


**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
--	--	---

PROGETTAZIONE: Associazione Temporanea di Imprese
Mandataria:

			
--	--	--	--

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

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO 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 S. PIETRO Relazione di calcolo impalcato	SCALA: -
	DATA: Marzo 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 6 0 0	R E L	0 1	B

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto		Controllato	Approvato
A	MARZO 2020	EMISSIONE PE	PROGIN	A. Ricci	S.Lieto	A.Grimaldi
B	SETTEMBRE 2020	EMISSIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA ANAS	PROGIN	A. Ricci	S.Lieto	A.Grimaldi

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 2 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

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	9
3.3.1	Calcestruzzo per soletta gettata in opera C35/45.....	9
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, Q3)	11
4.3	CARICHI DOVUTI ALL'URTO DI UN VEICOLO IN SVIO (Q8)	14
4.4	RITIRO DIFFERENZIALE SOLETTA-TRAVE (E2).....	16
4.5	VISCOSITÀ (E4)	17
4.6	VARIAZIONE TERMICA (E3).....	18
4.7	AZIONE DI FRENAMENTO (Q3)	21
4.8	AZIONE CENTRIFUGA (Q4)	21
4.9	AZIONE DEL VENTO (Q5).....	21
4.10	AZIONI SISMICHE (Q6).....	22
5	COMBINAZIONI DI CARICO	
		25
5.1	GRUPPI DI CARICO.....	25
5.2	COEFFICIENTI PARZIALI E DI COMBINAZIONE.....	25
5.3	COMBINAZIONE DELLE AZIONI PER I DIVERSI STATI LIMITE.....	27
6	METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA	
		28
6.1	ANALISI STATICA.....	28
6.2	ANALISI SISMICA.....	28
6.3	CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI	28
6.4	SOLETTA IN C.A.....	29

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	213	E	12	V5600	REL	01	B	3 di 1005

6.4.1	Verifiche allo SLU.....	29
6.4.1.1	Verifiche a Pressoflessione	30
6.4.1.2	Verifiche a Taglio	30
6.4.2	Verifiche allo SLE	32
6.4.2.1	Verifica di limitazione delle tensioni in esercizio	32
6.4.2.2	Verifica di fessurazione.....	32
6.5	TRAVI IN C.A.P.	33
6.5.1	Verifiche tensionali e di fessurazione allo SLE	33
6.5.1.1	Verifica di limitazione delle tensioni in esercizio	33
6.5.1.2	Verifica di fessurazione.....	34
6.5.2	Verifiche allo SLU.....	34
6.5.2.1	Verifiche a Pressoflessione	35
6.5.2.2	Verifiche a Taglio	36

7 MODELLI DI

CALCOLO

38

7.1	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO	38
7.1.1	Affidabilità dei codici di calcolo.....	38
7.1.2	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati	38
7.2	MODELLO DI CALCOLO PER LA VERIFICA DELLA SOLETTA.....	39
7.3	MODELLO DI CALCOLO PER LA VERIFICA DELLE TRAVI	47

8 VERIFICHE STRUTTURALI

DELL'IMPALCATO

50

8.1	VERIFICA DELLA SOLETTA.....	51
8.1.1	Verifica della soletta per carichi mobili disposti in mezzeria della campata	51
8.1.1.1	Diagrammi delle sollecitazioni	52
8.1.1.2	Verifiche della soletta agli SLU	58
8.1.1.2.1	Verifiche a flessione.....	58
8.1.1.2.2	Verifiche a taglio.....	60
8.1.1.3	Verifiche della soletta agli SLE.....	63
8.1.2	Verifica della soletta per carichi mobili disposti in corrispondenza del giunto	64
8.1.2.1	Diagrammi delle sollecitazioni	65
8.1.2.2	Verifiche della soletta agli SLU	71
8.1.2.2.1	Verifiche a flessione.....	71
8.1.2.2.2	Verifiche a taglio.....	73
8.1.2.3	Verifica locale del cordolo per azioni d'urto	76
8.1.2.4	Verifiche della soletta agli SLE.....	78
8.1.3	Conclusioni.....	78
8.2	VERIFICA DELLE TRAVI IN C.A.P.	79
8.2.1	Diagrammi delle sollecitazioni.....	80
8.2.2	Verifiche della trave agli SLE.....	86
8.4.2.1	Verifica della sezione di mezzeria	86
8.4.2.1.1	Caratteristiche geometriche e meccaniche	86
8.4.2.1.2	Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione RARA.....	89
8.4.2.1.3	Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione frequente.....	90
8.4.2.1.4	Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione quasi permanente.....	92
8.4.2.2	Verifiche della sezione a 3.5 m dall'appoggio	93
8.4.2.2.1	Caratteristiche geometriche e meccaniche	93
8.4.2.2.2	Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione RARA.....	95
8.4.2.2.3	Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione frequente.....	96
8.4.2.2.4	Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione quasi permanente.....	98

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 4 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

8.4.2.3	Verifiche della sezione a 1 m dall'appoggio	99
8.4.2.3.1	Caratteristiche geometriche e meccaniche	99
8.4.2.3.2	Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione RARA.....	101
8.4.2.3.3	Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione frequente.....	102
8.4.2.3.4	Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione quasi permanente.....	104
8.2.3	Verifiche della trave agli SLU	105
8.2.3.1	Verifica a flessione.....	105
8.2.3.2	Verifica a taglio.....	107
8.2.3.3	Conclusioni	109
8.3	VERIFICHE DEI TRAVERSI	110
8.3.1	Diagrammi delle sollecitazioni.....	110
8.3.1.1	Verifica a flessione.....	111
8.3.1.2	Verifica a taglio.....	112
8.3.1.3	Verifica in fase di sollevamento	112
8.3.1.4	<i>Conclusioni</i>	113
8.4	VERIFICA DI DEFORMABILITA'	114
8.5	VERIFICA DELLE PREDALLES TRALICCIATE.....	115
9	SOLLECITAZIONI SUGLI APPARECCHI DI APPOGGIO	118

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	213	E	12	V5600	REL	01	B	5 di 1005

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 S. Pietro posto tra le progressive 2+626 e 2+724 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 L0703213E12VI5600RELO2B (Ponte S. Pietro - Relazione di calcolo sottostrutture).

1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il viadotto S. Pietro 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 tre cassoncini prefabbricati e precompressi alti 1.6 m, ad interasse trasversale di 3.75 m. 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 1.3 m.

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.

L'opera è progettata per una vita nominale di 50 anni e ricade in classe d'uso III.

Il ponte è dotato di un sistema di isolamento sismico dell'impalcato mediante dispositivi elasto-plastici agenti in direzione longitudinale e trasversale. Sulla spalla fissa sono disposti isolatori sia longitudinali che trasversali mentre sulla spalla mobile sono disposti solo isolatori trasversali. Per maggiori dettagli riguardanti le sottostrutture si rinvia alla relazione specifica. Nelle figure si riportano stralcio planimetrico, sezione longitudinale e trasversale dell'opera.

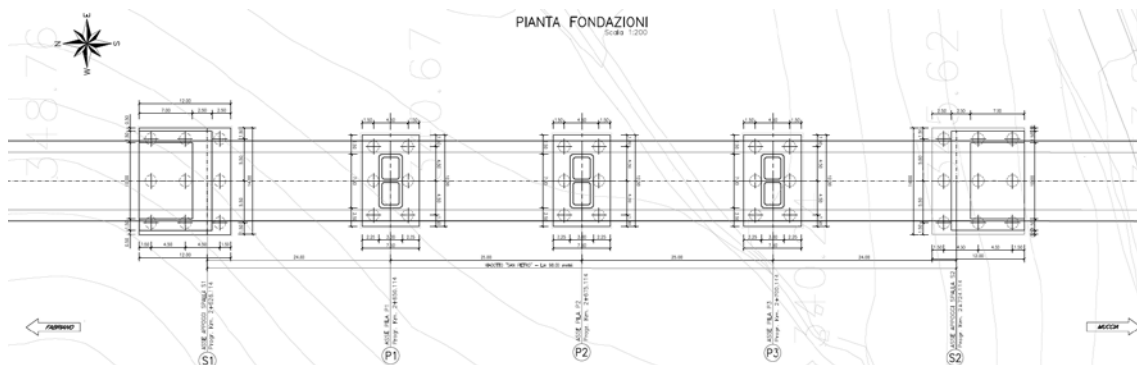


Figura 1 Stralcio planimetrico

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 6 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

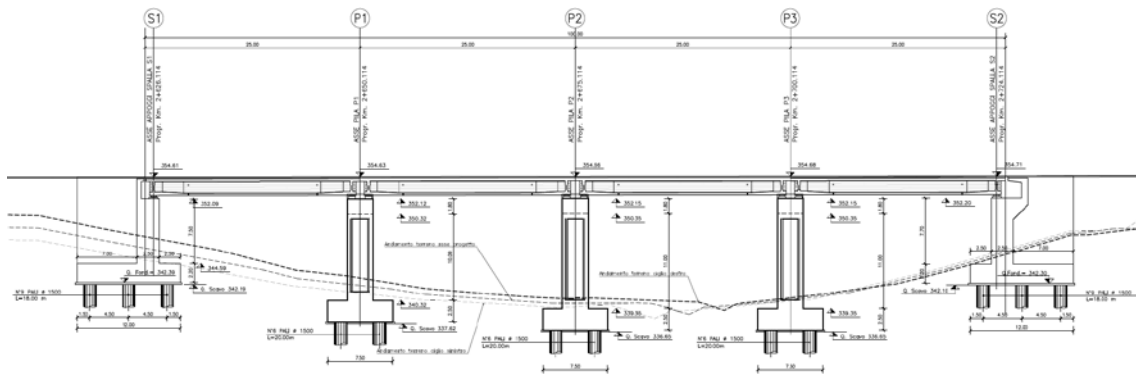


Figura 2 Sezione longitudinale

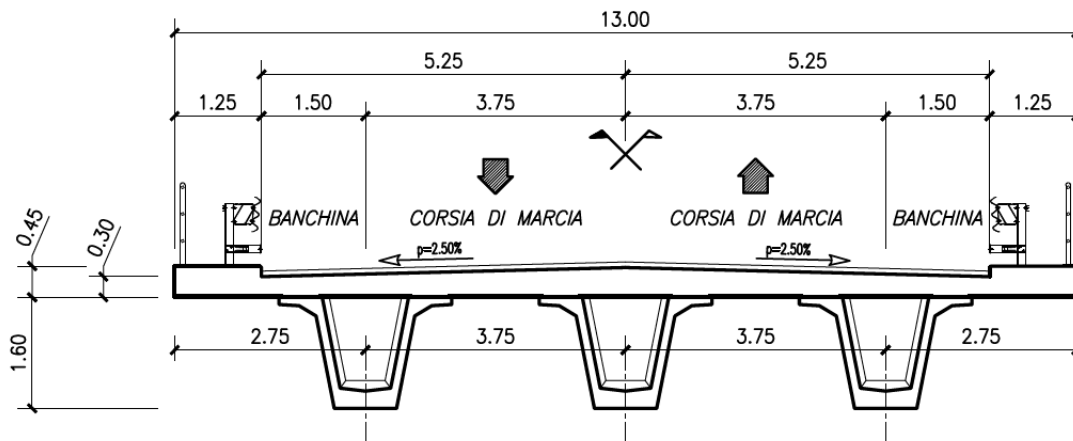


Figura 3 Sezione dell'impalcato in c.a.p.

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 7 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

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 21/02/2019.
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.

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 $\epsilon_{cs} \leq 20 \times 10^{-6}$

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

$R_{ck} = 45 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a 28 giorni
$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$	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)
$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{tm} = 2.25 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica a trazione
$E_{cm} = 22000 [f_{cm}/10]^{0.3} = 34077 \text{ MPa}$	modulo elastico
$\rho = 25.0 \text{ kN/m}^3$	peso per unità di volume

Resistenze di progetto allo SLU

$f_{cd} = 0.85 \cdot f_{tk} / \gamma_c = 19.8 \text{ MPa}; \gamma_c = 1.50$	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

$\sigma_{c,r} = 0.60 \cdot f_{tk} = 21.0 \text{ MPa}$	tensione limite in comb. caratteristica (rara)
$\sigma_{c,f} = 0.45 \cdot f_{tk} = 15.8 \text{ MPa}$	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)
$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{tm} = 2.66 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica a trazione
$E_{cm} = 22000 [f_{cm}/10]^{0.3} = 36283 \text{ MPa}$	modulo elastico
$\rho = 25.0 \text{ kN/m}^3$	peso per unità di volume

Resistenze di progetto allo SLU

$f_{cd} = 0.85 \cdot f_{tk} / \gamma_c = 25.5 \text{ MPa}; \gamma_c = 1.50$	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

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 10 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

$\sigma_{c,r} = 0.60 \cdot f_k = 27.0 \text{ MPa}$ tensione limite in comb. caratteristica (rara)

$\sigma_{c,f} = 0.45 \cdot f_k = 20.3 \text{ MPa}$ tensione limite in comb. quasi permanente

$\sigma_t = f_{ctm}/1.2 = 3.17 \text{ MPa}$ tensione limite di fessurazione (trazione)

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 V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 11 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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 le variazioni termiche non sono state considerate in considerazione dello schema statico adottato. Inoltre 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 variabile tra i 30 e i di 43 cm, per una larghezza complessiva di piattaforma pari a 10.5 m

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

$$G1.2+G1.3 = 124 \text{ kN/m}$$

Carichi permanenti portati (G2)

I carichi permanenti portati agenti sulla struttura di impalcato sono:

Pavimentazione	$G2.1 = 10.5 \times 3 \text{ kN/m}$	31.5kN/m
Guard Rail	$G2.2 = 2 \times 1.25 \text{ kN/m}$	2.50 kN/m
Velette	$G2.3 = 2 \times 1.0 \text{ kN/m}$	2.00 kN/m
Corrimano	$G2.4 = 2 \times 0.5 \text{ kN/m}$	1.00 kN/m
Impianti	$G2.5 = 2 \times 1.0 \text{ kN/m}$	2.00 kN/m
Totale	G2	41.1 kN/m

4.2 SOVRACCARICHI DA TRAFFICO (Q1, Q2, Q3)

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 12 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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.

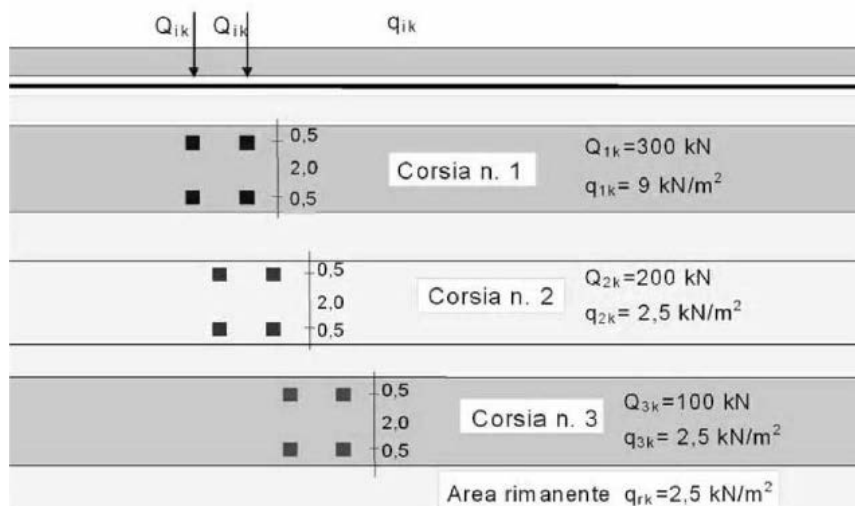


Figura 4 Schema di carico 1

L'intensità dei carichi per le diverse corsie è riportato nella figura seguente.

