I carichi permanenti portati agenti sulla struttura di impalcato sono:

Pavimentazione	G2.1 = 20 x 3 kN/m	60 kN/m
Guard Rail	G2.2 = 2 x 1.25 kN/m	2.50 kN/m
Velette	G2.3 = 2 x 1.0 kN/m	2.00 kN/m
Corrimano	G2.4 = 2 x 0.5 kN/m	1.00 kN/m
Impianti	G2.5 = 2 x 1.0 kN/m	2.00 kN/m
Totale	G2	41.1 kN/m

4.2 SOVRACCARICHI DA TRAFFICO (Q1, Q2)

Coerentemente con quanto indicato al p.to 5.1.3.3.3 del D. M.14/01/2008, i sovraccarichi da traffico,

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 12 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

relativamente allo "schema di carico 1", sono schematizzati mediante colonne di carico costituite, come riportato nelle figure seguenti, da forze concentrate e da carichi uniformemente distribuiti.

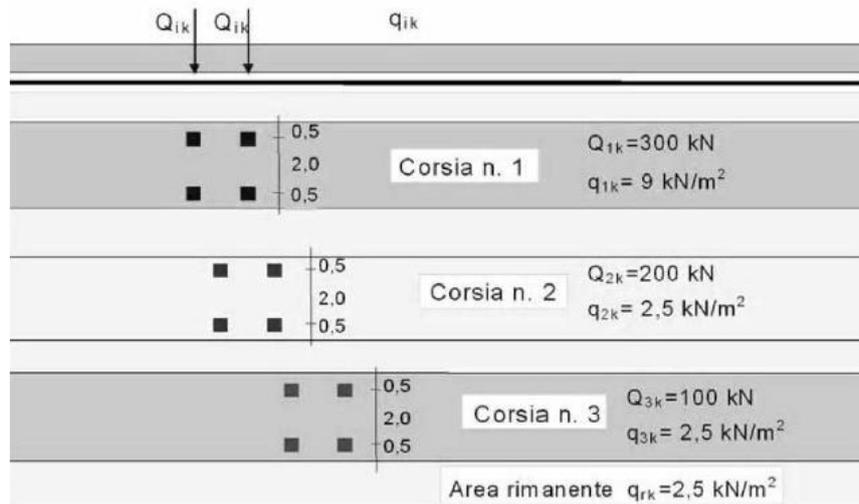


Figura 4 Schema di carico 1

Nel caso in oggetto si impiegano quattro corsie di carico costituite da:

- una colonna di carichi (ingombro = 3 m) costituita da un automezzo convenzionale Q1k di 600 kN dotato di 2 assi di 2 ruote ciascuno, distanti 1.20 m in senso longitudinale e con interasse ruote in senso trasversale di 2.00 m; un carico ripartito q1k di 9 kN/m² uniformemente distribuito;
- una seconda colonna di carichi (ingombro = 3 m), analoga alla precedente, ma con carichi pari rispettivamente a 400 kN di Q1k e 2.5 kN/m² di q1k e posta ad interasse di 3.00 m. da essa;
- una terza colonna di carichi (ingombro = 3 m), analoga alla precedente, ma con carichi pari rispettivamente a 200 kN di Q1k e 2.5 kN/m² di q1k e posta ad interasse di 3.00 m. da essa;
- una colonna di carico qrk = 2.5 kN/m² nella zona di carreggiata non impegnata dai carichi precedenti.

Carico da Folla

Sul marciapiede, il carico q_{fk} = 5 kN/m² da considerare al 50 % nelle combinazioni in cui sono presenti i carichi stradali.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS VI5800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 13 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

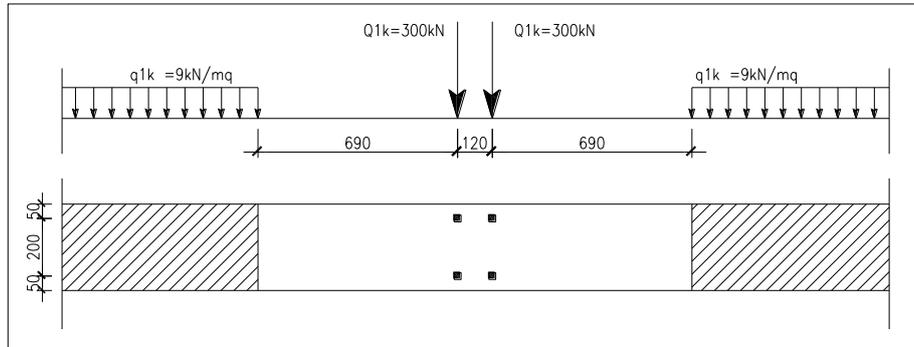


Figura 5 Prima colonna di carico

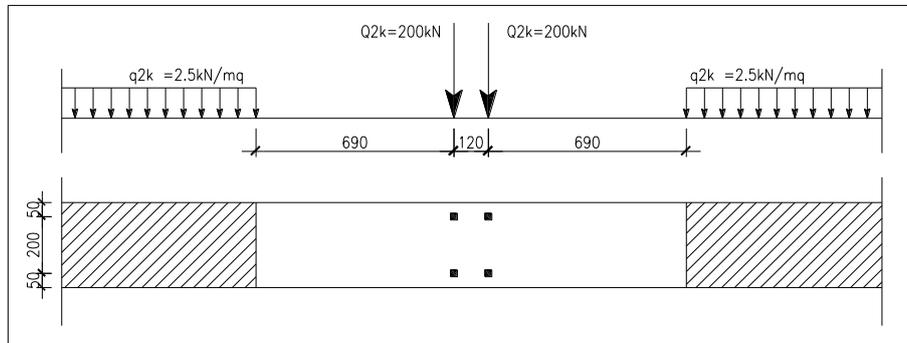


Figura 6 Seconda colonna di carico

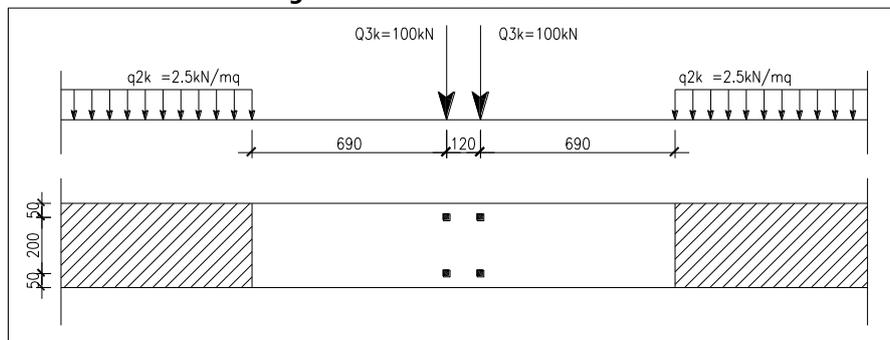


Figura 7 Terza colonna di carico

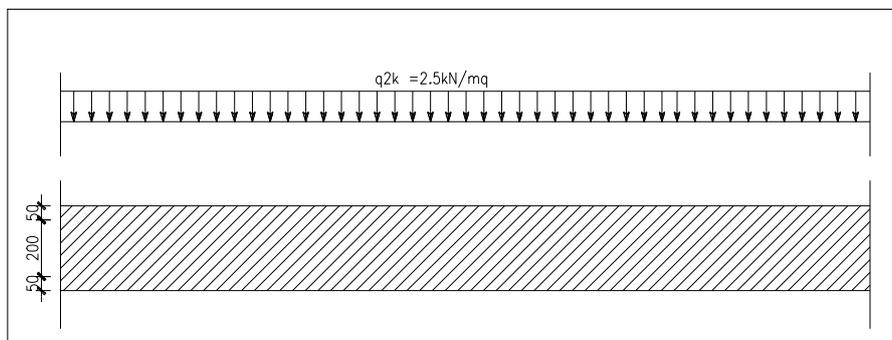


Figura 8 Quarta colonna di carico (area rimanente)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 14 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

4.3 RITIRO DIFFERENZIALE SOLETTA-TRAVE (E2)

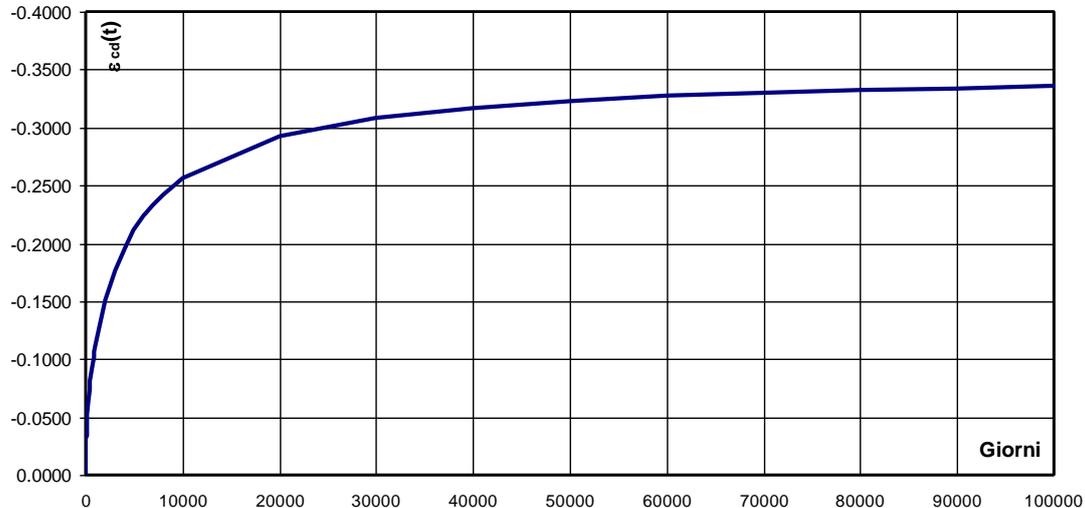
Il calcolo delle deformazioni da ritiro nella soletta è stato eseguito secondo quanto specificato nel Decreto Ministeriale 14/01/2008.

Si riporta la valutazione della deformazione da ritiro secondo le indicazioni previste dalle norme.

$f_{ck} =$	35	Mpa	<i>Resistenza Caratteristica Cilindrica a Compressione</i>
$UR =$	60	%	<i>Umidità Relativa</i>
$\epsilon_{co} =$	-0.500		<i>Deformazione per Ritiro da Essiccamento</i>
$A_c =$	3.13	m ²	<i>Area della Sezione in Conglomerato</i>
$u =$	12.55	m	<i>Perimetro della Sezione in Conglomerato esposto all'Aria</i>
$h_0 =$	500	mm	<i>Dimensione Fittizia pari al rapporto $2A_c/u$</i>
$k_h =$	0.700		
$\epsilon_{cd,\infty} =$	-0.350		<i>Deformazione per Ritiro da Essiccamento (a Tempo infinito)</i>
$\epsilon_{ca,\infty} =$	-0.000063		<i>Deformazione per Ritiro da Autogeno (a Tempo infinito)</i>
$\epsilon_{cs} =$	-0.350	‰	<i>Deformazione per Ritiro Totale (a Tempo infinito)</i>

SVILUPPO NEL TEMPO DELLA DEFORMAZIONE $\epsilon_{cd}(t)$

$t =$	50000	gg	<i>Età del calcestruzzo al tempo massimo</i>
$t_s =$	0.00	gg	
$\beta_{ds}(t-t_s) =$	0.92		<i>Funzione di sviluppo Temporale</i>
$\epsilon_{cd}(t) =$	-0.323	‰	<i>Deformazione per Ritiro da Essiccamento (al Tempo t)</i>



La valutazione riportata indica che a 50.000 gg, per un tempo superiore alla vita utile della struttura, la deformazione da ritiro raggiunge il valore 0.323‰.

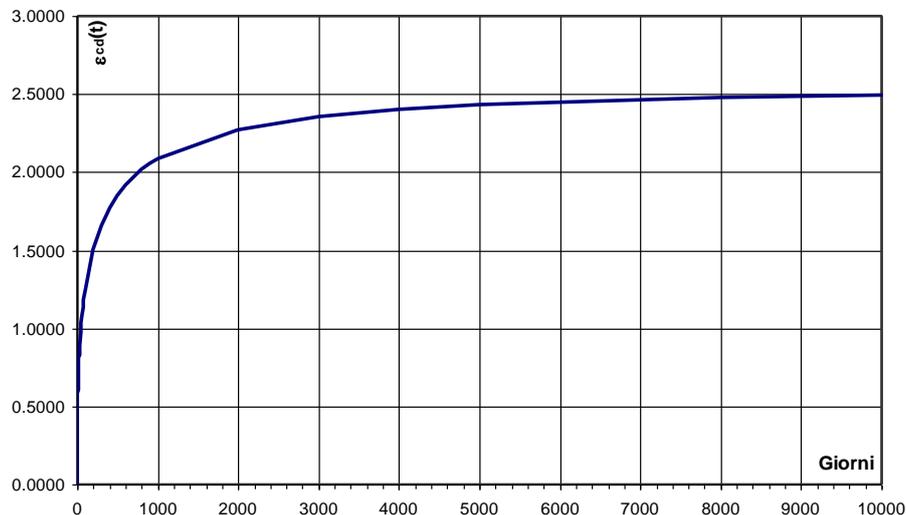
Come precedentemente evidenziato si prevede l'utilizzo di additivo antiritiro idoneo a contenere la deformazione massima al valore di 0.2‰.

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS VI5800	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 15 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

4.4 VISCOSITÀ (E4)

Di seguito si riporta il calcolo del coefficiente di viscosità per il calcestruzzo della soletta secondo quanto specificato nel Decreto Ministeriale 14/01/2008.

$h_0 =$	500	mm	<i>Dimensione Fittizia pari al rapporto $2A_c/u$</i>
$t_0 =$	4	giorni	<i>Età del calcestruzzo al Momento della messa in Carico</i>
$f_{ck} =$	35	Mpa	<i>Resistenza Caratteristica Cilindrica a Compressione</i>
$f_{cm} =$	43	Mpa	<i>Resistenza Media Cilindrica a Compressione (a 28 gg)</i>
UR =	60	%	<i>Umidità Relativa</i>
$\phi(t_{\infty}, t_0) =$	3.5		<i>Coefficiente di Viscosità a $t = \infty$</i>
SVILUPPO NEL TEMPO DEL COEFFICIENTE DI VISCOSITA' $\phi(t, t_0)$			
t =	50000	gg	<i>Età del calcestruzzo al tempo massimo</i>
$\alpha_1 =$	0.87		
$\alpha_2 =$	0.96		<i>Coefficienti dipendenti dalla resistenza del calcestruzzo</i>
$\alpha_3 =$	0.90		
$\phi_{RH} =$	1.38		<i>Coefficiente dipendente dall'umidità relativa</i>
$\beta(f_{cm}) =$	2.56		<i>Coefficiente dipendente dalla resistenza del calcestruzzo</i>
			<i>Coefficiente dipendente dall'età del Calcestruzzo</i>
$\beta(t_0) =$	0.70		<i>al momento dell'applicazione del carico</i>
$\phi_0 =$	2.5		<i>Coefficiente Nominale di Viscosità</i>
$\beta_H =$	975.548427		<i>Coefficiente dipendente da UR e da h_0</i>
$\beta_{cc}(t-t_0) =$	0.99		<i>Coefficiente descrittivo dell'evoluzione della viscosità nel tempo</i>
$\phi(t, t_0) =$	2.5		<i>Coefficiente di Viscosità al tempo $t = 10.000$</i>



4.1 VARIAZIONE TERMICA (E3)

L'azione della variazione termica è valutata, in termini di temperatura massima estiva e minima invernale dell'aria nel sito della costruzione, con periodo di ritorno di 50 anni, attraverso le indicazioni generali fornite dal DM 2008 (punto 3.5.1) e quelle specifiche contenute nella UNI EN 1991-1-5.

In dettaglio, è stata valutata una variazione termica uniforme pari a +/-25°C lungo tutto lo sviluppo

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 16 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

dell'opera. Tale valore è stato definito come di seguito illustrato.

In prima analisi, sono state determinate la minima e la massima temperatura dell'aria all'ombra. Queste grandezze, funzione della posizione geografica, sono ricavate dalle mappe nazionali delle linee isotermitiche, presenti nell'Appendice Nazionale, 2007 della UNI EN 1991-1-1 e di seguito riportate:

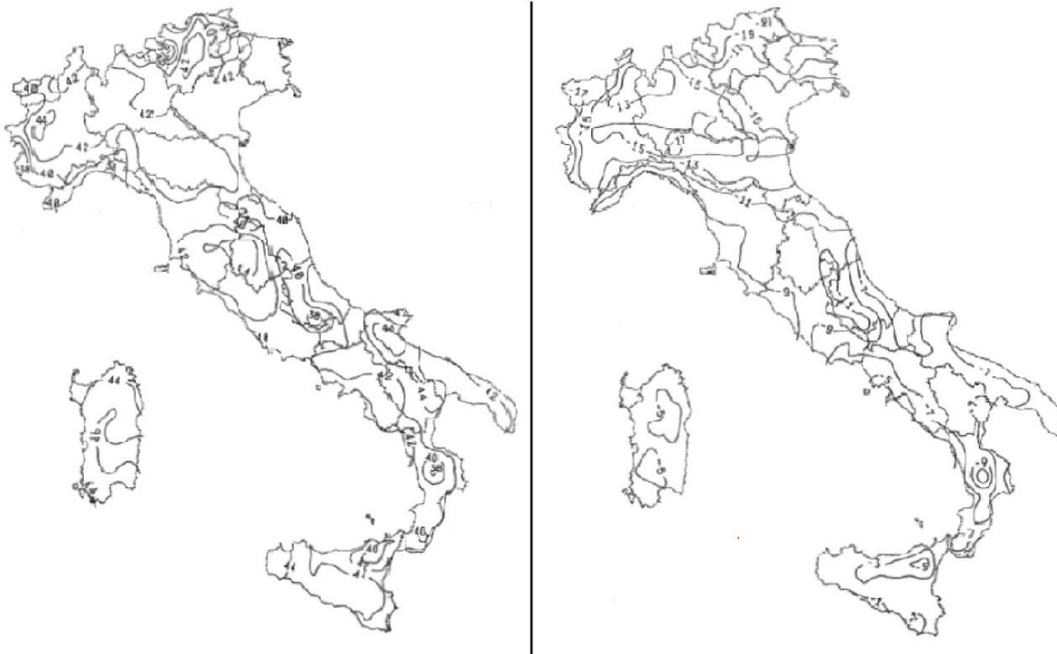


Figura 9 Mappe nazionali delle linee isotermitiche; Tmax a sinistra e Tmin a destra (Appendici nazionali, 2007)

Per il sito in cui sorge il viadotto in esame i valori forniti dalle isoterme sono:

Tmax = 40°

Tmin = -11 °

Questi valori hanno un periodo di ritorno pari a 50 anni (probabilità annuale di essere superati pari a 0,02); inoltre si riferiscono al livello medio dei mari. Per ottenere dei valori propri per la zona in cui sorge il viadotto in esame, occorre modificarli come proposto dalla normativa:

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 17 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

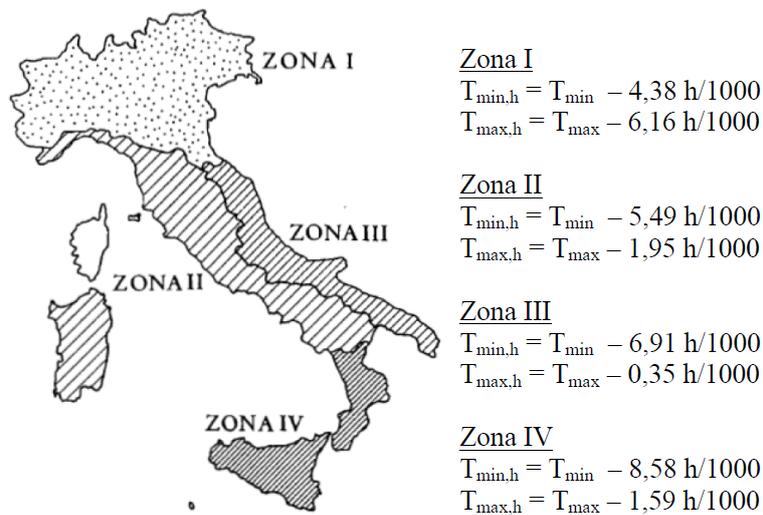


Figura 10: Zone climatiche italiane (Appendice A, UNI EN 1991-1-5)

Poiché il viadotto in esame ricade nella zona climatica 2, i valori massimi e minimi dell'aria all'ombra sono i seguenti:

$$T_{min, h} = -13 \text{ °C}$$

$$T_{max, h} = +39 \text{ °C}$$

a cui corrispondono, per ponti di gruppo 3 (tipologia impalcato di calcestruzzo), i seguenti valori riferiti alla struttura:

$$T_e, \text{ min} = -5 \text{ °C}$$

$$T_e, \text{ max} = +40 \text{ °C}$$

Tali valori sono estrapolati dal grafico riportato di seguito e contenuto nell' Eurocodice EN 1991-1-5.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 18 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

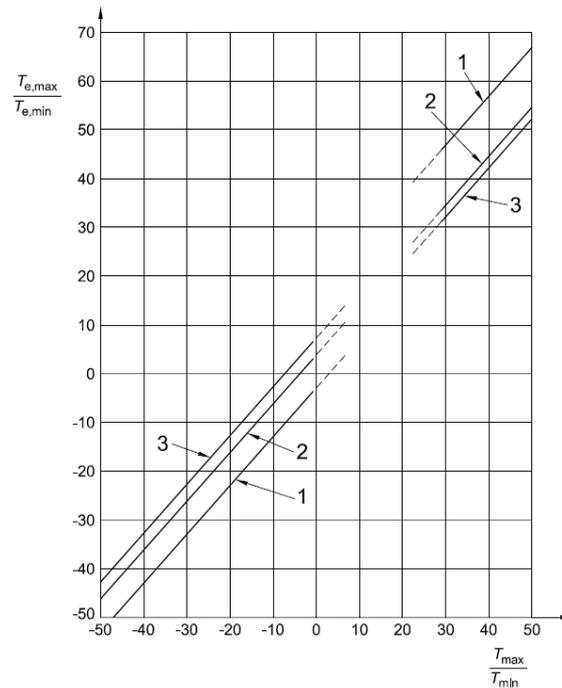


Figura 11: Correlazione tra temperatura dell'aria all'ombra minima/massima (Tmin/Tmax) e componente di temperatura uniforme del ponte minima/massima (Te.min/Te.max)

Come temperatura di riferimento (T_0), cioè temperatura dell'istante in cui la struttura è stata vincolata, la normativa propone:

$$T_0 = 15^\circ$$

In definitiva quindi si ottiene l'escursione termica uniforme:

$$\Delta T_N \text{ comp} = -25^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_N \text{ exp} = +25^\circ \text{C}$$

Oltre la variazione termica uniforme, è stata considerata anche una differenza di temperatura di 5°C con andamento a farfalla tra la soletta e la trave.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 19 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

4.2 AZIONE DI FRENAMENTO (Q3)

Secondo il D.M. 14/01/2008 l'azione longitudinale di frenamento è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n. 1, ed è uguale a:

$$180kN \leq q_3 = 0.6(2 \cdot Q_{1k}) + 0.1 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900kN$$

Nel caso in oggetto risulta $Q_3 = 427.5 \text{ kN} = 17.1 \text{ kN/m}$.

L'azione di frenatura è applicata convenzionalmente a quota pavimentazione.

4.3 AZIONE CENTRIFUGA (Q4)

L'azione centrifuga per ogni colonna di carico è valutata convenzionalmente come segue:

$$R < 60 \text{ m} \quad q_4 = 5.00 \text{ kN/m}$$

$$60 \text{ m} \leq R \leq 1500 \text{ m} \quad q_4 = 300/R \text{ kN/m}$$

$$1500 \text{ m} \leq R \quad q_4 = 0.00 \text{ kN/m}$$

Per il viadotto in esame l'azione centrifuga è nulla in quanto l'impalcato si sviluppa in rettilineo.

4.4 AZIONE DEL VENTO (Q5)

L'azione del vento viene convenzionalmente assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse del ponte.

La superficie dei carichi transitanti esposta al vento si assimila ad una parete rettangolare continua dell'altezza di 3.m a partire dal piano stradale.

Si riporta di seguito il calcolo della pressione del vento per unità di superficie.

Si valuta la pressione del vento in accordo con il paragrafo 3.3 del DM. 14/01/2008. La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_b \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d,$$

dove:

q_b = è la pressione cinetica di riferimento;

C_e = è il coefficiente di esposizione;

C_p = è il coefficiente di forma o aerodinamico;

C_d = è il coefficiente dinamico.

Con:

$$q_b = \rho \cdot (v_b)^2 / 2 = 456 \text{ N/m}^2;$$

dove v_b è stato desunto dalla tabella 3.3.I, zona 3 (Marche, Umbria) e ρ è la densità dell'aria, assunta

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 20 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

pari a 1.25 kg/m^3 .

Considerando una classe di rugosità D (tabella 3.3.III), l'altezza del sito sul livello del mare, dalla figura 3.3.2 si evince che la struttura si trova in categoria II e dunque, in accordo con la tabella 3.3.II si assumono i seguenti parametri:

$$\begin{aligned} k_r &= 0.19; \\ z_0 &= 0.05 \text{ m}; \\ z_{\min} &= 4 \text{ m}. \end{aligned}$$

quindi ipotizzando che l'opera abbia altezza $z \approx 10 \text{ m}$ dal suolo risulta:

$$c_e(z) = k^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] = 2.36.$$

Secondo le indicazioni della Circolare del 02/02/2009 "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. del 14/01/2008" (par. C3.3.10.4), si determina il coefficiente aerodinamico per l'impalcato in esame:

$$c_p = 2.4 - \varphi = 1.4, \text{ essendo per travi ad anima piena } \varphi = 1$$

Si considera un coefficiente dinamico (c_d) cautelativamente pari a 1 (par. 3.3.8 D.M. 14/01/2008). Procedendo al calcolo della pressione si ottiene:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d = 456 \text{ N/m}^2 \times 2.36 \times 1.4 \times 1 = 1.51 \text{ kN/m}^2$$

A vantaggio di sicurezza si assume comunque una pressione da vento pari a 2.5 kN/m^2

Vento a ponte carico

Cautelativamente si considera su tutto il ponte la sagoma dei veicoli per un'altezza pari a 3.0 al di sopra della livelletta.

$$q_w = (1.6 + 0.45 \times 3.00) \times 2.5 \text{ kN/m} = 12.6 \text{ kN/m}.$$

Vento a ponte scarico

Cautelativamente questa condizione di carico si considera coincidente con la precedente.

4.5 AZIONI SISMICHE (Q6)

Il viadotto in oggetto è progettato per una vita nominale V_N pari a 50 anni. Gli si attribuisce inoltre una classe d'uso III ("Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza.") ai sensi del D. Min. 14/01/2008, da cui scaturisce un coefficiente d'uso $C_U = 1$.

L'azione sismica di progetto è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base del sito su cui l'opera insiste, descritta in termini geografici e temporali:

- attraverso i valori di accelerazione orizzontale di picco a_g (attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale) e le espressioni che definiscono le ordinate del relativo spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$;
- in corrispondenza del punto del reticolo che individua la posizione geografica dell'opera;

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 21 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

- con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR.

In particolare, la forma spettrale prevista dalla normativa è definita, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- a_g , accelerazione orizzontale massima del terreno
- F_0 , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_C^* , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I suddetti parametri sono calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

In particolare, si può notare come F_0 descriva la pericolosità sismica locale del sito su cui l'opera insiste. Infatti, da quest'ultimo, attraverso le espressioni fornite dalla normativa, sono valutati i valori d'amplificazione stratigrafica e topografica. Di seguito sono riassunti i valori dei parametri assunti per l'opera in oggetto.

Vita nominale V_N	= 50 anni;
Classe d'uso	= III;
Coefficiente d'uso C_u	= 1.5;
Periodo di riferimento V_R	= 75 anni;
$T_{R,SLV}$	= 712 anni;
Comune	= Fabriano;
$a_{g,SLV}$	= 0.206 g;
$F_{0,SLV}$	= 2.526;
$T_{c,SLV}^*$	= 0.331 sec.

Tabella 1 - Accelerazione (a_g), fattore (F_0) e periodo (T_C^*) per comune di riferimento - Fabriano

V_R [anni]	Stato Limite	PV_R -	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
75	SLO	81%	45	0.073	2.450	0.286
	SLD	63%	75	0.090	2.454	0.297
	SLV	10%	712	0.206	2.526	0.331
	SLC	5%	1462	0.262	2.555	0.339

Lo spettro di risposta elastico per la descrizione della componente orizzontale del moto sismico è infine costruito a partire dai parametri seguenti.

Categoria di suolo	= C;
Categoria topografica	= T1;
S_s , fattore stratigrafico	= 1.388;
S_T , fattore topografico	= 1.0;
C_c , fattore correttivo del periodo T_C^*	= 1.5.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 22 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	---------------------------

Si riportano nell'immagine seguente, a titolo di riferimento, gli *spettri elastici allo SLV* in accelerazione in direzione orizzontale e verticale.

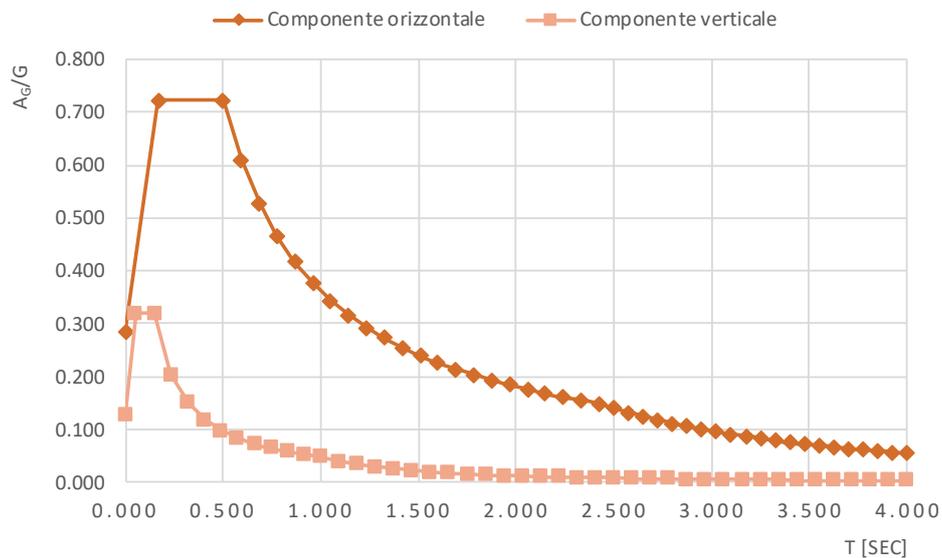


Figura 12 – SLV: Spettri elastici in accelerazione ($q = 1$)

In accordo a quanto previsto al punto 7.2.1 del D. Min. 14/01/2008 si prende in considerazione nel seguito, ai fini della verifica dell'impalcato, la sola azione sismica verticale rappresentata dallo spettro SLV con fattore di struttura $q = 1$.

5. COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico considerate sono stabilite in conformità a quanto prescritto al Cap. 2 del D.M.14/01/2008.

5.1 GRUPPI DI CARICO

Nella tabella seguente, in accordo a quanto specificato in tabella 5.1.3.12 del D.M.14/01/2008., sono esplicitati i gruppi di carico considerati per i carichi accidentali da traffico.

Tabella 2 – Valori caratteristici delle azioni da traffico

Gruppo di azioni	<i>Carichi sulla carreggiata</i>					<i>Carichi su marciapiedi e piste ciclabili</i>
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (Schemi di carico 1, 2, 3, 4, 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura q_3	Forza centrifuga q_4	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione $2,5 \text{ kN/m}^2$
2 a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2 b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$			Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(*) Ponti di 3ª categoria
 (**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
 (***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Coerentemente nel seguito si fa riferimento ai gruppi di azioni da traffico 1, 2a e 2b.

5.2 COEFFICIENTI PARZIALI E DI COMBINAZIONE

Si utilizzano i coefficienti parziali di sicurezza e i coefficienti di combinazione di seguito riportati.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 24 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

Tabella 3 – Coefficienti parziali di sicurezza 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

Tabella 4 – Coefficienti di combinazione

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
	4 (folla)	----	0,75	0,0
Vento q_5	Vento a ponte scarico	0,6	0,2	0,0
	SLU e SLE			
	Esecuzione	0,8	----	0,0
Neve q_5	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

5.3 COMBINAZIONI AGLI SLU

Di seguito si esplicitano i coefficienti utilizzati per le singole combinazioni di carico rilevanti per le verifiche strutturali dell'impalcato agli SLU.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 2B	Settore E	CEE 12	WBS V5800	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 25 di 102
---------------	--------------	--------------	-----------	--------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

L'espressione per le combinazioni di verifica strutturali (A1 - STR) è:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Mentre quella per le combinazioni sotto SISMA o ECCEZIONALI è:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Combinazione		G1	G2	E1	E2	E3	Gr.1	Gr.2a	Gr.2b	Q5	Q6	q9
A1 STR	Gr.1	1.35	1.35	0	1.2	0.72	1.35	0	0	0.9	0	0
	Gr.2a	1.35	1.35	0	1.2	0.72	0	1.35	0	0.9	0	0
	Gr.2b	1.35	1.35	0	1.2	0.72	0	0	1.35	0.9	0	0
	Q5	1.35	1.35	0	1.2	0.72	0	0	1	1.5	0	0
SISMA	SLV Z	1	1	0	1	0.5	0	0	0	0	1	0
ECCEZIONALE	-	1	1	0	1	0.5	0	0	0	0	0	1

5.4 COMBINAZIONI AGLI SLE

Di seguito si esplicitano i coefficienti utilizzati per le singole combinazioni di carico rilevanti per le verifiche dell'impalcato agli SLE.

L'espressione per le combinazioni di verifica RARE è:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

L'espressione per le combinazioni di verifica FREQUENTI è:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

L'espressione per le combinazioni di verifica QUASI PERMANENTI è:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Combinazione		G1	G2	E1	E2	E3	Gr.1	Gr.2a	Gr.2b	Q5
RARA	Gr.1	1	1	0	1	0.6	1	0	0	0.6
	Gr.2a	1	1	0	1	0.6	0	1	0	0.6
	Gr.2b	1	1	0	1	0.6	0	0	1	0.6
FREQUENTE	Gr.2a	1	1	0	1	0.5	0	1	0	0
	Gr.2b	1	1	0	1	0.5	0	0	1	0
QUASI PERMANENTE	-	1	1	0	1	0.5	0	0	0	0

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 26 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

6. MODELLI DI CALCOLO

Per la verifica degli impalcato del viadotto in oggetto sono stati implementati due diversi modelli di calcolo rappresentativi della configurazione dell'impalcato, entrambi agli elementi finiti, attraverso il software di calcolo Midas Civil 2020 v1.2:

- Il primo modello viene utilizzato per l'analisi della soletta ed è caratterizzato da elementi plate che rappresentano la soletta, i traversi e le travi.
- Il secondo modello viene utilizzato per l'analisi delle travi in c.a.p., ed è caratterizzato da elementi frame che rappresentano la soletta, i traversi e le travi.

Il software è stato impiegato per la modellazione dell'intera opera, finalizzata all'analisi strutturale. Dal modello sono state dedotte le sollecitazioni complessive al fine di procedere con le verifiche di sicurezza previste dalle normative di riferimento.

Dal modello di calcolo globale, infine, sono state ricavate le sollecitazioni agenti sulle sottostrutture necessarie ai fini delle verifiche geotecniche del sistema terreno-fondazione e delle verifiche strutturali, entrambe riportate nella specifica relazione di calcolo e pertanto non contenute nel presente documento.

6.1 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

Nell'ambito del presente paragrafo si riporta una descrizione delle caratteristiche dei software utilizzati per l'esecuzione delle analisi e verifiche strutturali esposte ai precedenti paragrafi.

Nello specifico, l'analisi del comportamento globale delle strutture d'impalcato è stato effettuato con l'ausilio del software MIDAS/CIVIL 2020 v1.2, distribuito in Italia dalla CSPFea (Padova).

Per l'esecuzione di verifiche di sezioni in cemento armato si è invece utilizzato il software PresFle+, prodotto e distribuito dalla Concrete srl (Padova).

Infine si è ricorso a fogli di calcolo elettronici auto-prodotti, per l'automatizzazione di ulteriori verifiche quali quelle a taglio e agli SLE delle travi in precompresso.

6.1.1 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo dei software impiegati ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore dei software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. Le stesse società produttrici hanno verificato l'affidabilità e la robustezza dei codici di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati sono contenuti in apposita documentazione fornita a corredo dell'acquisto del prodotto, che per brevità espositiva si omette di allegare al presente documento.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 27 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

6.1.2 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni esposte nel documento sono state inoltre sottoposte a controlli dal sottoscritto utente del software.

Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali, che per brevità espositiva si omette dall'allegare al presente documento.

Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, Il Progettista dichiara pertanto che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, validando conseguentemente i risultati dei calcoli esposti nella presente relazione.

6.2 IMPALCATI IN C.A.P. - MODELLO DI CALCOLO PER LA VERIFICA DELLA SOLETTA

Il primo modello viene utilizzato per l'analisi della soletta ed è caratterizzato da elementi plate quadrangolari di dimensioni circa 25cmx25cm, che rappresentano:

- la soletta
- le travi
- i traversi di testata

La soletta viene modellata con larghezza e lo spessore di progetto (di 0.30 m). Le travi e i traversi hanno sezione trasversale coerente con quanto descritto nel paragrafo 1.1.

In generale, i vincoli tra l'impalcato e le sottostrutture sono costituiti da molle elastiche con rigidità equivalente a quella del dispositivo di isolamento.

Tale modello consente di simulare meglio il comportamento distributivo della soletta per gli effetti locali dovuti alla presenza dei carichi mobili.

I carichi vengono infatti applicati in corrispondenza della mezzeria dello spessore degli elementi plate della soletta come pressioni. Tali valori di pressione derivano da una diffusione a 45° attraverso la pavimentazione e metà spessore della soletta.

Sono state applicate le seguenti condizioni di carico:

- G1.1 - peso proprio degli elementi trave e traversi: calcolato in automatico dal programma;
- G1.2 – peso proprio della soletta
- G2.1 - pavimentazione
- G2.2 - marciapiedi
- Q1 - carichi accidentali da traffico: applicati come pressioni in corrispondenza dell'asse degli elementi plate rappresentativi della soletta di impalcato, secondo gli

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	12	V15800	REL	01	B	28 di 102

schemi di carico descritti ai Paragrafi Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.. e Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..

I carichi uniformemente distribuiti vengono applicati per l'intera larghezza della corsia e per tutta la lunghezza di impalcato.

I carichi tandem, invece, vengono applicati in corrispondenza dell'asse degli elementi plate rappresentativi della soletta di impalcato su un'area di impronta pari a quella dell'ingombro dello pneumatico, di dimensione 40cm x 40cm, ampliata per tener conto di una distribuzione a 45° dei carichi attraverso lo spessore della pavimentazione e della soletta, raggiungendo un'area di impronta pari a circa 90cm x 90cm per il singolo pneumatico.

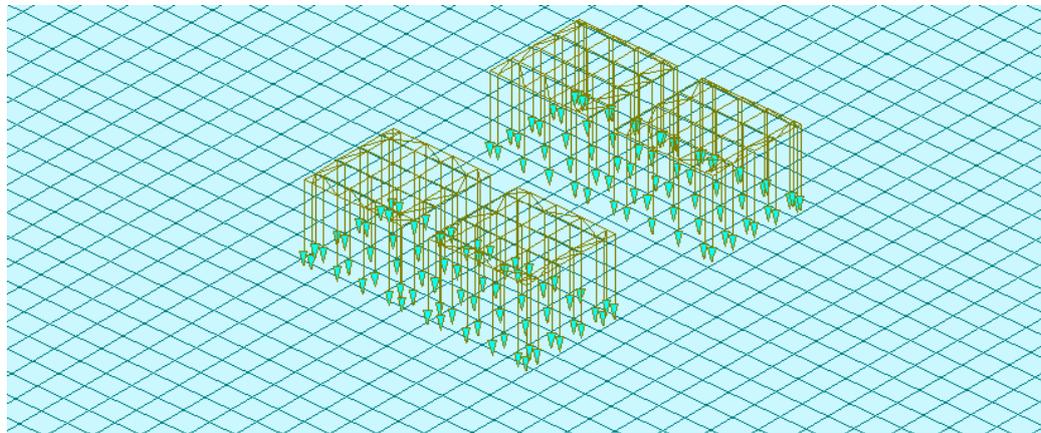


Figura 13: Carichi da traffico Schema 1 – Carichi tandem

Tali carichi vengono posizionati longitudinalmente all'impalcato in corrispondenza della mezzeria ed in corrispondenza del giunto:

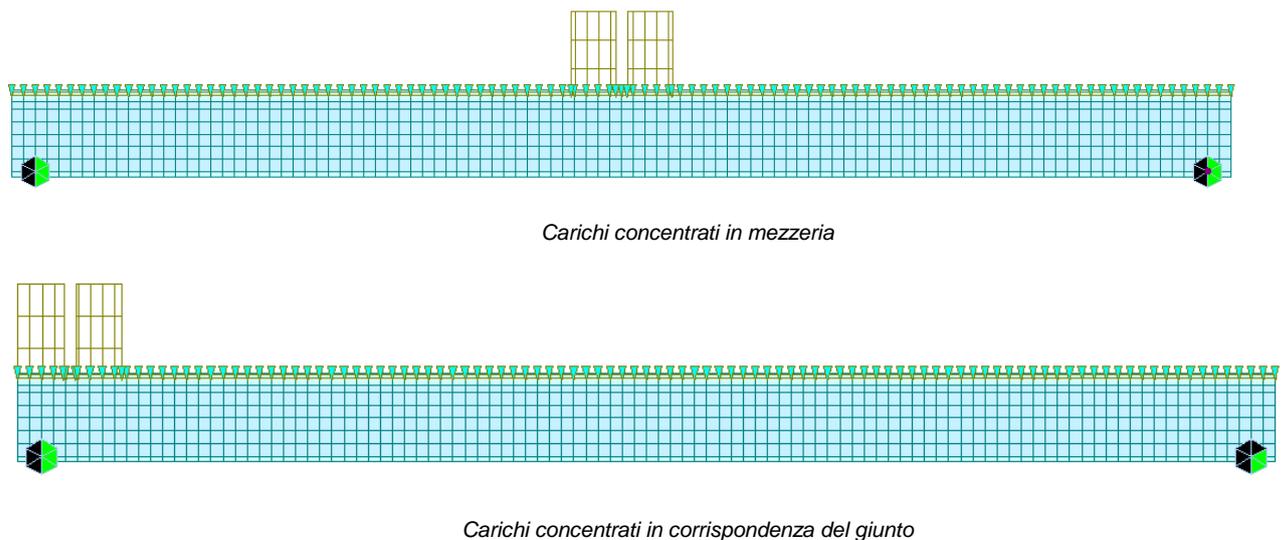


Figura 14: Distribuzione longitudinale dei carichi da traffico



2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 2B	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 29 di 102
---------------	--------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

In direzione trasversale all'impalcato i carichi vengono posizionati secondo diverse distribuzioni ai fini di massimizzare le sollecitazioni flettenti e taglianti.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 30 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

Come precisato al par. Errore. L'origine riferimento non è stata trovata., per la verifica della soletta per azioni eccezionali dovute all'urto di un veicolo in svio, si associa allo schema di carico 2 l'azione d'urto schematizzata da quattro forze orizzontali di 90 kN (già amplificate di un coefficiente di 1.5) posizionate in corrispondenza delle barriere di sicurezza ad un'altezza di 1 m dalla pavimentazione e ad un interasse longitudinale di 1.5 m.

I carichi concentrati vengono applicati in corrispondenza dell'asse degli elementi plate rappresentativi della soletta di impalcato su un'area di impronta pari a quella dell'ingombro dello pneumatico, di dimensione 35cm x 60cm, ampliata per tener conto di una distribuzione a 45° dei carichi attraverso lo spessore della pavimentazione e della soletta, raggiungendo un'area di impronta pari a circa 85cm x 110 cm per il singolo pneumatico.

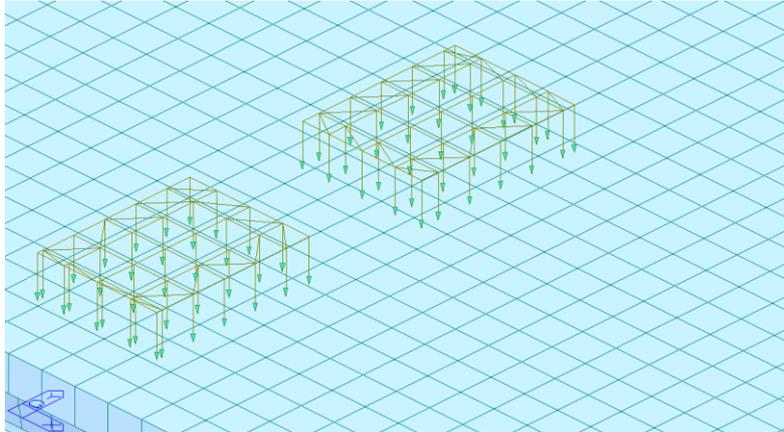


Figura 15: Carichi da traffico Schema 2

L'azione d'urto viene modellata con:

- quattro forze orizzontali $F=90$ kN ad interasse longitudinale di 1.50 m, applicate in asse alla soletta;
- quattro coppie $M= Fxd$, dove d è la distanza tra la il punto di applicazione della forza e l'asse della soletta.

Per tener conto della distribuzione delle azioni all'interno del cordolo e della soletta, queste sono state applicate come carichi distribuiti (pressioni/depressioni) su un'area di soletta determinata dall'area della piastra di ancoraggio della barriera ampliata per tener conto di una distribuzione a 45° dei carichi attraverso lo spessore del cordolo e di metà soletta.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 31 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	---------------------------

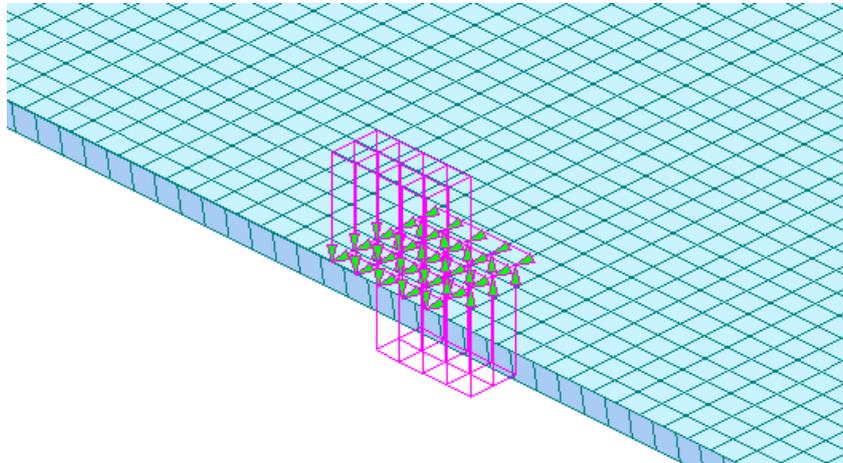


Figura 39: Distribuzione delle azioni d'urto

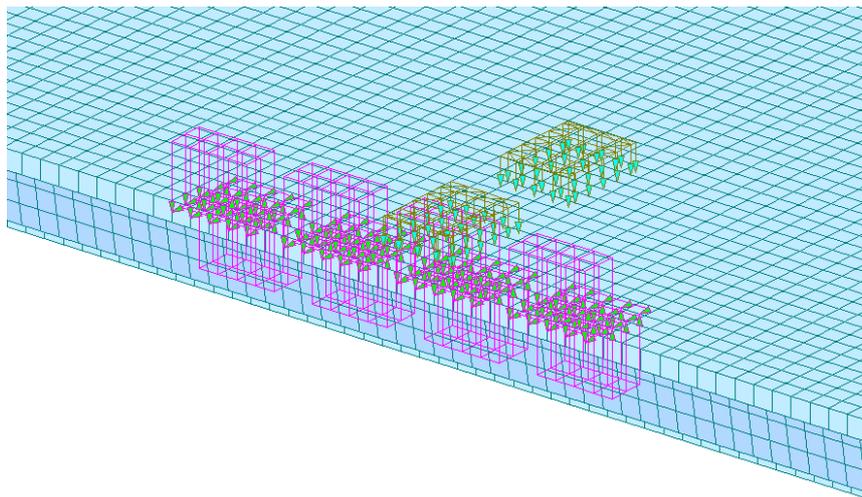
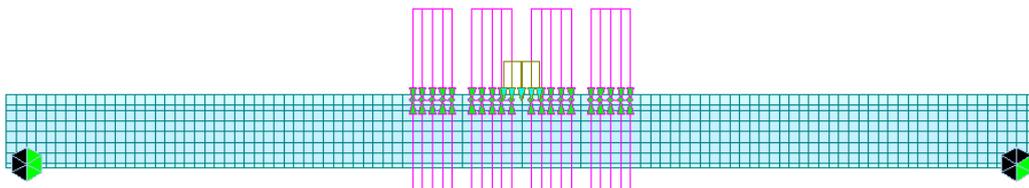


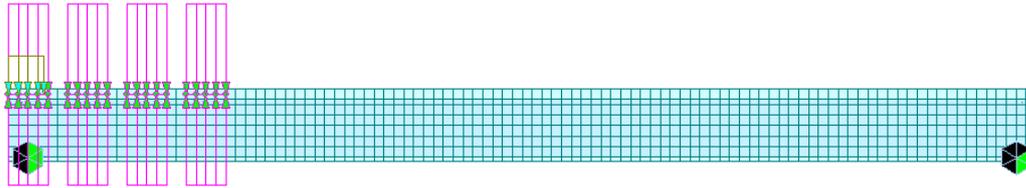
Figura 16: Distribuzione delle azioni d'urto in combinazione con i carichi dello schema 2

Tali carichi vengono posizionati longitudinalmente all'impalcato in corrispondenza della mezzeria ed in corrispondenza del giunto:



Carichi concentrati in mezzeria

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 32 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------



Carichi concentrati in corrispondenza del giunto

Figura 17: Distribuzione longitudinale dei carichi da traffico schema 1 associati alle azioni d'urto

6.3 MODELLO DI CALCOLO PER LA VERIFICA DELLE TRAVI

Il secondo modello viene utilizzato per l'analisi delle travi in c.a.p., ed è caratterizzato da elementi frame che rappresentano

- la soletta
- le travi
- i traversi di testata

La soletta viene modellata con larghezza e lo spessore lo spessore di progetto (di 0.30 m). Le travi e i traversi hanno sezione trasversale coerente con quella descritta al paragrafo 1.1. Gli elementi trave sono a sezione composta, da cassoncini e soletta con il proprio spessore e larghezza pari all'interasse trasversale tra le travi stesse, e sono pertanto correttamente rappresentative della rigidità longitudinale dell'impalcato. Elementi trasversali, dello spessore della soletta, vengono disposti ogni metro di impalcato per collegare le travi trasversalmente e per consentire una corretta ripartizione dei carichi in direzione trasversale. Travi longitudinali, elementi trasversali di soletta e traversi formano pertanto un graticcio rappresentativo del comportamento dell'impalcato sotto azioni verticali e orizzontali.

In generale, i vincoli tra l'impalcato e le sottostrutture sono costituiti da:

- Molle elastiche con rigidità equivalente a quella del dispositivo di isolamento.

I vincoli tra la soletta e le travi di impalcato sono costituiti da:

- Bracci rigidi che collegano la soletta al baricentro della trave

I carichi vengono applicati agli elementi frame della soletta come carichi distribuiti a metro lineare.

Sono state applicate le seguenti condizioni di carico:

G1.1 - peso proprio degli elementi trave e traversi calcolato in automatico dal programma;

G1.2 – peso proprio della soletta

G2.1 - pavimentazione

G2.2 - marciapiedi (comprensivo di sicurvia e barriera antilancio)

Q1 - carichi accidentali da traffico: Q1 - carichi accidentali da traffico: applicati come carichi viaggianti in direzione longitudinale lungo l'impalcato, secondo lo schema di carico 1 descritto al Paragrafo 4.2, coerentemente con le corsie convenzionali definite dalla normativa in funzione della larghezza della piattaforma stradale e in modo da massimizzare le sollecitazioni nelle travi.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS VI5800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 33 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

I carichi uniformemente distribuiti vengono applicati per l'intera larghezza della corsia e per tutta la lunghezza di impalcato.

7 VERIFICHE STRUTTURALI DELL'IMPALCATO

Di seguito vengono riportate le verifiche condotte sul viadotto Sant'Anna che presenta un impalcato di luce pari a 25 m, a tre travi disposte ad interasse pari a 3.75 m, con marciapiedi di larghezza pari a 1.25 m. Tale impalcato, confrontato con quello in oggetto, costituisce una situazione maggiormente gravosa sia per le travi che per la soletta, assicurando la sicurezza strutturale dell'impalcato in oggetto.

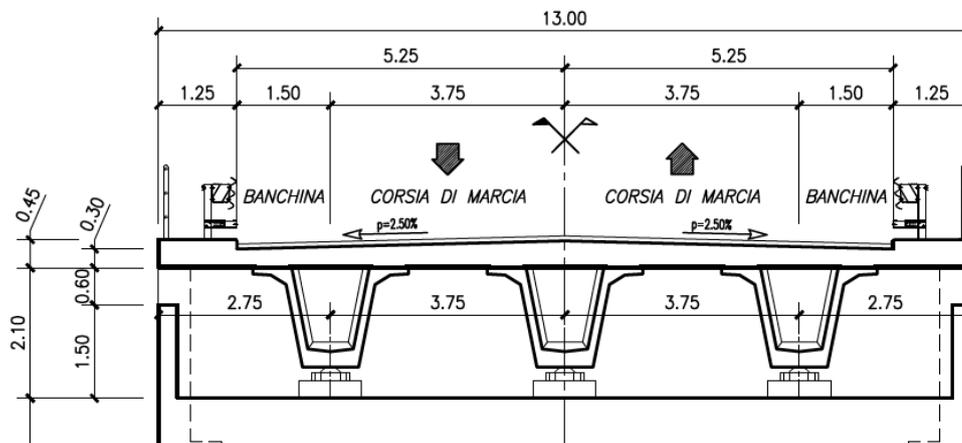


Figura 18: Sezione trasversale del viadotto Sant'Anna

Per la valutazione di sicurezza dell'impalcato si è proceduto con la verifica della soletta attraverso il modello di calcolo specifico, descritto al Par. 6.2. Per la verifica delle travi in c.a.p. e dei traversi si è proceduto con la verifica della soletta attraverso il modello di calcolo specifico, descritto al Par. 6.3

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 34 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

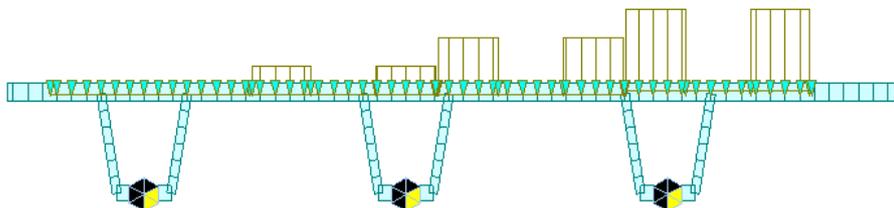
7.1 VERIFICA DELLA SOLETTA

7.1.1 Verifica della soletta per carichi mobili disposti in mezzeria della campata

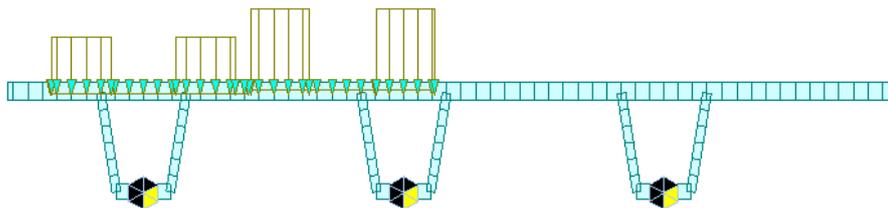
Per una verifica strutturale della soletta sono state condotte analisi e verifiche per carichi verticali per le seguenti combinazioni di carico:

- A1-STR Gr.1
- Eccezionale

Le distribuzioni dei carichi da traffico analizzate sono quelle che massimizzano le sollecitazioni nella soletta per entrambe le combinazioni di carico e sono riportate nelle immagini seguenti:



Condizione 1 - Momento massimo negativo in appoggio



Condizione 2 - Momento massimo positivo in campata

Figura 19: Distribuzione dei carichi mobili più gravosa per le verifiche della soletta in combinazione A1-STR Gr.1

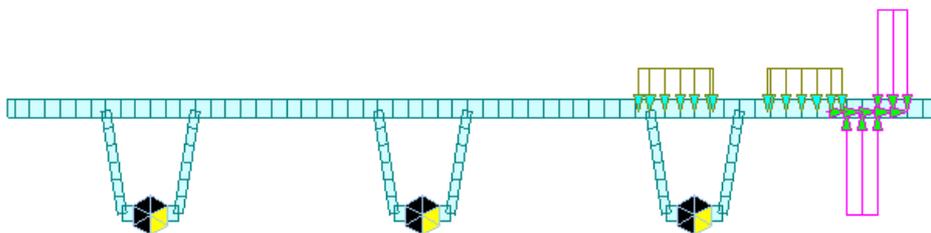


Figura 20: Distribuzione dei carichi mobili più gravosa per le verifiche della soletta in combinazione Eccezionale

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

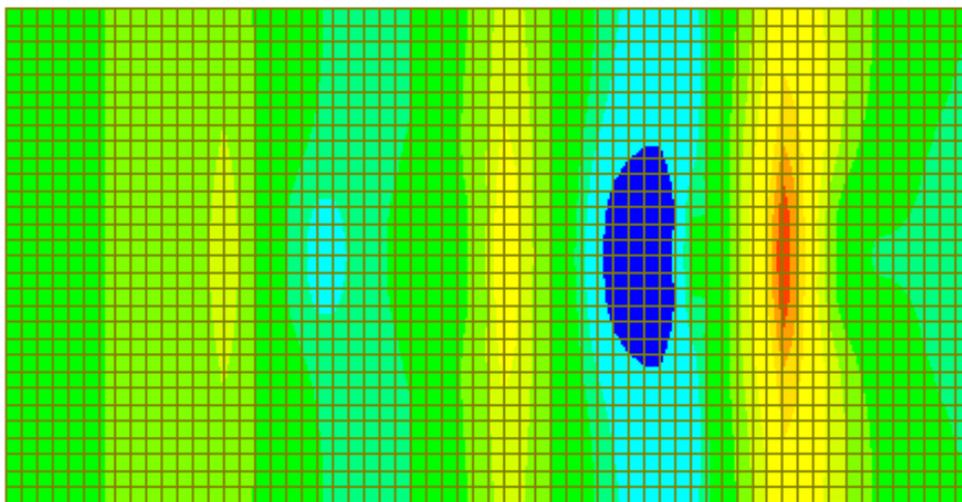
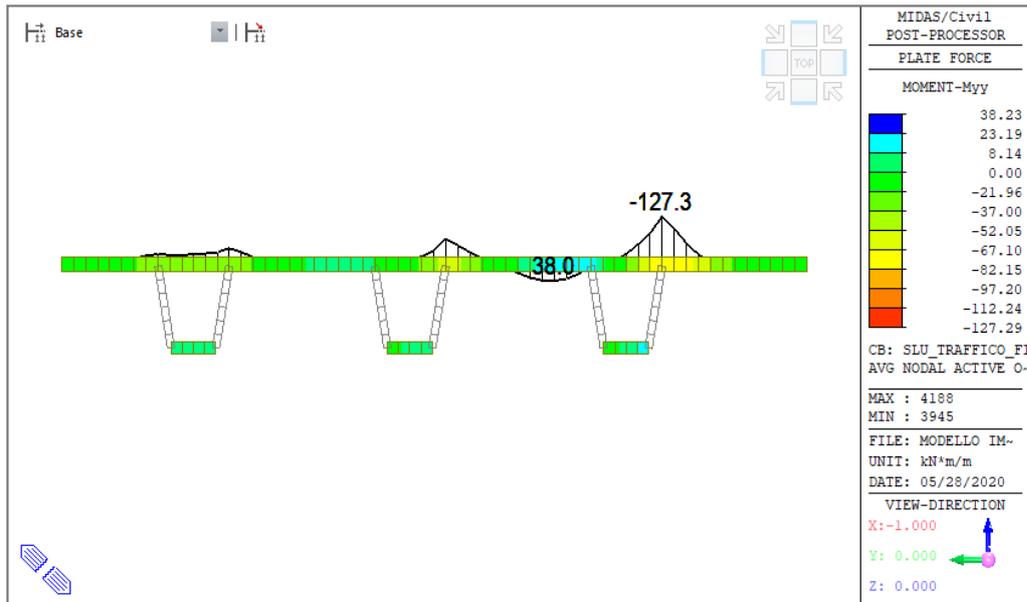
OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.diPag.
L073	213	E	12	V15800	REL	01	B	35 di 102

7.1.1.1 Diagrammi delle sollecitazioni

In corrispondenza della sezione trasversale dell'impalcato si riportano a seguire i diagrammi delle sollecitazioni flettenti e taglianti per la soletta.