Tab. 5.1.II - Intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie

Posizione	Carico asse Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m ²]
Corsia Numero 1	300	9,00
Corsia Numero 2	200	2,50
Corsia Numero 3	100	2,50
Altre corsie	0,00	2,50

Figura 5 Carichi da traffico – Intensità dei carichi per le diverse corsie

Nel caso specifico, la larghezza carrabile dell'opera in oggetto è pari ad 10.50 m, per cui è possibile identificare le seguenti corsie convenzionali di carico:

- una colonna di carichi (ingombro = 3 m) costituita da un automezzo convenzionale Q_{1k} 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 q_{1k} 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 Q_{2k} e 2.5 kN/m² di q_{2k} 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 Q_{1k} e 2.5 kN/m² di q_{1k} e posta ad interasse di 3.00 m. da essa;
- una colonna di carico (ingombro = 1.5 m) $q_{rk} = 2.5$ kN/m² nella zona di carreggiata non impegnata dai carichi precedenti.

Si precisa che per un'analisi maggiormente accurata, soprattutto per quanto riguarda la valutazione del livello di sicurezza della soletta, i carichi concentrati Q_{ik} , applicati su un'impronta di pneumatico

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 13 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

quadrata e di lato 40 cm, vengono applicati ad asse soletta su di un'impronta più ampia, calcolata con una diffusione a 45° nella soletta, come da immagine seguente.

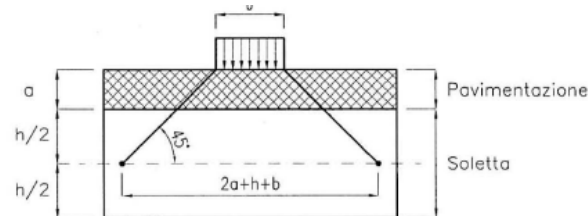
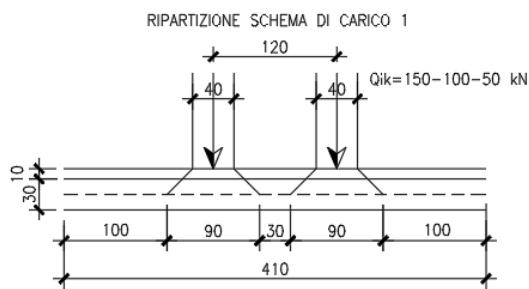


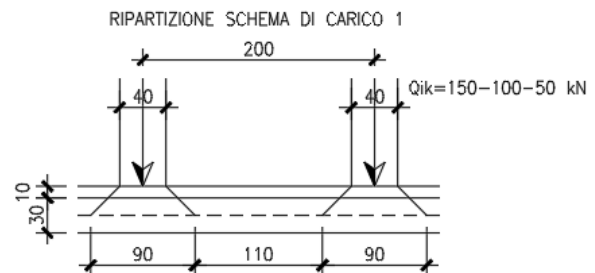
Figura 6 Diffusione dei carichi concentrati nelle solette

Nel caso in esame quindi la ripartizione avviene secondo lo schema di seguito rappresentato:



**longitudinale e trasversale –
Schema di carico 1**

Figura 7 Diffusione dei carichi stradali in senso



Come illustrato nell'immagine precedente, la diffusione a 45° fino al piano medio della soletta permette di applicare il carico su una superficie pari a 0.90x0.90 m². I carichi diffusi corrispondenti agli assi dei carichi tandem considerati sono pertanto pari a:

Corsia 1: $Q_1 = 300 / (0.90 \times 0.90) = 370.4 \text{ KN/m/m}$;

Corsia 2: $Q_2 = 200 / (0.90 \times 0.90) = 246.9 \text{ KN/m/m}$;

Corsia 3: $Q_3 = 100 / (0.90 \times 0.90) = 123.4 \text{ KN/m/m}$.

La figura di seguito riportata mostra, a titolo di esempio, la diffusione dei carichi concentrati per una delle condizioni di carico considerate.

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 14 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

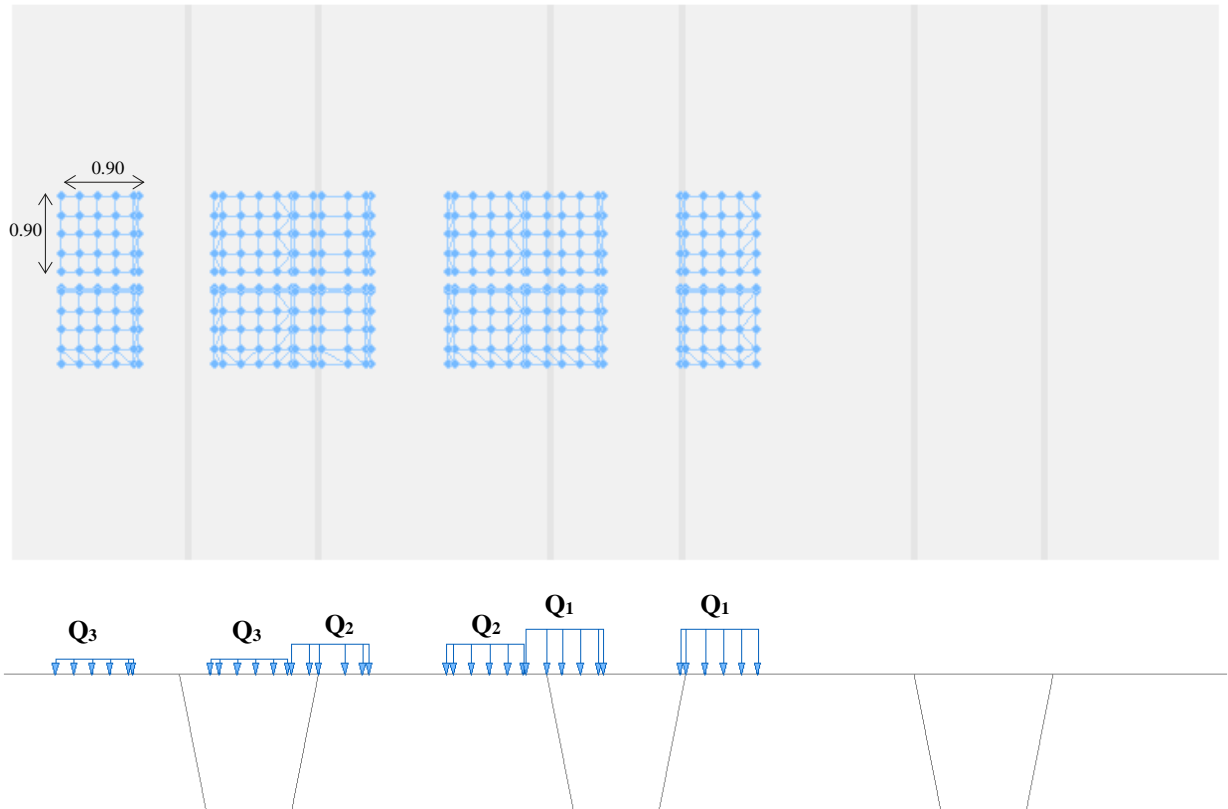


Figura 8 Distribuzione dei carichi stradali concentrati sulla soletta

Ai carichi concentrati, così diffusi, si sovrappongono i carichi distribuiti su tutta la lunghezza della soletta paria a:

Corsia 1: $q_1 = 9\text{kN/m}^2$

Corsia 2: $q_2 = 2.5\text{kN/m}^2$

Corsia 3: $q_3 = 2.5\text{kN/m}^2$

Area rimanente: $q_{\text{area rimanente}} = 2.5\text{kN/m}^2$

Allo scopo di massimizzare le sollecitazioni nella soletta, l'analisi statica della trave continua è stata condotta considerando diverse condizioni di carico, applicate una volta in prossimità dell'appoggio e una volta in corrispondenza della mezzeria della soletta.

4.3 CARICHI DOVUTI ALL'URTO DI UN VEICOLO IN SVIO (Q8)

In ottemperanza a quanto prescritto dalla normativa vigente al paragrafo 5.1.3.10, nella verifica dell'impalcato deve essere considerata una particolare combinazione di carico nella quale al sistema di forze orizzontali, equivalenti all'effetto dell'azione dell'urto sulla barriera di sicurezza stradale, si associa un carico verticale isolato sulla sede stradale costituito dallo Schema di Carico 2, posizionato in adiacenza alla barriera stessa e disposto nella posizione più gravosa.

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 15 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

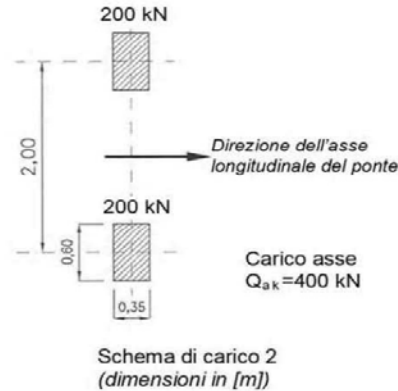


Figura 9 Carichi da traffico - Schema di carico 2

L'azione d'urto, come definita dai quaderni Anas, può essere 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. Per la combinazione di carico eccezionale, dovuta all'urto di un veicolo in svio, il coefficiente parziale di sicurezza deve essere assunto unitario.

Analogamente a quanto sopra esplicitato, i carichi concentrati relativi allo schema 2 sono stati diffusi come di seguito illustrato:

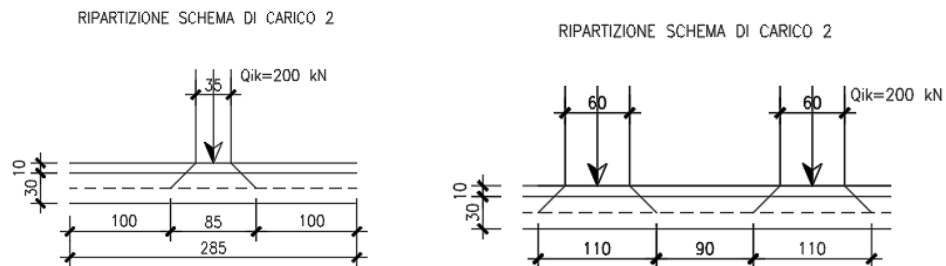


Figura 10 Diffusione dei carichi stradali in senso longitudinale e trasversale – Schema di carico 2

La diffusione a 45° fino al piano medio della soletta permette quindi di applicare il carico su una superficie pari a $0.85 \times 1.10 \text{ m}^2$.

I carichi diffusi corrispondenti sono pertanto pari a:

$$Q_1 = 400 / (0.85 \times 1.10) = 427.8 \text{ KN/m/m};$$

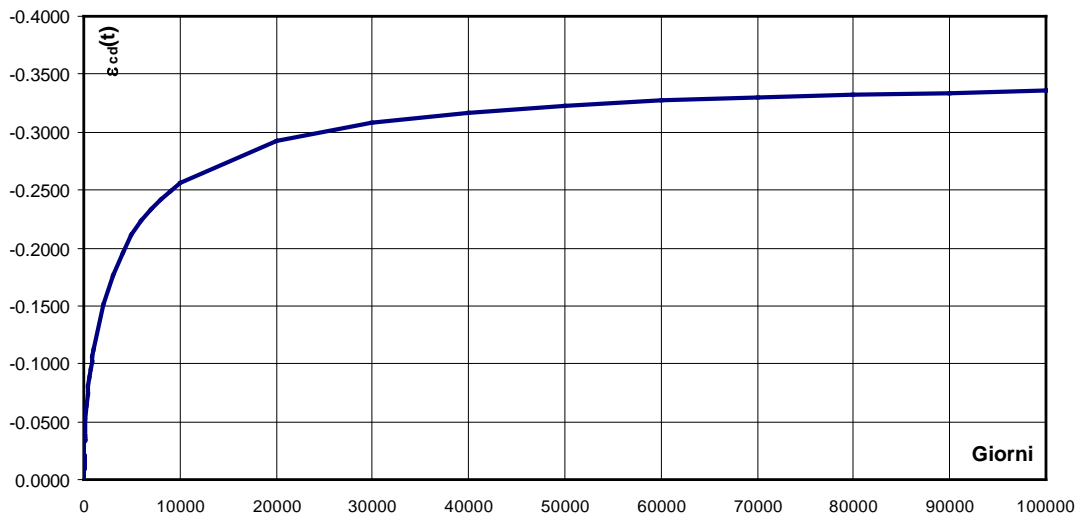
Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 16 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

4.4 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 $2A_d/u$</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□.

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 S. PIERO

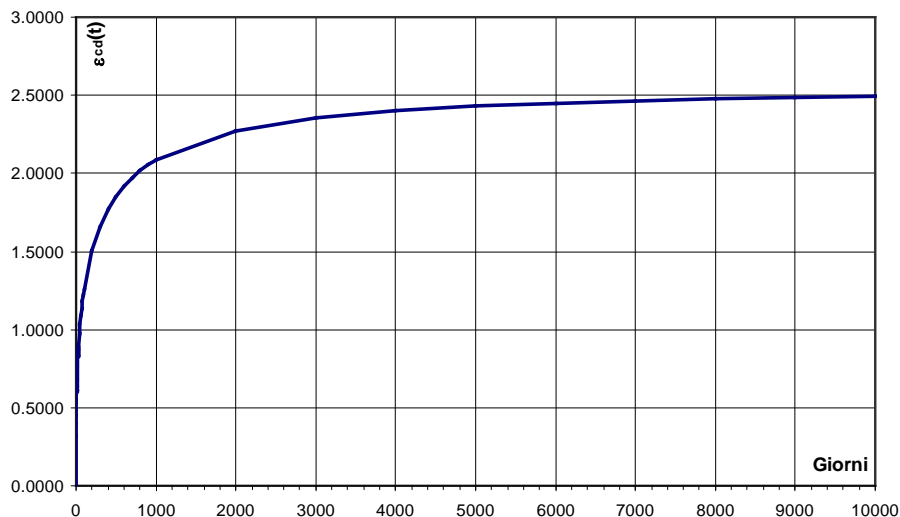
Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 17 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

4.5 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>
$\phi(t_0, t_0) =$	3.5		<i>Coefficiente di Viscosità a $t=0$</i>
SVILUPPO NEL TEMPO DEL COEFFICIENTE DI VISCOSITÀ $\phi(t, t_0)$			
$t =$	50000	gg	<i>Età del calcestruzzo al tempo massimo</i>
$\alpha_1 =$	0.87		<i>Coefficienti dipendenti dalla resistenza del calcestruzzo</i>
$\alpha_2 =$	0.96		
$\alpha_3 =$	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>
$\beta(t_0) =$	0.70		<i>Coefficiente dipendente dall'età del Calcestruzzo 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>



Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 18 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

4.6 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 $\pm 25^{\circ}\text{C}$ lungo tutto lo sviluppo 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 isoterme, presenti nell'Appendice Nazionale, 2007 della UNI EN 1991-1-1 e di seguito riportate:

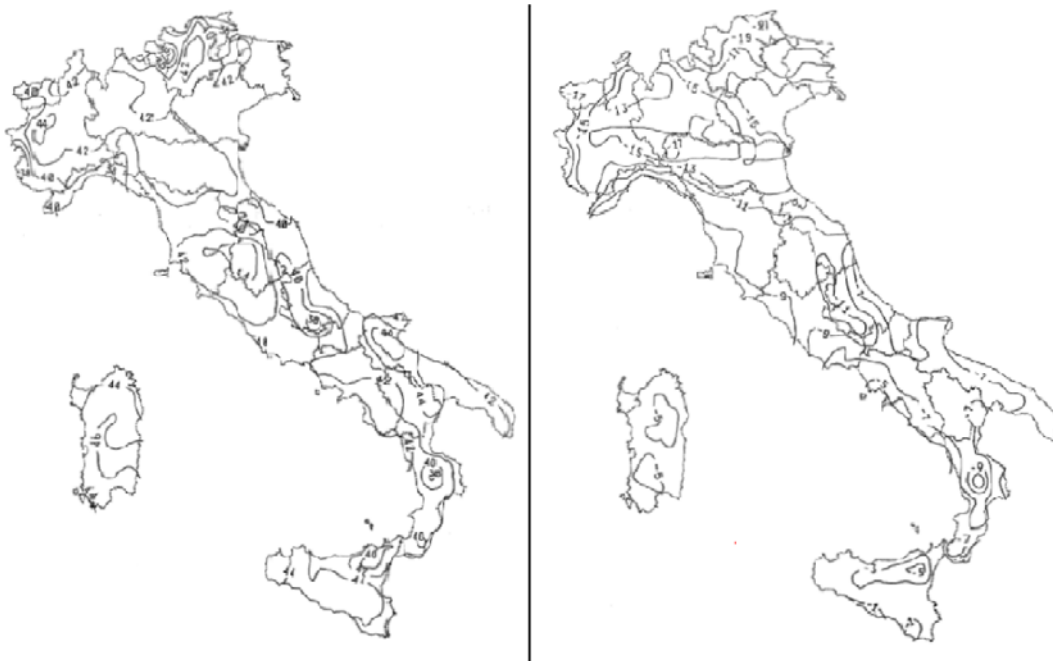


Figura 11 Mappe nazionali delle linee isoterme; Tmax a sinistra e Tmin a destra (Appendici nazionali, 2007)