**Figura 21: Diagramma del momento flettente nella soletta . Condizione 1 - Combinazione A1-STR
 Gr.1**

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 36 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

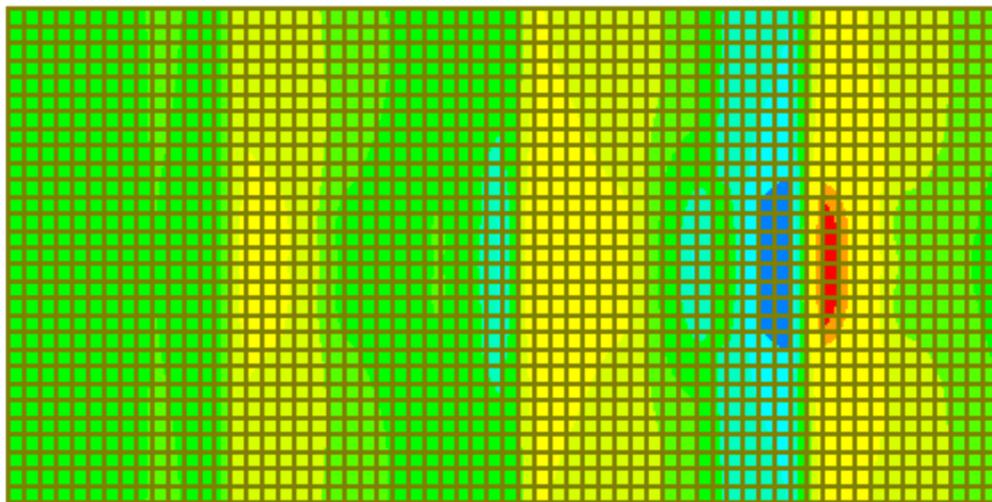
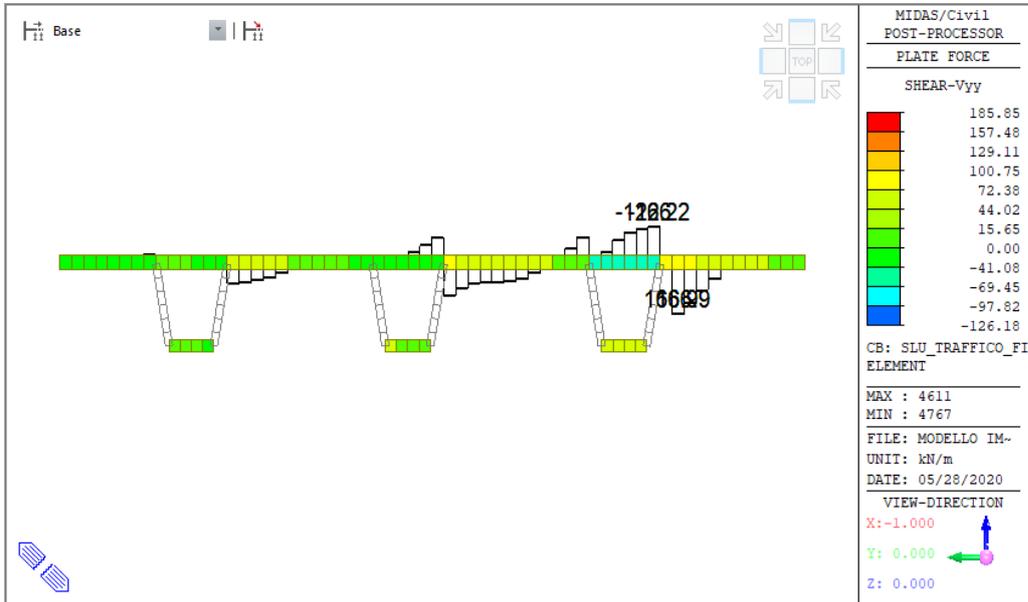


Figura 22: Diagramma del taglio nella soletta – Condizione 1 - Combinazione A1-STR Gr.1

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 37 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

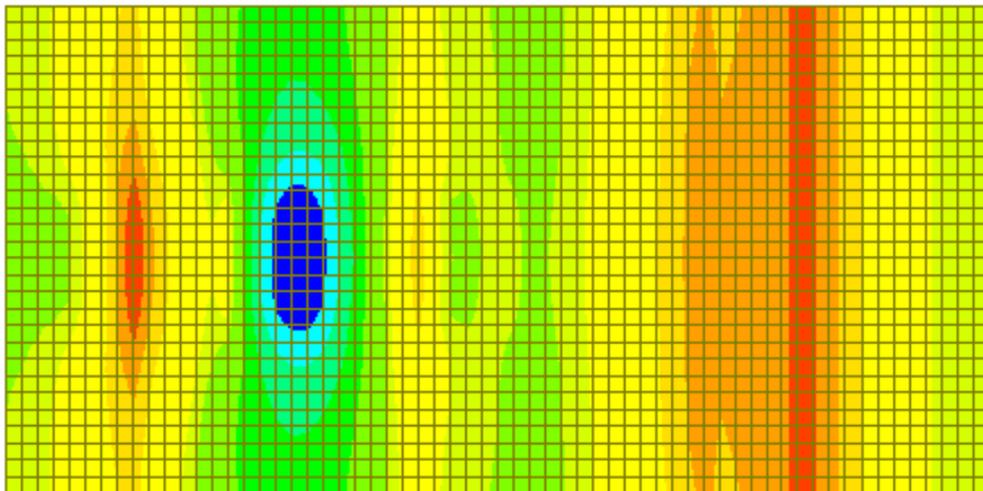
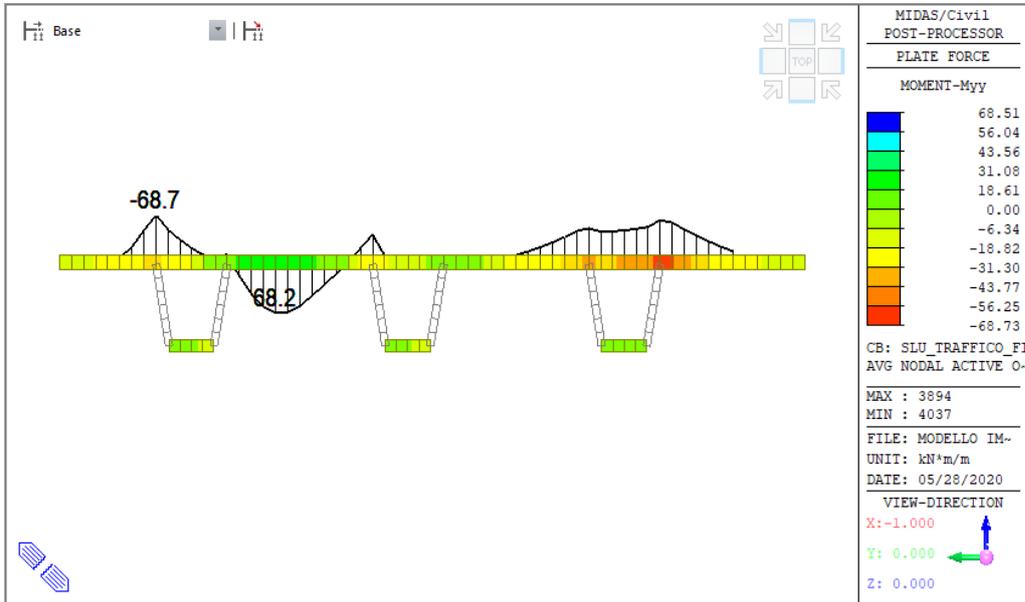


Figura 23: Diagramma del momento flettente nella soletta . Condizione 2 - Combinazione A1-STR
 Gr.1

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	12	V15800	REL	01	B	38 di 102

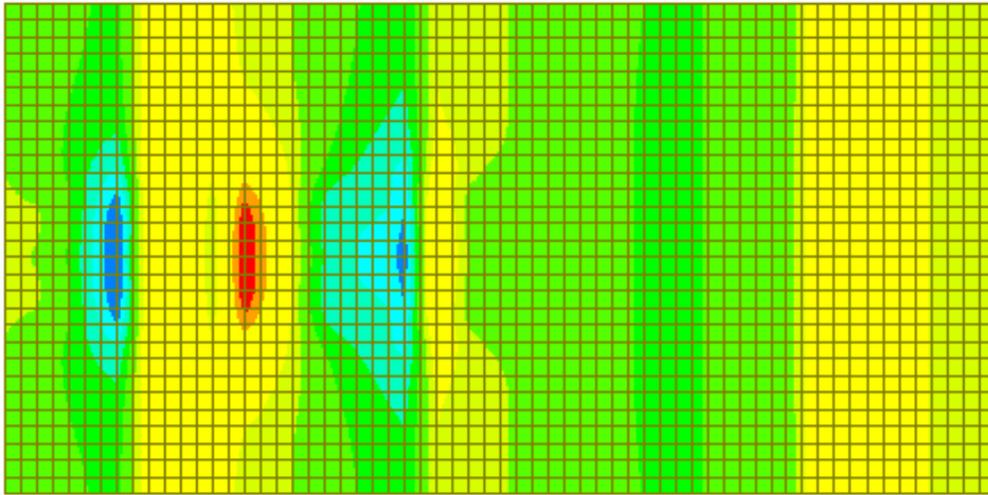
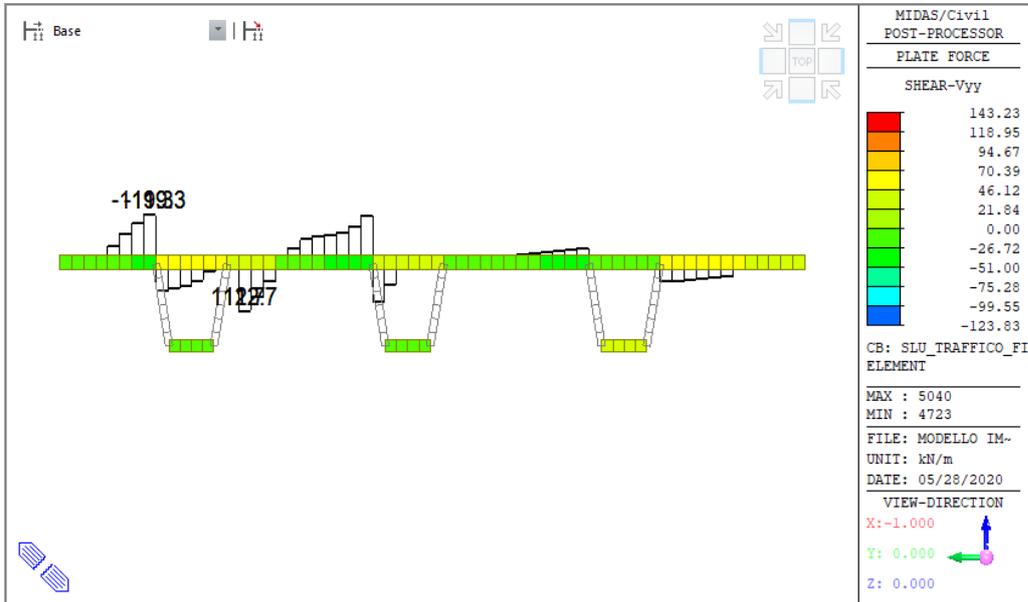


Figura 24: Diagramma del taglio nella soletta – Condizione 2 - Combinazione A1-STR Gr.1

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	12	V15800	REL	01	B	39 di 102

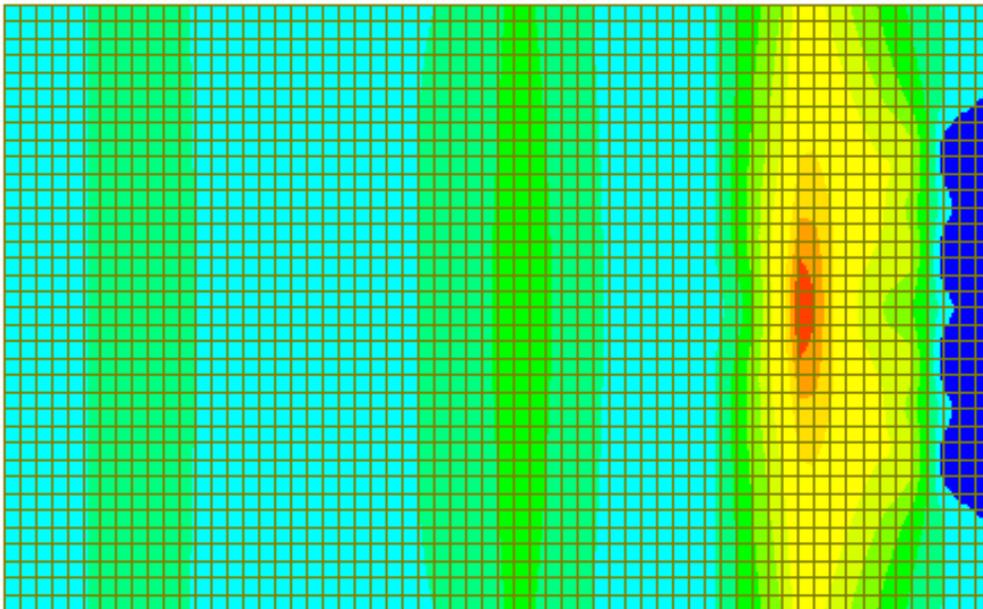
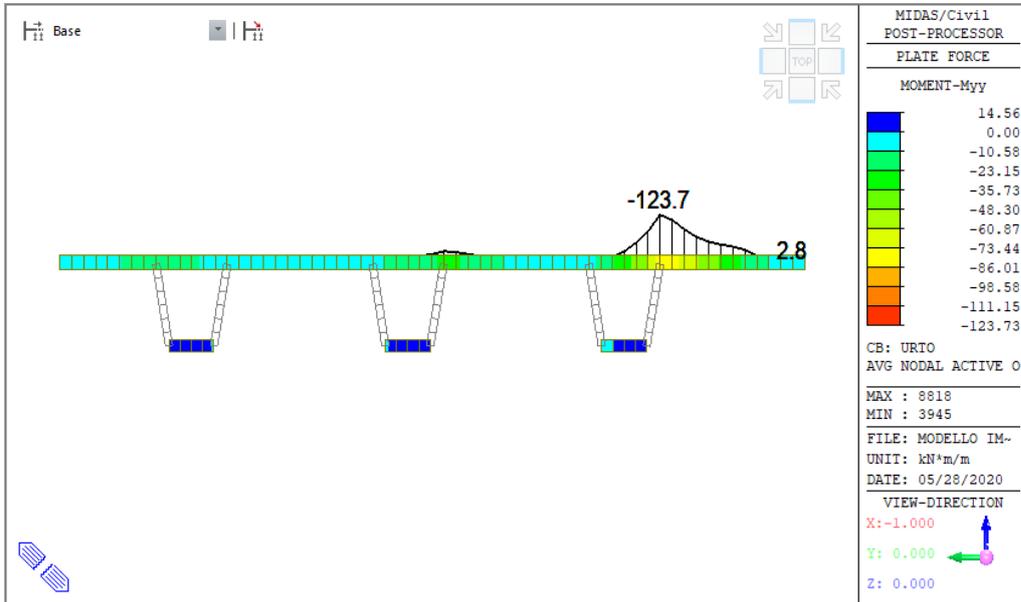


Figura 25: Diagramma del momento flettente nella soletta in combinazione Eccezionale

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.diPag. 40 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------

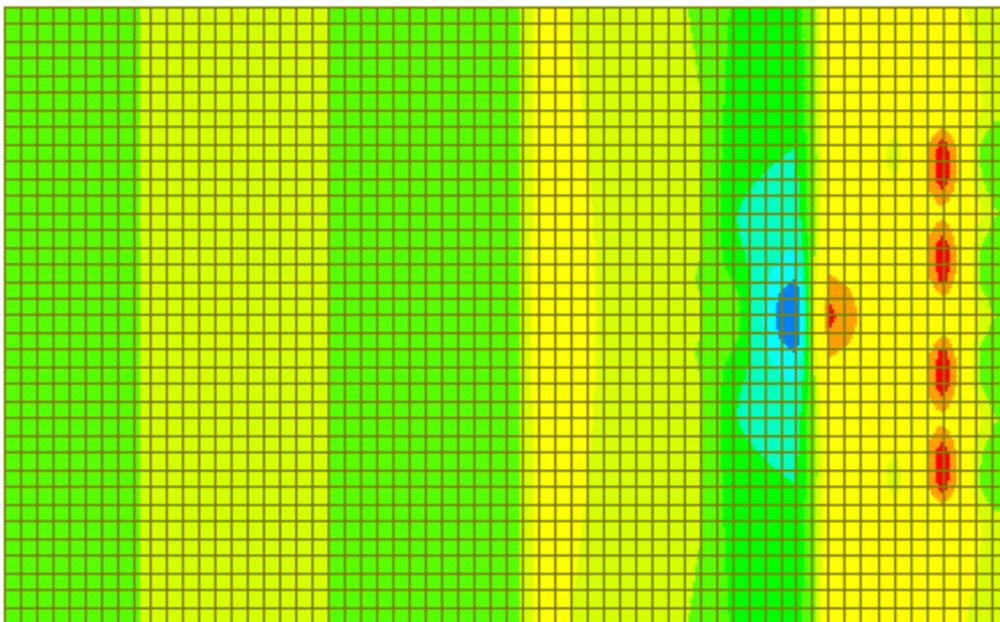
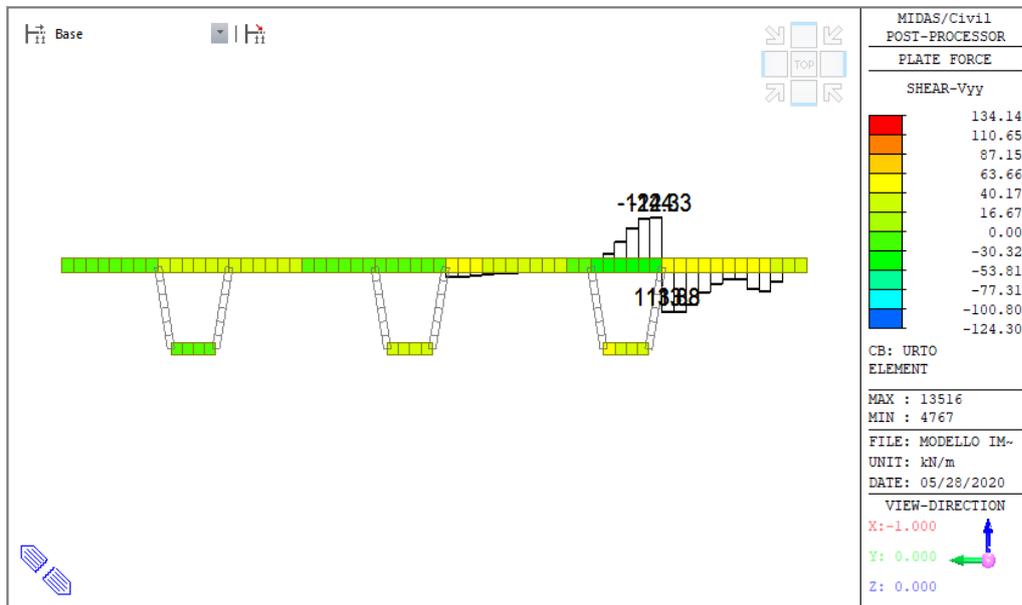


Figura 26: Diagramma del taglio nella soletta in combinazione Eccezionale

Riepilogo sollecitazioni			
Combinazione	Posizione	M _{Ed}	V _{Ed}
[-]	[-]	[kNm]	[kNm]
A1-STR Gr.1	appoggio	127	166.9
A1-STR Gr.1	campata	68.2	112.1
ECCEZIONALE	appoggio	123.7	122.4

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 41 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

Tabella 5: Riepilogo delle sollecitazioni nelle combinazioni di verifica

7.1.1.2 Verifiche della soletta agli SLU

Si riportano di seguito le verifiche a flessione e taglio della soletta per la combinazione allo A1-STRGr.1 e Eccezionale. La soletta, risulta costituita da uno spessore di 30 cm comprensivo di tavelle; la sezione è armata da barre $\phi 22/20$ disposte sia superiormente che inferiormente, mentre per le zone d'appoggio trave-soletta si utilizzano armature superiori costituite da $\phi 24/20$.

7.1.1.3 Verifiche a flessione

Si riportano di seguito le tabelle riepilogative delle verifiche a flessione per la soletta, svolte secondo quanto descritto al paragrafo Errore. L'origine riferimento non è stata trovata., per le combinazioni di carico sopra descritte.

Le verifiche sono state condotte con il software di calcolo PresFle, utilizzando una sezione resistente di soletta ($s=30\text{cm}$) con una armatura aggiuntiva trasversale superiore di $\phi 22/20$ per tutta la larghezza dell'impalcato ed, in corrispondenza degli appoggi di ferri di diametro $\phi 24/20$.

Sezione di verifica				Armatura		
Base [cm]	Altezza [cm]	Copriferro superiore [cm]	Copriferro inferiore [cm]	Superiore	inferiore	Taglio
100	30	4	7	1 $\phi 22/20$	1 $\phi 22/20$	-

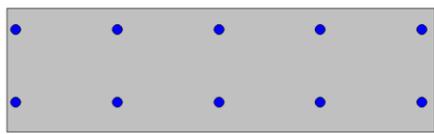
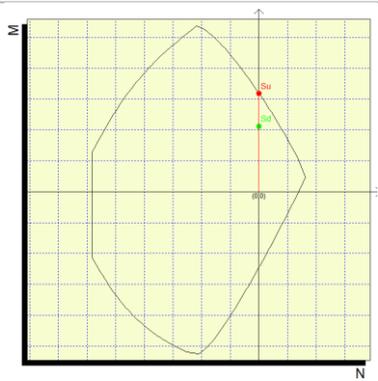


Tabella 6: Sezione resistente soletta

Verifica della soletta a flessione trasversale						
Combinazione [-]	Sollecitazione [-]	Posizione [-]	M_{Ed} [kNm]	M_{Rd} [kNm]	Dominio di resistenza [-]	C.S. [-]
A1-STR Gr.1	M.	appoggio	127.3	169.3		1.33

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 42 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

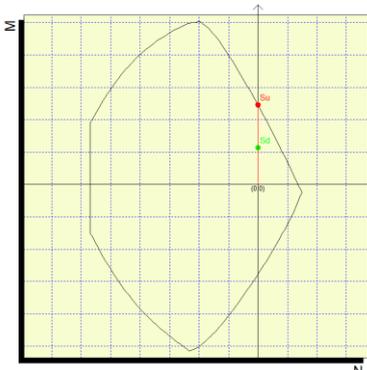
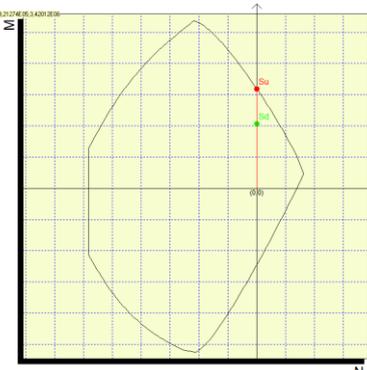
A1-STR Gr.1	M+	campata	68.2	148.9		2.19
ECCEZIONALE	M-	appoggio	123.7	169.3		1.36

Tabella 7: Verifica a flessione della soletta

Le verifiche risultano soddisfatte sia per momento negativo in combinazione Eccezionale, sia per momento positivo in combinazione A1-STR Gr.1.

Dalle tabelle sopra riportate si evince un livello di sicurezza della soletta superiore all'unità.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 43 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

7.1.1.4 Verifiche a taglio

La soletta in corrispondenza della mezzeria non è provvista di una armatura a taglio, dunque le verifiche sono state condotte facendo riferimento alla resistenza a taglio della sezione priva di staffature, calcolata come illustrato al paragrafo Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. Le verifiche sono condotte sulle combinazioni di carico che massimizzano i momenti positivo e negativo sopra descritte, considerando, a seconda del caso, un'altezza utile $d=26$ cm ($c_{sup}=4$ cm) in corrispondenza di un momento negativo (fibre tese superiori) e $d=23$ cm ($c_{inf}=7$ cm) in corrispondenza di un momento positivo (fibre tese inferiori). Si riportano di seguito i valori del taglio resistente in corrispondenza di una sollecitazione flettente negativa e di una sollecitazione flettente positiva.

Verifica a taglio della soletta in corrispondenza di un momento flettente negativo ($d=26$ cm)			
Geometria Sezione			
H=	0.30	m	Altezza della Sezione
B=	1.00	m	Larghezza della Sezione
Ac=	0.30	m ²	Area della Sezione (non omogeneizzata)
n=	15		Coefficiente di omogeneizzazione
Aid=	0.36	m ²	Area della Sezione (omogeneizzata)
xg=	0.15	m	Distanza del Baricentro dell'intera sezione rispetto al lembo compresso
Ig=	0.00	m ⁴	Momento di Inerzia dell'intera sezione rispetto al lembo compresso
Wsup=	0.02	m ³	
elim,cls=	0.05	m	Eccentricità massima di decompressione fibra inferiore del cls
e1-lim,acc=	0.07	m	Eccentricità massima di decompressione della prima fila di barre
e2-lim,acc=	0.07	m	Eccentricità massima di decompressione della seconda fila di barre
Armatura Longitudinale Tesa			
I° Strato			
n° barre=	5		Numero Barre
φ =	22	mm	Diametro Barre dello strato
A_t=	0.00190	m ²	Area Armatura dello strato
c_{teso}=	0.04	m	Copriferro Armatura Tesa dal Lembo Teso (Asse Barre)
II° Strato			
n° barre=	0		Numero Barre
f=	22	mm	Diametro Barre dello strato
A_t=	0.00000	m ²	Area Armatura dello strato
c_{teso}=	0.04	m	Copriferro Armatura Tesa dal Lembo Teso (Asse Barre)
A_{f,tot}=	0.00	m ²	Area Armatura tesa totale
c_{tot}=	0.04	m	Copriferro Baricentro Armatura Tesa dal Lembo Teso
Armatura Longitudinale Compressa			
I° Strato			
n° barre=	5		Numero Barre
φ =	22	mm	Diametro Barre dello strato
A_t=	0.00190	m ²	Area Armatura dello strato
c_{comp}=	0.07	m	Copriferro Armatura Compressa dal Lembo Compresso (Asse Barre)
II° Strato			
n° barre=	0		Numero Barre
f=	20	mm	Diametro Barre dello strato
A_t=	0.00000	m ²	Area Armatura dello strato
c_{comp}=	0.03	m	Copriferro Armatura Compressa dal Lembo Compresso (Asse Barre)
A_{f,tot}=	0.00190	m ²	Area Armatura compressa totale
c_{tot}=	0.07	m	Copriferro Baricentro Armatura Tesa dal Lembo Compresso
Caratteristiche del Calcestruzzo			
f_{ck}=	35	Mpa	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo
f_{ctm}=	3.21	Mpa	Resistenza media a Trazione del calcestruzzo
f_{ctk,0.05}=	2.25	Mpa	Resistenza Caratteristica a Trazione del calcestruzzo
f_{ctk,0.95}=	3.85	Mpa	Resistenza Trazione per Flessione del calcestruzzo
γ_c=	1.5		Coefficiente parziale di sicurezza sul calcestruzzo
f_{cd}=	19.83	Mpa	Resistenza a Compressione di calcolo

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	12	V15800	REL	01	B	44 di 102

f_{ctd}	1.50	Mpa	Resistenza a Trazione di calcolo
Caratteristiche dell'Acciaio			
f_{yk}	550	Mpa	Resistenza caratteristica di rottura
f_{yk}	450	Mpa	Resistenza caratteristica di snervamento
γ_s	1.15		Coefficiente parziale di sicurezza sull'acciaio
f_{yd}	391.30	Mpa	Resistenza di calcolo
Verifica per Elementi che non richiedono Armatura a Taglio			
d	0.26	m	Altezza Utile della sezione
b_w	1.00	m	Larghezza della membratura resistente a taglio
k	1.88		
A_{sl}	0.00190	m ²	Area dell'armatura longitudinale di trazione ancorata secondo normativa
r_l	0.01		$A_{sl}/(b_w d)$
N_{Ed}		kN	Forza assiale dovuta ai carichi o alla precompressione (Positivo di Compressione)
s_{cp}	0.00	Mpa	N_{Ed}/A_{id}
v_{min}	0.53	MPa	
$V_{Rd,c-min}$	138.45	kN	
$V_{Rd,c}$	172.57	kN	Taglio Ultimo

Tabella 8: Taglio resistente della soletta per fibre tese superiori

Verifica a taglio della soletta in corrispondenza di un momento flettente positivo ($d=23$ cm)			
Geometria Sezione			
H	0.30	m	Altezza della Sezione
B	1.00	m	Larghezza della Sezione
A_c	0.30	m ²	Area della Sezione (non omogeneizzata)
n	15		Coefficiente di omogeneizzazione
A_{id}	0.36	m ²	Area della Sezione (omogeneizzata)
x_g	0.15	m	Distanza del Baricentro dell'intera sezione rispetto al lembo compresso
I_g	0.00	m ⁴	Momento di Inerzia dell'intera sezione rispetto al lembo compresso
W_{sup}	0.02	m ³	
$e_{lim,cls}$	0.05	m	Eccentricità massima di decompressione fibra inferiore del cls
$e_{1-lim,acc}$	0.08	m	Eccentricità massima di decompressione della prima fila di barre
$e_{2-lim,acc}$	0.08	m	Eccentricità massima di decompressione della seconda fila di barre
Armatura Longitudinale Tesa			
I° Strato			
n° barre	5		Numero Barre
ϕ	22	mm	Diametro Barre dello strato
A_f	0.00190	m ²	Area Armatura dello strato
c_{teso}	0.07	m	Copriferro Armatura Tesa dal Lembo Teso (Asse Barre)
II° Strato			
n° barre	0		Numero Barre
f	20	mm	Diametro Barre dello strato
A_f	0.00000	m ²	Area Armatura dello strato
c_{teso}	0.06	m	Copriferro Armatura Tesa dal Lembo Teso (Asse Barre)
$A_{f,tot}$	0.00	m ²	Area Armatura tesa totale
c_{tot}	0.07	m	Copriferro Baricentro Armatura Tesa dal Lembo Teso
Armatura Longitudinale Compressa			
I° Strato			
n° barre	5		Numero Barre
ϕ	22	mm	Diametro Barre dello strato
A_f	0.00190	m ²	Area Armatura dello strato
c_{comp}	0.04	m	Copriferro Armatura Compressa dal Lembo Compresso (Asse Barre)
II° Strato			
n° barre	0		Numero Barre
f	20	mm	Diametro Barre dello strato
A_f	0.00000	m ²	Area Armatura dello strato
c_{comp}	0.04	m	Copriferro Armatura Compressa dal Lembo Compresso (Asse Barre)
$A_{f,tot}$	0.00190	m ²	Area Armatura compressa totale
c_{tot}	0.04	m	Copriferro Baricentro Armatura Tesa dal Lembo Compresso
Caratteristiche del Calcestruzzo			
f_{ck}	35	Mpa	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	12	V15800	REL	01	B	45 di 102

f_{ctm}	3.21	Mpa	Resistenza media a Trazione del calcestruzzo
$f_{ctk,0.05}$	2.25	Mpa	Resistenza Caratteristica a Trazione del calcestruzzo
$f_{ctk,0.95}$	3.85	Mpa	Resistenza Trazione per Flessione del calcestruzzo
γ_c	1.5		Coefficiente parziale di sicurezza sul calcestruzzo
f_{cd}	19.83	Mpa	Resistenza a Compressione di calcolo
f_{ctd}	1.50	Mpa	Resistenza a Trazione di calcolo
Caratteristiche dell'Acciaio			
f_{uk}	550	Mpa	Resistenza caratteristica di rottura
f_{yk}	450	Mpa	Resistenza caratteristica di snervamento
γ_s	1.15		Coefficiente parziale di sicurezza sull'acciaio
f_{yd}	391.30	Mpa	Resistenza di calcolo
Verifica per Elementi che non richiedono Armatura a Taglio			
d	0.23	m	Altezza Utile della sezione
b_w	1.00	m	Larghezza della membratura resistente a taglio
k	1.93		
A_{sl}	0.00190	m ²	Area dell'armatura longitudinale di trazione ancorata secondo normativa
r_f	0.01		$A_{sl}/(b_w d)$
N_{Ed}	0.0	kN	Forza assiale dovuta ai carichi o alla precompressione (Positivo di Compressione)
s_{cp}	0.00	Mpa	N_{Ed}/A_{id}
v_{min}	0.56	MPa	
$V_{Rd,c-min}$	127.94	kN	
$V_{Rd,c}$	163.72	kN	Taglio Ultimo

Tabella 9: Taglio resistente della soletta per fibre tese inferiori

Nel seguito sono riportate le tabelle riepilogative delle verifiche condotte.

Verifica della soletta a taglio trasversale						
Combinazione [-]	Sollecitazione [-]	Posizione [-]	d [cm]	V_{Ed} [kNm]	V_{Rd} [kNm]	C.S. [-]
A1-STR Gr.1	V(M.)	appoggio	26	166.9	172.4	1.03
A1-STR Gr.1	V(M ₊)	campata	23	112.1	163.7	1.46
ECCEZIONALE	V(M ₋)	appoggio	26	122.4	172.4	1.40

Tabella 10: Verifica a taglio della soletta

Le verifiche di resistenza a taglio risultano soddisfatte in combinazione A1-STR Gr.1 ed Eccezionale. Anche in questo caso si desume un livello di sicurezza della soletta superiore all'unità.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

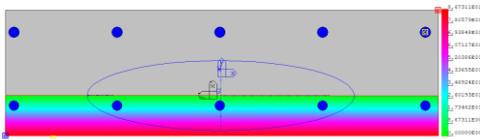
Relazione di calcolo impalcato

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	213	E	12	V15800	REL	01	B	46 di 102

7.1.1.5 Verifiche della soletta agli SLE

Combinazione	$M_{max, -}$ [kNm]	$M_{max, +}$ [kNm]
SLE-R	-94.3	50.5
SLE-F	-78.2	34.4
SLE-QP	-44.0	0.0

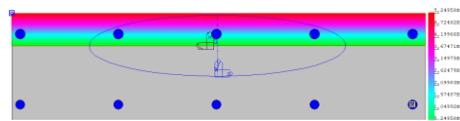
Verifica di limitazione delle tensioni in esercizio



$$M_{Ed} = 94.3 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = -8.67 \text{ MPa} < 0.6 f_{ck}$$

$$\sigma_s = 204.00 \text{ MPa} < 0.8 f_{yk}$$

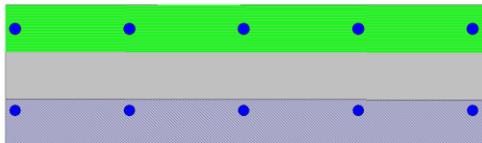


$$M_{Ed} = 50.5 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = -5.24 \text{ MPa} < 0.6 f_{ck}$$

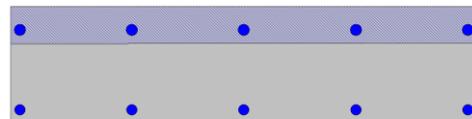
$$\sigma_s = 141.73 \text{ MPa} < 0.8 f_{yk}$$

Verifica di fessurazione (SLE-F)



$$M_{Ed} = 78.2 \text{ kNm}$$

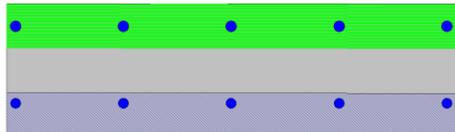
$$w_k = 0.12 \text{ mm} < w_2$$



$$M_{Ed} = 34.4 \text{ kNm}$$

$$w_k = 0$$

Verifica di fessurazione (SLE-QP)



$$M_{Ed} = 44.00 \text{ kNm}$$

$$w_k = 0.01 \text{ mm} < w_1$$

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS VI5800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 47 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

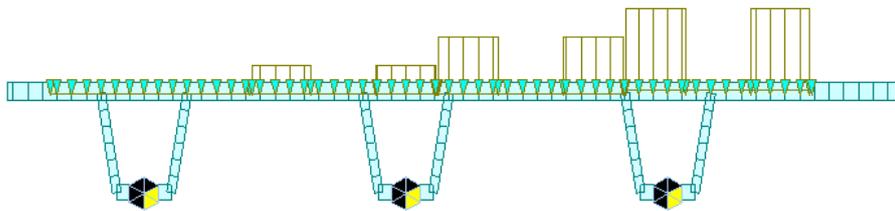
7.1.2 Verifica della soletta per carichi mobili disposti in corrispondenza del giunto

Per la verifica strutturale della soletta sono state condotte analisi e verifiche per carichi verticali per le seguenti combinazioni di carico:

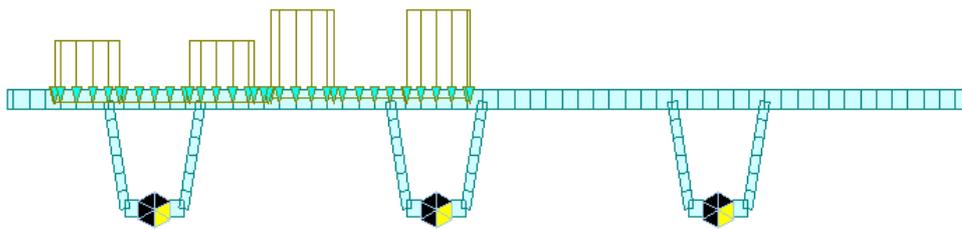
A1-STR Gr.1

Eccezionale

Le distribuzioni dei carichi da traffico analizzate sono quelle che massimizzano le sollecitazioni nella soletta per entrambe le combinazioni di carico e sono riportate nelle immagini seguenti:



Condizione 1 - Momento massimo negativo in appoggio



Condizione 2 - Momento massimo positivo in campata

Figura 27: Distribuzione dei carichi mobili più gravosa per le verifiche della soletta in combinazione A1-STR Gr.1

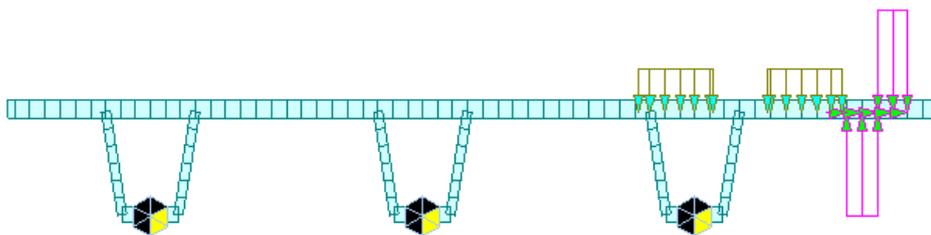


Figura 28: Distribuzione dei carichi mobili più gravosa per le verifiche della soletta in combinazione Eccezionale

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 48 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

8.1.1.1 Diagrammi delle sollecitazioni

In corrispondenza della sezione trasversale dell'impalcato si riportano a seguire i diagrammi delle sollecitazioni flettenti e taglianti per la soletta.

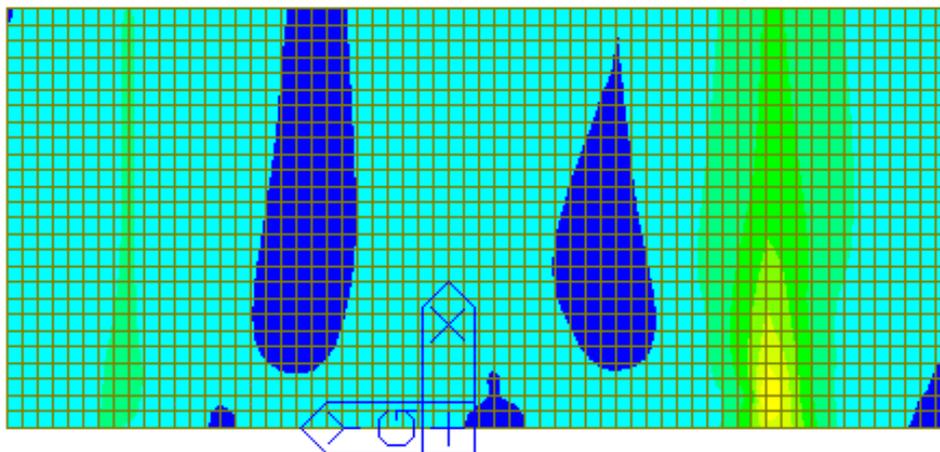
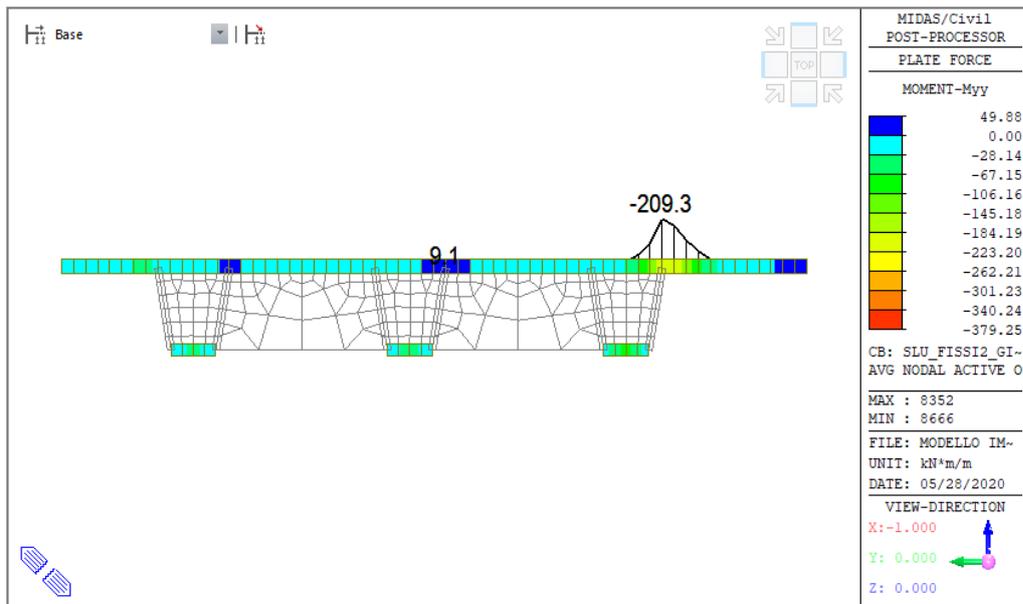


Figura 29: Diagramma del momento flettente nella soletta . Condizione 1 - Combinazione A1-STR Gr.1

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 49 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

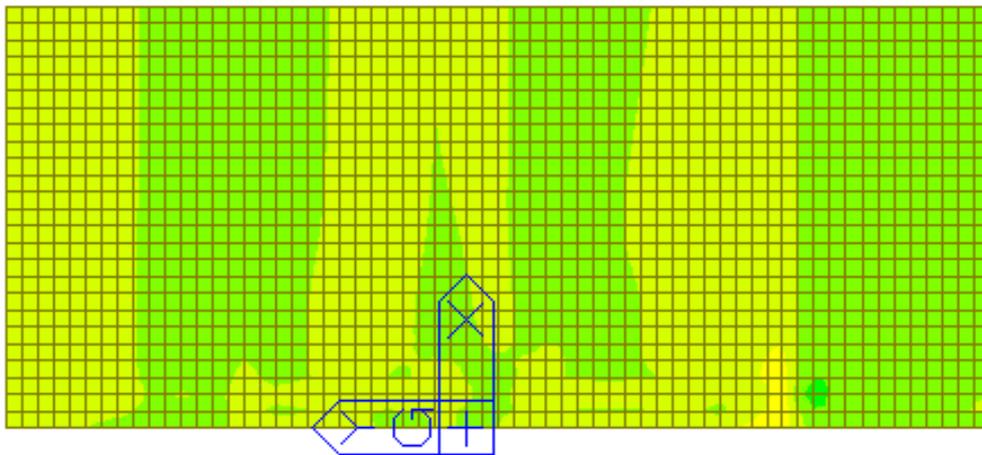
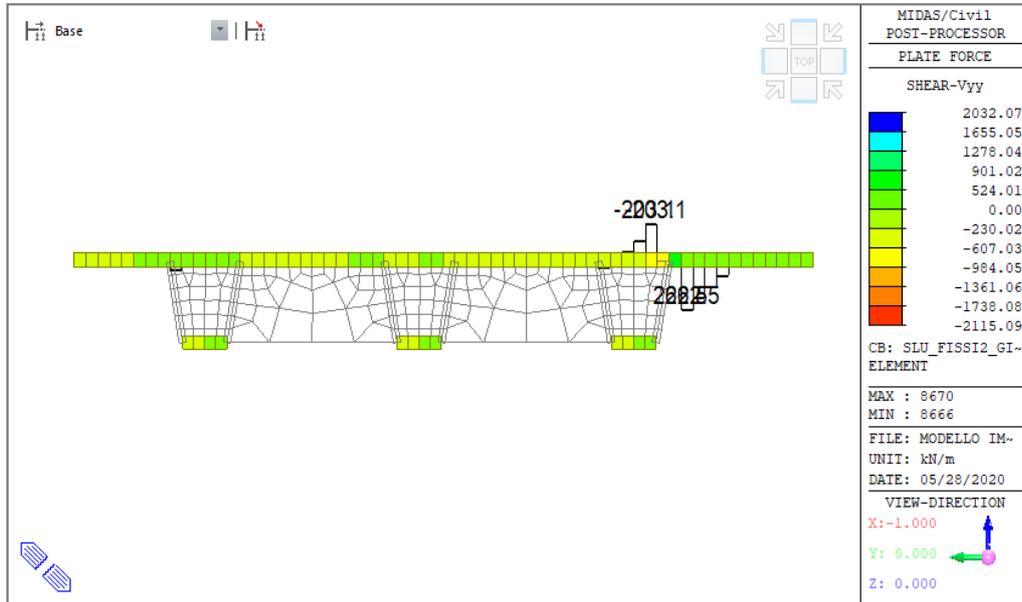


Figura 30: Diagramma del taglio nella soletta – Condizione 1 - Combinazione A1-STR Gr.1

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 50 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

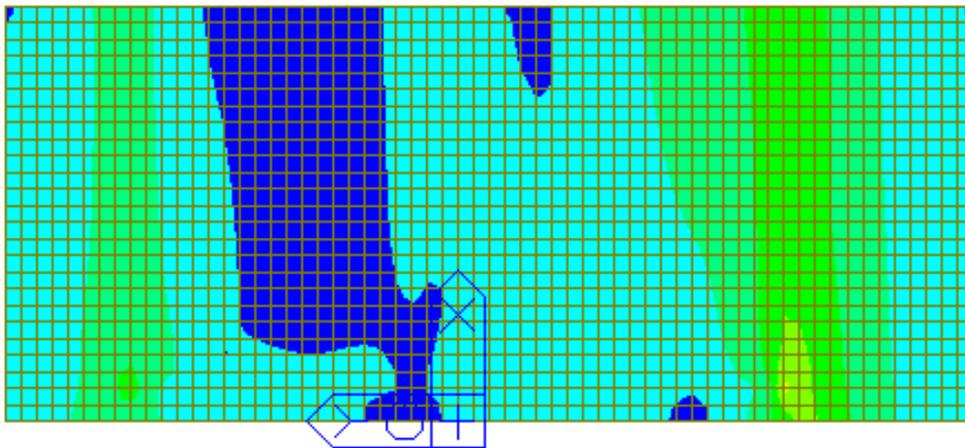
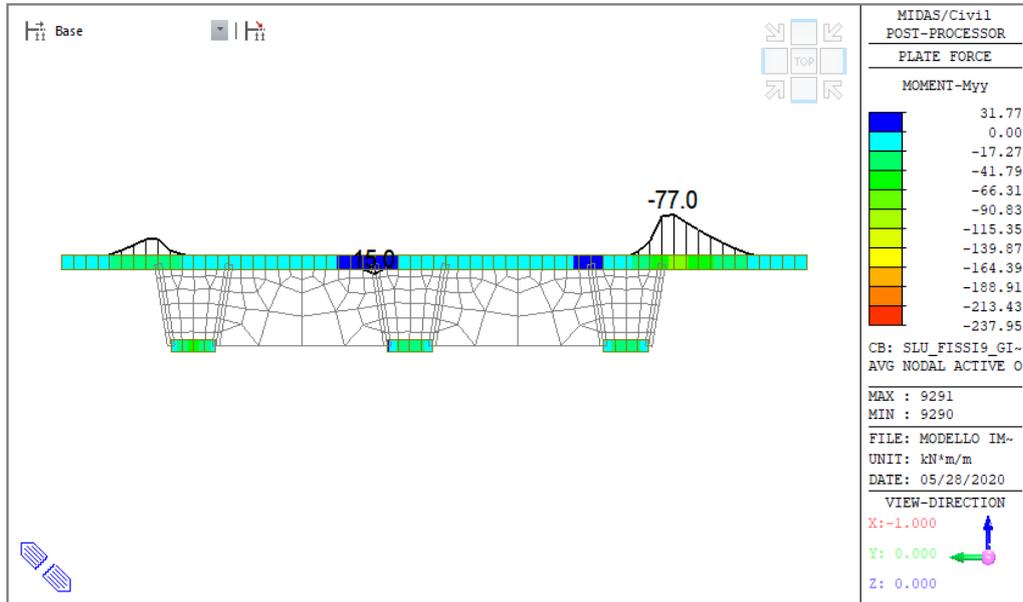


Figura 31: Diagramma del momento flettente nella soletta . Condizione 2 - Combinazione A1-STR Gr.1

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	12	V5800	REL	01	B	51 di 102

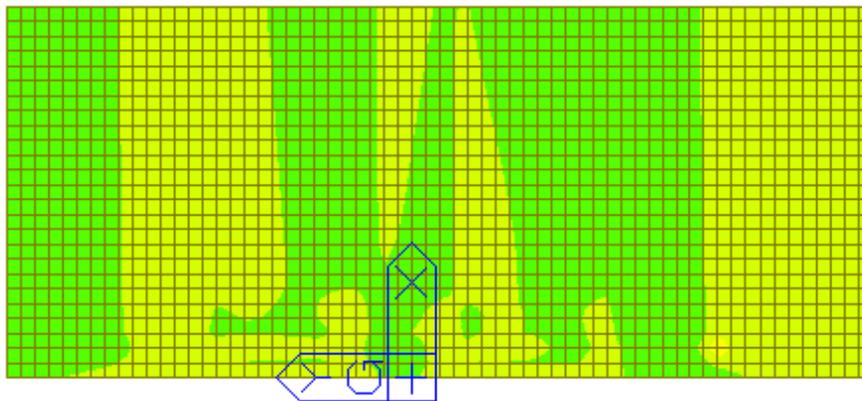
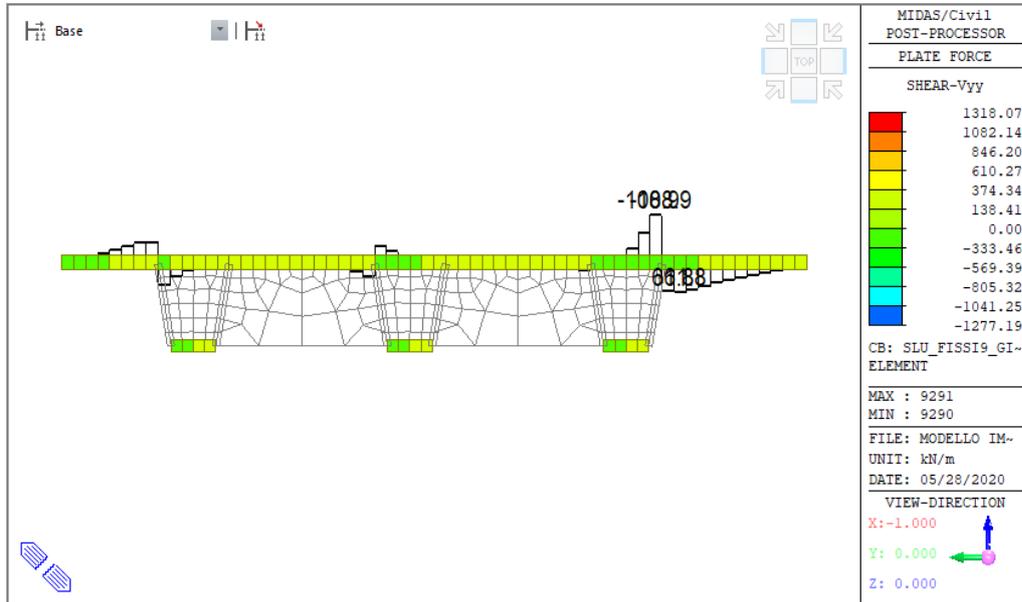


Figura 32: Diagramma del taglio nella soletta – Condizione 2 - Combinazione A1-STR Gr.1

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 52 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

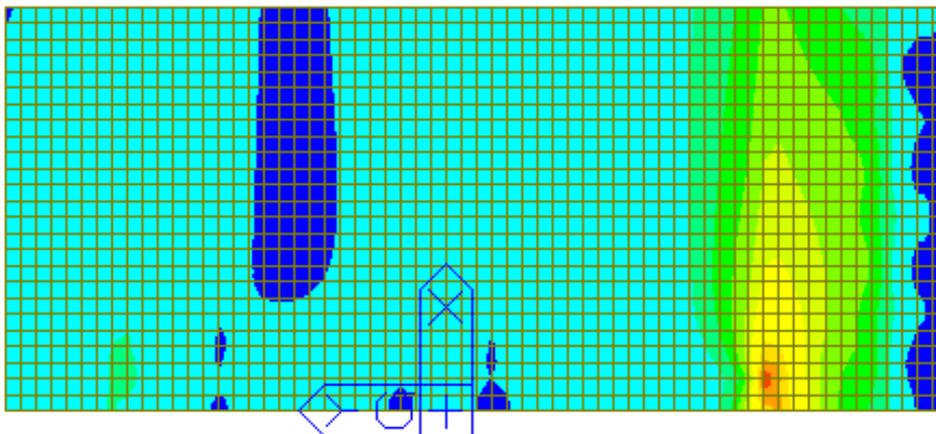
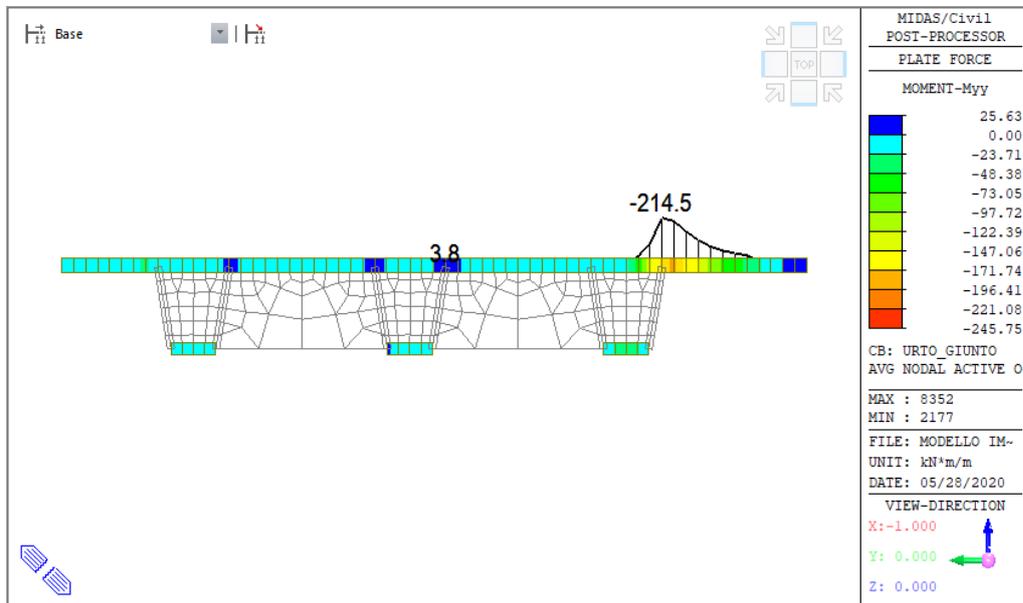


Figura 33: Diagramma del momento flettente nella soletta in combinazione Eccezionale

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 53 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

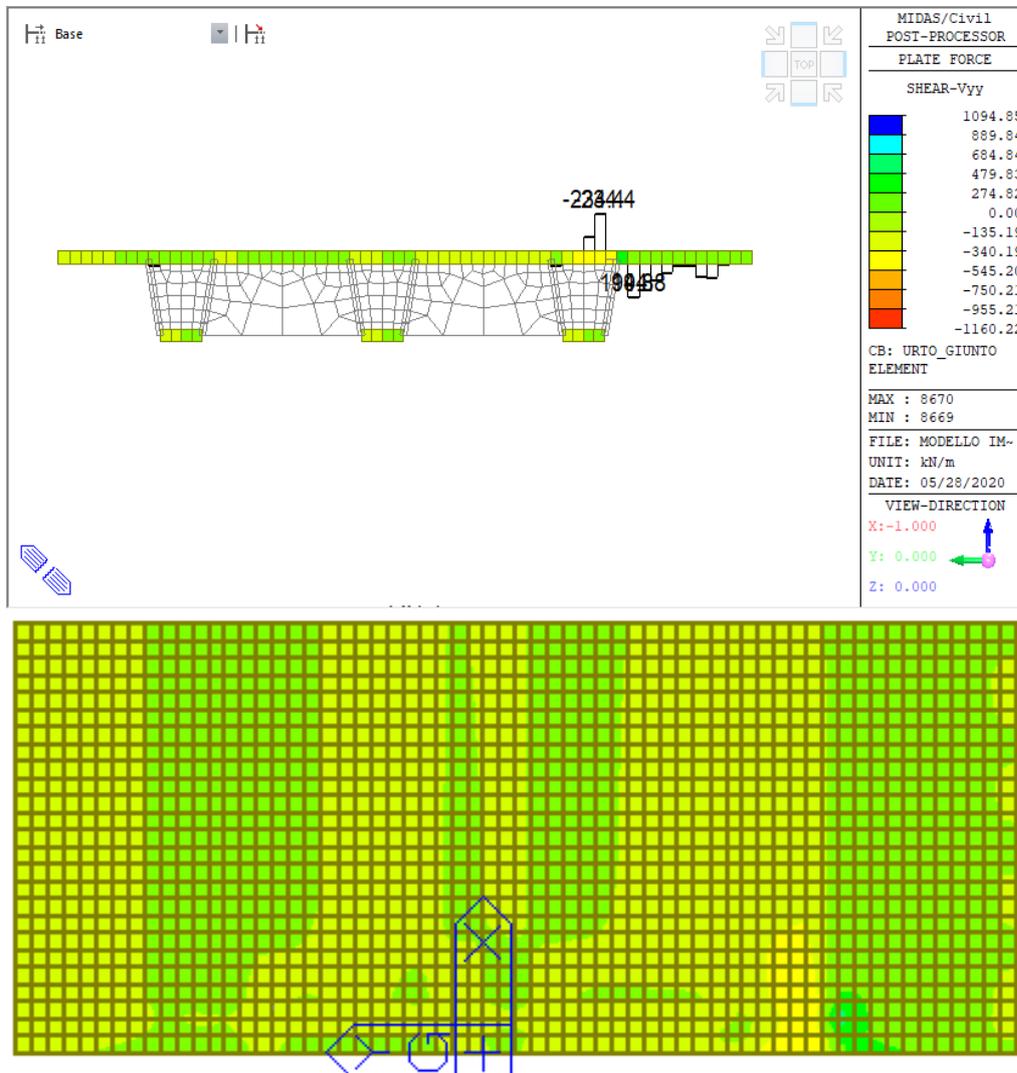


Figura 34: Diagramma del taglio nella soletta in combinazione Eccezionale

Riepilogo sollecitazioni			
Combinazione	Posizione	M _{Ed}	V _{Ed}
[-]	[-]	[kNm]	[kNm]
A1-STR Gr.1	appoggio	209.3	266.5
A1-STR Gr.1	campata	15	30.5
ECCEZIONALE	appoggio	214.5	223.1

Tabella 11: Riepilogo delle sollecitazioni nelle combinazioni di verifica

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 54 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

8.1.1.2 Verifiche della soletta agli SLU

Si riportano di seguito le verifiche a flessione e taglio della soletta per la combinazione allo A1-STR Gr.1 e Eccezionale. La soletta, risulta costituita da uno spessore di 30 cm comprensivo di tavelle; la sezione è armata da barre $\varnothing 22/20$ disposte sia superiormente che inferiormente, barre $\varnothing 24/15$ solo nelle zone di appoggio della soletta sulle travi e staffe $\varnothing 12/15$ a 4 bracci per incrementare la resistenza a taglio.

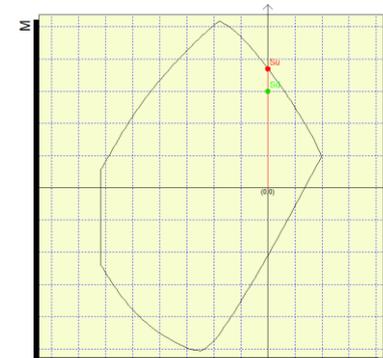
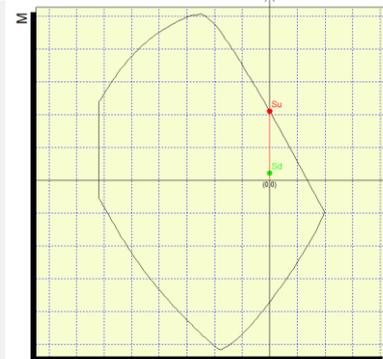
8.1.1.2.1 Verifiche a flessione

Si riportano di seguito le tabelle riepilogative delle verifiche a flessione per la soletta, svolte secondo quanto descritto al paragrafo Errore. L'origine riferimento non è stata trovata., per le combinazioni di carico sopra descritte.

Le verifiche sono state condotte con il software di calcolo PresFle, utilizzando una sezione resistente di soletta ($s=30\text{cm}$) con una armatura trasversale superiore di $\varnothing 22/20$ per tutta la lunghezza dell'impalcato ed, in corrispondenza degli appoggi di ferri di diametro $\varnothing 24/15$.

Sezione di verifica				Armatura			
Base [cm]	Altezza [cm]	Copriferro superiore [cm]	Copriferro inferiore [cm]	Superiore	inferiore	Taglio	
100	29	4	7	1 $\varnothing 24/20$ (1 $\varnothing 24/15$)	1 $\varnothing 22/20$	$\varnothing 12/15$ a 4 bracci	

Tabella 12: Sezione resistente soletta

Verifica della soletta a flessione trasversale						
Combinazione [-]	Sollecitazione [-]	Posizione [-]	M_{Ed} [kNm]	M_{Rd} [kNm]	Dominio di resistenza [-]	C.S. [-]
A1-STR Gr.1	M.	appoggio	209.3	258.9		1.23
A1-STR Gr.1	M.	campata	15	147.0		9.80

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 55 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

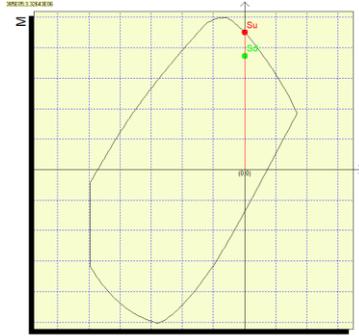
ECCEZIONALE	M-	appoggio	214.5	258.9		1.20
-------------	----	----------	-------	-------	--	------

Tabella 13: Verifica a flessione della soletta

Le verifiche risultano soddisfatte sia per momento negativo in combinazione Eccezionale, sia per momento positivo in combinazione A1-STR Gr.1.

Dalle tabelle sopra riportate si evince un livello di sicurezza della soletta superiore all'unità.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 56 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

8.1.1.2.2 Verifiche a taglio

La soletta in corrispondenza del giunto la sezione è provvista di una armatura a taglio, dunque le verifiche sono state condotte facendo riferimento alla resistenza a taglio della sezione armata, calcolata come illustrato al paragrafo Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..

L'armatura considerata è caratterizzata da staffe $\phi 12/15$ a 4 bracci per incrementare la resistenza a taglio.

Le verifiche sono condotte sulle combinazioni di carico che massimizzano i momenti positivo e negativo sopra descritte, considerando, a seconda del caso, un'altezza utile $d=26$ cm ($c_{sup}=4$ cm) in corrispondenza di un momento negativo (fibre tese superiori) e $d=23$ cm ($c_{inf}=7$ cm) in corrispondenza di un momento positivo (fibre tese inferiori).

Si riportano di seguito i valori del taglio resistente in corrispondenza di una sollecitazione flettente negativa e di una sollecitazione flettente positiva.

Verifica a taglio della soletta in corrispondenza di un momento flettente negativo ($d=26$ cm)

Geometria Sezione			
H=	0.30	m	Altezza della Sezione
B=	1.00	m	Larghezza della Sezione
A_c=	0.30	m ²	Area della Sezione (non omogeneizzata)
n=	15		Coefficiente di omogeneizzazione
A_{id}=	0.37	m ²	Area della Sezione (omogeneizzata)
x_g=	0.15	m	Distanza del Baricentro dell'intera sezione rispetto al lembo compresso
I_g=	0.00	m ⁴	Momento di Inerzia dell'intera sezione rispetto al lembo compresso
W_{sup}=	0.02	m ³	
e_{lim,cls}=	0.05	m	Eccentricità massima di decompressione fibra inferiore del cls
e_{1-lim,acc}=	0.07	m	Eccentricità massima di decompressione della prima fila di barre
e_{2-lim,acc}=	0.07	m	Eccentricità massima di decompressione della seconda fila di barre
Armatura Longitudinale Tesa			
I° Strato			
n° barre=	7		Numero Barre
φ =	24	mm	Diametro Barre dello strato
A_f=	0.00317	m ²	Area Armatura dello strato
c_{teso}=	0.04	m	Copriferro Armatura Tesa dal Lembo Teso (Asse Barre)
II° Strato			
n° barre=	0		Numero Barre
f=	22	mm	Diametro Barre dello strato
A_f=	0.00000	m ²	Area Armatura dello strato
c_{teso}=	0.04	m	Copriferro Armatura Tesa dal Lembo Teso (Asse Barre)
A_{f,tot}=	0.00	m ²	Area Armatura tesa totale
c_{tot}=	0.04	m	Copriferro Baricentro Armatura Tesa dal Lembo Teso
Armatura Longitudinale Compressa			
I° Strato			
n° barre=	5		Numero Barre
φ =	22	mm	Diametro Barre dello strato
A_f=	0.00190	m ²	Area Armatura dello strato
c_{comp}=	0.07	m	Copriferro Armatura Compressa dal Lembo Compresso (Asse Barre)
II° Strato			
n° barre=	0		Numero Barre
f=	20	mm	Diametro Barre dello strato
A_f=	0.00000	m ²	Area Armatura dello strato
c_{comp}=	0.03	m	Copriferro Armatura Compressa dal Lembo Compresso (Asse Barre)
A_{f,tot}=	0.00190	m ²	Area Armatura compressa totale
c_{tot}=	0.07	m	Copriferro Baricentro Armatura Tesa dal Lembo Compresso
Armatura Trasversale			
φ =	12.0	mm	Diametro Staffe
n_b=	4.00		Numero bracci
A_{s,w}=	0.00045	m ²	Area dell'armatura trasversale posta all'interasse s
s=	0.15	m	Passo Staffe

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	12	V15800	REL	01	B	57 di 102

Caratteristiche del Calcestruzzo			
f_{ck}	35	Mpa	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo
f_{ctm}	3.21	Mpa	Resistenza media a Trazione del calcestruzzo
$f_{ctk,0.05}$	2.25	Mpa	Resistenza Caratteristica a Trazione del calcestruzzo
$f_{ctk,0.95}$	3.85	Mpa	Resistenza Trazione per Flessione del calcestruzzo
γ_c	1.5		Coefficiente parziale di sicurezza sul calcestruzzo
f_{cd}	19.83	Mpa	Resistenza a Compressione di calcolo
f_{ctd}	1.50	Mpa	Resistenza a Trazione di calcolo
Caratteristiche dell'Acciaio			
f_{uk}	550	Mpa	Resistenza caratteristica di rottura
f_{yk}	450	Mpa	Resistenza caratteristica di snervamento
γ_s	1.15		Coefficiente parziale di sicurezza sull'acciaio
f_{yd}	391.30	Mpa	Resistenza di calcolo
Verifica per Elementi che non richiedono Armatura a Taglio			
d	0.26	m	Altezza Utile della sezione
b_w	1.00	m	Larghezza della membratura resistente a taglio
k	1.88		
A_{sl}	0.00317	m ²	Area dell'armatura longitudinale di trazione ancorata secondo normativa
r_l	0.01		$A_{sl}/(b_w d)$
N_{Ed}	0.0	kN	Forza assiale dovuta ai carichi o alla precompressione (Positivo di Compressione)
s_{cp}	0.00	Mpa	N_{Ed}/A_{id}
v_{min}	0.51	MPa	
$V_{Rd,c-min}$	132.38	kN	
$V_{Rd,c}$	198.56	kN	Taglio Ultimo
Verifica per Elementi che richiedono Armatura a Taglio			
α	90	°	Inclinazione delle staffe [$45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$]
θ	33	°	Inclinazione del puntone compresso [$45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$]
$f_{y,staffe}/f_{yk}$	1.00		
Verifica dell'Armatura Trasversale d'Anima			
$V_{Rd,s}$	425.24	kN	Resistenza a taglio della sola armatura
Verifica della Biella di Calcestruzzo			
	no		Considerare l'effetto dello sforzo normale [SI/NO]
s_{cp}	0.00	kPa	Tensione media di compressione, considerata positiva, nel calcestruzzo (omogeneizzato), dovuto alla forza assiale di progetto
a_{cw}	1.00		Coefficiente che tiene conto dell'interazione tra tensione corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale
$V_{Rd,max}$	969.09	kN	Resistenza a taglio della sola biella
V_{Rd}	425.24	kN	TAGLIO RESISTENTE