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

$T_{\max} = 40^{\circ}$

$T_{\min} = -11^{\circ}$

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 19 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

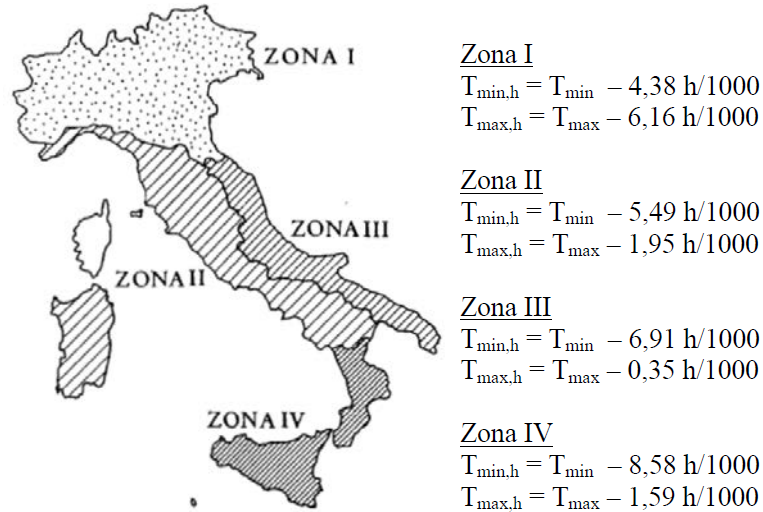


Figura 12: Zone climatiche italiane (Appendice A, UNI EN 1991-1-5)

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:

$$T_e, \min = -5 \text{ °C}$$

$$T_e, \max = +40 \text{ °C}$$

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 20 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

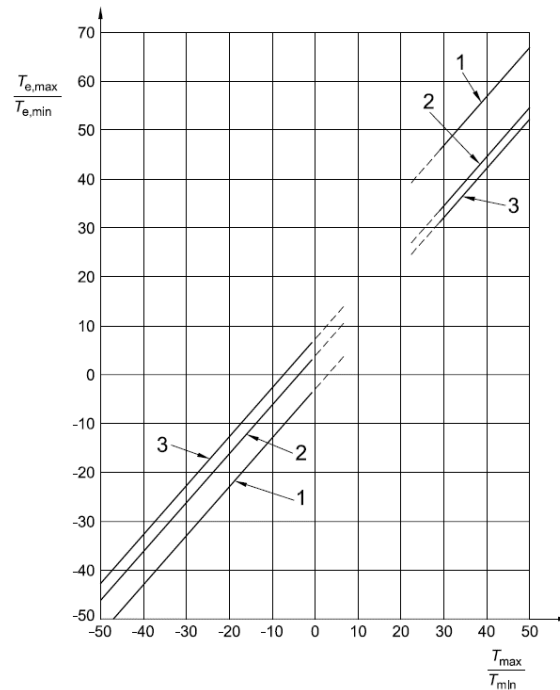


Figura 13: Correlazione tra temperatura dell'aria all'ombra minima/massima (T_{min}/T_{max}) e componente di temperatura uniforme del ponte minima/massima ($T_{e,min}/T_{e,max}$)

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.

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 21 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

4.7 AZIONE DI FRENAMENTO (Q3)

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

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

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.

4.8 AZIONE CENTRIFUGA (Q4)

In accordo al par. 5.1.3.6 del DM 14/01/2008 l'azione centrifuga totale risulta pari a:

$$R < 200 \text{ m} \quad Q_4 = 0.2 \times Q_v$$

$$200 \leq R \leq 500 \text{ m} \quad Q_4 = 40 Q_v / R$$

$$R > 1500 \text{ m} \quad Q_4 = 0$$

Dove $Q_v = \sum 2 Q_{1k}$

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

4.9 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:

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

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 22 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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

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

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:

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

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.

$$q_w = (1.6 + 0.45 + 3.00) \times 1.5 \text{ kN/m} = 7.57 \text{ kN/m}.$$

Vento a ponte scarico

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

4.10 AZIONI SISMICHE (Q6)

Il viadotto in oggetto è progettato per una vita nominale VN 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 CU = 1.5.

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;
- con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR.

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 23 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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 VN	= 50 anni;
Classe d'uso	= III;
Coefficiente d'uso Cu	= 1.5;
Periodo di riferimento VR	= 75 anni;
TR,SLV	= 712 anni;
Comune	= Camerino;
a_g,SLV	= 0.220 g;
F_0,SLV	= 2.544;
T_c^*,SLV	= 0.333 sec.

Tabella 1 - Accelerazione (a_g), fattore (F_0) e periodo (T_c^*) per comune di riferimento: Matelica

V_R [anni]	Stato Limite	PV_R -	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
75	SLO	81%	45	0.078	2.44	0.285
	SLD	63%	75	0.097	2.433	0.295
	SLV	10%	712	0.220	2.544	0.333
	SLC	5%	1462	0.277	2.584	0.343

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;
Ss, fattore stratigrafico	= 1.364;
ST, fattore topografico	= 1.00;

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 24 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

C_c , fattore correttivo del periodo T_C^* = 1.510.

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

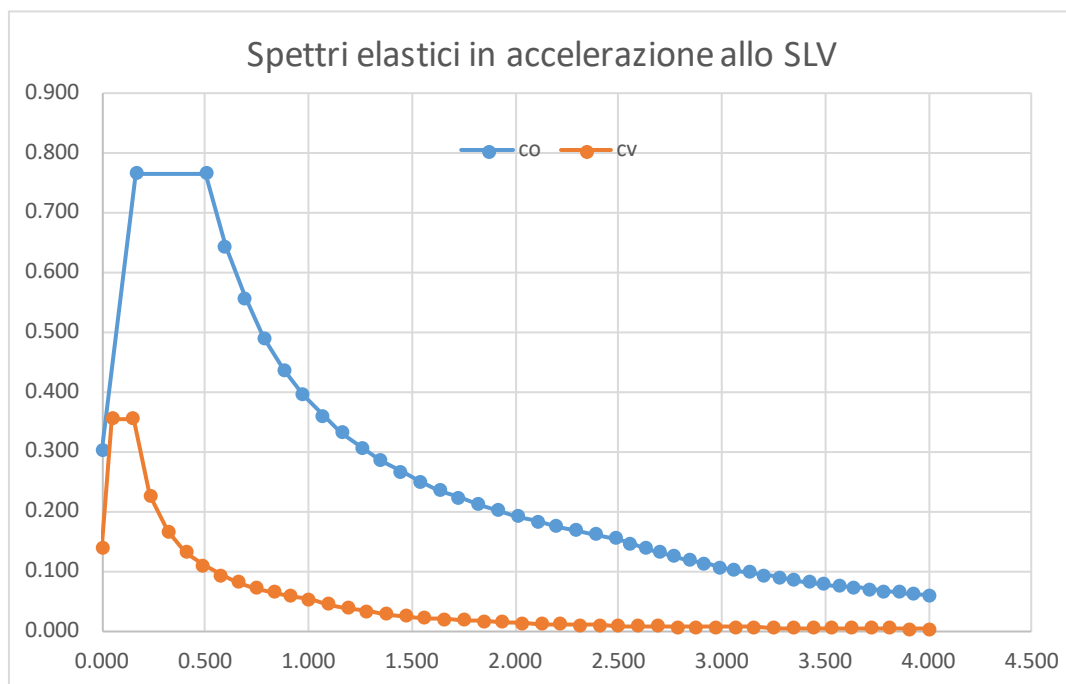


Figura 14 – SLV: Spettri elastici in accelerazione ($q = 1$)

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 $q = 1$.

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 25 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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 3 ^a 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

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 26 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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

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	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	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 SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve q_5	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 27 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

5.3 COMBINAZIONE DELLE AZIONI PER I DIVERSI STATI LIMITE

Di seguito si esplicitano in maniera sintetica le formulazioni utilizzate per definire le diverse combinazioni di carico agli stati limite ultimi (SLU/SLV) e di esercizio (SLE), utilizzando i coefficienti di sicurezza e combinazione riassunti al paragrafo precedente.

Per le combinazioni in condizioni ultime da utilizzarsi per le verifiche strutturali di resistenza si considerano:

- Combinazioni fondamentali

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

- Combinazioni sismiche o eccezionali

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

Per le combinazioni di esercizio agli SLE si considerano:

- Combinazioni rare (caratteristiche):

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

- Combinazioni frequenti:

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

- Combinazioni quasi permanenti:

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

Di seguito si esplicitano i coefficienti utilizzati per le singole combinazioni di carico rilevanti per le verifiche strutturali agli SLU e agli SLE

Combinazione		G1	G2	E1	E2	E3	Gr.1	Gr.2a	Gr.2b	Q5	Q6	Q7	Q8
A1 STR	Gr.1	1.35	1.35	0	1.2	0.72	1.35	0	0	0.9	0	0	0
	Gr.2a	1.35	1.35	0	1.2	0.72	0	1.35	0	0.9	0	0	0
	Gr.2b	1.35	1.35	0	1.2	0.72	0	0	1.35	0.9	0	0	0
	Q5	1.35	1.35	0	1.2	0.72	1.35* ψ_0	0	0	1.5	0	0	0
SISMA	SLV	1	1	0	1	0.5	0	0	0	1	0	0	0
ECCEZIONALE	-	1	1	0	1	0.5	0	0	0	0	0	0	1

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.1	1	1	0	1	0.6	1* ψ_1	0	0	0
	Gr.2a	1	1	0	1	0.6	0	1* ψ_1	0	0
	Gr.2b	1	1	0	1	0.6	0	0	1* ψ_1	0
QUASI PERMANENTE	-	1	1	0	1	0.5	0	0	0	0

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 28 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

6 METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA

6.1 ANALISI STATICA

L'analisi statica è stata sviluppata per le seguenti condizioni di carico:

- Pesi propri e carichi permanenti (Gi);
- Ritiro e Viscosità (E2)
- Variazioni termiche (E3)
- Carichi da traffico e azione del vento (Qi);

L'analisi è stata sviluppata per le diverse condizioni di carico precedentemente indicate.

6.2 ANALISI SISMICA

La valutazione delle azioni sismiche è stata sviluppata nel rispetto delle indicazioni e prescrizioni riportate nelle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, tramite analisi lineare dinamica con spettro di risposta.

6.3 CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI

La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale. Stato limite è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata. In particolare, secondo quanto stabilito nel D.M. 14/01/08, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera;
- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni. Per la sicurezza strutturale, la resistenza dei materiali e le azioni sono rappresentate dai valori caratteristici, R_k e F_{kj} definiti, rispettivamente, come il frattile inferiore delle resistenze e il frattile (superiore o inferiore) delle azioni che minimizzano la sicurezza.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza si effettua con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

Dove:

R_d è la resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate;

E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 29 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

$$F_{dj} = F_{kj} \cdot \gamma_{Fj} \text{ delle Azioni.}$$

I coefficienti parziali di sicurezza, γ_{Mi} e γ_{Fj} , associati rispettivamente al materiale i -esimo e all'azione j -esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e alla affidabilità del modello di calcolo.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale.

I criteri generali di verifica utilizzati per la valutazione delle capacità resistenti degli elementi strutturali principali, costituenti gli impalcato, e cioè solette e travi prefabbricate in c.a.p, per la condizione SLU, e per le massime tensioni nei materiali, nonché per il controllo della fessurazione, relativamente agli SLE, sono quelli definiti al p.to 4.1.2 del d.m. 2008 e vengono di seguito esplicitati.

6.4 SOLETTA IN C.A.

6.4.1 Verifiche allo SLU

Nelle combinazioni di SLU, si è dunque controllato il rispetto della condizione:

$$S_{Rd}/S_{Ed} \geq 1$$

Con:

- S_{Rd} pari alla capacità resistente della sezione (a pressoflessione /taglio);
- S_{Ed} pari alla sollecitazione di domanda (a pressoflessione/taglio).

I coefficienti parziali di sicurezza associati alle sollecitazioni sono stati esplicitati al paragrafo 5.2.

I coefficienti parziali di sicurezza associati alla resistenza dei materiali, calcestruzzo e acciaio da armatura che costituiscono le sottostrutture oggetto di verifica, sono forniti al paragrafo 4.1.2 del D.M. 2008 e di seguito riportati:

Per il calcestruzzo la resistenza di progetto a compressione, f_{cd} è:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$$

dove:

α_{cc} è il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata;

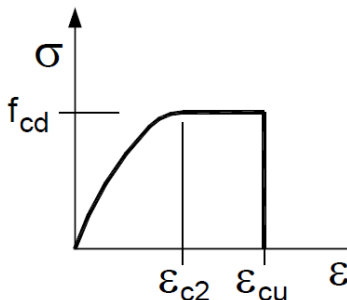
γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo;

f_{ck} è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni.

Il coefficiente γ_c è pari ad 1,5.

Il coefficiente α_{cc} è pari a 0,85.

Le tensioni nel calcestruzzo sono state dedotte a partire dalle deformazioni utilizzando i rispettivi diagrammi tensione-deformazione. Per quanto attiene la legge σ - ϵ del calcestruzzo si è utilizzata una curva parabola-rettangolo, considerando solo la porzione compressa e con $\epsilon_{c2}=0,2\%$ ed $\epsilon_{cu}=0,35\%$.



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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 30 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

La resistenza di progetto dell'acciaio f_{yd} è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è dato da:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

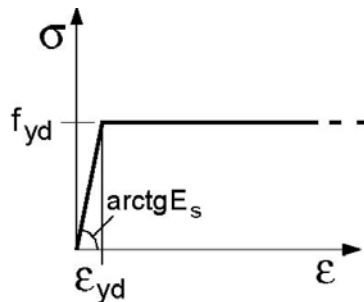
dove:

γ_s è il coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio;

f_{yk} per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

Il coefficiente γ_s assume sempre, per tutti i tipi di acciaio, il valore 1,15.

Per quanto riguarda l'acciaio si è assunto un diagramma bilineare elastico-perfettamente plastico indefinito.



6.4.1.1 Verifiche a Pressoflessione

Le verifiche flessionali allo SLU sono state eseguite adottando le seguenti ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane;
- Perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
- Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla;
- Rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione;
- Rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima;

I domini di resistenza a pressoflessione delle sezioni in calcestruzzo armato allo SLU sono stati ricavati, in accordo al paragrafo 4.1.2.3.4 del del D.M del 2008, tramite il software commerciale PresFle+ distribuito dalla Concrete.

6.4.1.2 Verifiche a Taglio

Il valore del taglio resistente è stato invece calcolato in accordo con la normativa attraverso un apposito foglio di calcolo.

In particolare per la valutazione del taglio resistente per elementi non armati a taglio si è fatto riferimento al p.to 4.1.2.3.5.1 del D.M del 2008, secondo il quale:

“Per il calcolo della capacità degli elementi strutturali non dotati di specifiche armature trasversali resistenti a taglio si adotta la seguente formulazione:

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 31 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_c \right] \cdot b_w \cdot d; (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}$$

dove:

- f_{ck} è espresso in MPa;
- $k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$
- $v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$

In cui:

- d è l'altezza utile della sezione (in mm)
- $\rho_1 = A_{sl}/(b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armature longitudinale tesa (≤ 0.02)
- $\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$ [MPa] è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 f_{cd}$)
- b_w è la larghezza minima della sezione (in mm)"

Per la valutazione del taglio resistente per elementi armati a taglio si è fatto riferimento al p.to 4.1.2.3.5.2 del del D.M del 2008, secondo cui:

“La resistenza di progetto a taglio V_{Rd} di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione ϑ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti: $1 \leq \text{ctg}\vartheta \leq 2.5$.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a “taglio trazione” si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\vartheta) \cdot \text{sena}$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a “taglio compressione” si calcola con:

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_{cv} \cdot f_{cd} \frac{(\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\vartheta)}{1 + \text{ctg}\vartheta^2}$$

La resistenza di progetto a taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

Dove:

- d è l'altezza utile della sezione
- b_w è la larghezza minima della sezione
- σ_{cp} è la tensione media di compressione nella sezione
- A_{sw} è l'area dell'armatura trasversale
- s è l'interasse tra due armature trasversali consecutive
- α è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
- α_{cv} è la resistenza di progetto a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($\alpha = 0,5$)
- α_c è un coefficiente maggiorativo pari a:

1 per membrane non compresse

$1 + \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}}$ per $0 \leq \sigma_{cp} \leq 0.25 f_{cd}$

1.25 per $0.25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0.5 f_{cd}$

$2.5 \left(1 + \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}} \right)$ per $0.5 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq f_{cd}$ ”

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 32 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

6.4.2 Verifiche allo SLE

Le verifiche agli stati limite di esercizio sono condotte controllando lo stato tensionale dei materiali e la formazione di fessure nel calcestruzzo soggetto a trazione. Il controllo delle tensioni nei materiali viene effettuato supponendo una legge costitutiva tensioni-deformazioni di tipo lineare.

6.4.2.1 Verifica di limitazione delle tensioni in esercizio

In accordo con quanto prescritto ai paragrafi 4.1.2.2.5.1 e 4.1.2.2.5.2 del del D.M del 2008.

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

- $\sigma_c < 0.60 \cdot f_{ck} = 0.6 \cdot 35 = 21 \text{ MPa}$ per
combinazione caratteristica (rara);
- $\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck} = 0.45 \cdot 35 = 15.75 \text{ MPa}$ per
combinazione quasi permanente.

La massima tensione dell'acciaio deve rispettare la limitazione:

- $\sigma_s < 0.80 \cdot f_{yk} = 0.8 \cdot 450 = 360 \text{ MPa}$ per
combinazione caratteristica.

6.4.2.2 Verifica di fessurazione

Si svolgono le verifiche allo stato limite di apertura delle fessure, verificando che il valore di apertura delle fessure rispetti i valori limite prescritti dalla normativa, a seconda dell'elemento strutturale da verificare, delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature ai fenomeni di corrosione. I limiti di apertura delle fessure sono scelti, a partire dalla classe di esposizione del calcestruzzo, considerando condizioni ambientali aggressive (in accordo con la Tabella 4.2.III del del D.M del 2008 per classi di esposizione XF2, XC4, XA2) e armature poco sensibili ai fenomeni di corrosione. I valori limiti di apertura delle fessure sono:

- $w1 = 0.2 \text{ mm}$ per combinazione dei carichi quasi permanente;
- $w2 = 0.3 \text{ mm}$ per combinazione dei carichi frequente.

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 33 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

6.5 TRAVI IN C.A.P.

Le verifiche della singola trave degli impalcati in c.a.p. sono state eseguite tenendo in conto le diverse fasi riportate nel seguito.

La tempistica considerata è la seguente:

- Taglio dei trefoli: 12 giorni dopo il getto
- Varo della trave e getto della soletta: 180 giorni dopo il getto;
- Applicazione dei sovraccarichi permanenti: 210 giorni dopo il getto;
- Esercizio: 220 giorni dopo il getto.

Le cadute di tensione nei cavi sono state valutate considerando:

- le cadute di tensione per il ritiro del calcestruzzo della trave prefabbricata legate ad una deformazione per ritiro pari a 0.25σ ed utilizzando un'umidità di circa il 75%.
- le cadute di tensione per la viscosità del calcestruzzo della trave prefabbricata legate ad una deformazione per viscosità pari a 2 volte la deformazione elastica in esercizio nella combinazione quasi permanente
- le cadute di tensione per rilassamento dell'acciaio legate ad una deformazione per rilassamento calcolata considerando i dati sperimentali dei prodotti omologati per una tensione pari a $0.75 F_{ptk}$, secondo cui le cadute di tensione a 120 ore sono pari a 1.8%, quelle a 1000 ore pari a 2.2%, e quelle a 2000 ore pari a 2.5% (ciò ha consentito di utilizzare la formula per il calcolo della caduta di rilassamento a tempo infinito basata sui risultati di prove a lunga durata).

Le cadute di tensione istantanee per l'accorciamento elastico del conglomerato.

Le verifiche agli stati limite di esercizio e alla fessurazione sono state eseguite tenendo conto delle varie fasi realizzative dell'impalcato, 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

6.5.1 Verifiche tensionali e di fessurazione allo SLE

Nella valutazione delle tensioni allo SLE sono state considerate le diverse fasi di costruzione ed applicazione dei carichi e relative cadute di tensione nei cavi.

6.5.1.1 Verifica di limitazione delle tensioni in esercizio

Per la singola fase, sono state calcolate nella sezione precompressa e nella sezione mista trave c.a.p. più soletta collaborante le tensioni normali e tangenziali nei punti più sollecitati della sezione e relative tensioni principali. Tali tensioni sono state, quindi, confrontate con le resistenze relative allo stato limite di esercizio.

Per quanto riguarda la tensione limite di compressione, la normativa al paragrafo 4.1.2.2.5 del del D.M del 2008 asserisce che:

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 34 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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

- $\sigma_c < 0.60 \cdot f_{ck} = 0.6 \cdot 45 = 27 \text{ MPa}$ per combinazione caratteristica (rara);
- $\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck} = 0.45 \cdot 45 = 20.25 \text{ MPa}$ per combinazione quasi permanente.

La massima tensione dell'acciaio deve rispettare la limitazione:

- $\sigma_s < 0.80 \cdot f_{p1k} = 0.8 \cdot 1710 = 1368 \text{ MPa}$ per combinazione caratteristica.

6.5.1.2 Verifica di fessurazione

Per lo stato limite di fessurazione di sezioni in calcestruzzo armato precompresso, la normativa vigente al paragrafo 4.1.8.1.2 asserisce che valgono le prescrizioni indicate al paragrafo 4.1.2.2.4 del del D.M del 2008, che, per armature sensibili, quali quelle da precompressione, in condizioni molto aggressive, prescrive quanto riportato nella tabella seguente.

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile Stato limite	w_k	Poco sensibile Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Figura 15: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Dunque:

- In combinazione frequente si deve rispettare lo stato limite di formazione delle fessure, ovvero la massima tensione normale di trazione nel calcestruzzo deve rispettare la limitazione:

$$\sigma_T \leq \frac{f_{ctm}}{1.2} = \frac{3.8}{1.2} = 3.2 \text{ MPa} ;$$
- 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.

6.5.2 Verifiche allo SLU

Nelle combinazioni di SLU, si è dunque controllato il rispetto della condizione:

$$SRd/SEd \leq 1$$

Con:

- SRd pari alla capacità resistente della sezione (a pressoflessione /taglio);
- SEd pari alla sollecitazione di domanda (a pressoflessione/taglio).

I coefficienti parziali di sicurezza associati alle sollecitazioni sono stati esplicitati al paragrafo del D.M del 2008.

I coefficienti parziali di sicurezza associati alla resistenza dei materiali, calcestruzzo e acciaio da armatura che costituiscono le sottostrutture oggetto di verifica, sono forniti al paragrafo 4.1.2 del del D.M del 2008 e 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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 35 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Per il calcestruzzo la resistenza di progetto a compressione, f_{cd} é:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \alpha_c$$

dove:

α_{cc} è il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata;

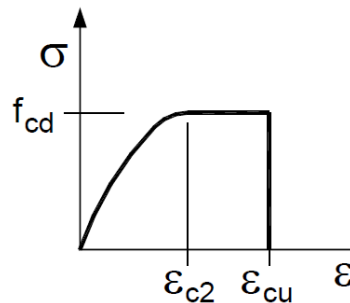
α_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo;

f_{ck} è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni.

Il coefficiente α_c è pari ad 1,5.

Il coefficiente α_{cc} è pari a 0,85.

Le tensioni nel calcestruzzo sono state dedotte a partire dalle deformazioni utilizzando i rispettivi diagrammi tensione-deformazione. Per quanto attiene la legge σ - ϵ del calcestruzzo si è utilizzata una curva parabola-rettangolo, considerando solo la porzione compressa e con $\epsilon_{c2}=0,2\%$ ed $\epsilon_{cu}=0,35\%$.



La resistenza di progetto dell'acciaio f_{yd} è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è dato da:

$$f_{yd} = f_{yk} / \alpha_s$$

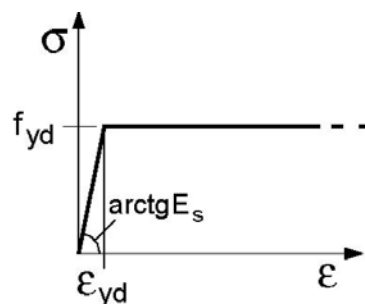
dove:

α_s è il coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio;

f_{yk} per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

Il coefficiente α_s assume sempre, per tutti i tipi di acciaio, il valore 1,15.

Per quanto riguarda l'acciaio si è assunto un diagramma bilineare elastico-perfettamente plastico indefinito.



6.5.2.1 Verifiche a Pressoflessione

Le verifiche flessionali allo SLU sono state eseguite adottando le seguenti ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane;
- Perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
- Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla;
- Rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione;

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 36 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

- Rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima;

I domini di resistenza a pressoflessione delle sezioni in calcestruzzo armato allo SLU sono stati ricavati, in accordo al paragrafo 4.1.2.3.4 del del D.M del 2008, tramite il software commerciale PresFle+ distribuito dalla Concrete.

Il momento ultimo della sezione mista dalla trave prefabbricata più soletta è stata valutata con i legami costitutivi non lineari riportati nel punto 4.1.2.1.2 del del D.M del 2008 sia per il calcestruzzo che per l'acciaio armonico.

In particolare è stato assunto un legame costitutivo elastico-perfettamente plastico sia per l'armatura che per i trefoli tesi. Le verifiche di Stato limite Ultimo nei riguardi della flessione sono state eseguite con riferimento alla sezione maggiormente sollecitata, ovvero la sezione di mezzeria, trascurando il contributo dello sforzo normale di precompressione.

6.5.2.2 Verifiche a Taglio

Le verifiche nei riguardi del taglio sono state eseguite in corrispondenza del punto di passaggio dalla sezione ringrossata a quella corrente, ovvero con riferimento alla sezione ad 1.00 m dall'appoggio, che risulta essere la sezione maggiormente sollecitata.

La verifica a taglio nella zona di testata è stata effettuata considerando la presenza delle staffe e trascurando il contributo della precompressione, tenuto conto dell'effetto ridotto dovuto alla diffusione delle tensioni a partire dalla sezione di testata.

Il valore del taglio resistente è stato calcolato in accordo con la normativa attraverso un apposito foglio di calcolo. Per la valutazione del taglio resistente per elementi armati a taglio si è fatto riferimento al p.to 4.1.2.3.5.2 del del D.M del 2008, secondo cui:

“La resistenza di progetto a taglio V_{Rd} di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione θ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti: $1 \leq ctg\theta \leq 2.5$.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a “taglio trazione” si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot sen\alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a “taglio compressione” si calcola con:

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \nu \cdot f_{cd} \frac{(ctg\alpha + ctg\theta)}{1 + ctg\theta^2}$$

La resistenza di progetto a taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

Dove:

- d è l'altezza utile della sezione
- b_w è la larghezza minima della sezione
- α_{cp} è la tensione media di compressione nella sezione
- A_{sw} è l'area dell'armatura trasversale
- s è l'interasse tra due armature trasversali consecutive
- θ è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della 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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 37 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

– f_{cd} è la resistenza di progetto a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima
($\eta = 0,5$)

– η_c è un coefficiente maggiorativo pari a:

$$\begin{array}{ll}
 1 & \text{per membrane} \\
 \text{non compresse} & \\
 1 + \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}} & \text{per } 0 \leq \sigma_{cp} \leq \\
 0.25 f_{cd} & \\
 1.25 & \text{per } 0.25 f_{cd} \leq \\
 \sigma_{cp} \leq 0.5 f_{cd} & \\
 2.5 \left(1 + \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}} \right) & \text{per } 0.5 f_{cd} \leq \\
 \sigma_{cp} \leq f_{cd} &
 \end{array}$$

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 38 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

7 MODELLI DI CALCOLO

Per la verifica degli impalcato del viadotto VI 05 Sud 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.

7.1 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.

7.1.1 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.

7.1.2 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 39 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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.

7.2 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

come rappresentato dalla figura seguente.



Figura 16: Modello FEM– Vista 3D

Il riferimento degli assi globali è orientato come segue:

X = asse longitudinale impalcato;

Y = asse trasversale impalcato;

Z = asse verticale impalcato.

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 40 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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. Nelle figure seguenti sono rappresentate alcune viste del modello utilizzato

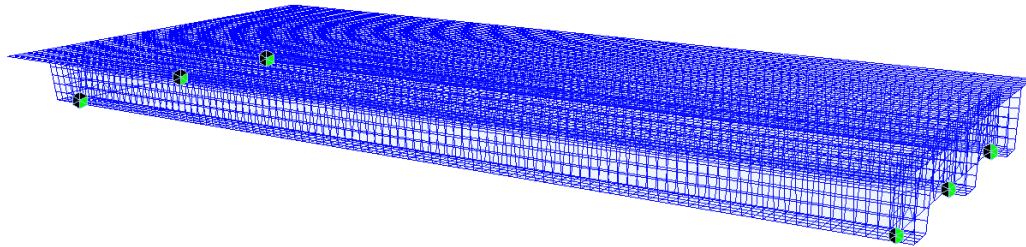


Figura 17 - Modello FEM

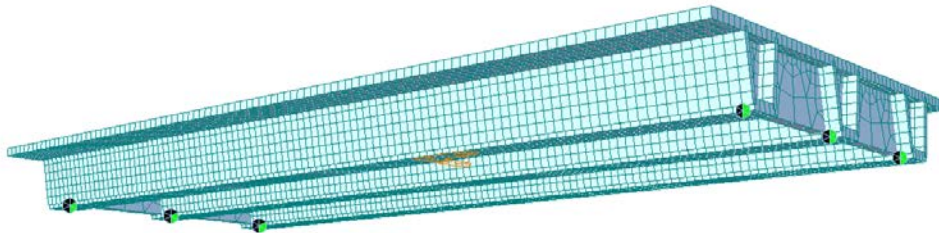


Figura 18 - Modello FE vista estrusa

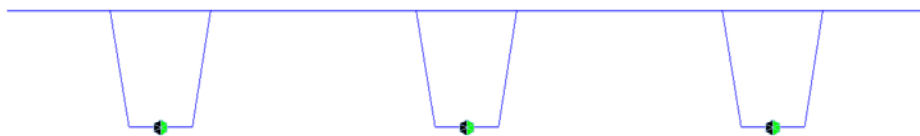


Figura 19 - Modello FE sezione trasversale - Vista trasversale

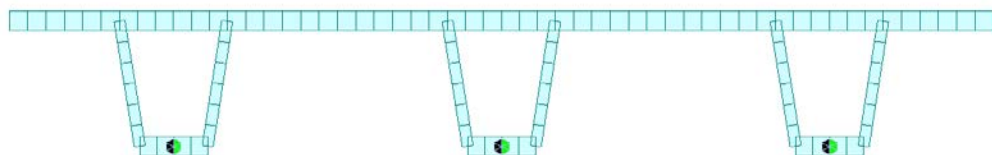


Figura 15 - Modello FE sezione trasversale - Vista trasversale estrusa

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 41 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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 schemi di carico descritti ai Paragrafi 4.2. e 4.3.