Tabella 14: Taglio resistente della soletta per fibre tese superiori

Verifica a taglio della soletta in corrispondenza di un momento flettente positivo ($d=22$ cm)			
Geometria Sezione			
H	0.30	m	Altezza della Sezione
B	1.00	m	Larghezza della Sezione
A_c	0.30	m ²	Area della Sezione (non omogeneizzata)
n	15		Coefficiente di omogeneizzazione
A_{id}	0.35	m ²	Area della Sezione (omogeneizzata)
x_g	0.14	m	Distanza del Baricentro dell'intera sezione rispetto al lembo compresso
I_g	0.00	m ⁴	Momento di Inerzia dell'intera sezione rispetto al lembo compresso
W_{sup}	0.02	m ³	
$e_{lim,cls}$	0.05	m	Eccentricità massima di decompressione fibra inferiore del cls
$e_{1-lim,acc}$	0.08	m	Eccentricità massima di decompressione della prima fila di barre
$e_{2-lim,acc}$	0.08	m	Eccentricità massima di decompressione della seconda fila di barre
Armatura Longitudinale Tesa			
1° Strato			
n°_{barre}	5		Numero Barre
ϕ	22	mm	Diametro Barre dello strato
A_r	0.00190	m ²	Area Armatura dello strato

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	12	V15800	REL	01	B	58 di 102

$c_{teso} =$	0.07	m	Copriferro Armatura Tesa dal Lembo Teso (Asse Barre)
II° Strato			
$n^{\circ}_{barre} =$	0		Numero Barre
$f =$	20	mm	Diametro Barre dello strato
$A_f =$	0.00000	m ²	Area Armatura dello strato
$c_{teso} =$	0.06	m	Copriferro Armatura Tesa dal Lembo Teso (Asse Barre)
$A_{f,tot} =$	0.00	m ²	Area Armatura tesa totale
$c_{tot} =$	0.07	m	Copriferro Baricentro Armatura Tesa dal Lembo Teso
Armatura Longitudinale Compressa			
I° Strato			
$n^{\circ}_{barre} =$	5		Numero Barre
$\varphi =$	23	mm	Diametro Barre dello strato
$A_f =$	0.00190	m ²	Area Armatura dello strato
$c_{comp} =$	0.04	m	Copriferro Armatura Compressa dal Lembo Compresso (Asse Barre)
II° Strato			
$n^{\circ}_{barre} =$	0		Numero Barre
$f =$	20	mm	Diametro Barre dello strato
$A_f =$	0.00000	m ²	Area Armatura dello strato
$c_{comp} =$	0.04	m	Copriferro Armatura Compressa dal Lembo Compresso (Asse Barre)
$A_{f,tot} =$	0.00190	m ²	Area Armatura compressa totale
$c_{tot} =$	0.04	m	Copriferro Baricentro Armatura Tesa dal Lembo Compresso
Caratteristiche del Calcestruzzo			
$f_{ck} =$	35	Mpa	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo
$f_{ctm} =$	3.21	Mpa	Resistenza media a Trazione del calcestruzzo
$f_{ctk,0.05} =$	2.25	Mpa	Resistenza Caratteristica a Trazione del calcestruzzo
$f_{ctk,0.95} =$	3.85	Mpa	Resistenza Trazione per Flessione del calcestruzzo
$\gamma_c =$	1.5		Coefficiente parziale di sicurezza sul calcestruzzo
$f_{cd} =$	19.83	Mpa	Resistenza a Compressione di calcolo
$f_{ctd} =$	1.50	Mpa	Resistenza a Trazione di calcolo
Caratteristiche dell'Acciaio			
$f_{uk} =$	550	Mpa	Resistenza caratteristica di rottura
$f_{yk} =$	450	Mpa	Resistenza caratteristica di snervamento
$\gamma_s =$	1.15		Coefficiente parziale di sicurezza sull'acciaio
$f_{yd} =$	391.30	Mpa	Resistenza di calcolo
Verifica per Elementi che non richiedono Armatura a Taglio			
$d =$	0.22	m	Altezza Utile della sezione
$b_w =$	1.00	m	Larghezza della membratura resistente a taglio
$k =$	1.95		
$A_{sl} =$	0.00190	m ²	Area dell'armatura longitudinale di trazione ancorata secondo normativa
$r_f =$	0.01		$A_{sl}/(b_w d)$
$N_{Ed} =$	0.0	kN	Forza assiale dovuta ai carichi o alla precompressione (Positivo di Compressione)
$s_{cp} =$	0.00	Mpa	N_{Ed}/A_{id}
$v_{min} =$	0.54	MPa	
$V_{Rd,c-min} =$	118.93	kN	
$V_{Rd,c} =$	155.94	kN	Taglio Ultimo

Tabella 15: Taglio resistente della soletta per fibre tese inferiori

Nel seguito sono riportate le tabelle riepilogative delle verifiche condotte.

Verifica della soletta a taglio trasversale						
Combinazione [-]	Sollecitazione [-]	Posizione [-]	d [cm]	V_{Ed} [kNm]	V_{Rd} [kNm]	C.S. [-]
A1-STR Gr.1	V(M.)	appoggio	26	266.5	425.2	1.59
A1-STR Gr.1	V(M,+)	campata	23	30.5	155.9	5.11
ECCEZIONALE	V(M-)	appoggio	26	223.1	425.2	1.90

Tabella 16: Verifica a taglio della soletta

Le verifiche di resistenza a taglio risultano soddisfatte in combinazione A1-STR Gr.1 ed Eccezionale. Anche in questo caso si desume un livello di sicurezza della soletta superiore all'unità.

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 59 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

8.1.1.3 Verifica locale del cordolo per azioni d'urto

In questo paragrafo sono riportati i risultati ottenuti dalle verifiche locali dei cordoli che ospitano le barriere di sicurezza. Le sollecitazioni di progetto sono riportate al paragrafo 8.1.1.1 e si riferiscono alla combinazione più gravosa per il cordolo, ovvero la combinazione Eccezionale dell'urto di un veicolo in svio in corrispondenza del giunto.

Di seguito si riporta un riepilogo delle sollecitazioni in corrispondenza del cordolo:

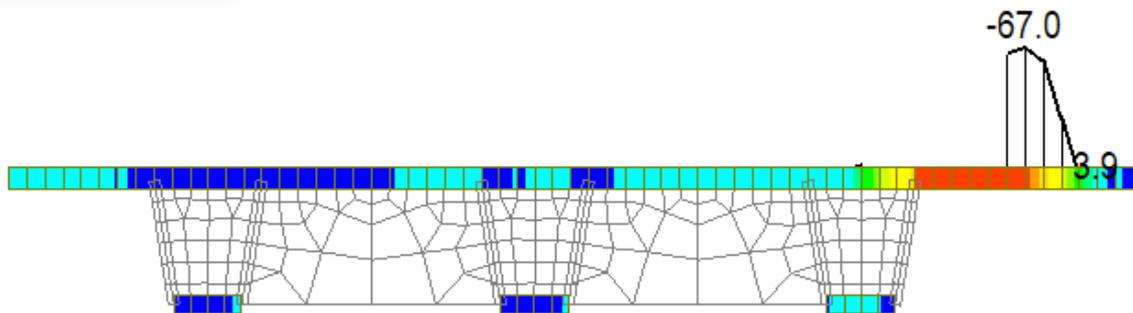


Figura 35: Diagramma del momento flettente nel cordolo in combinazione Eccezionale

Verifica a tenso-flessione del cordolo

Il momento sollecitante a quota piano medio della soletta, che nasce in caso di urto di un veicolo sulla barriera, vale:

$$M = 67 \text{ KNm}$$

Nell'ipotesi in cui la variazione del momento calcolata sia assorbita completamente dalle armature poste al lembo inferiore della soletta, la trazione agente nell'armatura superiore tesa vale:

$$T_d = M/d = 258 \text{ kN}$$

Tale trazione è equilibrata dalle barre $\Phi 24/15$, disposte in estradosso soletta, che riescono a fornire una trazione resistente pari a:

$$T_r = 452 \cdot (1.00/0.15) \cdot 391.3 \cdot 10^{-3} = 1179 \text{ KN} > T_d.$$

Verifica delle staffe disposte all'interno del cordolo

La funzione di tali staffe è duplice:

- Equilibrare l'azione orizzontale F;
- Equilibrare la trazione dei tirafondi della barriera nel meccanismo di pull out.

La forza orizzontale F è equilibrata dalle barre $\Phi 10/10$ che sono sempre presenti all'interno del cono di rottura evidenziato nella seguente figura.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 60 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

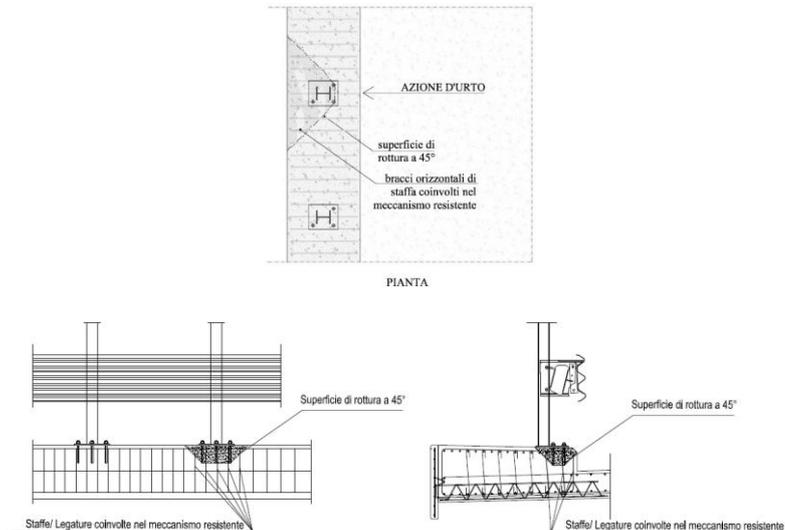


Figura 36 – Meccanismi di rottura locali per azioni d'urto

La trazione T_d dei tirafondi della barriera è equilibrata dai bracci verticali delle staffe e dalle legature di cui alla figura precedente.

Ipotizzando un braccio di leva delle forze interne della piastra di base della barriera pari a 0.22 m

$$T_d = M/d = 305 \text{ kN}$$

Avendo disposto le staffe e legature $\Phi 10/10$ ed ipotizzando una lunghezza dei tirafondi di almeno 19 cm (nonché l'interasse tra i due tirafondi tesi di 0.15 m), risulta che i bracci verticali compresi nel cono di rottura sono disposti su 3 filari per un numero complessivo pari a:

$$n = 3 \cdot (0.30 \text{ m} + 2 \cdot 0.19 \text{ m}) / 10 \text{ cm} = 20.4 \text{ bracci}$$

che corrisponde ad una trazione resistente pari a :

$$T_r = n \cdot 78.5 \cdot f_{yd} \cdot 10^{-3} = 488 \text{ kN} > T_d$$

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

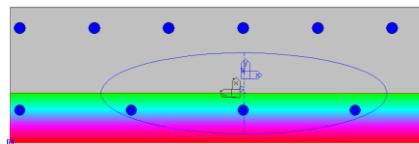
Relazione di calcolo impalcato

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	2B	E	12	V5800	REL	01	B	61 di 102

8.1.1.4 Verifiche della soletta agli SLE

Combinazione	$M_{max,-}$ [kNm]	$M_{max,+}$ [kNm]
SLE-R	-155.0	11.0
SLE-F	-124.1	8.1
SLE-QP	-60.0	0.0

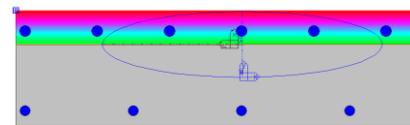
Verifica di limitazione delle tensioni in esercizio



$$M_{Ed} = 155.0 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = -12.2 \text{ MPa} < 0.6 f_{ck}$$

$$\sigma_s = 240.8 \text{ MPa} < 0.8 f_{yk}$$

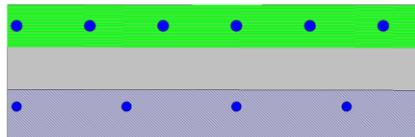


$$M_{Ed} = 11.0 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = -0.5 \text{ MPa} < 0.6 f_{ck}$$

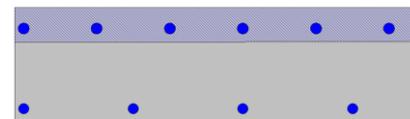
$$\sigma_s = 30 \text{ MPa} < 0.8 f_{yk}$$

Verifica di fessurazione (SLE-F)



$$M_{Ed} = 124.1 \text{ kNm}$$

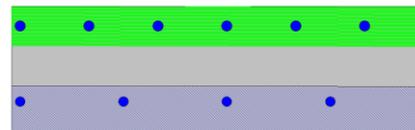
$$w_k = 0.11 \text{ mm} < w_2$$



$$M_{Ed} = 8.1 \text{ kNm}$$

$$w_k = 0$$

Verifica di fessurazione (SLE-QP)



$$M_{Ed} = 60.0 \text{ kNm}$$

$$w_k = 0.03 \text{ mm} < w_1$$

7.1.3 Conclusioni

In conclusione il coefficiente di sicurezza della soletta risulta essere superiore all'unità.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 62 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

7.2 VERIFICA DELLE TRAVI IN C.A.P.

Si riportano ora le verifiche delle travi in c.a.p. dell'impalcato in diverse sezioni, i calcoli delle sollecitazioni e le verifiche di resistenza sono effettuate con l'ausilio di un apposito foglio di calcolo che svolge l'analisi del comportamento dell'elemento strutturale nelle varie fasi ossia:

- A: fase di costruzione del cassone (fase di tiro);
- B: fase di costruzione del cassone a cadute di tensioni avvenute nei trefoli;
- C: fase di getto della soletta
- D: applicazione dei sovraccarichi permanenti e dei carichi accidentali
- E: condizioni in esercizio a tempo infinito

Nei seguenti paragrafi, per ogni sezioni di verifica, si riportano i dati geometrici e meccanici, le sollecitazioni relative alle diverse condizioni elementari e alle combinazioni delle stesse. Le tensioni sono calcolate tenendo conto della sezione effettivamente reagente al momento dell'applicazione delle diverse condizioni di carico. La verifica viene eseguita, per ogni stato limite, utilizzando il massimo valore delle caratteristiche della sollecitazione scelte fra le combinazioni corrispondenti a quello stato limite:

SLE:

- RARA – Gr.1
- FREQUENTE – Gr.1
- QUASI PERMANENTE

SLU:

- A1-STR Gr.1

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	12	V15800	REL	01	B	63 di 102

7.2.1 Diagrammi delle sollecitazioni

Come descritto in precedenza, il modello di calcolo adottato per l'analisi e la verifica delle travi è quello caratterizzato da elementi frame che rappresentano la soletta, i traversi e le tre travi, come descritto al paragrafo 0

In corrispondenza della trave di bordo, soggetta all'azione dei pesi propri e dei carichi variabili da traffico che forniscono le condizioni più gravose per la trave stessa, si riportano a seguire i diagrammi delle sollecitazioni flettenti e taglianti per i vari casi di carico: peso proprio, carichi permanenti, carichi da traffico.

Per semplicità di lettura si riportano i diagrammi riferiti alle sole posizioni dei carichi da traffico che massimizzano il momento in campata ed il taglio all'appoggio della trave.

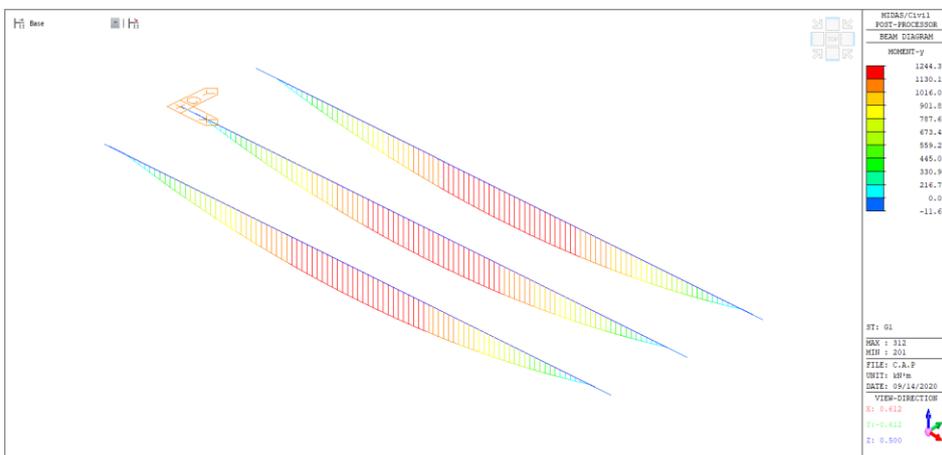


Figura 37: Diagramma del momento flettente per Peso Proprio Trave G1.1

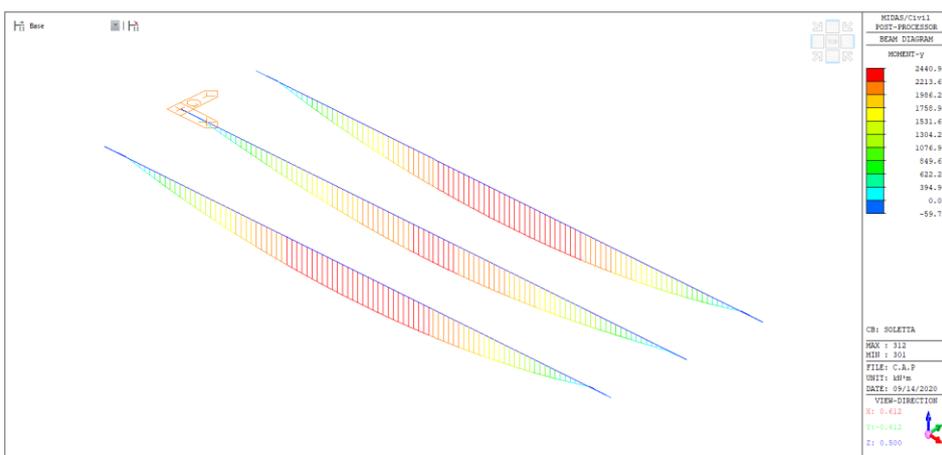


Figura 38: Diagramma del momento flettente per Peso Proprio Soletta G1.2

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 64 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

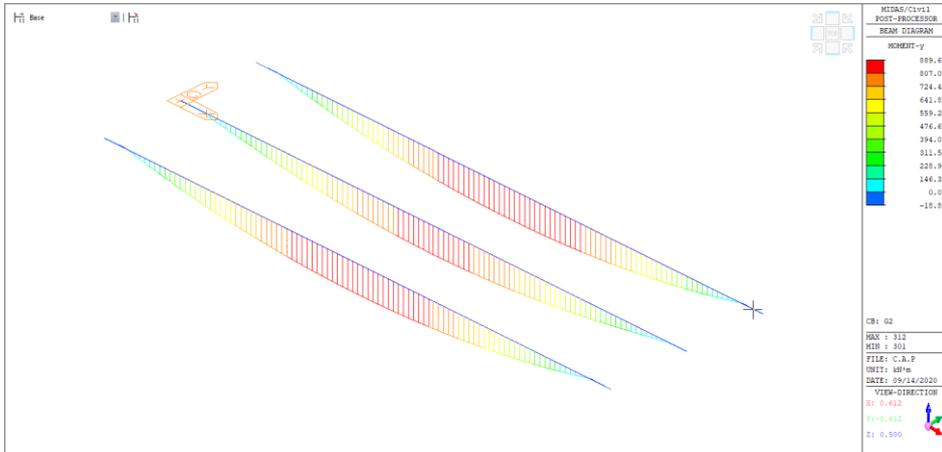


Figura 39: Diagramma del momento flettente per Carichi Permanenti G2

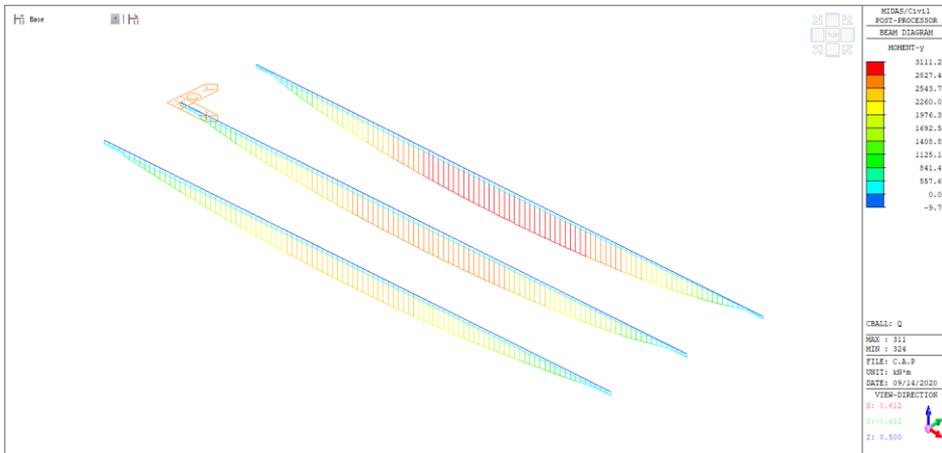


Figura 40: Diagramma del momento flettente per Carichi da Traffico Q1 (Mmax)

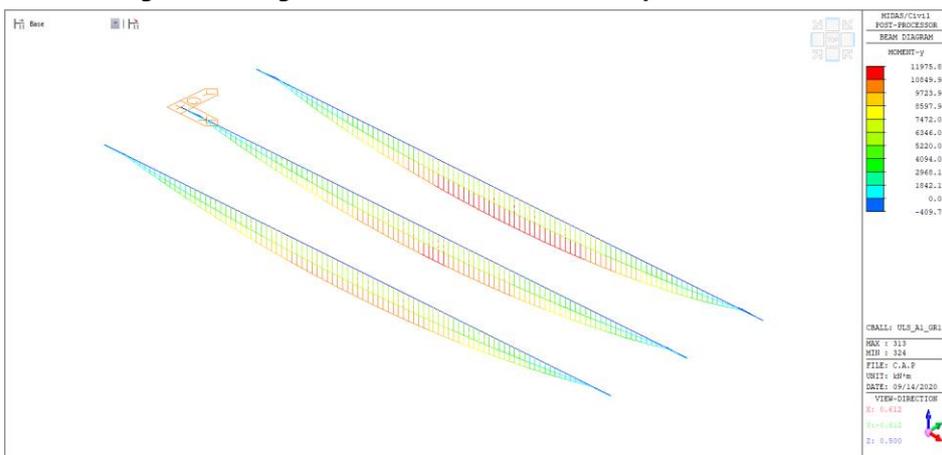


Figura 41: Diagramma del momento flettente combinazione A1-STR Gr.1

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	12	V15800	REL	01	B	65 di 102

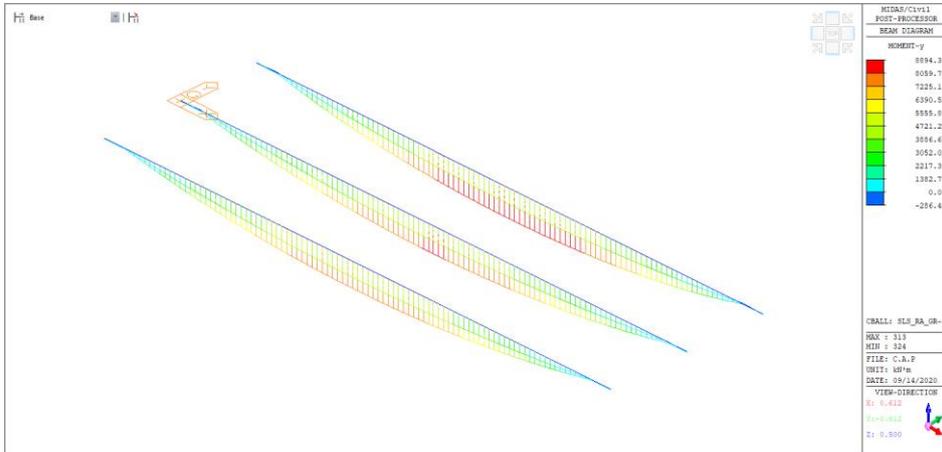


Figura 42: Diagramma del momento flettente combinazione RARA Gr.1

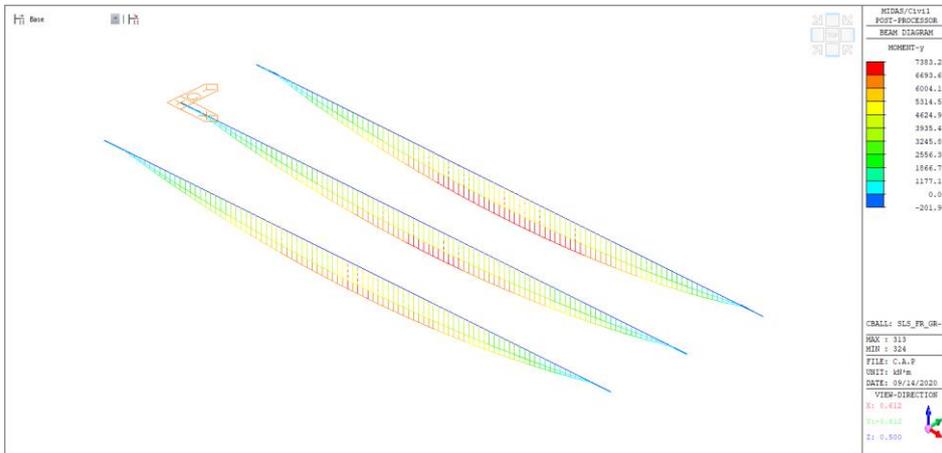


Figura 43: Diagramma del momento flettente combinazione FREQUENTE Gr.1

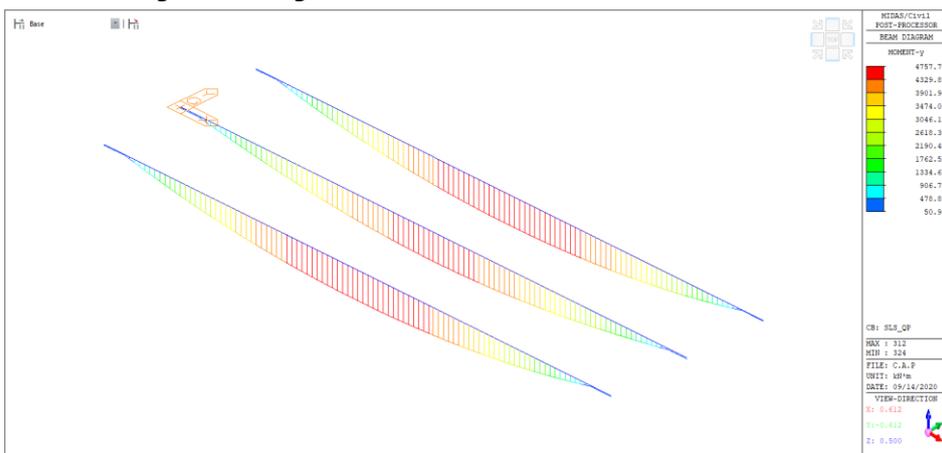


Figura 44: Diagramma del momento flettente combinazione QUASI PERMANENTE

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	12	V15800	REL	01	B	66 di 102

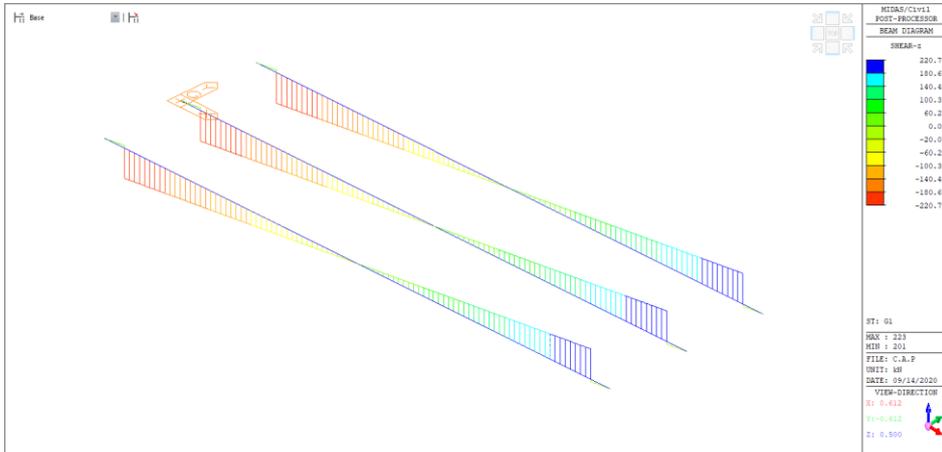


Figura 45: Diagramma del taglio per Peso Proprio trave G1.1

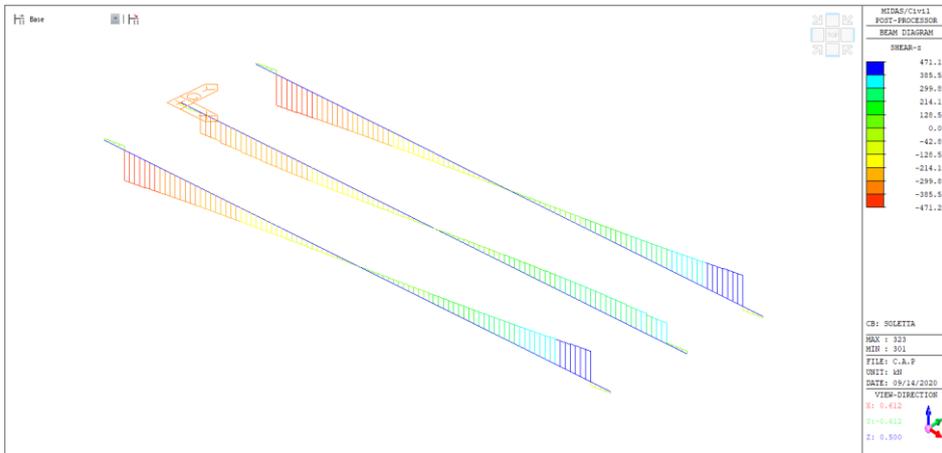


Figura 46: Diagramma del taglio per Peso Proprio Soletta G1.2

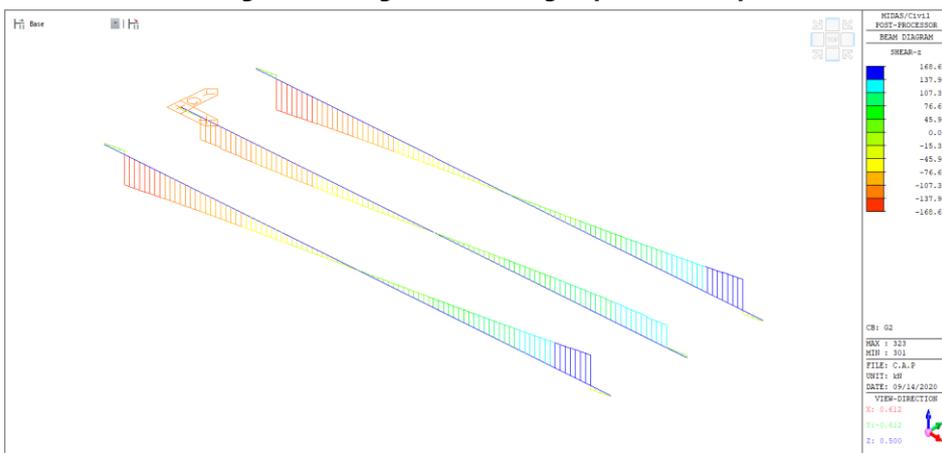


Figura 47: Diagramma del taglio per Carichi Permanenti G2

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	12	V15800	REL	01	B	67 di 102

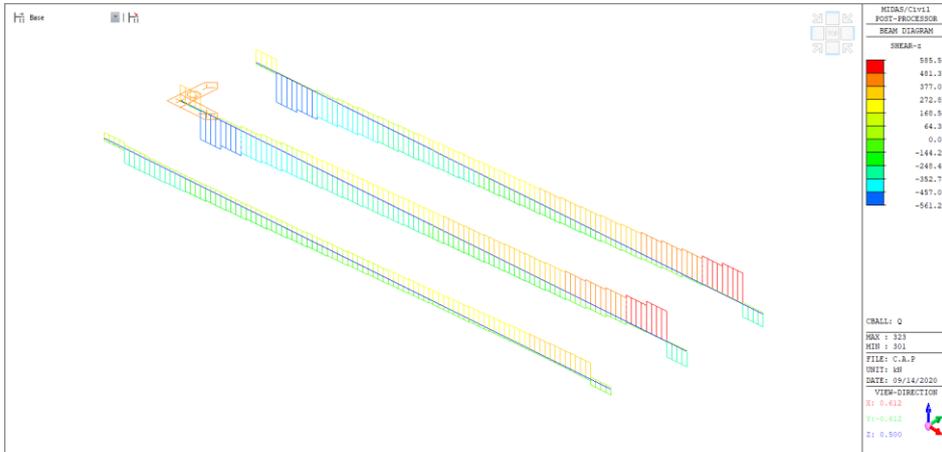


Figura 48: Diagramma del taglio per Carichi da Traffico Q1 (Vmax)