Si riporta di seguito a titolo di esempio una distribuzione dei carichi da traffico secondo lo schema di carico 1:

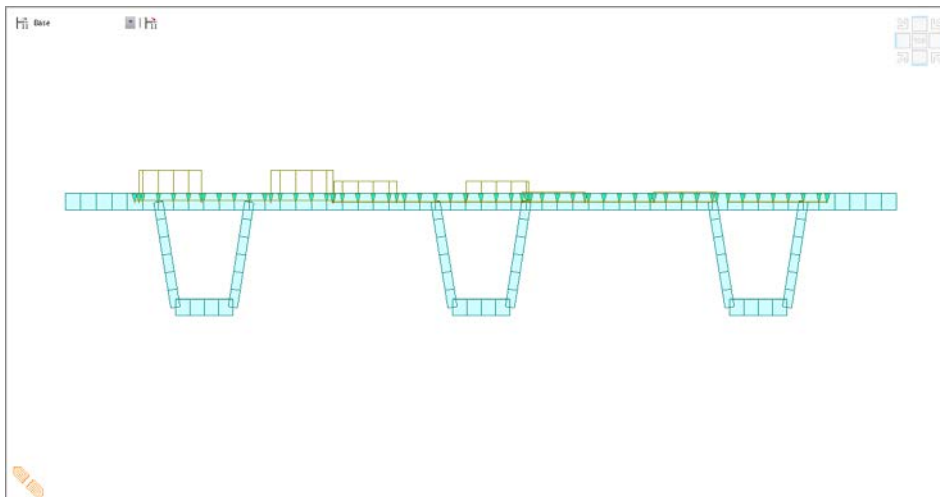


Figura 20: Distribuzione dei carichi da traffico Schema 1

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

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 42 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

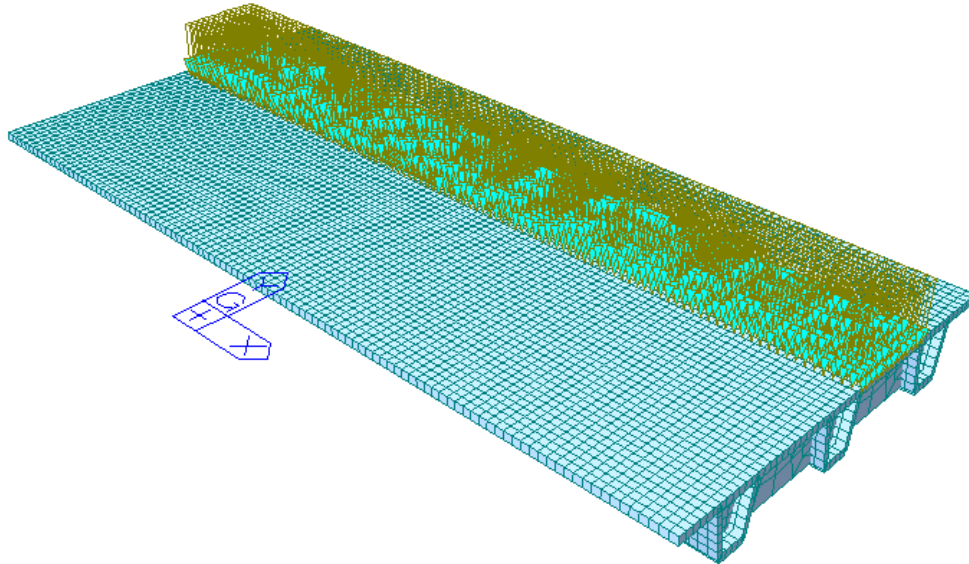


Figura 21: Carichi da traffico Schema 1 – Carichi uniformemente distribuiti

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.

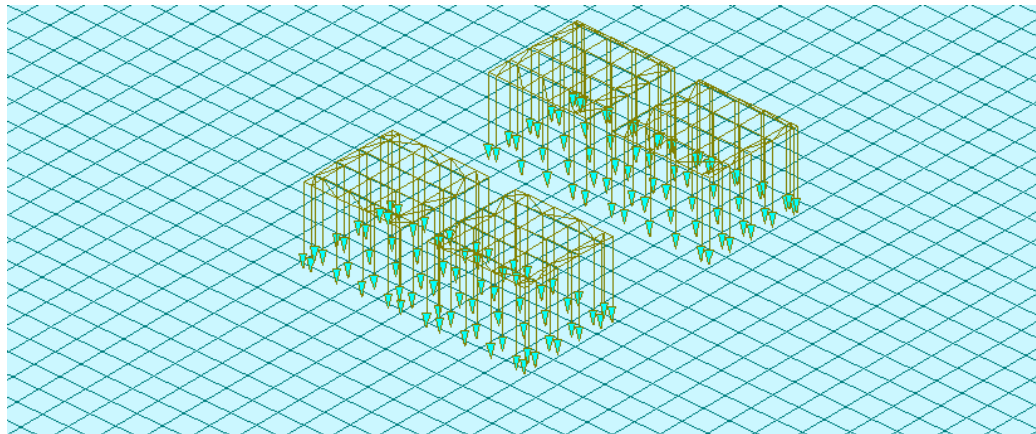


Figura 22: Carichi da traffico Schema 1 – Carichi tandem

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

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

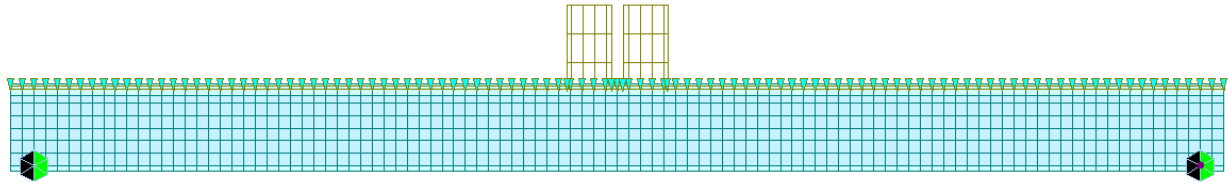
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

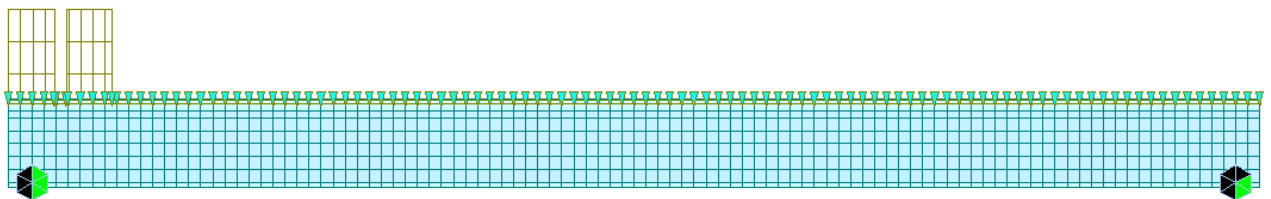
OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 43 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------



Carichi concentrati in mezzeria



Carichi concentrati in corrispondenza del giunto

Figura 23: Distribuzione longitudinale dei carichi da traffico

In direzione trasversale all'impalcato i carichi vengono posizionati secondo diverse distribuzioni ai fini di massimizzare le sollecitazioni flettenti e taglianti. Di seguito si riportano le principali distribuzioni di carico utilizzate:

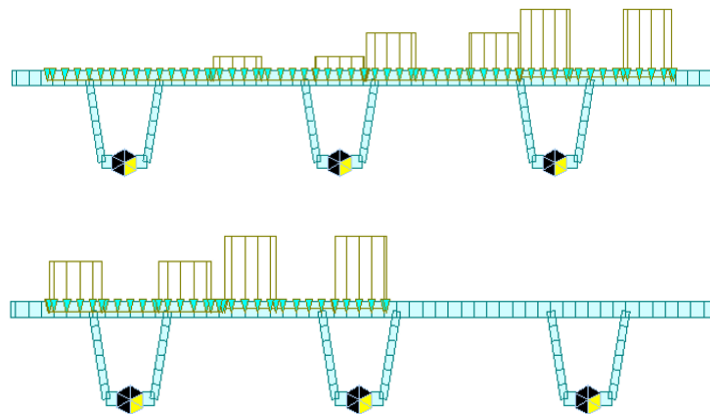


Figura 24: Condizioni di carico da traffico applicate alla soletta dell'impalcato

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 44 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Come precisato al par. 4.3, 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.

Di seguito si riporta la distribuzione dei carichi da traffico secondo lo schema di carico 2:

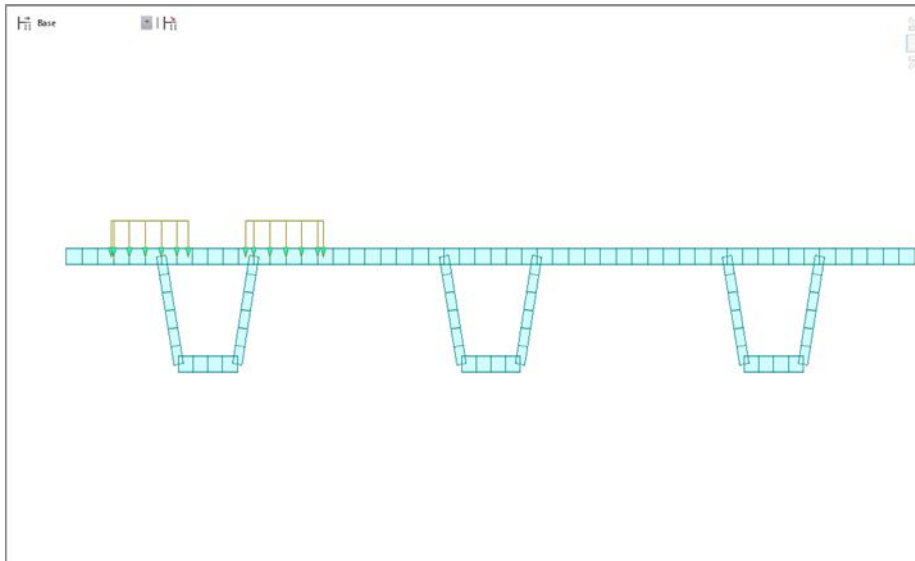


Figura 25: Distribuzione dei carichi da traffico Schema 2

I carichi concentrati vengono applicati in corrispondenza dell'asse degli elementi platea 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.

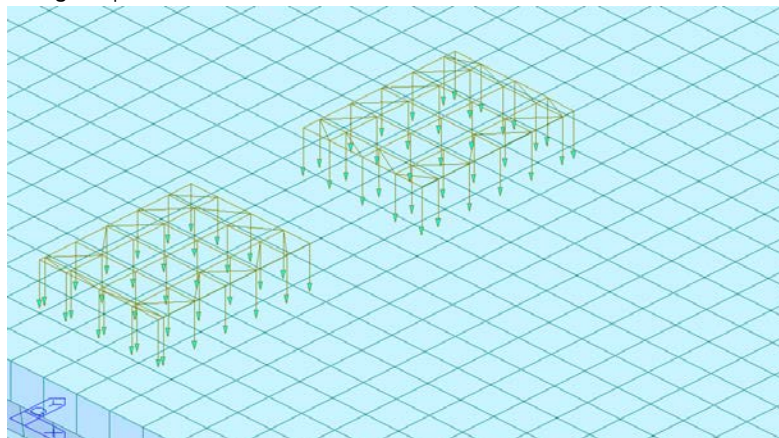


Figura 26: Carichi da traffico Schema 2

L'azione d'urto viene modellata con:

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	213	E	12	V5600	REL	01	B	45 di 1005

- 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.

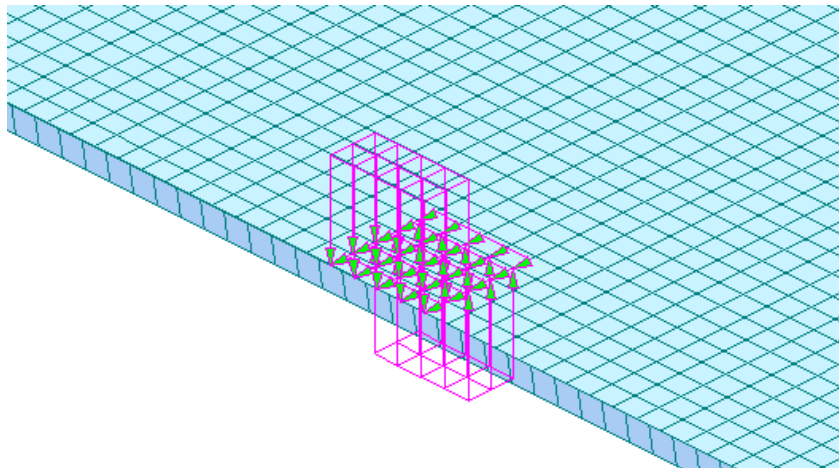


Figura 39: Distribuzione delle azioni d'urto

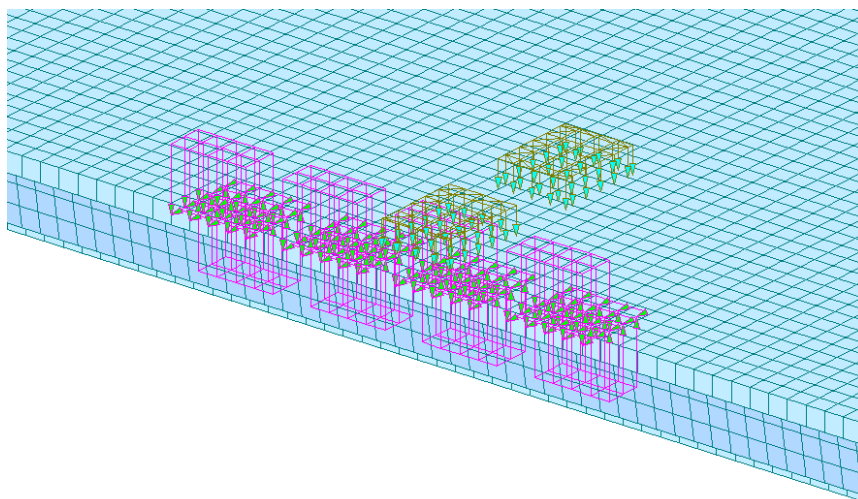


Figura 27: Distribuzione delle azioni d'urto in combinazione con i carichi dello schema 2

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

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

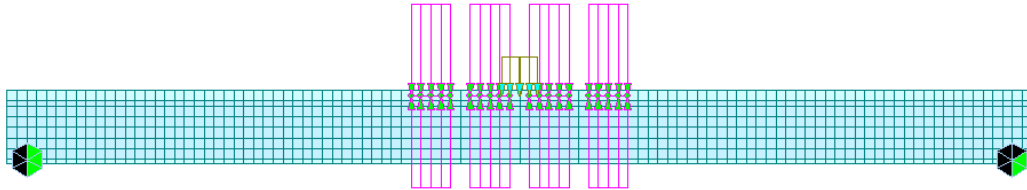
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

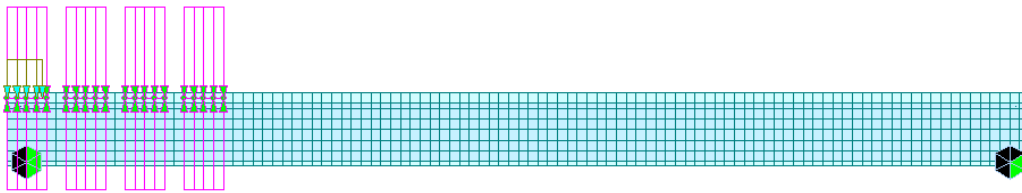
OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 46 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------



Carichi concentrati in mezzeria



Carichi concentrati in corrispondenza del giunto

Figura 28: Distribuzione longitudinale dei carichi da traffico schema 1 associati alle azioni d'urto

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 47 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

7.3 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

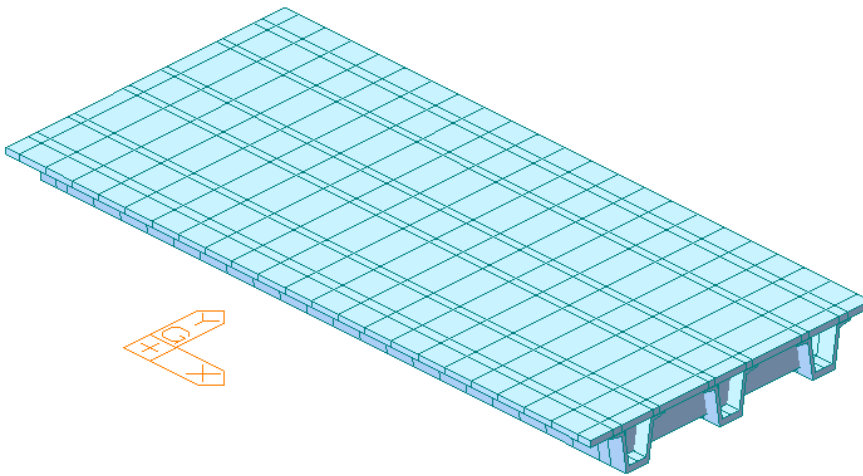


Figura 29:– Modello FEM – Vista 3D

Il riferimento di assi globali è orientato come segue:

X = asse longitudinale impalcato;

Y = asse trasversale impalcato;

Z = asse verticale impalcato.