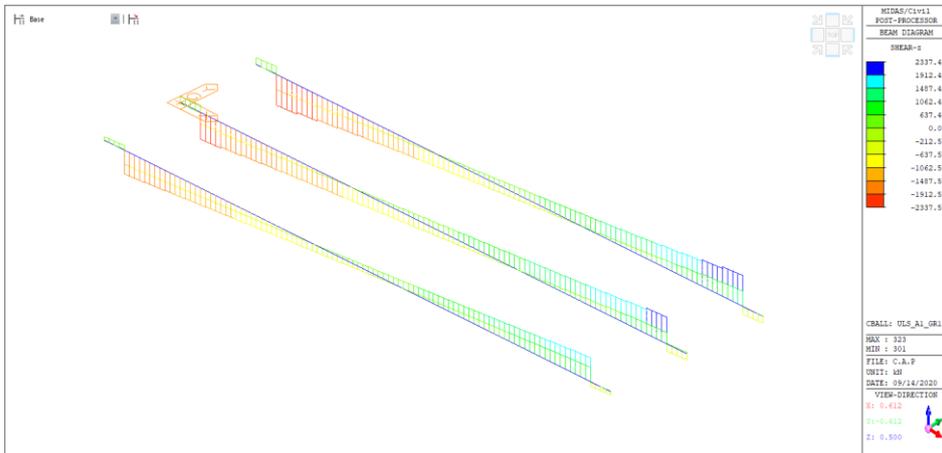


Figura 49: Diagramma del taglio combinazione A1-STR Gr.1

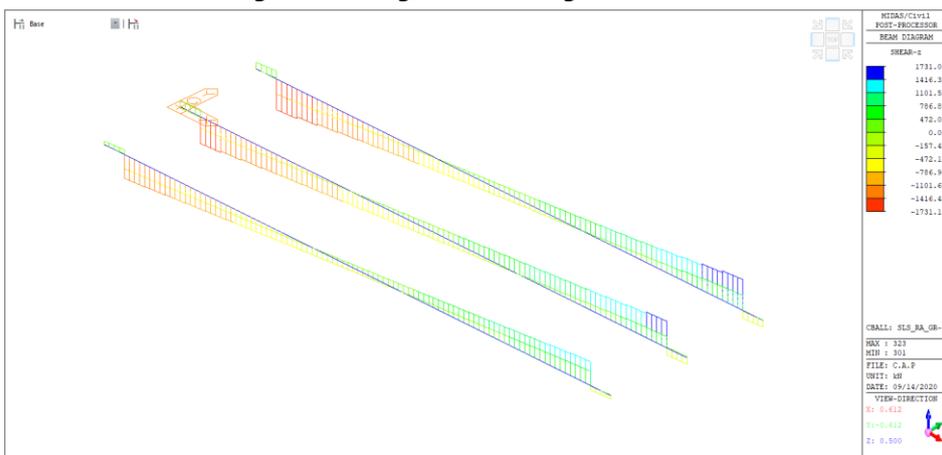


Figura 50: Diagramma del taglio combinazione RARA Gr.1

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 68 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

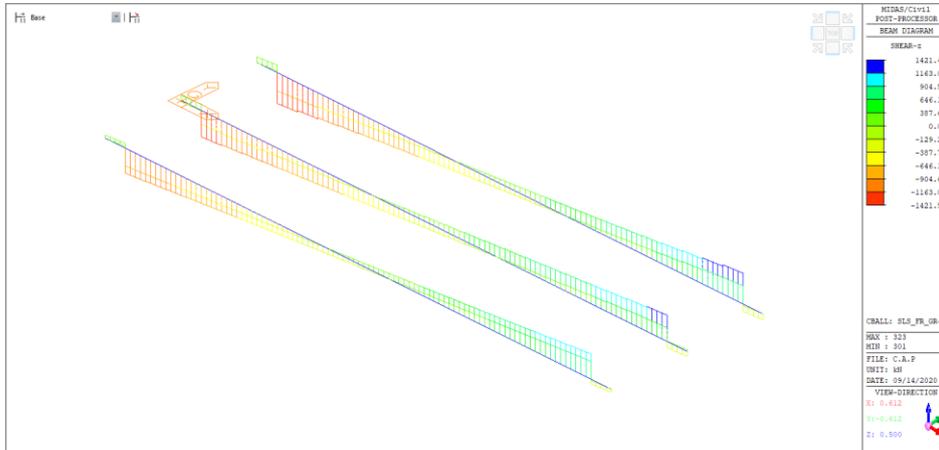


Figura 51: Diagramma del taglio combinazione FREQUENTE Gr.1

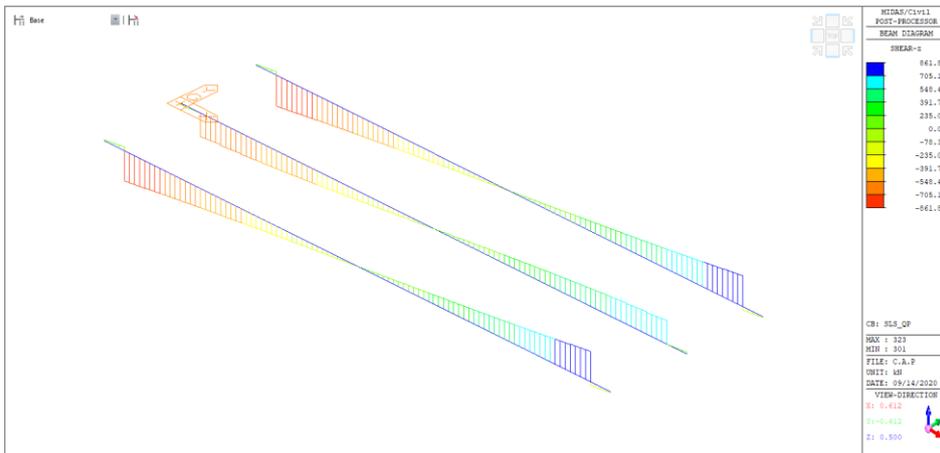


Figura 52: Diagramma del taglio combinazione QUASI PERMANENTE

x [m]	Combinazione [-]	M [kNm]	V [kN]	T [kN]
1.00	A1-STR Gr.1	2295	2337	1299
	RARA Gr.1	1722	1553	762
	FREQUENTE Gr.1	1416	1278	728
	QUASI PERMANENTE	924	774	347
3.5	A1-STR Gr.1	5885	1689	1239
	RARA Gr.1	4382	1251	917
	FREQUENTE Gr.1	3613	1029	689
	QUASI PERMANENTE	2277	610	316
11.5	A1-STR Gr.1	11975	0	0
	RARA Gr.1	8894	0	0
	FREQUENTE Gr.1	7383	0	0
	QUASI PERMANENTE	4757	0	0

Tabella 17: Riepilogo sollecitazioni di verifica

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 69 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

7.2.2 Verifiche della trave agli SLE

Si riportano di seguito le verifiche della trave agli SLE per la sezione maggiormente sollecitata a flessione, ovvero la sezione di mezzzeria, e quella maggiormente sollecitata a taglio, ovvero quella a 3.5 m dall'appoggio.

Si riportano di seguito le verifiche per le varie fasi di carico nella sezione, in combinazione:

- RARA Gr.1
- FREQUENTE Gr.1
- QUASI PERMANENTE

8.4.2.1 Verifica della sezione di mezzzeria

8.4.2.1.1 Caratteristiche geometriche e meccaniche

Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione di verifica:

Trave prefabbricata			
A _p	7835	cm ²	Area
Y _{gp}	78.1	cm	Y baricentro
	25'242'58		
J _{gp}	0	cm ⁴	Momento di inerzia baricentrico
h _p	160	cm	Altezza trave
b	28	cm	Larghezza in corrisp. del baricentro
A*	3788	cm ²	Area della trave al di sopra del baricentro
S _{xgp}	200'764	cm ³	Momento statico A* rispetto asse baricentrico

Getto in opera			
b _{sol}	375	cm	Larghezza soletta
h _{sol}	30	cm	Altezza soletta
			Quota intradosso soletta
Y _{sol inf}	160	cm	

Ritiro			
ε _r Soletta	0.00026768		
ε _r Trave	<u>8</u>		
%ε _r trave	<u>0.0003625</u>		
	1		%ε _r trave scontata al momento del getto soletta
ε _r totale	0.00026768		
	8		ritiro differenziale totale

Trefoli						
Trefolo 0.6"		A _{trefolo}		1.39 cm ²		
y	n	n	A	n	S _x (y=0)	
cm	cavi	cavi attivi	cm ²	cavi in guaina	cm ³	
5	16	16	22.24	0	111	
10	16	16	22.24	0	222	
15	8	8	11.12	0	167	
20	4	4	5.56	0	111	
80	2	2	2.78	0	222	
155	4	4	5.56	0	862	
0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	
24.4	50	50	69.5	0	1696	

Trefoli		
S0	1425 MPa	Tiro iniziale

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	12	V15800	REL	01	B	70 di 102

f_{ptk}	1900	MPa	Tens. caratt. di rottura
C_{ril}	0.060		Coeff. rilassamento
E_{acc}	201000	MPa	Modulo el. acciaio
σ_{ril}	85.5	MPa	Perdita per rilassamento
σ_{rit}	50.3	MPa	Perdita per ritiro (3%%)
σ_{vis}	234	MPa	Perdita per viscosità
σ_{ril}^1	57.0	MPa	Perdita per rilassamento ridotta
% PERDITE	23.9		
σ_{perd}	340.9	MPa	Perdita totale
σ_{finale}	1'084	MPa	Tensione residua nel cavo risultante

Calcestruzzi			
R_{ckj}	50	N/mm ²	Rck trave al taglio dei trefoli
R_{ck} trave	55	N/mm ²	Rck trave
R_{ck} soletta	45	N/mm ²	Rck soletta
E_{trave}	36283	N/mm ²	
E_{sol}	34077	N/mm ²	
ϕ trave	2.2250		
ϕ sol	1.8400		
E_{trave} LT	11251	N/mm ²	
E_{sol} LT	11999	N/mm ²	

Trave prefabbricata + armatura			
n	6		Coeff. omog. arm.
A_{po}	8'182	cm ²	Area
SX_{po}	620'256	cm ³	Momento statico (y=0)
Y_{gpo}	75.8	cm	Y baricentro
J_{gpo}	26'789'011	cm ⁴	Momento di inerzia baricentrico
$W_{inf po}$	353'400	cm ³	Modulo resistente inferiore
$W_{sup po}$	318'173	cm ³	Modulo resistente superiore
$W_a po$	521'151	cm ³	Modulo resistente fibra cavo eq.
$W_c po$	353'400	cm ³	Modulo resistente fibra cavo inf.
Trave prefabbricata + soletta + armatura			
n	0.94		Coeff. omogen. soletta
A_s	11'278	cm ²	Area omogen. soletta
SX_s	1'973'717	cm ³	Momento statico soletta (y=0)
Y_{gs}	175.0	cm	Y baricentro
A_{to}	19'461	cm ²	Area
SX_{to}	2'593'972	cm ³	Momento statico (y=0)
Y_{gto}	133.3	cm	Y baricentro
J_{gto}	74'243'048	cm ⁴	Momento di inerzia baricentrico
$W_{inf to}$	556'994	cm ³	Modulo resistente inferiore
$W_{sup to}$	2'779'831	cm ³	Modulo resistente superiore
$W_{sol,inf to}$	2'779'831	cm ³	Modulo resistente inf. soletta
$W_{sol,sup to}$	1'309'222	cm ³	Modulo resistente sup. soletta
$W_a to$	681'803	cm ³	Modulo resistente fibra cavo eq.
$SX_{G to}$	453'393	cm ³	Momento statico baricentrico

Trave prefabbricata + soletta + armatura			
n	1.07		Coeff. omogen. soletta
A_s	12'711	cm ²	Area omogen. soletta
SX_s	2'224'380	cm ³	Momento statico soletta (y=0)
Y_{gs}	175.0	cm	Y baricentro
$A_{t\infty}$	20'893	cm ²	Area
$SX_{t\infty}$	2'844'636	cm ³	Momento statico (y=0)
$Y_{g_{t\infty}}$	136.2	cm	Y baricentro
$J_{g_{t\infty}}$	76'671'302	cm ⁴	Momento di inerzia baricentrico
$W_{inf t\infty}$	563'132	cm ³	Modulo resistente inferiore
$W_{sup t\infty}$	3'214'944	cm ³	Modulo resistente superiore
$W_{sol,inf t\infty}$	3'214'944	cm ³	Modulo resistente inf. soletta



QUADRILATERO

Marche Umbria S.p.A.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 2B	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 71 di 102
---------------	--------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

$W_{sol, sup\ too}$

1'423'836 cm³ Modulo resistente sup. soletta

$W_a\ too$

686'087 cm³ Modulo resistente fibra cavo eq.

$S_{xG\ too}$

465'958 cm³ Momento statico baricentrico

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 72 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

8.4.2.1.2 Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione RARA

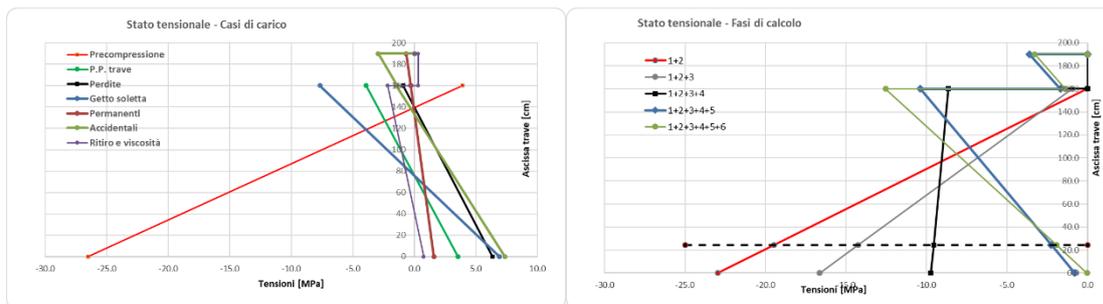
Di seguito si riportano le tensioni in combinazione RARA

Condizioni elementari	N [kN]	M [kN m]	σ_{inf} [N/mm ²]	σ_{sup} [N/mm ²]	$\sigma_{sol,sup}$ [N/mm ²]	$\sigma_{sol,inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{cavo eq}$ [N/mm ²]	σ_{bar} [N/mm ²]	Tbar [N/mm ²]	Ttor [N/mm ²]
1) Precompressione t=0	-9904	-5091	-26.5	3.9	-	-	-21.9	-12.6	0.0	0.0
2) Peso proprio trave	0	1250	3.5	-3.9	-	-	2.4	0.0	0.0	0.0
3) Perdite	2369	1218	6.3	-0.9	-	-	5.2	3.0	0.0	0.0
4) Peso soletta	0	2440	6.9	-7.7	-	-	4.7	0.0	0.0	0.0
5) Sovraccarichi perm.	0	889	1.6	-0.3	-0.7	-0.3	1.3	0.7	0.0	0.0
6) Sovraccarichi acc.	0	4099	7.4	-1.5	-2.9	-1.4	6.0	3.2	0.0	0.0
7) Ritiro	-3613	1404	0.8	-2.2	0.3	0.3	0.3	-0.6	0.0	0.0

Tabella 18 – Condizioni elementari in combinazione RARA

Combinazioni	N [kN]	M [kN m]	σ_{inf} [N/mm ²]	σ_{sup} [N/mm ²]	$\sigma_{sol,sup}$ [N/mm ²]	$\sigma_{sol,inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{cavo eq}$ [N/mm ²]	σ_{bar} [N/mm ²]	Tbar [N/mm ²]	$\sigma_{I bar}$ [N/mm ²]	$\sigma_{II bar}$ [N/mm ²]	Ttor [N/mm ²]	$\sigma_{I inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{II inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{I sup}$ [N/mm ²]	$\sigma_{II sup}$ [N/mm ²]
A) 1+2	-9903.75	3840.88	-22.97	-0.03	-	-	-19.47	-12.64	0.00	0.00	-12.64	0.00	0.00	-22.97	0.00	-0.03
B) 1+2+3	-7534.26	2622.88	-16.63	-0.96	-	-	-14.24	-9.62	0.00	0.00	-9.62	0.00	0.00	-16.63	0.00	-0.96
C) 1+2+3+4	-7534.26	-182.88	-9.73	-8.63	0.00	0.00	-9.56	-9.62	0.00	0.00	-9.62	0.00	0.00	-9.73	0.00	-8.63
D) 1+2+3+4+5+6	-7534.26	4805.12	-0.79	-10.38	-3.61	-1.68	-2.25	-5.74	0.00	0.00	-5.74	0.00	0.00	-0.79	0.00	-10.38
E) 1+2+3+4+5+6+7	11147.73	6208.90	-0.02	-12.55	-3.29	-1.36	-1.93	-6.37	0.00	0.00	-6.37	0.00	0.00	-0.02	0.00	-12.55

Tabella 19 – Fasi di carico in combinazione RARA



La massima tensione di compressione del cls deve rispettare la limitazione:

$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ per combinazione caratteristica (rara);

La massima tensione dell'acciaio deve rispettare la limitazione:

$\sigma_s < 0.8 f_{yk}$ per combinazione caratteristica (rara).

Combinazione RARA	
$\sigma_{c,max}$ [MPa]	$\sigma_{c,limite}$ [MPa]
-22,97	-27

Tabella 20 – Tensione massima di compressione nel calcestruzzo in combinazione RARA

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 73 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

Combinazione RARA	
σ_{smax} [MPa]	$\sigma_{s,limite}$ [MPa]
1084	1368

Tabella 21 – Tensione massima di trazione nel cavo in combinazione RARA

Le limitazioni risultano soddisfatte.

8.4.2.1.3 Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione frequente

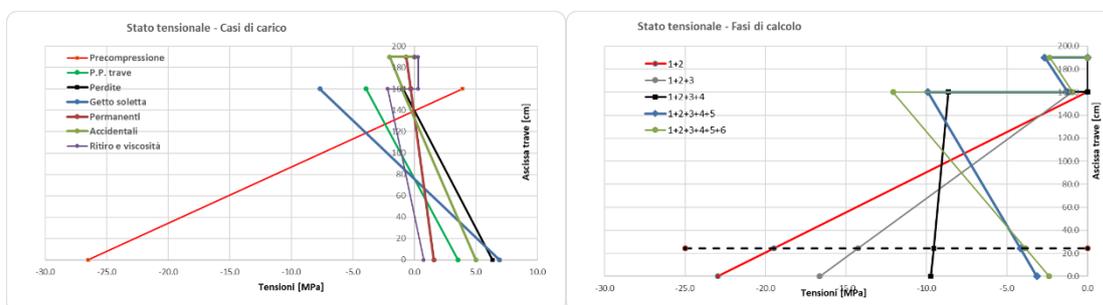
Di seguito si riportano le tensioni in combinazione FREQUENTE

Condizioni elementari	N [kN]	M [kN m]	σ_{inf} [N/mm ²]	σ_{sup} [N/mm ²]	$\sigma_{sol,sup}$ [N/mm ²]	$\sigma_{sol,inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{cavo eq}$ [N/mm ²]	σ_{bar} [N/mm ²]	T_{bar} [N/mm ²]	T_{tor} [N/mm ²]
1) Precompressione t=0	-9904	-5091	-26.5	3.9	-	-	-21.9	-12.6	0.0	0.0
2) Peso proprio trave	0	1250	3.5	-3.9	-	-	2.4	0.0	0.0	0.0
3) Perdite	2369	1218	6.3	-0.9	-	-	5.2	3.0	0.0	0.0
4) Peso soletta	0	2440	6.9	-7.7	-	-	4.7	0.0	0.0	0.0
5) Sovraccarichi perm.	0	889	1.6	-0.3	-0.7	-0.3	1.3	0.7	0.0	0.0
6) Sovraccarichi acc.	0	2787	5.0	-1.0	-2.0	-0.9	4.1	2.2	0.0	0.0
7) Ritiro	-3613	1404	0.8	-2.2	0.3	0.3	0.3	-0.6	0.0	0.0

Tabella 22 – Condizioni elementari in combinazione FREQUENTE

Combinazioni	N [kN]	M [kN m]	σ_{inf} [N/mm ²]	σ_{sup} [N/mm ²]	$\sigma_{sol,sup}$ [N/mm ²]	$\sigma_{sol,inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{cavo eq}$ [N/mm ²]	σ_{bar} [N/mm ²]	T_{bar} [N/mm ²]	$\sigma_{I bar}$ [N/mm ²]	$\sigma_{II bar}$ [N/mm ²]	T_{tor} [N/mm ²]	$\sigma_{I inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{II inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{I sup}$ [N/mm ²]	$\sigma_{II sup}$ [N/mm ²]
A) 1+2	-9903.75	3840.88	-22.97	-0.03	-	-	-19.47	-12.64	0.00	0.00	-12.64	0.00	0.00	-22.97	0.00	-0.03
B) 1+2+3	-7534.26	2622.88	-16.63	-0.96	-	-	-14.24	-9.62	0.00	0.00	-9.62	0.00	0.00	-16.63	0.00	-0.96
C) 1+2+3+4	-7534.26	-182.88	-9.73	-8.63	0.00	0.00	-9.56	-9.62	0.00	0.00	-9.62	0.00	0.00	-9.73	0.00	-8.63
D) 1+2+3+4+5+6	-7534.26	3493.44	-3.14	-9.91	-2.67	-1.24	-4.17	-6.76	0.00	0.00	-6.76	0.00	0.00	-3.14	0.00	-9.91
E) 1+2+3+4+5+6+7	11147.73	4897.22	-2.38	-12.08	-2.35	-0.92	-3.86	-7.38	0.00	0.00	-7.38	0.00	0.00	-2.38	0.00	-12.08

Tabella 23 – Fasi di carico in combinazione FREQUENTE



In combinazione frequente, per la verifica a fessurazione, si deve rispettare lo stato limite di formazione delle fessure, ovvero la massima tensione normale di trazione nel calcestruzzo deve rispettare la limitazione $\sigma_T \leq \frac{f_{ctm}}{1.2}$



2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 2B	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 74 di 102
---------------	--------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

Combinazione FREQUENTE	
$\sigma_{t,max}$ [MPa]	$\sigma_{t,limite}$ [MPa]
-	3.2

Tabella 24 – Tensione normale di trazione nel calcestruzzo in combinazione FREQUENTE

La limitazione risulta soddisfatta.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 75 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

8.4.2.1.4 Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione quasi permanente

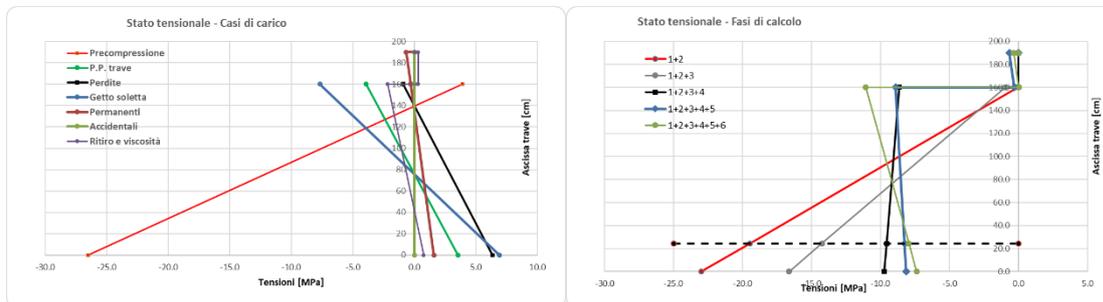
Di seguito si riportano le tensioni in combinazione QUASI PERMANENTE

Condizioni elementari	N [kN]	M [kN m]	σ_{inf} [N/mm ²]	σ_{sup} [N/mm ²]	$\sigma_{sol,sup}$ [N/mm ²]	$\sigma_{sol,inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{cavo eq}$ [N/mm ²]	σ_{bar} [N/mm ²]	Tbar [N/mm ²]	Ttor [N/mm ²]
1) Precompressione t=0	9904	-5091	-26.5	3.9	-	-	-21.9	-12.6	0.0	0.0
2) Peso proprio trave	0	1250	3.5	-3.9	-	-	2.4	0.0	0.0	0.0
3) Perdite	2369	1218	6.3	-0.9	-	-	5.2	3.0	0.0	0.0
4) Peso soletta	0	2440	6.9	-7.7	-	-	4.7	0.0	0.0	0.0
5) Sovraccarichi perm.	0	889	1.6	-0.3	-0.7	-0.3	1.3	0.7	0.0	0.0
6) Sovraccarichi acc.	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7) Ritiro	3613	1404	0.8	-2.2	0.3	0.3	0.3	-0.6	0.0	0.0

Tabella 25 – Condizioni elementari in combinazione QUASI PERMANENTE

Combinazioni	N [kN]	M [kN m]	σ_{inf} [N/mm ²]	σ_{sup} [N/mm ²]	$\sigma_{sol,sup}$ [N/mm ²]	$\sigma_{sol,inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{cavo eq}$ [N/mm ²]	σ_{bar} [N/mm ²]	Tbar [N/mm ²]	$\sigma_{I bar}$ [N/mm ²]	$\sigma_{II bar}$ [N/mm ²]	Ttor [N/mm ²]	$\sigma_{I inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{II inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{I sup}$ [N/mm ²]	$\sigma_{II sup}$ [N/mm ²]
A) 1+2	-9903.75	3840.88	-22.97	-0.03	-	-	-19.47	-12.64	0.00	0.00	-12.64	0.00	0.00	-22.97	0.00	-0.03
B) 1+2+3	-7534.26	2622.88	-16.63	-0.96	-	-	-14.24	-9.62	0.00	0.00	-9.62	0.00	0.00	-16.63	0.00	-0.96
C) 1+2+3+4	-7534.26	-182.88	-9.73	-8.63	0.00	0.00	-9.56	-9.62	0.00	0.00	-9.62	0.00	0.00	-9.73	0.00	-8.63
D) 1+2+3+4+5+6	-7534.26	706.12	-8.15	-8.91	-0.67	-0.29	-8.26	-8.92	0.00	0.00	-8.92	0.00	0.00	-8.15	0.00	-8.91
E) 1+2+3+4+5+6+7	11147.73	2109.90	-7.38	-11.08	-0.35	0.02	-7.95	-9.54	0.00	0.00	-9.54	0.00	0.00	-7.38	0.00	-11.08

Tabella 26 – Fasi di carico in combinazione QUASI PERMANENTE



La massima tensione di compressione del cls deve rispettare la limitazione:
 $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$ per combinazione quasi permanente.

Combinazione QUASI PERMANENTE	
$\sigma_{c,max}$ [MPa]	$\sigma_{c,limite}$ [MPa]
-11.08	-20.25

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	12	V15800	REL	01	B	76 di 102

Tabella 27 – Tensione massima di compressione nel calcestruzzo in combinazione QUASI PERMANENTE

Per la verifica a fessurazione in combinazione quasi permanente si deve rispettare lo stato limite di decompressione, ovvero la tensione normale deve essere ovunque di compressione ed al più uguale a zero.

Combinazione QUASI PERMANENTE	
$\sigma_{t,max}$ [MPa]	$\sigma_{t,limite}$ [MPa]
-	0

Tabella 28 – Tensione normale di trazione nel calcestruzzo in combinazione QUASI PERMANENTE

Entrambe le limitazioni risultano rispettate.

8.4.2.2 Verifiche della sezione a 3.5 m dall'appoggio

8.4.2.2.1 Caratteristiche geometriche e meccaniche

Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione di verifica:

Trave prefabbricata			
A_p	7835	cm ²	Area
Y_{Gp}	78.1	cm	Y baricentro
	25'242'58		
J_{Gp}	0	cm ⁴	Momento di inerzia baricentrico
h_p	160	cm	Altezza trave
b	28	cm	Larghezza in corrisp. del baricentro
A^*	3788	cm ²	Area della trave al di sopra del baricentro
S_{xGp}	200'764	cm ³	Momento statico A^* rispetto asse baricentrico

Getto in opera			
b_{sol}	375	cm	Larghezza soletta
h_{sol}	30	cm	Altezza soletta
			Quota intradosso soletta
$Y_{sol inf}$	160	cm	

Ritiro			
ϵ_r Soletta	0.00026768		
ϵ_r Trave	<u>8</u>		
$\% \epsilon_r$ trave	<u>0.0003625</u>		
	1		$\% \epsilon_r$ scontata al momento del getto soletta
ϵ_r totale	0.00026768		
	8		ritiro differenziale totale

Trefoli						
Trefolo 0.6"		$A_{trefolo}$		1.39 cm ²		
y	n	n	A	n	S _x (y=0)	
cm	cavi	cavi attivi	cm ²	cavi in guaina	cm ³	
5	16	8	11.12	8	56	
10	16	16	22.24	0	222	
15	8	4	5.56	4	83	
20	4	4	5.56	0	111	
80	2	2	2.78	0	222	
155	4	4	5.56	0	862	
0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	12	V15800	REL	01	B	77 di 102

29.5	50	38	52.82	12	1557
------	----	----	-------	----	------

Trefoli			
S0	1425	MPa	Tiro iniziale
f _{ptk}	1900	MPa	Tens. caratt. di rottura
C _{ril}	0.060		Coeff. rilassamento
E _{acc}	201000	MPa	Modulo el. acciaio
σ _{ril}	85.5	MPa	Perdita per rilassamento
σ _{rit}	50.3	MPa	Perdita per ritiro (3%%)
σ _{vis}	175	MPa	Perdita per viscosità
σ _{ril'}	57.0	MPa	Perdita per rilassamento ridotta
% PERDITE	19.8		
σ _{perd}	282.4	MPa	Perdita totale
σ _{finale}	1'143	MPa	Tensione residua nel cavo risultante

Calcestruzzi			
R _{ckj}	50	N/mm ²	Rck trave al taglio dei trefoli
R _{ck trave}	55	N/mm ²	Rck trave
R _{ck soletta}	45	N/mm ²	Rck soletta
E _{trave}	36283	N/mm ²	
E _{sol}	34077	N/mm ²	
φ _{trave}	2.2250		
φ _{sol}	1.8400		
E _{trave LT}	11251	N/mm ²	
E _{sol LT}	11999	N/mm ²	

Trave prefabbricata + armatura			
n	6		Coeff. omog. arm.
A _{po}	8'099	cm ²	Area
S _{x_{po}}	619'561	cm ³	Momento statico (y=0)
Y _{g_{po}}	76.5	cm	Y baricentro
J _{g_{po}}	26'403'592	cm ⁴	Momento di inerzia baricentrico
W _{inf po}	345'152	cm ³	Modulo resistente inferiore
W _{sup po}	316'204	cm ³	Modulo resistente superiore
W _{a po}	561'484	cm ³	Modulo resistente fibra cavo eq.
W _{c po}	345'152	cm ³	Modulo resistente fibra cavo inf.