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.

Nelle figure seguenti sono rappresentate alcune viste del modello utilizzato

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 48 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

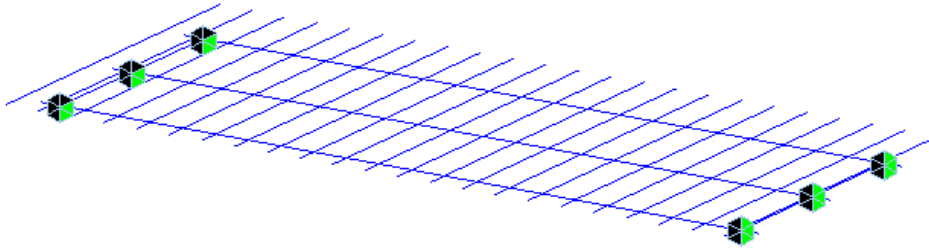


Figura 30 - Modello FEM

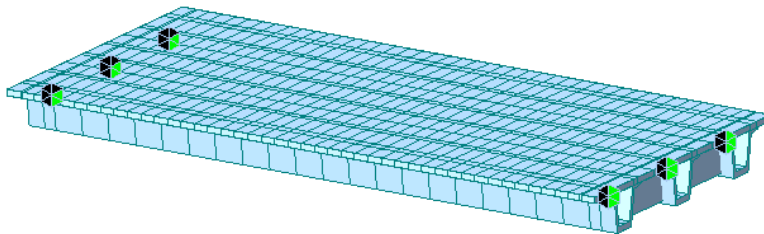


Figura 31 - Modello FE vista estrusa

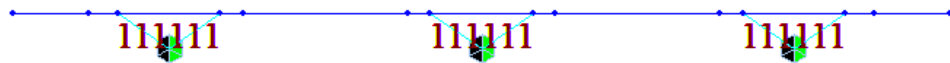


Figura 32 - Modello FE sezione trasversale - Vista trasversale

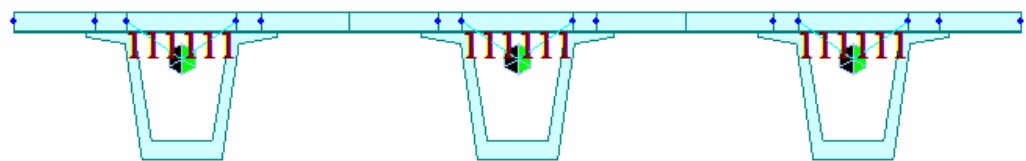


Figura 33 - Modello FE sezione trasversale - Vista trasversale estrusa

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



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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 49 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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.

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

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 50 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

8 VERIFICHE STRUTTURALI DELL'IMPALCATO

L'impalcato ha una luce di calcolo di circa 25 m, una larghezza complessiva di 13 metri ed una larghezza della carreggiata di 10.50 m. La larghezza dei marciapiedi è di circa 125 cm.

Le tre travi sono disposte ad un interasse di 3.75 m ed hanno una lunghezza di 25.4 m

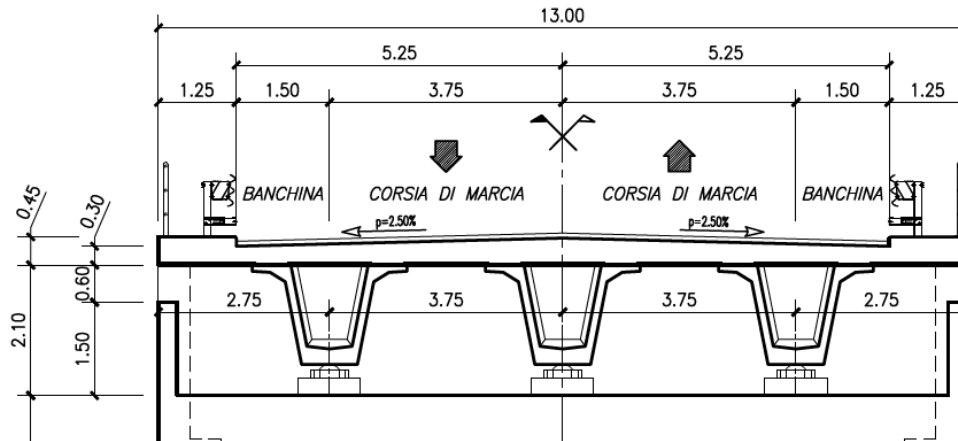


Figura 34: Impalcato di progetto

Per la valutazione di sicurezza dell'impalcato si è proceduto con la verifica della soletta attraverso il modello di calcolo specifico, descritto al Par. 7.2. 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. 7.3.

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 51 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

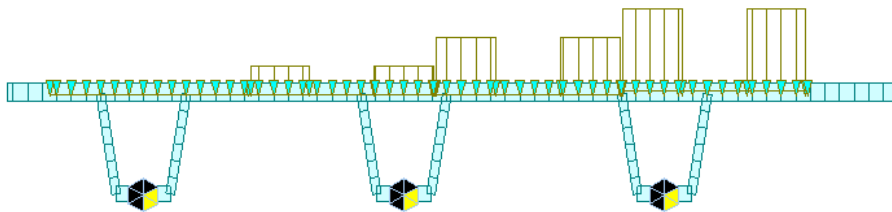
8.1 VERIFICA DELLA SOLETTA

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

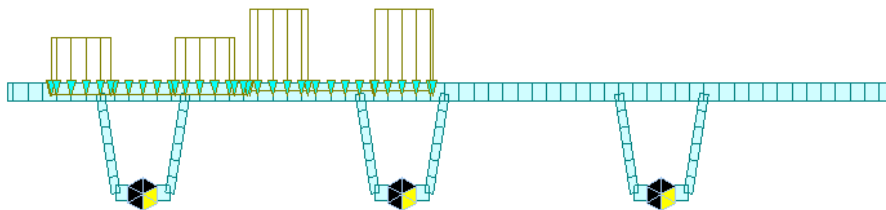
Per una verifica strutturale della soletta sono state condotte analisi e verifiche per carichi verticali per le seguenti combinazioni di carico:

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

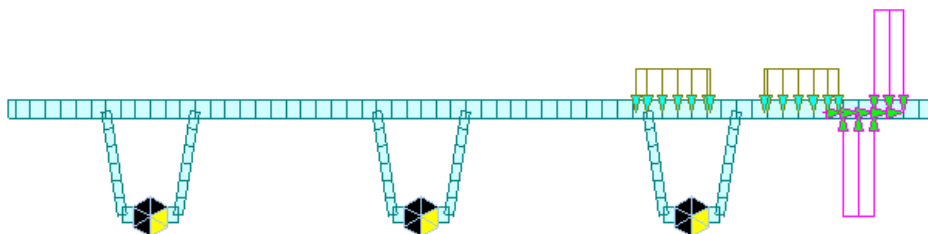


Figura 36: Distribuzione dei carichi mobili più gravosa per le verifiche della soletta in combinazione Eccezionale

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 52 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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.

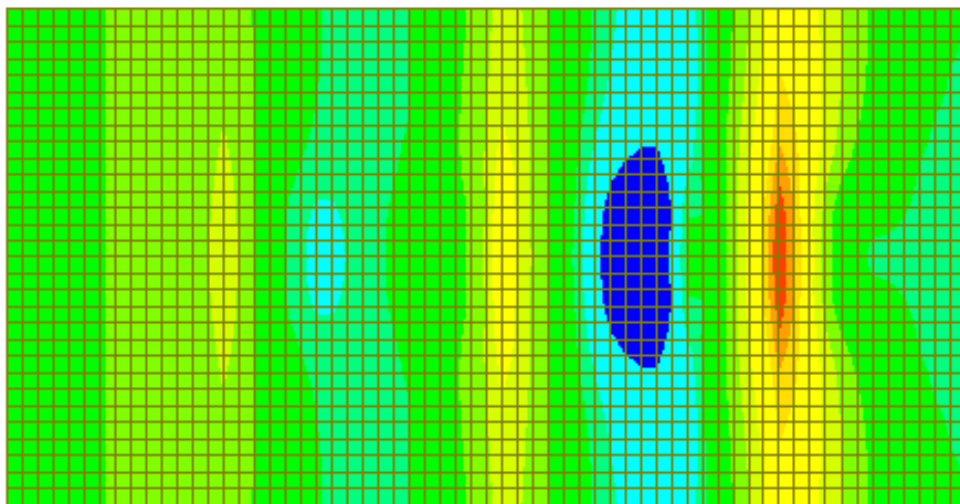
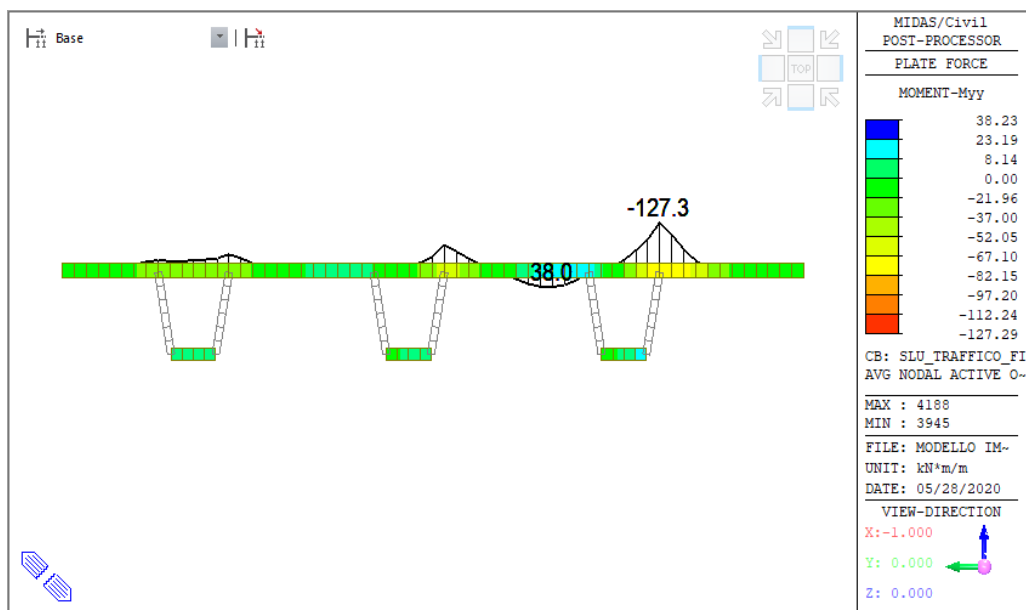


Figura 37: Diagramma del momento flettente nella soletta . Condizione 1 - Combinazione A1-STR Gr.1

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 53 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

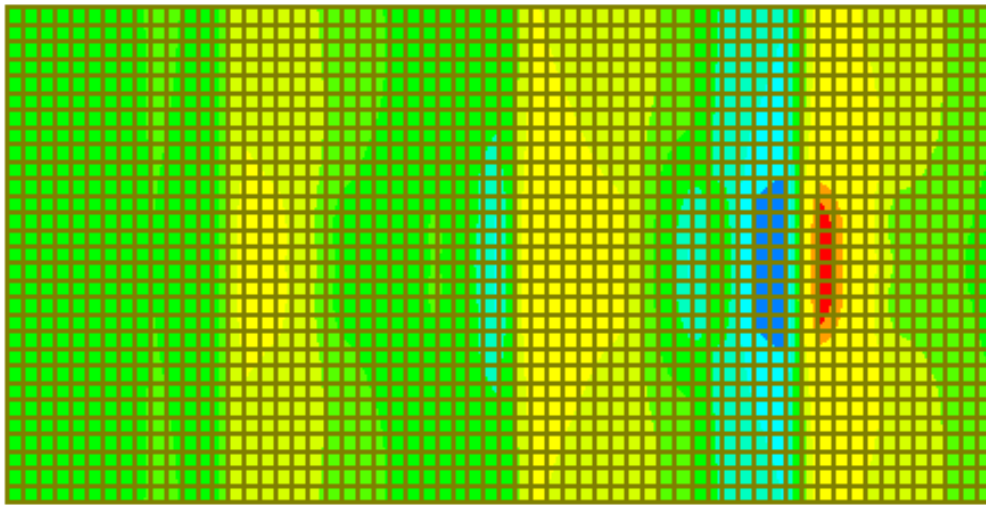
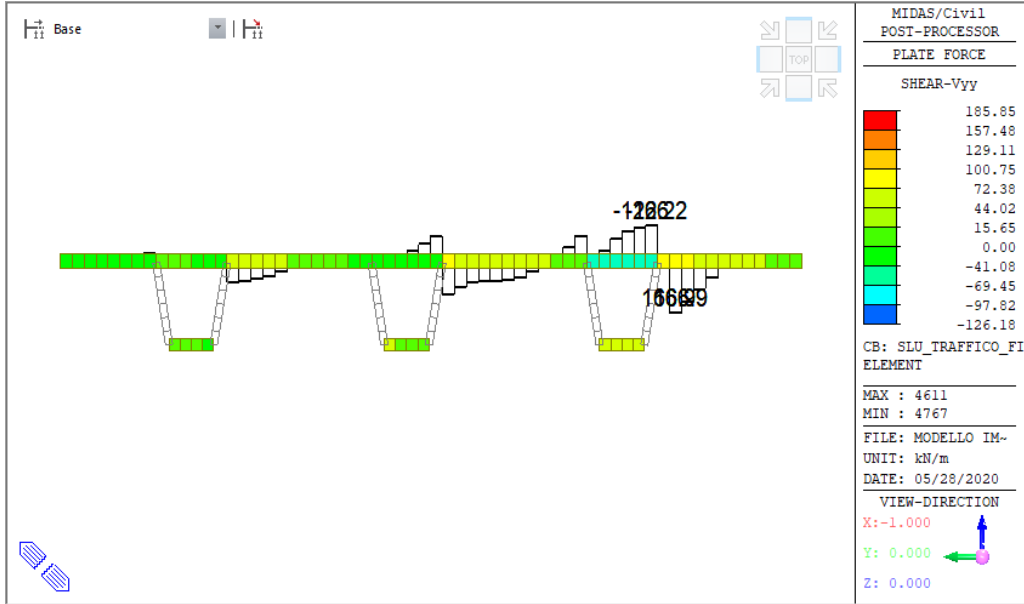


Figura 38: Diagramma del taglio nella soletta – Condizione 1 - Combinazione A1-STR Gr.1

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 S. PIERO
 Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 54 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

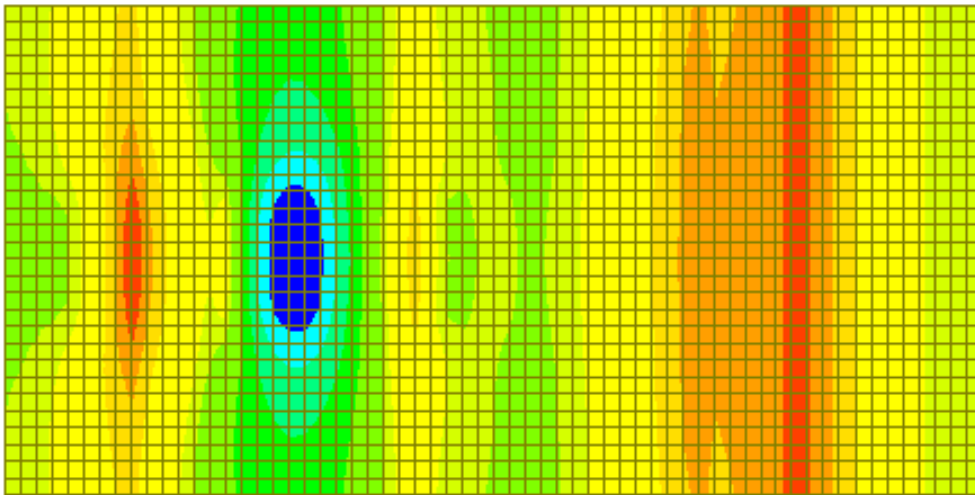
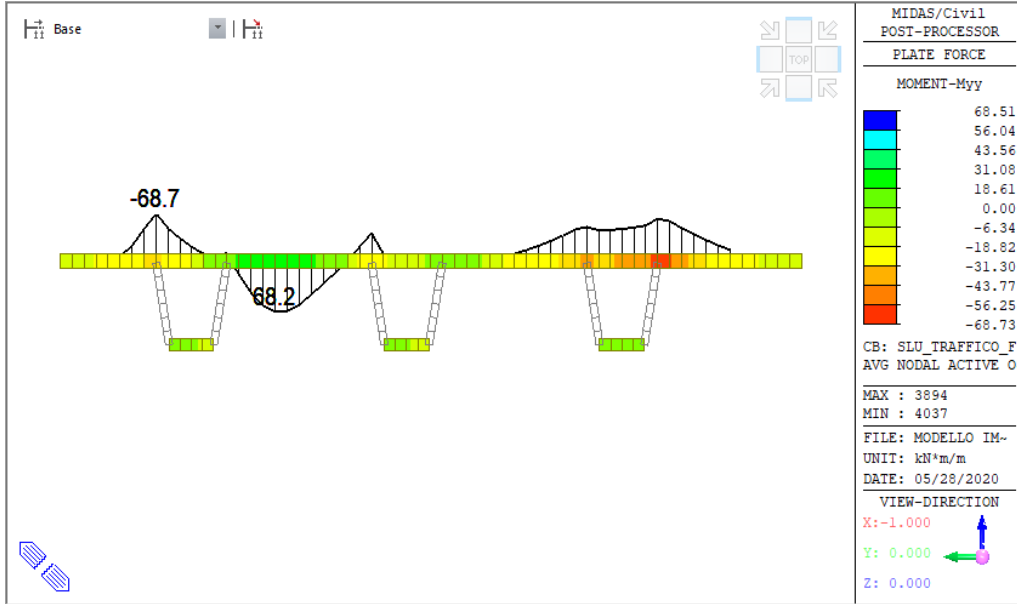


Figura 39: Diagramma del momento flettente nella soletta . Condizione 2 - Combinazione A1-STR Gr.1

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 55 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

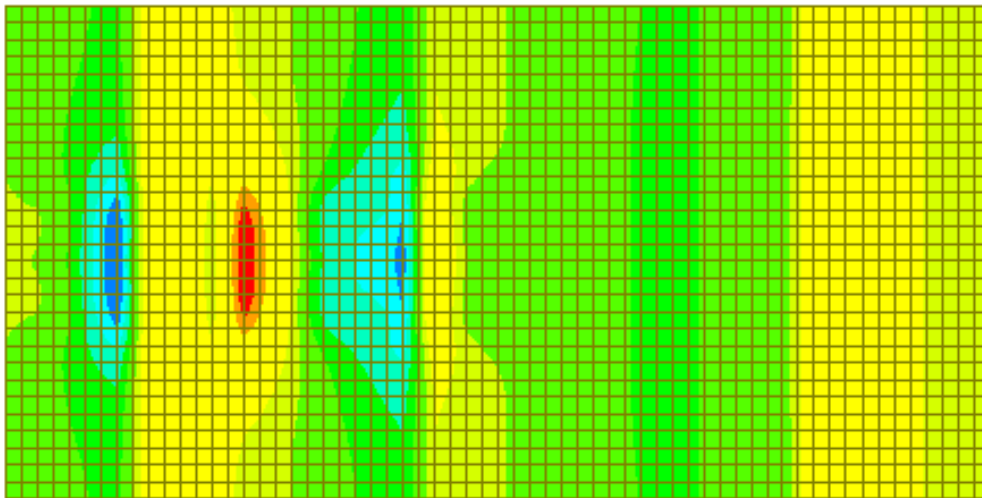
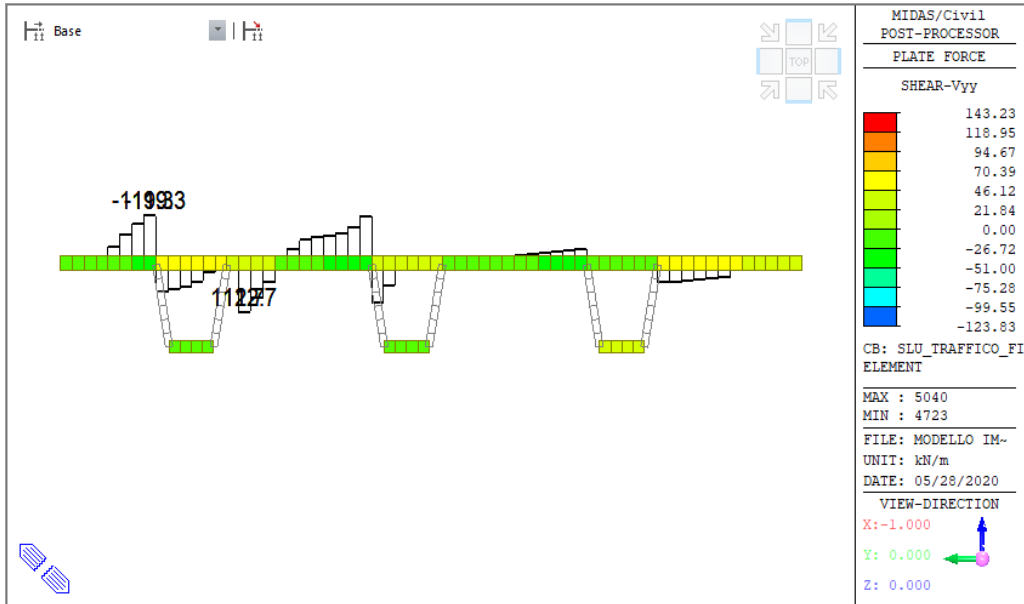


Figura 40: Diagramma del taglio nella soletta – Condizione 2 - Combinazione A1-STR Gr.1

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 56 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

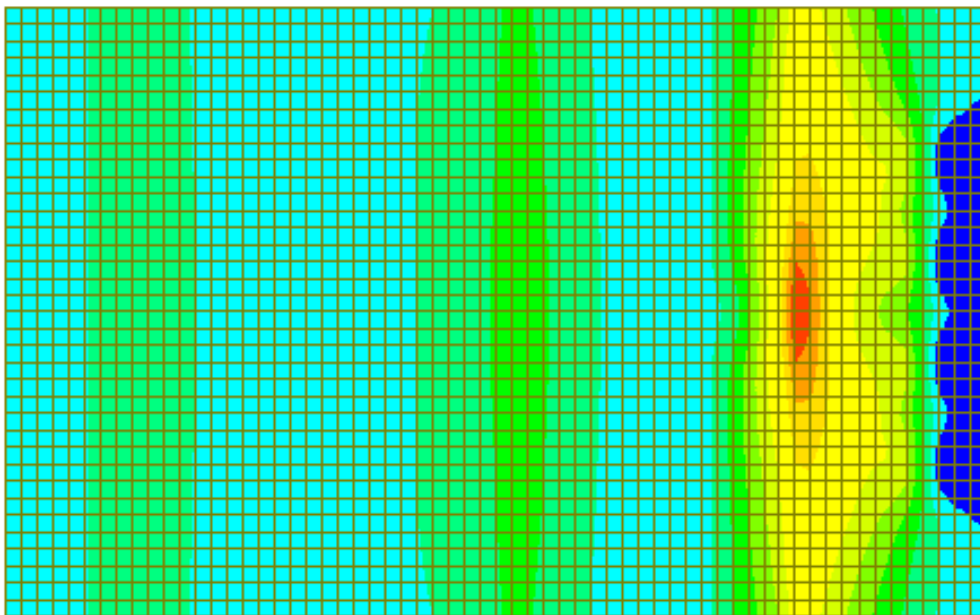
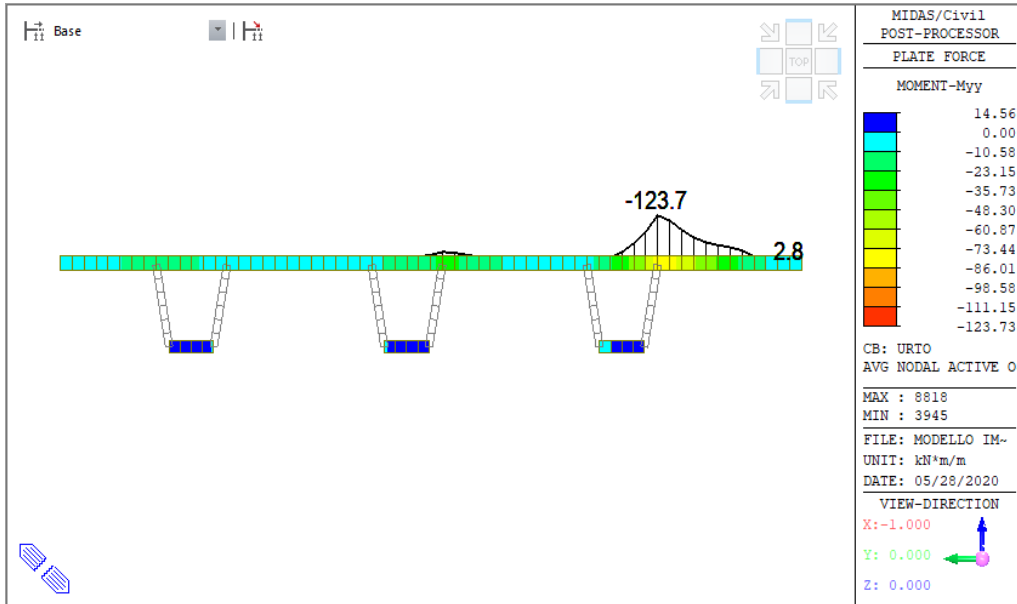


Figura 41: Diagramma del momento flettente nella soletta in combinazione Eccezionale

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 57 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

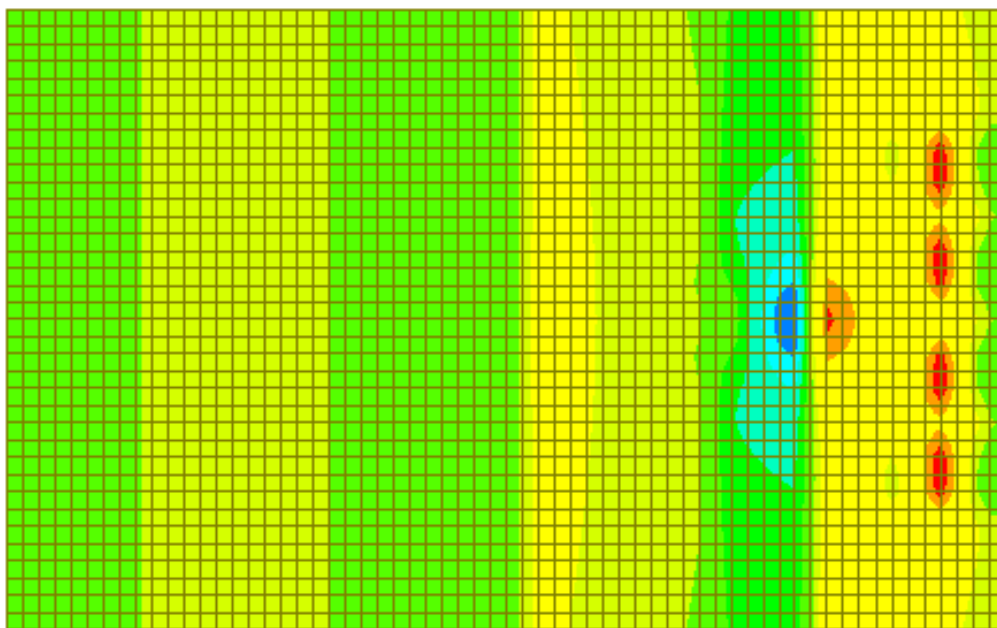
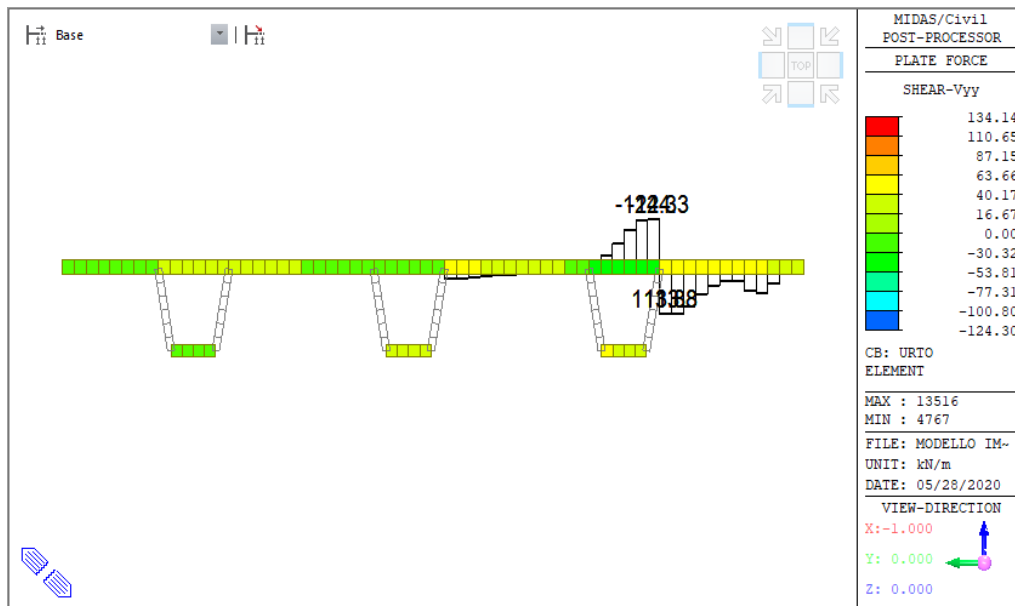


Figura 42: Diagramma del taglio nella soletta in combinazione Eccezionale

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

Tabella 5: 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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 58 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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-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 $\phi 24/20$.

8.1.1.2.1 Verifiche a flessione

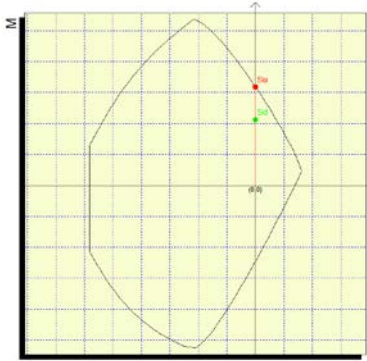
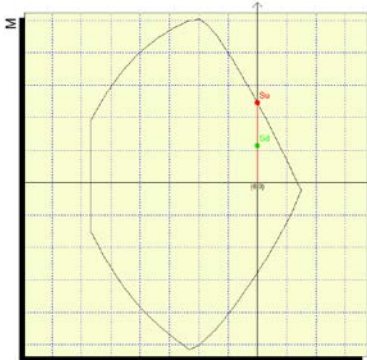
Si riportano di seguito le tabelle riepilogative delle verifiche a flessione per la soletta, svolte secondo quanto descritto al paragrafo 1, per le combinazioni di carico sopra descritte.

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 $\square 24/20$.