Trave prefabbricata + soletta + armatura			
Breve Termine	n	0.94	Coeff. omogen. soletta
	A _s	10'713	cm ² Area omogen. soletta
	S _{x_s}	1'874'807	cm ³ Momento statico soletta (y=0)
	Y _{g_s}	175.0	cm Y baricentro
	A _{to}	18'812	cm ² Area
	S _{x_{to}}	2'494'367	cm ³ Momento statico (y=0)
	Y _{g_{to}}	132.6	cm Y baricentro
	J _{g_{to}}	71'946'545	cm ⁴ Momento di inerzia baricentrico
	W _{inf to}	542'611	cm ³ Modulo resistente inferiore
	W _{sup to}	2'625'130	cm ³ Modulo resistente superiore
	W _{sol,inf to}	2'625'130	cm ³ Modulo resistente inf. soletta
	W _{sol,sup to}	1'253'274	cm ³ Modulo resistente sup. soletta
	W _{a to}	697'701	cm ³ Modulo resistente fibra cavo eq.
	S _{x_{G to}}	442'589	cm ³ Momento statico baricentrico

Trave prefabbricata + soletta + armatura			
Lungo Termine	n	1.07	Coeff. omogen. soletta
	A _s	12'146	cm ² Area omogen. soletta
	S _{x_s}	2'125'470	cm ³ Momento statico soletta (y=0)
	Y _{g_s}	175.0	cm Y baricentro
	A _{to}	20'245	cm ² Area

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 78 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

$S_{X_{too}}$	2'745'031	cm ³	Momento statico ($y=0$)
$Y_{g_{too}}$	135.6	cm	Y baricentro
$J_{g_{too}}$	74'447'597	cm ⁴	Momento di inerzia baricentrico
$W_{inf_{too}}$	549'050	cm ³	Modulo resistente inferiore
$W_{sup_{too}}$	3'050'325	cm ³	Modulo resistente superiore
$W_{sol,inf_{too}}$	3'050'325		Modulo resistente inf. soletta
$W_{sol,sup_{too}}$	1'368'360	cm ³	Modulo resistente sup. soletta
$W_{a_{too}}$	701'542	cm ³	Modulo resistente fibra cavo eq.
$S_{XG_{too}}$	455'524	cm ³	Momento statico baricentrico

8.4.2.2 Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione RARA

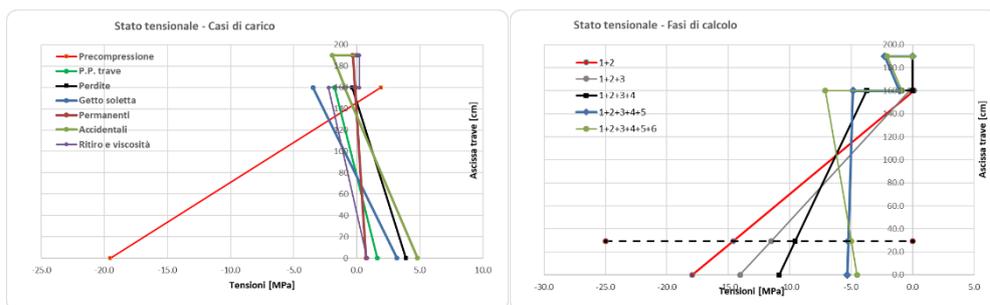
Di seguito si riportano le tensioni in combinazione RARA

Condizioni elementari	N [kN]	M [kN m]	σ_{inf} [N/mm ²]	σ_{sup} [N/mm ²]	$\sigma_{sol,sup}$ [N/mm ²]	$\sigma_{sol,inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{cavo eq}$ [N/mm ²]	σ_{bar} [N/mm ²]	T _{bar} [N/mm ²]	T _{tor} [N/mm ²]
1) Precompressione t=0	-7527	-3539	-19.5	1.9	-	-	-15.6	-9.6	0.0	0.0
2) Peso proprio trave	0	560	1.6	-1.8	-	-	1.0	0.0	0.4	0.0
3) Perdite	1492	702	3.9	-0.4	-	-	3.1	1.9	0.0	0.0
4) Peso soletta	0	1100	3.2	-3.5	-	-	2.0	0.0	0.9	1.0
5) Sovraccarichi perm.	0	405	0.74	-0.13	-0.3	-0.1	0.6	0.3	0.3	0.2
6) Sovraccarichi acc.	0	2604	4.8	-1.0	-2.0	-0.9	3.7	2.0	1.4	1.6
7) Ritiro	-3613	1424	0.8	-2.3	0.2	0.2	0.2	-0.7	0.0	0.0

Tabella 29 – Condizioni elementari in combinazione RARA

Combinazioni	N [kN]	M [kN m]	σ_{inf} [N/mm ²]	σ_{sup} [N/mm ²]	$\sigma_{sol,sup}$ [N/mm ²]	$\sigma_{sol,inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{cavo eq}$ [N/mm ²]	σ_{bar} [N/mm ²]	T _{bar} [N/mm ²]	$\sigma_{I bar}$ [N/mm ²]	$\sigma_{II bar}$ [N/mm ²]	T _{tor} [N/mm ²]	$\sigma_{I inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{II inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{I sup}$ [N/mm ²]	$\sigma_{II sup}$ [N/mm ²]
A) 1+2	7526.85	2979.48	-17.93	0.13	-	-	-14.60	-9.61	0.44	0.02	-9.63	0.00	0.01	-17.94	0.51	-0.38
B) 1+2+3	6034.95	2277.92	-14.05	-0.25	-	-	-11.51	-7.70	0.44	0.03	-7.73	0.00	0.01	-14.06	0.33	-0.58
C) 1+2+3+4	6034.95	1177.92	-10.86	-3.73	0.00	0.00	-9.55	-7.70	1.31	0.63	-7.92	0.99	0.47	-11.33	1.10	-4.82
D) 1+2+3+4+5+6	6034.95	1831.08	-5.33	-4.85	-2.27	-1.07	-5.24	-5.35	3.01	3.68	-6.70	2.76	3.69	-9.02	3.83	-8.68
E) 1+2+3+4+5+6+7	9648.43	3255.03	-4.52	-7.10	-2.07	-0.87	-4.99	-6.01	3.01	3.50	-7.25	2.76	3.94	-8.46	3.22	-10.33

Tabella 30 – Fasi di carico in combinazione RARA



2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 79 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

La massima tensione di compressione del cls deve rispettare la limitazione:

$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ per combinazione caratteristica (rara);

La massima tensione dell'acciaio deve rispettare la limitazione:

$\sigma_s < 0.8 f_{yk}$ per combinazione caratteristica (rara).

Combinazione RARA	
$\sigma_{c,max}$ [MPa]	$\sigma_{c,limite}$ [MPa]
-17.93	-27

Tabella 31 – Tensione massima di compressione nel calcestruzzo in combinazione RARA

Combinazione RARA	
$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$\sigma_{s,limite}$ [MPa]
1166	1368

Tabella 32 – Tensione massima di trazione nel cavo in combinazione RARA

Le limitazioni risultano soddisfatte

8.4.2.2.3 Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione frequente

Di seguito si riportano le tensioni in combinazione FREQUENTE

Condizioni elementari	N [kN]	M [kN m]	σ_{inf} [N/mm ²]	σ_{sup} [N/mm ²]	$\sigma_{sol,sup}$ [N/mm ²]	$\sigma_{sol,inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{cavo eq}$ [N/mm ²]	σ_{bar} [N/mm ²]	Tbar [N/mm ²]	Ttor [N/mm ²]
1) Precompressione t=0	-7527	-3539	-19.5	1.9	-	-	-15.6	-9.6	0.0	0.0
2) Peso proprio trave	0	560	1.6	-1.8	-	-	1.0	0.0	0.4	0.0
3) Perdite	1492	702	3.9	-0.4	-	-	3.1	1.9	0.0	0.0
4) Peso soletta	0	1100	3.2	-3.5	-	-	2.0	0.0	0.9	1.0
5) Sovraccarichi perm.	0	405	0.74	-0.13	-0.3	-0.1	0.6	0.3	0.3	0.2
6) Sovraccarichi acc.	0	1771	3.3	-0.7	-1.3	-0.6	2.5	1.4	1.0	1.1
7) Ritiro	-3613	1424	0.8	-2.3	0.2	0.2	0.2	-0.7	0.0	0.0

Tabella 33 – Condizioni elementari in combinazione FREQUENTE

Combinazioni	N [kN]	M [kN m]	σ_{inf} [N/mm ²]	σ_{sup} [N/mm ²]	$\sigma_{sol,sup}$ [N/mm ²]	$\sigma_{sol,inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{cavo eq}$ [N/mm ²]	σ_{bar} [N/mm ²]	Tbar [N/mm ²]	$\sigma_{I bar}$ [N/mm ²]	$\sigma_{II bar}$ [N/mm ²]	Ttor [N/mm ²]	$\sigma_{I inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{II inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{I sup}$ [N/mm ²]	$\sigma_{II sup}$ [N/mm ²]
A) 1+2	7526.85	2979.48	-17.93	0.13	-	-	-14.60	-9.61	0.44	0.02	-9.63	0.00	0.01	-17.94	0.51	-0.38
B) 1+2+3	6034.95	2277.92	-14.05	-0.25	-	-	-11.51	-7.70	0.44	0.03	-7.73	0.00	0.01	-14.06	0.33	-0.58
C) 1+2+3+4	6034.95	1177.92	-10.86	-3.73	0.00	0.00	-9.55	-7.70	1.31	0.63	-7.92	0.99	0.47	-11.33	1.10	-4.82
D) 1+2+3+4+5+6	6034.95	997.80	-6.86	-4.53	-1.64	-0.78	-6.43	-6.00	2.55	2.66	-6.94	2.25	2.47	-9.33	3.04	-7.58
E) 1+2+3+4+5+6+7	9648.43	2421.75	-6.05	-6.79	-1.44	-0.58	-6.19	-6.66	2.55	2.52	-7.52	2.25	2.65	-8.70	2.49	-9.27

Tabella 34 – Fasi di carico in combinazione FREQUENTE

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

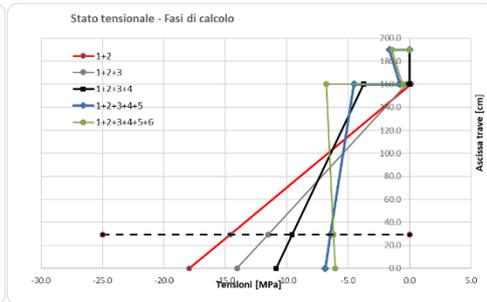
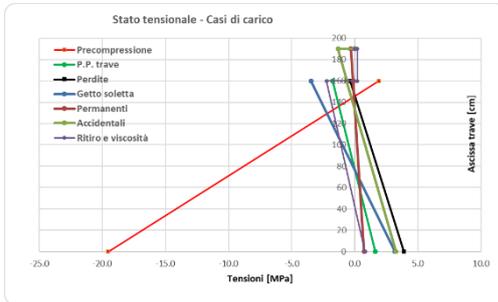
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 80 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------



In combinazione frequente, per la verifica a fessurazione, si deve rispettare lo stato limite di formazione delle fessure, ovvero la massima tensione normale di trazione nel calcestruzzo deve rispettare la limitazione $\sigma_T \leq \frac{f_{ctm}}{1.2}$

Combinazione FREQUENTE	
$\sigma_{t,max}$ [MPa]	$\sigma_{t,limite}$ [MPa]
-	3.2

Tabella 35 – Tensione normale di trazione nel calcestruzzo in combinazione FREQUENTE

La limitazione risulta soddisfatta

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 81 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

8.4.2.2.4 Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione quasi permanente

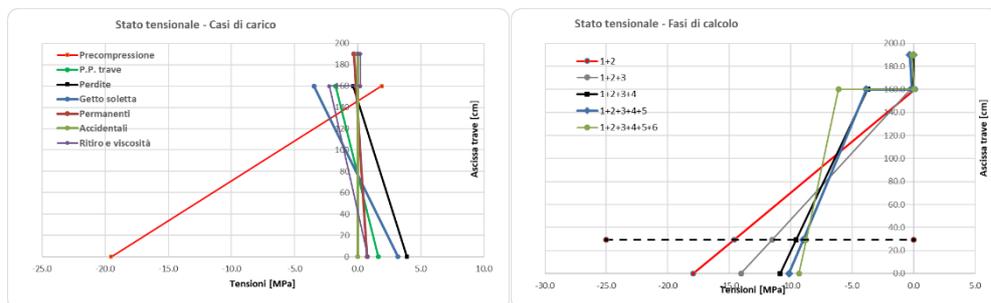
Di seguito si riportano le tensioni in combinazione QUASI PERMANENTE

Condizioni elementari	N [kN]	M [kN m]	σ_{inf} [N/mm ²]	σ_{sup} [N/mm ²]	$\sigma_{sol,sup}$ [N/mm ²]	$\sigma_{sol,inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{cavo eq}$ [N/mm ²]	σ_{bar} [N/mm ²]	Tbar [N/mm ²]	Ttor [N/mm ²]
1) Precompressione t=0	-7527	-3539	-19.5	1.9	-	-	-15.6	-9.6	0.0	0.0
2) Peso proprio trave	0	560	1.6	-1.8	-	-	1.0	0.0	0.4	0.0
3) Perdite	1492	702	3.9	-0.4	-	-	3.1	1.9	0.0	0.0
4) Peso soletta	0	1100	3.2	-3.5	-	-	2.0	0.0	0.9	1.0
5) Sovraccarichi perm.	0	405	0.74	-0.13	-0.3	-0.1	0.6	0.3	0.3	0.2
6) Sovraccarichi acc.	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7) Ritiro	-3613	1424	0.8	-2.3	0.2	0.2	0.2	-0.7	0.0	0.0

Tabella 36 – Condizioni elementari in combinazione QUASI PERMANENTE

Combinazioni	N [kN]	M [kN m]	σ_{inf} [N/mm ²]	σ_{sup} [N/mm ²]	$\sigma_{sol,sup}$ [N/mm ²]	$\sigma_{sol,inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{cavo eq}$ [N/mm ²]	σ_{bar} [N/mm ²]	Tbar [N/mm ²]	$\sigma_{I bar}$ [N/mm ²]	$\sigma_{II bar}$ [N/mm ²]	Ttor [N/mm ²]	$\sigma_{I inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{II inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{I sup}$ [N/mm ²]	$\sigma_{II sup}$ [N/mm ²]
A) 1+2	7526.85	2979.48	-17.93	0.13	-	-	-14.60	-9.61	0.44	0.02	-9.63	0.00	0.01	-17.94	0.51	-0.38
B) 1+2+3	6034.95	2277.92	-14.05	-0.25	-	-	-11.51	-7.70	0.44	0.03	-7.73	0.00	0.01	-14.06	0.33	-0.58
C) 1+2+3+4	6034.95	1177.92	-10.86	-3.73	0.00	0.00	-9.55	-7.70	1.31	0.63	-7.92	0.99	0.47	-11.33	1.10	-4.82
D) 1+2+3+4+5+6	6034.95	-772.92	-10.13	-3.86	-0.32	-0.14	-8.97	-7.38	1.57	0.91	-7.70	1.18	0.70	-10.82	1.43	-5.29
E) 1+2+3+4+5+6+7	9648.43	651.03	-9.32	-6.11	-0.12	0.06	-8.73	-8.04	1.57	0.85	-8.33	1.18	0.75	-10.07	1.05	-7.16

Tabella 37 – Fasi di carico in combinazione QUASI PERMANENTE



La massima tensione di compressione del cls deve rispettare la limitazione:
 $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$ per combinazione quasi permanente.

Combinazione QUASI PERMANENTE	
$\sigma_{c,max}$ [MPa]	$\sigma_{c,limite}$ [MPa]
-9.63	-20.25

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 82 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

Tabella 38 – Tensione massima di compressione nel calcestruzzo in combinazione QUASI PERMANENTE

Per la verifica a fessurazione in combinazione quasi permanente si deve rispettare lo stato limite di decompressione, ovvero la tensione normale deve essere ovunque di compressione ed al più uguale a zero.

Combinazione QUASI PERMANENTE	
$\sigma_{t,max}$ [MPa]	$\sigma_{t,limite}$ [MPa]
-	0

Tabella 39 – Tensione normale di trazione nel calcestruzzo in combinazione QUASI PERMANENTE

Entrambe le limitazioni risultano rispettate.

8.4.2.3 Verifiche della sezione a 1 m dall'appoggio

8.4.2.3.1 Caratteristiche geometriche e meccaniche

Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione di verifica:

Trave prefabbricata			
A_p	7835	cm ²	Area
Y_{gp}	78.1	cm	Y baricentro
	25'242'58		
J_{gp}	0	cm ⁴	Momento di inerzia baricentrico
h_p	160	cm	Altezza trave
b	28	cm	Larghezza in corrisp. del baricentro
A^*	3788	cm ²	Area della trave al di sopra del baricentro
S_{xGp}	200'764	cm ³	Momento statico A^* rispetto asse baricentrico

Getto in opera			
d_{sol}	375	cm	Larghezza soletta
h_{sol}	30	cm	Altezza soletta
			Quota intradosso soletta
$Y_{sol inf}$	160	cm	

Ritiro			
ϵ_r Soletta	0.00026768		
	<u>8</u>		
ϵ_r Trave	0.0003625		
$\% \epsilon_r$ trave	1		$\% \epsilon_r$ trave scontata al momento del getto soletta
	0.00026768		
ϵ_r totale	8		ritiro differenziale totale

Trefoli						
Trefolo 0.6"			A _{trefolo} 1.39		cm ²	
y cm	n cavi	n cavi attivi	A cm ²	n cavi in guaina	S _x (y=0) cm ³	
5	16	0	0	16	0	0
10	16	10	13.9	6	139	139
15	8	4	5.56	4	83	83
20	4	4	5.56	0	111	111
80	2	2	2.78	0	222	222
155	4	4	5.56	0	862	862
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 83 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

42.5	50	24	33.36	26	1418
------	----	----	-------	----	------

Trefoli			
S0	1425	MPa	Tiro iniziale
f _{ptk}	1900	MPa	Tens. caratt. di rottura
C _{rit}	0.060		Coeff. rilassamento
E _{acc}	201000	MPa	Modulo el. acciaio
σ _{rit}	85.5	MPa	Perdita per rilassamento
σ _{rit}	50.3	MPa	Perdita per ritiro (3%%)
σ _{vis}	95	MPa	Perdita per viscosità
σ _{rit} '	63.7	MPa	Perdita per rilassamento ridotta
% PERDITE	14.7		
σ _{perd}	208.8	MPa	Perdita totale
σ _{finale}	1'216	MPa	Tensione residua nel cavo risultante

Calcestruzzi			
R _{ckj}	50	N/mm ²	R _{ck} trave al taglio dei trefoli
R _{ck trave}	55	N/mm ²	R _{ck} trave
R _{ck soletta}	45	N/mm ²	R _{ck} soletta
E _{trave}	36283	N/mm ²	
E _{sol}	34077	N/mm ²	
φ _{trave}	2.2250		
φ _{sol}	1.8400		
E _{trave LT}	11251	N/mm ²	
E _{sol LT}	11999	N/mm ²	

Trave prefabbricata + armatura			
n	6		Coeff. omog. arm.
A _{po}	8'002	cm ²	Area
S _{X_{po}}	618'866	cm ³	Momento statico (y=0)
Y _{G_{po}}	77.3	cm	Y baricentro
J _{G_{po}}	25'929'274	cm ⁴	Momento di inerzia baricentrico
W _{inf po}	335'256	cm ³	Modulo resistente inferiore
W _{sup po}	313'692	cm ³	Modulo resistente superiore
W _{a po}	744'202	cm ³	Modulo resistente fibra cavo eq.
W _{c po}	335'256	cm ³	Modulo resistente fibra cavo inf.
Trave prefabbricata + soletta + armatura			
Breve Termine	n	0.94	Coeff. omogen. soletta
	A _s	11'278	cm ² Area omogen. soletta
	S _{X_s}	1'973'717	cm ³ Momento statico soletta (y=0)
	Y _{G_s}	175.0	cm Y baricentro
	A _{to}	19'280	cm ² Area
	S _{X_{to}}	2'592'582	cm ³ Momento statico (y=0)
	Y _{G_{to}}	134.5	cm Y baricentro
	J _{G_{to}}	71'363'213	cm ⁴ Momento di inerzia baricentrico

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 84 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

$W_{inf\ to}$	530'702	cm ³	Modulo resistente inferiore
$W_{sup\ to}$	2'795'205	cm ³	Modulo resistente superiore
$W_{sol,inf\ to}$	2'795'205	cm ³	Modulo resistente inf. soletta
$W_{sol,sup\ to}$	1'285'116	cm ³	Modulo resistente sup. soletta
$W_a\ to$	775'945	cm ³	Modulo resistente fibra cavo eq.
$S_{xG\ to}$	441'484	cm ³	Momento statico baricentrico

Trave prefabbricata + soletta + armatura			
Lungo termine	n	1.07	Coeff. omogen. soletta
	A_s	12'711	cm ² Area omogen. soletta
	S_{x_s}	2'224'380	cm ³ Momento statico soletta (y=0)
	Y_{G_s}	175.0	cm Y baricentro
	$A_{t_{\infty}}$	20'712	cm ² Area
	$S_{x_{t_{\infty}}}$	2'843'246	cm ³ Momento statico (y=0)
	$Y_{G_{t_{\infty}}}$	137.3	cm Y baricentro
	$J_{G_{t_{\infty}}}$	73'660'902	cm ⁴ Momento di inerzia baricentrico
	$W_{inf\ t_{\infty}}$	536'604	cm ³ Modulo resistente inferiore
	$W_{sup\ t_{\infty}}$	3'241'018	cm ³ Modulo resistente superiore
	$W_{sol,inf\ t_{\infty}}$	3'241'018	Modulo resistente inf. soletta
	$W_{sol,sup\ t_{\infty}}$	1'397'006	cm ³ Modulo resistente sup. soletta
	$W_a\ t_{\infty}$	777'241	cm ³ Modulo resistente fibra cavo eq.
	$S_{xG\ t_{\infty}}$	453'294	cm ³ Momento statico baricentrico

8.4.2.3.2 Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione RARA

Di seguito si riportano le tensioni in combinazione RARA

Condizioni elementari	N	M	σ_{inf}	σ_{sup}	$\sigma_{sol,sup}$	$\sigma_{sol,inf}$	$\sigma_{cavo\ eq}$	σ_{bar}	T_{bar}	T_{tor}
	[kN]	[kN m]	[N/mm ²]							
1) Precompressione t=0	-4754	-1656	-10.9	-0.7	-	-	-8.2	-6.1	0.0	0.0
2) Peso proprio trave	0	199	0.6	-0.6	-	-	0.3	0.0	0.6	0.0
3) Perdite	697	243	1.6	0.1	-	-	1.2	0.9	0.0	0.0
4) Peso soletta	0	390	1.2	-1.2	-	-	0.5	0.0	1.2	0.4
5) Sovraccarichi perm.	0	142	0.3	0.0	-0.1	0.0	0.2	0.1	0.3	0.2
6) Sovraccarichi acc.	0	1320	2.5	-0.5	-1.0	-0.4	1.7	1.1	1.8	1.7
7) Ritiro	-3613	1363	0.8	-2.2	0.3	0.3	0.0	-0.6	0.0	0.0

Tabella 40 – Condizioni elementari in combinazione RARA

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

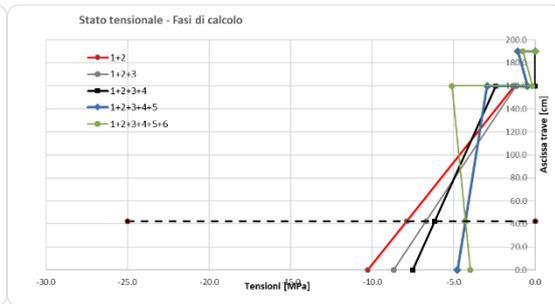
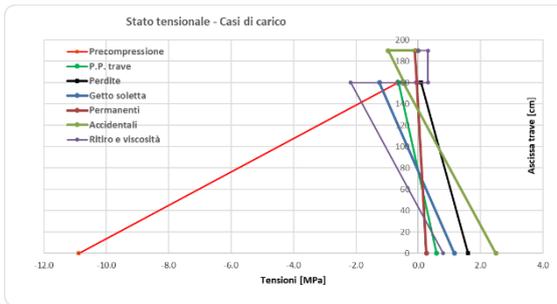
OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 85 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

Combinazioni	N [kN]	M [kN m]	σ_{inf}	σ_{sup}	$\sigma_{sol,sup}$	$\sigma_{sol,inf}$	$\sigma_{cavo\ eq}$	σ_{bar}	Tbar	$\sigma_{I\ bar}$	$\sigma_{II\ bar}$	Ttor	$\sigma_{I\ inf}$	$\sigma_{II\ inf}$	$\sigma_{I\ sup}$	$\sigma_{II\ sup}$
			[N/mm ²]													
A) 1+2	4753.80	1457.31	-10.29	-1.30	-	-	-7.90	-6.07	0.55	0.05	-6.12	0.00	0.03	-10.32	0.20	-1.50
B) 1+2+3	4057.30	1214.63	-8.69	-1.20	-	-	-6.70	-5.18	0.55	0.06	-5.24	0.00	0.04	-8.73	0.22	-1.41
C) 1+2+3+4	4057.30	-824.63	-7.53	-2.44	0.00	0.00	-6.18	-5.18	1.71	0.72	-5.69	0.35	0.53	-8.06	1.18	-3.62
D) 1+2+3+4+5+6	4057.30	637.37	-4.78	-2.96	-1.07	-0.49	-4.29	-4.01	3.81	4.34	-6.31	2.21	4.09	-8.87	4.72	-7.68
E) 1+2+3+4+5+6+7	7670.77	2000.65	-3.98	-5.12	-0.76	-0.18	-4.29	-4.64	3.81	4.13	-6.78	2.21	4.35	-8.33	3.98	-9.10

Tabella 41 – Fasi di carico in combinazione RARA



La massima tensione di compressione del cls deve rispettare la limitazione:

$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ per combinazione caratteristica (rara);

La massima tensione dell'acciaio deve rispettare la limitazione:

$\sigma_s < 0.8 f_{yk}$ per combinazione caratteristica (rara).

Combinazione RARA	
$\sigma_{c,max}$ [MPa]	$\sigma_{c,limite}$ [MPa]
-10.29	-27

Tabella 42 – Tensione massima di compressione nel calcestruzzo in combinazione RARA

Combinazione RARA	
$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$\sigma_{s,limite}$ [MPa]
1240	1368

Tabella 43 – Tensione massima di trazione nel cavo in combinazione RARA

Le limitazioni risultano soddisfatte

8.4.2.3.3 Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione frequente

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 86 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

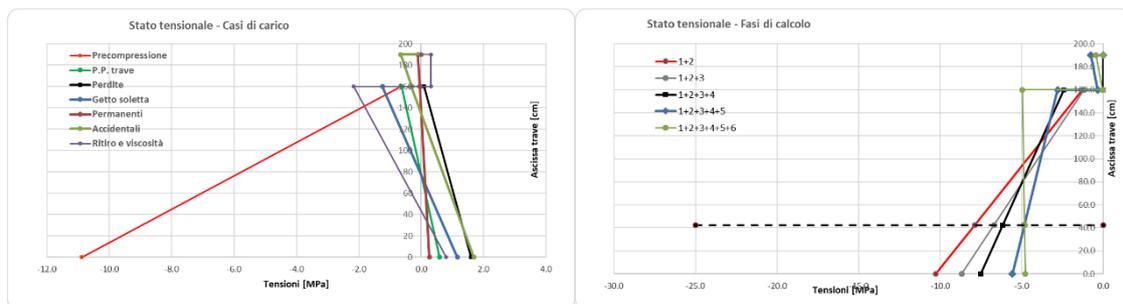
Di seguito si riportano le tensioni in combinazione FREQUENTE

Condizioni elementari	N	M	σ_{inf}	σ_{sup}	$\sigma_{sol,sup}$	$\sigma_{sol,inf}$	$\sigma_{cavo eq}$	σ_{bar}	T_{bar}	T_{tor}
	[kN]	[kN m]	[N/mm ²]							
1) Precompressione t=0	-4754	-1656	-10.9	-0.7	-	-	-8.2	-6.1	0.0	0.0
2) Peso proprio trave	0	199	0.6	-0.6	-	-	0.3	0.0	0.6	0.0
3) Perdite	697	243	1.6	0.1	-	-	1.2	0.9	0.0	0.0
4) Peso soletta	0	390	1.2	-1.2	-	-	0.5	0.0	1.2	0.4
5) Sovraccarichi perm.	0	142	0.3	0.0	-0.1	0.0	0.2	0.1	0.3	0.2
6) Sovraccarichi acc.	0	898	1.7	-0.3	-0.7	-0.3	1.2	0.7	1.2	1.1
7) Ritiro	-3613	1363	0.8	-2.2	0.3	0.3	0.0	-0.6	0.0	0.0

Tabella 44 – Condizioni elementari in combinazione FREQUENTE

Combinazioni	N	M	σ_{inf}	σ_{sup}	$\sigma_{sol,sup}$	$\sigma_{sol,inf}$	$\sigma_{cavo eq}$	σ_{bar}	T_{bar}	$\sigma_{I bar}$	$\sigma_{II bar}$	T_{tor}	$\sigma_{I inf}$	$\sigma_{II inf}$	$\sigma_{I sup}$	$\sigma_{II sup}$
	[kN]	[kN m]	[N/mm ²]													
A) 1+2	4753.80	1457.31	-10.29	-1.30	-	-	-7.90	-6.07	0.55	0.05	-6.12	0.00	0.03	-10.32	0.20	-1.50
B) 1+2+3	4057.30	1214.63	-8.69	-1.20	-	-	-6.70	-5.18	0.55	0.06	-5.24	0.00	0.04	-8.73	0.22	-1.41
C) 1+2+3+4	4057.30	-824.63	-7.53	-2.44	0.00	0.00	-6.18	-5.18	1.71	0.72	-5.69	0.35	0.53	-8.06	1.18	-3.62
D) 1+2+3+4+5+6	4057.30	214.97	-5.57	-2.81	-0.76	-0.35	-4.84	-4.34	3.24	3.20	-6.08	1.67	2.87	-8.44	3.71	-6.52
E) 1+2+3+4+5+6+7	7670.77	1578.25	-4.78	-4.97	-0.45	-0.04	-4.83	-4.98	3.24	3.02	-6.58	1.67	3.08	-7.86	3.02	-8.00

Tabella 45 – Fasi di carico in combinazione FREQUENTE



In combinazione frequente, per la verifica a fessurazione, si deve rispettare lo stato limite di formazione delle fessure, ovvero la massima tensione normale di trazione nel calcestruzzo deve rispettare la limitazione $\sigma_T \leq \frac{f_{ctm}}{1.2}$

Combinazione FREQUENTE	
$\sigma_{t,max}$ [MPa]	$\sigma_{t,limite}$ [MPa]
-	3.2

Tabella 46 – Tensione normale di trazione nel calcestruzzo in combinazione FREQUENTE

La limitazione risulta soddisfatta

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 87 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

8.4.2.3.4 Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione quasi permanente

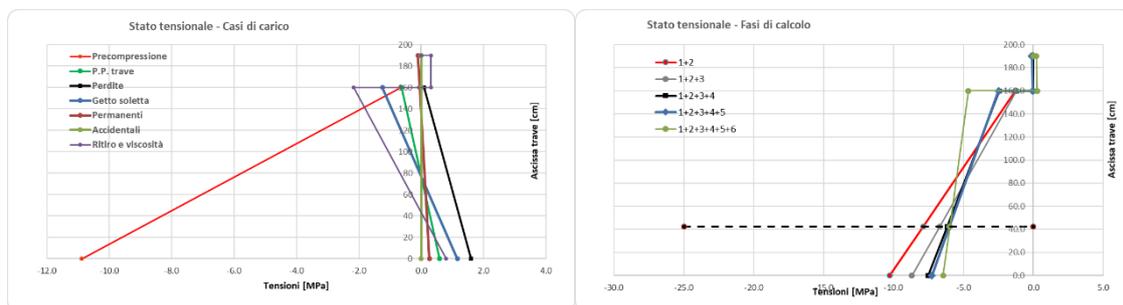
Di seguito si riportano le tensioni in combinazione QUASI PERMANENTE

Condizioni elementari	N [kN]	M [kN m]	σ_{inf} [N/mm ²]	σ_{sup} [N/mm ²]	$\sigma_{sol,sup}$ [N/mm ²]	$\sigma_{sol,inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{cavo eq}$ [N/mm ²]	σ_{bar} [N/mm ²]	Tbar [N/mm ²]	Ttor [N/mm ²]
1) Precompressione t=0	-4754	-1656	-10.9	-0.7	-	-	-8.2	-6.1	0.0	0.0
2) Peso proprio trave	0	199	0.6	-0.6	-	-	0.3	0.0	0.6	0.0
3) Perdite	697	243	1.6	0.1	-	-	1.2	0.9	0.0	0.0
4) Peso soletta	0	390	1.2	-1.2	-	-	0.5	0.0	1.2	0.4
5) Sovraccarichi perm.	0	142	0.3	0.0	-0.1	0.0	0.2	0.1	0.3	0.2
6) Sovraccarichi acc.	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7) Ritiro	-3613	1363	0.8	-2.2	0.3	0.3	0.0	-0.6	0.0	0.0

Tabella 47 – Condizioni elementari in combinazione QUASI PERMANENTE

Combinazioni	N [kN]	M [kN m]	σ_{inf} [N/mm ²]	σ_{sup} [N/mm ²]	$\sigma_{sol,sup}$ [N/mm ²]	$\sigma_{sol,inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{cavo eq}$ [N/mm ²]	σ_{bar} [N/mm ²]	Tbar [N/mm ²]	$\sigma_{I bar}$ [N/mm ²]	$\sigma_{II bar}$ [N/mm ²]	Ttor [N/mm ²]	$\sigma_{I inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{II inf}$ [N/mm ²]	$\sigma_{I sup}$ [N/mm ²]	$\sigma_{II sup}$ [N/mm ²]
A) 1+2	4753.80	1457.31	-10.29	-1.30	-	-	-7.90	-6.07	0.55	0.05	-6.12	0.00	0.03	-10.32	0.20	-1.50
B) 1+2+3	4057.30	1214.63	-8.69	-1.20	-	-	-6.70	-5.18	0.55	0.06	-5.24	0.00	0.04	-8.73	0.22	-1.41
C) 1+2+3+4	4057.30	-824.63	-7.53	-2.44	0.00	0.00	-6.18	-5.18	1.71	0.72	-5.69	0.35	0.53	-8.06	1.18	-3.62
D) 1+2+3+4+5+6	4057.30	-682.63	-7.27	-2.49	-0.11	-0.05	-6.00	-5.06	2.04	1.08	-5.79	0.53	0.82	-8.08	1.61	-4.10
E) 1+2+3+4+5+6+7	7670.77	680.65	-6.47	-4.65	0.20	0.26	-5.99	-5.70	2.04	0.99	-6.36	0.53	0.90	-7.37	1.14	-5.79

Tabella 48 – Fasi di carico in combinazione QUASI PERMANENTE



La massima tensione di compressione del cls deve rispettare la limitazione:
 $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$ per combinazione quasi permanente.

Combinazione QUASI PERMANENTE	
$\sigma_{c,max}$ [MPa]	$\sigma_{c,limite}$ [MPa]
-10.29	-20.25

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 88 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

Tabella 49 – Tensione massima di compressione nel calcestruzzo in combinazione QUASI PERMANENTE

Per la verifica a fessurazione in combinazione quasi permanente si deve rispettare lo stato limite di decompressione, ovvero la tensione normale deve essere ovunque di compressione ed al più uguale a zero.

Combinazione QUASI PERMANENTE	
$\sigma_{t,max}$ [MPa]	$\sigma_{t,limite}$ [MPa]
-	0

Tabella 50 – Tensione normale di trazione nel calcestruzzo in combinazione QUASI PERMANENTE

Entrambe le limitazioni risultano rispettate.

7.2.3 Verifiche della trave agli SLU

Si riportano di seguito le verifiche della trave agli SLU per la sezione maggiormente sollecitata a flessione, ovvero la sezione di mezzzeria, e quella maggiormente sollecitata a taglio, ovvero quella a 3.5 m dall'appoggio.

8.2.3.1 Verifica a flessione

Si riporta di seguito la verifica a flessione della trave maggiormente sollecitata, come prescritto al paragrafo Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.

Di seguito si riporta il diagramma del momento flettente per la combinazione A1-STR Gr.1

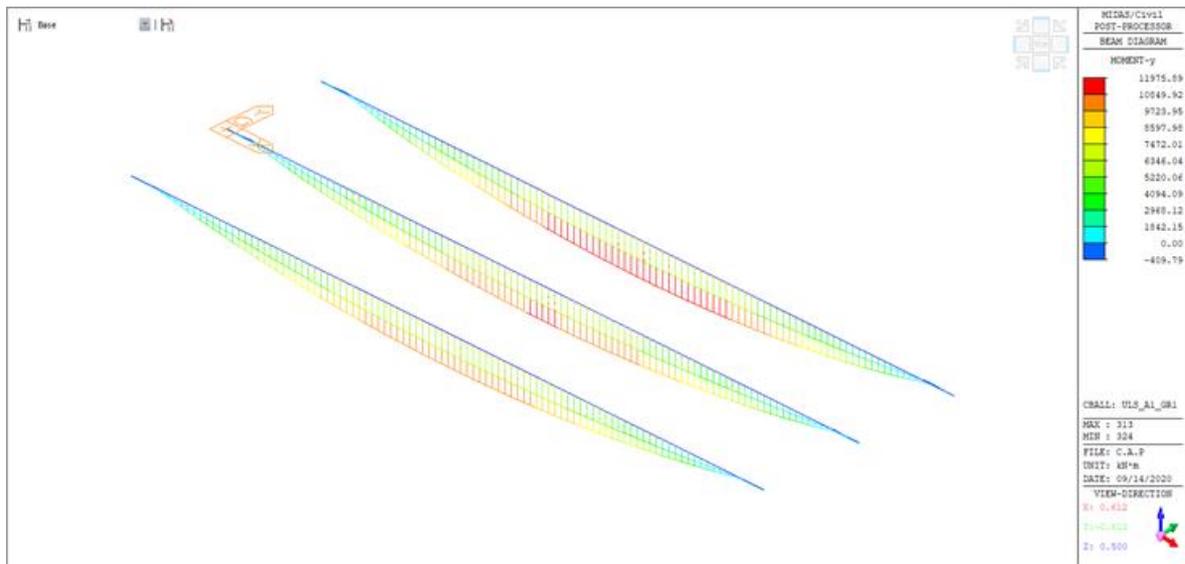


Figura 53: Diagramma del momento flettente combinazione A1-STR Gr.1

L'armatura considerata per la verifica della trave a flessione è la sola armatura dei trefoli.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

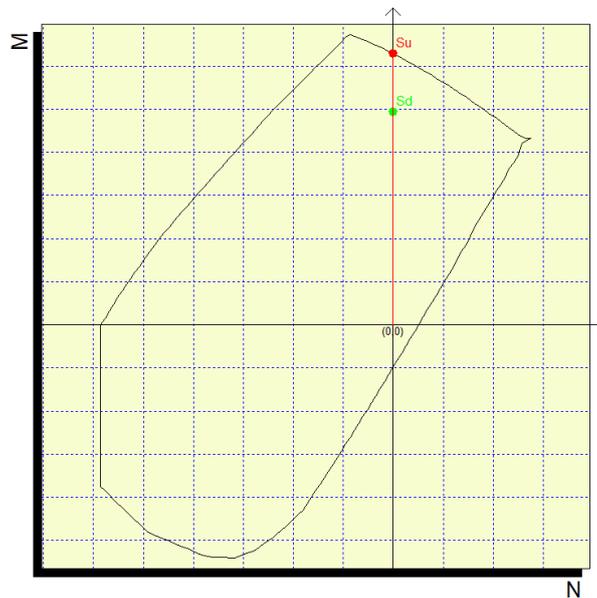
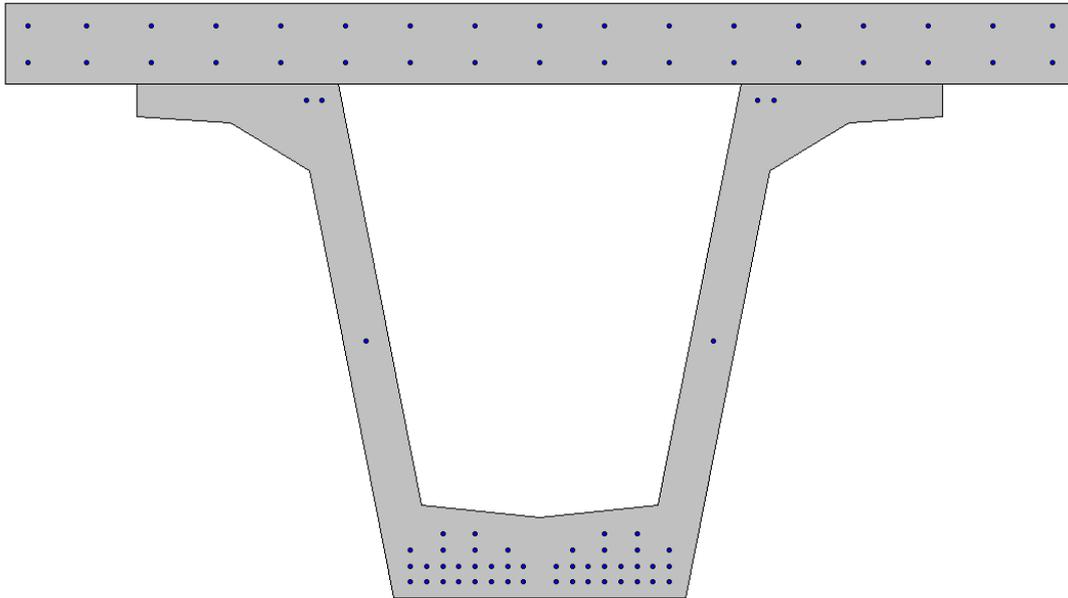
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 89 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

La verifica viene effettuata con il software di calcolo PresFle.



Verifica a flessione della trave

Combinazione	M_{Ed} kNm	M_{Rd} kNm	C.S. [-]
A1-STR Gr.1	11975	18861	1.35

Tabella 51 – Verifica a flessione della trave

Dunque la verifica risulta soddisfatta.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 90 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

8.2.3.2 Verifica a taglio

Si riporta di seguito la verifica a taglio della trave maggiormente sollecitata, come prescritto al paragrafo Erroneo. L'origine riferimento non è stata trovata.

Di seguito si riporta il diagramma del taglio per la combinazione A1-STR Gr.1 in corrispondenza della sezione a 3.5m dall'appoggio.

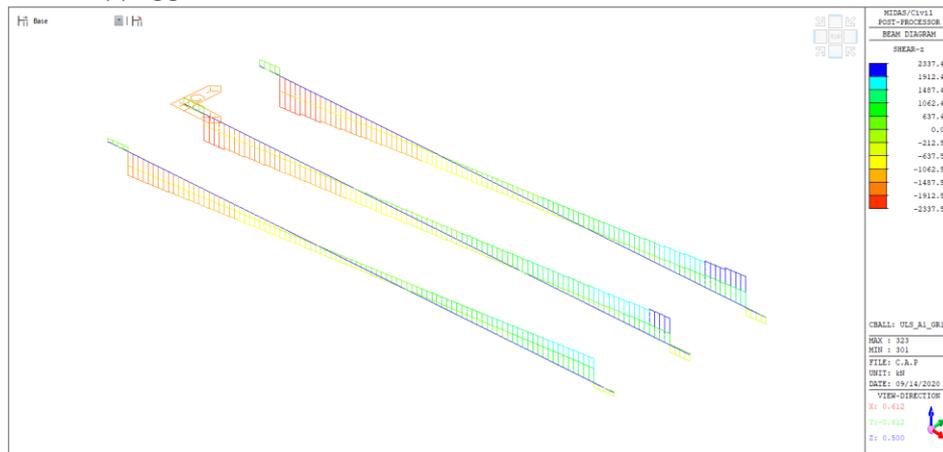


Figura 54: Diagramma del taglio in combinazione A1-STR Gr.1

Si riportano di seguito le tabelle riepilogative delle verifiche a taglio per la trave, in ottemperanza al paragrafo 4.1.2.3.5.2 delle NTC 2018, per lo stato limite ultimo per elementi armati a taglio.

La sezione resistente è caratterizzata dalle due anime di altezza 160 cm e di spessore 15 cm

L'armatura considerata è costituita da staffe di diametro $\cdot 14$ a 4 bracci, disposti ad un passo di 15 cm

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	12	V15800	REL	01	B	91 di 102

SEZIONE

Sollecitazioni			V
V _{Ed}	kN		1714
N _{Ed}	kN		0

Armatura a taglio		
Diametro	mm	14
Numero barre		4
A _{sw}	cm ²	6.16
Passo s	cm	15
Angolo α	°	90

Armatura longitudinale		
n ₁		-
Ø ₁	mm	-
n ₂		-
Ø ₂	mm	-
A _{sl}	cm ²	-

b _w	cm	28
H	cm	160
c	cm	5
d	cm	155
k	N/mm ²	1.36
v _{min}	N/mm ²	0.37
ρ		0.0000
σ _{cp}	N/mm ²	0.00
α _c		1.00

Resistenza senza armatura a taglio		
V _{Rd}	kN	161

Resistenza con armatura a taglio		
Inclinazione puntone θ	°	42.1
V _{RSd}	kN	2478
V _{RCd}	kN	2478
V _{Rd}	kN	2478

Tabella 52 – Verifica a taglio della trave a 3.50 m dall'appoggio

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	12	V15800	REL	01	B	92 di 102

SEZIONE DI APPOGGIO

Sollecitazioni		V
V _{Ed}	kN	2259
N _{Ed}	kN	0

Armatura a taglio			
Diametro	mm		14
Numero barre			4
A _{sw}	cm ²		6.16
Passo s	cm		10
Angolo α	°		90

Armatura longitudinale			
n ₁			-
Ø ₁	mm		-
n ₂			-
Ø ₂	mm		-
A _{sl}	cm ²		-

b _w	cm	48
H	cm	160
c	cm	5
d	cm	155
k	N/mm ²	1.36
v _{min}	N/mm ²	0.37
ρ		0.0000
σ _{cp}	N/mm ²	0.0000
α _c		1.00

Resistenza senza armatura a taglio		
V _{Rd}	kN	277

Resistenza con armatura a taglio		
Inclinazione puntone θ	°	38.9
V _{RSd}	kN	4171
V _{RCd}	kN	4171
V _{Rd}	kN	4171

Tabella 53 – Verifica a taglio della trave in appoggio

Dunque la verifica risulta soddisfatta.

8.2.3.3 Conclusioni

In conclusione il coefficiente di sicurezza delle travi è superiore all'unità.

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 93 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

7.3 VERIFICHE DEI TRAVERSI

I traversi di testata sono costituiti da una sezione rettangolare in c.a. di dimensioni 155 cm x 30 cm, armata con 3 ferri superiori e inferiori $\phi 30$ e staffe $\cdot 14$ a due bracci a passo 20 cm.

7.3.1 Diagrammi delle sollecitazioni

Si riportano di seguito i diagrammi delle sollecitazioni flettenti e taglianti nel traverso di testata in nella combinazione più gravosa A1-STR Gr.1.

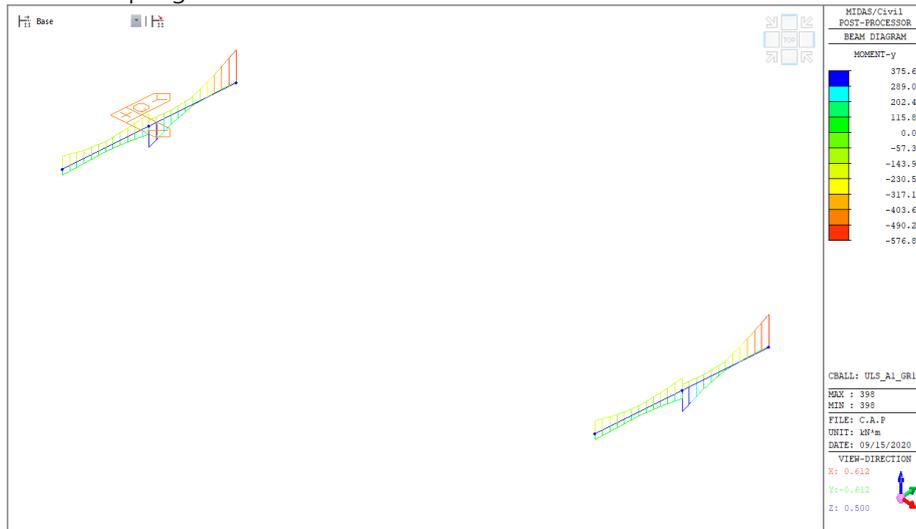


Figura 55: Diagramma del momento flettente in combinazione A1-STR Gr.1 nel traverso di testata

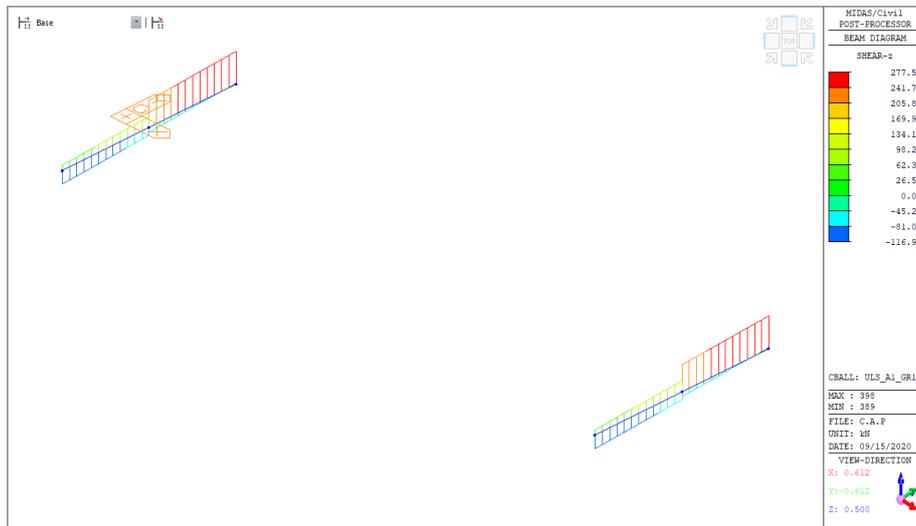


Figura 56: Diagramma del taglio in combinazione A1-STR Gr.1 nel traverso di testata

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

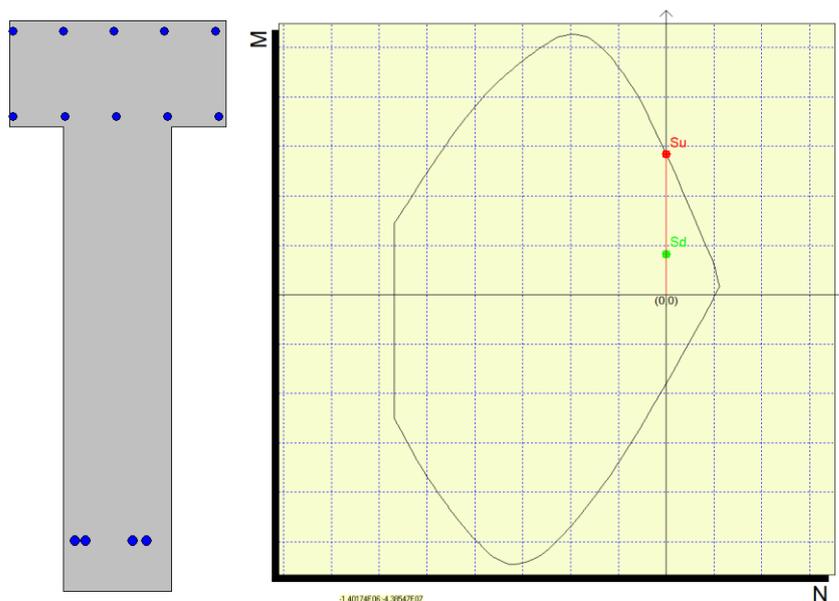
Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 94 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

8.3.1.1 Verifica a flessione

Si riporta di seguito la verifica a flessione del traverso

L'armatura considerata per la verifica della trave a flessione è costituita da 3 ϕ 30 superiori e inferiori

La verifica viene effettuata con il software di calcolo PresFle.



Verifica a flessione del traverso			
Combinazione	M_{Ed} kNm	M_{Rd} kNm	C.S. [-]
A1-STR Gr.1	576	1990	3.45

Tabella 54 – Verifica a flessione traverso

Dunque la verifica risulta soddisfatta.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 95 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

8.3.1.2 Verifica a taglio

Si riportano di seguito le tabelle riepilogative delle verifiche a taglio per il traverso, secondo quanto descritto al paragrafo Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. per lo stato limite ultimo per elementi armati a taglio.

L'armatura considerata è costituita da staffe di diametro $\phi 14$ a 2 bracci, disposti ad un passo di 20 cm

SEZIONE		
Sollecitazioni		
V_{Ed}	kN	277
N_{Ed}	kN	0
Armatura a taglio		
Diametro	mm	14
Numero barre		2
A_{sw}	cm ²	3.08
Passo s	cm	20
Angolo α	°	90
Armatura longitudinale		
n_1		-
\varnothing_1	mm	-
n_2		-
\varnothing_2	mm	-
A_{sl}	cm ²	-
b_w	cm	30
H	cm	130
c	cm	5
d	cm	125
k	N/mm ²	1.40
v_{min}	N/mm ²	0.34
ρ		0.0000
σ_{cp}	N/mm ²	0.00
α_c		1.00
Resistenza senza armatura a taglio		
V_{Rd}	kN	129
Resistenza con armatura a taglio		
Inclinazione puntone θ	°	45.0
V_{Rsd}	kN	565
V_{Rcd}	kN	1673
V_{Rd}	kN	565

Tabella 55 – Verifica a taglio del traverso

La verifica risulta soddisfatta.

8.3.1.3 Verifica in fase di sollevamento

Per la valutazione delle sollecitazioni in fase di sollevamento si è realizzato un modello di trave monodimensionale appoggiato in corrispondenza dei martinetti e sollecitato da forze concentrate in corrispondenza delle tre travi in c.a.p. (forze nodali corrispondenti ai carichi permanenti). Nelle

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

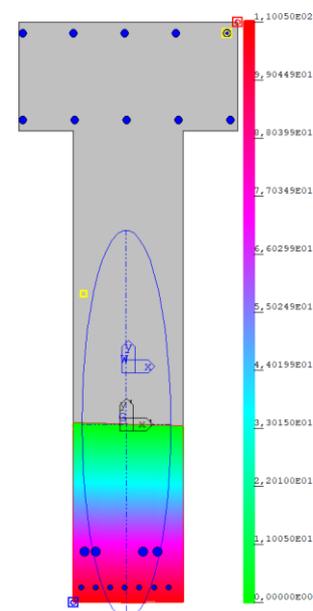
Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 96 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

immagini seguenti sono riportate le sollecitazioni flettenti sul traverso all'atto del sollevamento sotto l'azione dei carichi permanenti (combinazione SLS-QP).



La condizione di sollevamento non si ritiene una condizione di state limite ultimo, motivo per cui la sezione viene verificata valutando le tensioni agenti nell'acciaio e nel cls. Si riporta la verifica dei traversi da 0.30 m di spessore, considerando una porzione di soletta collaborante di lunghezza pari a 0.30 m da ambo i lati del traverso. Le verifiche a sollevamento del traverso di testata da 0.60 m sono implicitamente soddisfatte, avendo quest'ultimo un maggior quantitativo di armatura.



$$M_{Ed,sup} = 1607 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = -12.3 \text{ MPa} < 22.41 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 356 \text{ MPa} < 360 \text{ MPa}$$

8.3.1.4 Conclusioni

In conclusione il coefficiente di sicurezza del traverso è superiore all'unità.



QUADRILATERO

Marche Umbria S.p.A.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 2B	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 97 di 102
---------------	--------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 98 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

7.4 VERIFICA DI DEFORMABILITA'

Di seguito si riportano i risultati della verifica di deformabilità delle strutture d'impalcato per effetto dei soli carichi accidentali:

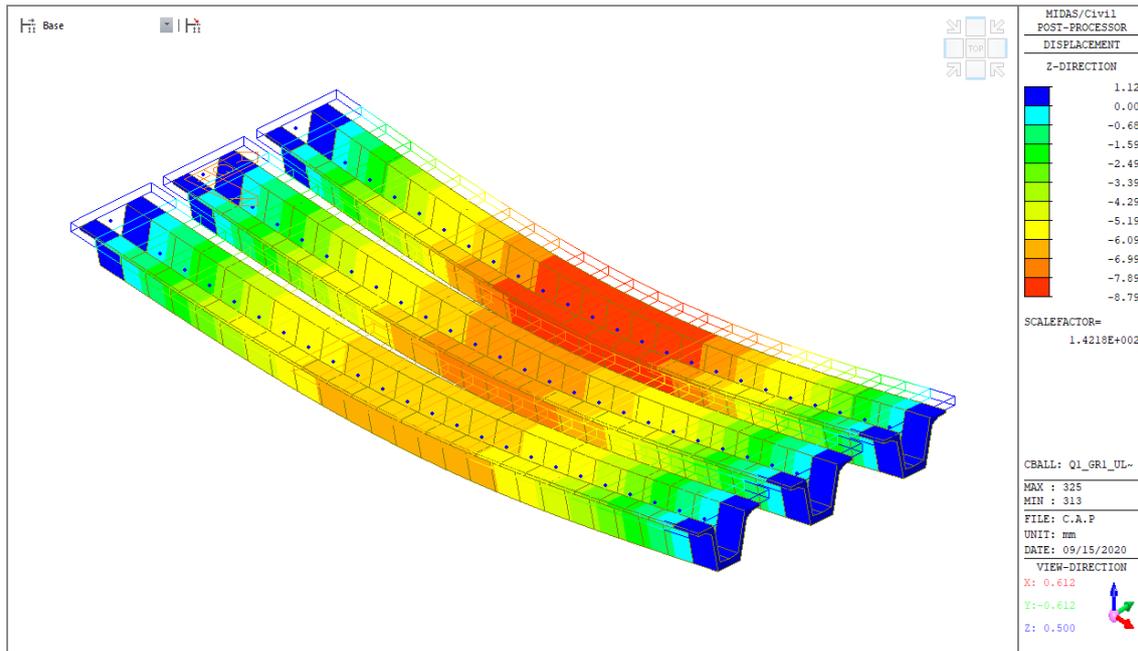


Figura 57 Freccia per effetto dei Carichi Accidentali

Come evidente dal diagramma delle deformazioni riportato in precedenza, gli spostamenti massimi in mezzeria valutati con il modello globale sono pari a:

$$f = 7.6\text{mm} \ll (L/500 = 46\text{mm})$$

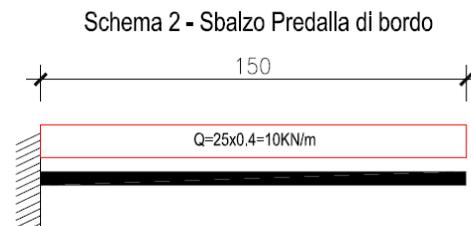
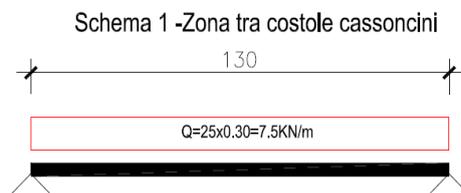
La verifica di deformabilità può dunque ritenersi soddisfatta.

Opera L073	Tratto 2B	Settore E	CEE 12	WBS V/5800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 99 di 102
---------------	--------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

7.5 VERIFICA DELLE PEDALLES TRALICCIATE

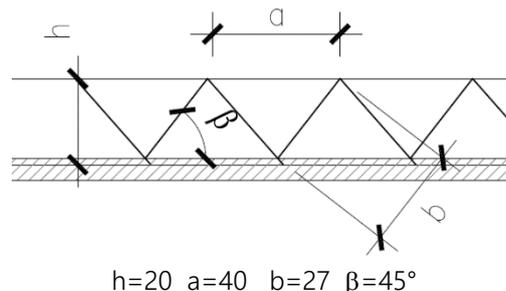
Nel seguito del presente paragrafo, si riportano le verifiche delle pedalle tralicciate riferite alla fase di getto dell'impalcato.

In virtù dello schema della sezione trasversale dell'impalcato, si segnalano due schemi di calcolo rappresentativi della diverse situazioni geometriche e sezione resistente degli elementi prefabbricati previsti lungo, di cui nel seguito:



Trattandosi di elementi la cui funzione strutturale delle armature è limitata, alla sola fase di getto, essendo previste in fase finale opportune armature nel getto della soletta cui è affidato l'assorbimento delle sollecitazioni di calcolo di fase finali, il dimensionamento/verifica delle armature dei tralci si esegue effettuando un controllo in termini di "tensioni ammissibili", rispetto al valore dichiarato quale limite di riferimento per le verifiche SLE al paragrafo 3 (360 MPa)

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche riferite ai due schemi di calcolo di cui sopra, unitamente allo schema tipo longitudinale del traliccio di riferimento per le verifiche esposte:



2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	12	V15800	REL	01	B	100 di 102

SCHEMA DI CALCOLO 1 - Predalle tra costole cassoncini

Dati di progetto

Interasse tralicci	cm	40.00
H soletta (lastra + calcestruzzo gettato in opera)	cm	30.00
Peso specifico calcestruzzo	KN/mc	25.00
Luce netta della soletta	cm	130.00
Luce di calcolo	cm	130.00
Interasse staffe sui tralicci	cm	40.00
Diametro barra superiore	cm	1.0
area barra superiore As	cmq	0.79
diametro barre inferiori	cm	0.8
area barre inferiore Ai	cmq	0.50
numero barre inferiori		2
Peso soletta (lastra + calcestruzzo gettato in opera)/tralicci	KN/m/traf	3.00
Momento flettente in fase di getto ($pl^2/8$)	KNm/traf	0.6338
braccio tra barre longitudinali sup e inf del traliccio	cm	20.00
Sforzo risultante nei correnti superiore ed inferiore	KN	3.169

Verifica sezione di campata - S1

Valutazione coefficiente ω per verifica instabilità corrente superiore

Coefficiente β		
vincoli tipo cerniera	1	Coefficiente β scelto
vincoli tipo incastri	0.7	
vincoli tipo cerniera + incastri	0.8	
vincolo unico tipo incastro	2	
		1.00

Raggio minimo d'inerzia della barra compressa		0.25
Lunghezza libera d'inflessione		40.00
Snellezza dell'asta compressa λ		160.0
Inserisci coefficiente omega ω		4.38 (Prosp. 7-IIIc - CNR UNI 10011)

Tensioni Risultanti nelle barre di armatura longitudinali

Tensione armature tesa (inferiore)	$\sigma_{inf} =$	3.15	KN/cm ²	=	315.20	daN/cm ²
Tensione armatura compressa (superiore)	$\sigma_{sup} =$	17.67	KN/cm ²	=	1767.15	daN/cm ² <3600 daN/cm ²

Verifica sezione di estremità - S2

Sforzo di Taglio all'appoggio:	1.95	KN
Sforzo N risultante nella staffa: $T/\sin 45^\circ =$	2.76	KN
Sforzo in ciascun braccio $(N/2)/\cos 10^\circ =$	1.40	KN

Diametro diagonale	0.720	cm
Area diagonale	0.41	cm ²

Raggio minimo d'inerzia	0.18	cm
-------------------------	------	----

Coefficiente β		
vincoli tipo cerniera	1	Coefficiente β scelto
vincoli tipo incastri	0.7	
vincoli tipo cerniera + incastri	0.8	
vincolo unico tipo incastro	2	
		1.00

Lunghezza braccio staffa staffe sui tralicci	cm	27.00
Lunghezza libera d'inflessione	cm	27.00

Snellezza λ	150.00
Inserisci coefficiente omega ω	3.93 (Prosp. 7-IIIc - CNR UNI 10011)

Tensione diagonale compresso	13.51	KN/cm ²	=	1351.47	daN/cm ²	<3600 daN/cm ²
------------------------------	-------	--------------------	---	---------	---------------------	---------------------------

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 101 di 102
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

SCHEMA DI CALCOLO 2 - Predalla di bordo									
Dati di progetto									
Interasse tralicci		cm							
									40.00
H soletta (lastra + calcestruzzo gettato in opera)		cm							40.00
Peso specifico calcestruzzo		KN/mc							25.00
Luce sbalzo		cm							150.0
Interasse staffe sui tralicci		cm							50.00
Luce di riferimento per verifiche di stabilità armature inferiori		cm							50.00
Diametro barra superiore		cm							1.2
area barra superiore As		cmq							1.13
numero barre superiori traliccio									1
Diametro barre inferiori		cm							1.2
Area barre inferiori Ai		cmq							1.13
numero barre inferiori traliccio									2
Peso soletta (lastra + calcestruzzo gettato in opera)/traliccio	KN/m/tral								4.00
Momento flettente in fase di getto ($pl^2/2$)	KNm/tral								4.50
braccio tra barre longitudinali sup e inf del traliccio	cm								20.00
Sforzo risultante nei correnti superiore ed inferiore	KN								22.50
Verifica sezione di incastro									
Tensioni Risultanti nelle barre di armatura longitudinali									
Tensione armatura tesa (superiore)	$\sigma_{inf} =$	9.95	KN/cmq	=	994.72	daN/cm2	<3600	daN/cm2	
Si omette la verifica di instabilità per compressione delle armature inferiori del traliccio, in quanto impedita dalla presenza del calcestruzzo del pannello in cui risulano annegate in fase di prefabbricazione									
Sforzo di Taglio all'appoggio:	6.00	KN							
Sforzo N risultante nella staffa: $T/\sin 45^\circ =$	8.49	KN							
Sforzo in ciascun braccio $(N/2)/\cos 10^\circ =$	4.31	KN							
Diametro diagonale	0.80	cm							
Area diagonale	0.50	cm2							
Raggio minimo d'inerzia	0.20	cm							
Coefficiente β									
vincoli tipo cerniera	1								
vincoli tipo incastri	0.7								
vincoli tipo cerniera + incastri	0.8								
vincolo unico tipo incastro	2								
							Coefficiente β scelto		1.00
Lunghezza braccio staffa staffe sui tralicci	cm								27.00
Lunghezza libera d'inflessione	cm								27.00
Snellezza	λ								135.00
Inserisci coefficiente omega	ϖ								3.31 (Prosp. 7-IIIc - CNR UNI 10011)
Tensione diagonale compresso	28.37	KN/cm2	=	2837	daN/cm2	<3600	daN/cm2		



QUADRILATERO

Marche Umbria S.p.A.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO CESARA

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 2B	Settore E	CEE 12	WBS V15800	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 102 di 102
---------------	--------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	----------------------------