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
A1-STR Gr.1	M+	campata	68.2	148.9		2.19

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 59 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

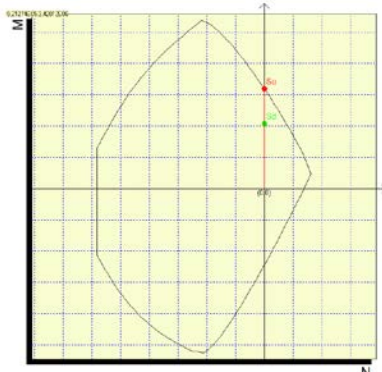
ECCEZIONALE	M-	appoggio	123.7	169.3		1.36
-------------	----	----------	-------	-------	--	------

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 60 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

8.1.1.2.2 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 6.5.2

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_r=	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_r=	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_r=	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_r=	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
f_{ctd}=	1.50	Mpa	Resistenza a Trazione 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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 61 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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			
$d =$	0.26	m	Altezza Utile della sezione
$b_w =$	1.00	m	Larghezza della membratura resistente a taglio
$k =$	1.88		
$A_{s1} =$	0.00190	m ²	Area dell'armatura longitudinale di trazione ancorata secondo normativa
$r_1 =$	0.01		$A_{s1}/(b_w d)$
$N_{Ed} =$		kN	Forza assiale dovuta ai carichi o alla precompressione (Positivo di Compressione)
$\sigma_{cp} =$	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			
$n^{\circ} barre =$	5		Numero Barre
$\phi =$	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			
$n^{\circ} barre =$	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
$\phi =$	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			
$n^{\circ} barre =$	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

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 62 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

$f_{ctk,0.05} =$	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			
$d =$	0.23	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
$r =$	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 S. PIERO

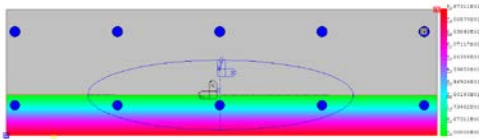
Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 63 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

8.1.1.3 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

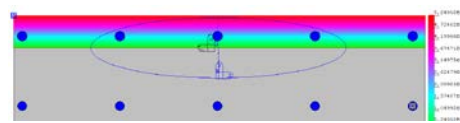
Verifica di limitazione delle tensioni in esercizio



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

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

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

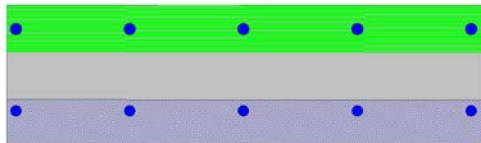


$$M_{Ed} = 50.5 \text{ kNm}$$

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

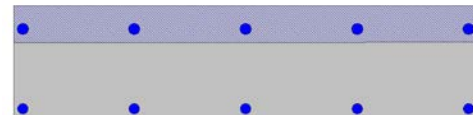
$$\sigma_s = 141.73 \text{ MPa} < 0.8 f_{yk}$$

Verifica di fessurazione (SLE-F)



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

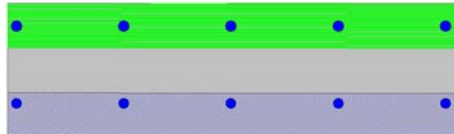
$$w_k = 0.12 \text{ mm} < w_2$$



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

$$w_k = 0$$

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 64 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

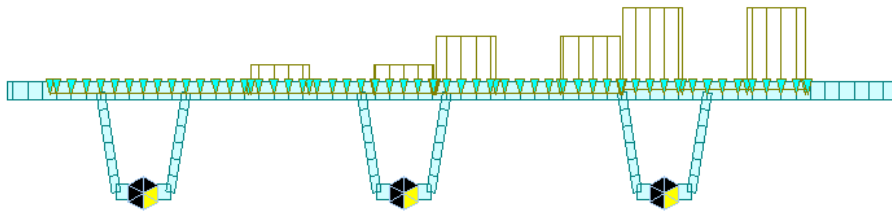
8.1.2 Verifica della soletta per carichi mobili disposti in corrispondenza del giunto

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

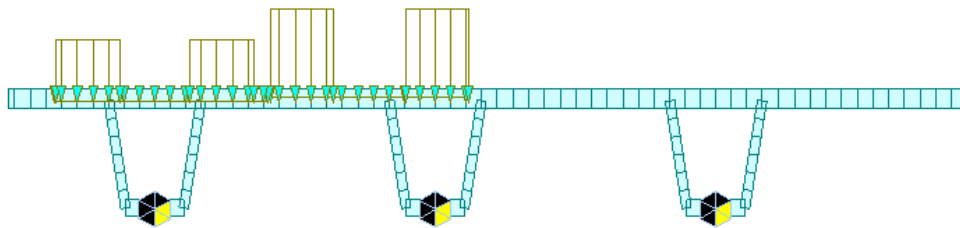
A1-STR Gr.1

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

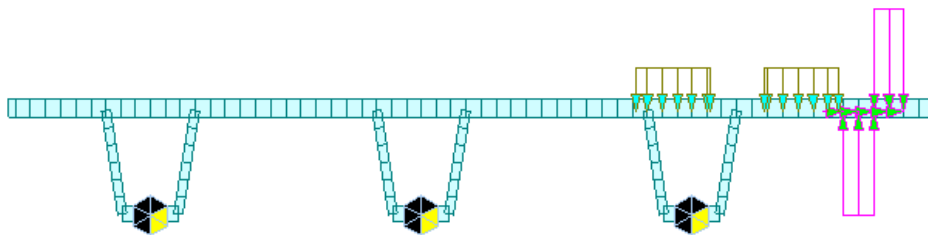


Figura 44: Distribuzione dei carichi mobili più gravosa per le verifiche della soletta in combinazione Eccezionale

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 65 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

8.1.2.1 Diagrammi delle sollecitazioni

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

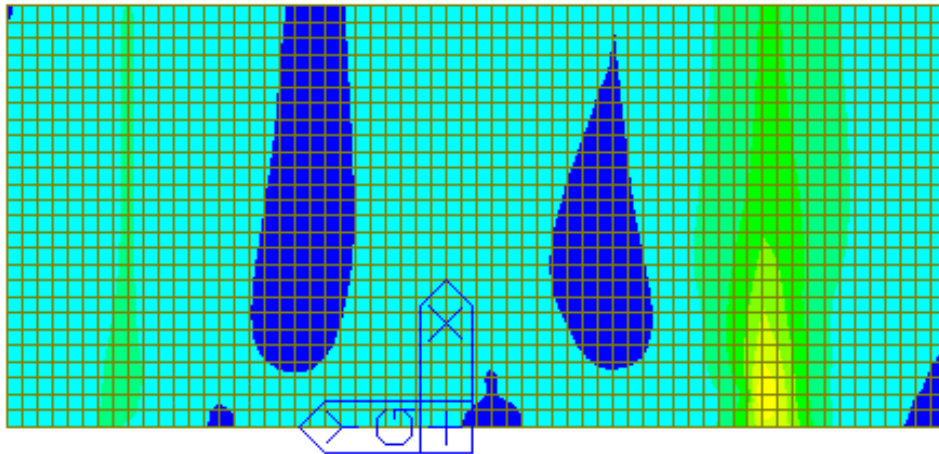
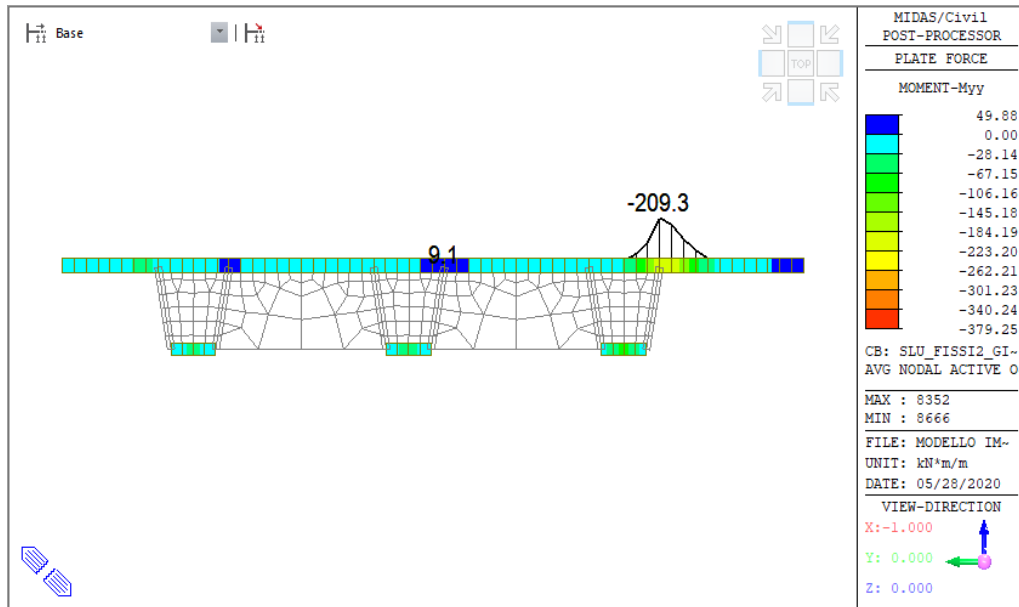


Figura 45: Diagramma del momento flettente nella soletta . Condizione 1 - Combinazione A1-STR Gr.1

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 66 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

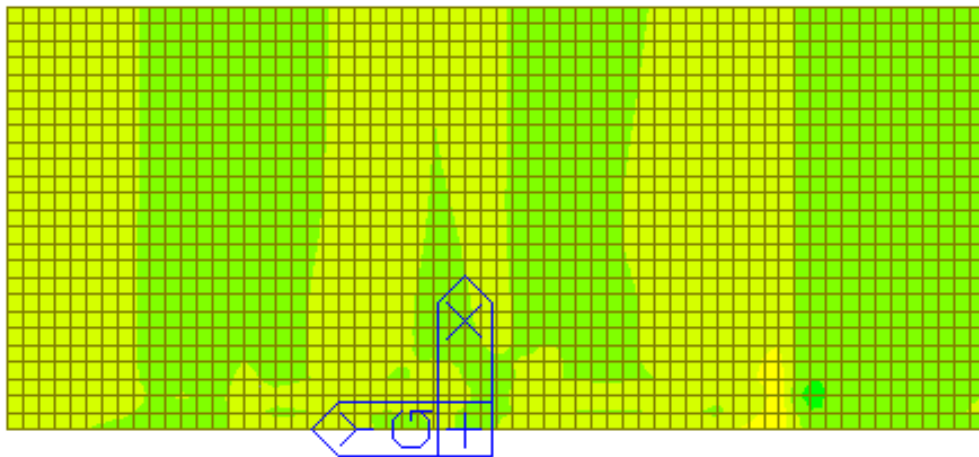
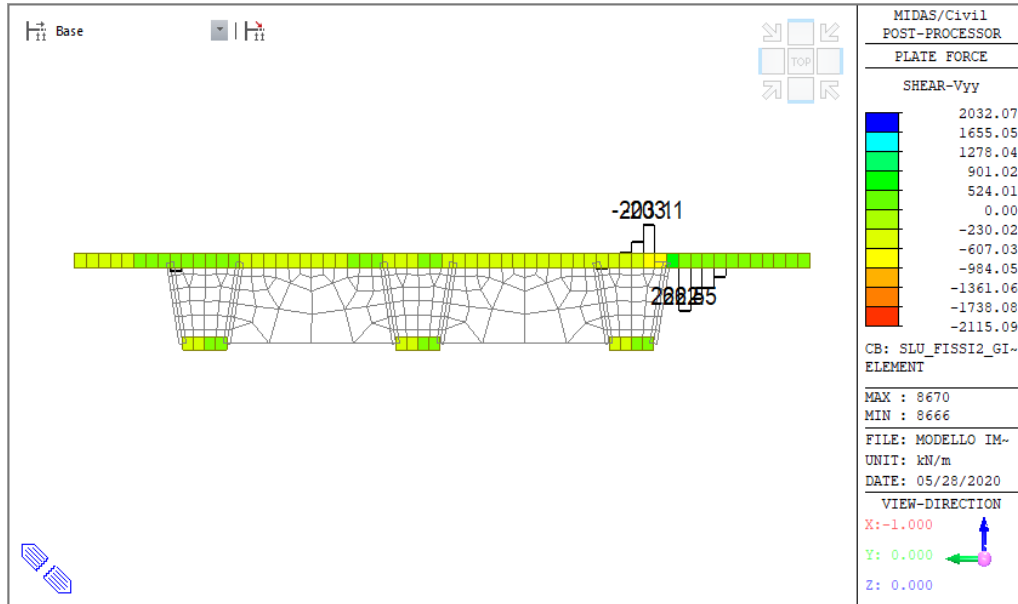


Figura 46: Diagramma del taglio nella soletta – Condizione 1 - Combinazione A1-STR Gr. 1

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 67 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

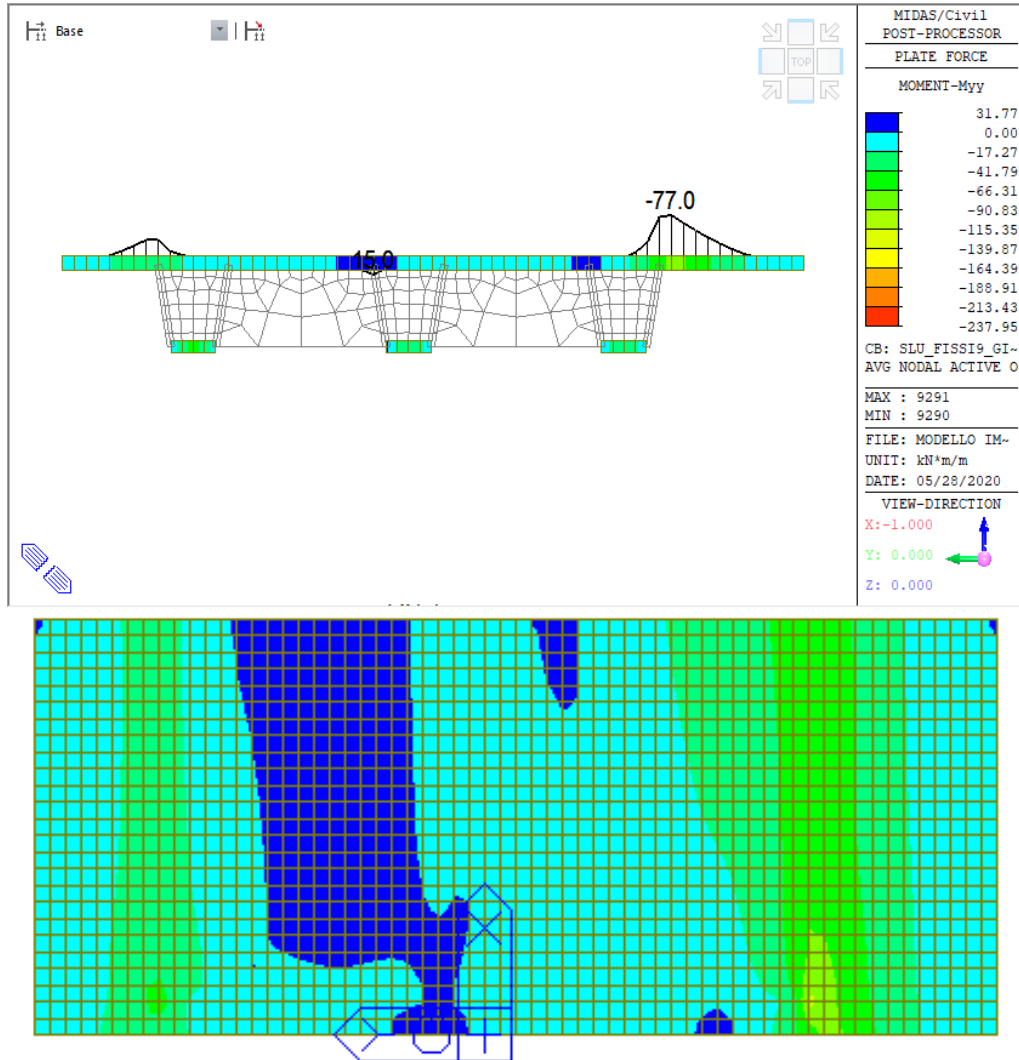


Figura 47: Diagramma del momento flettente nella soletta . Condizione 2 - Combinazione A1-STR Gr.1

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 68 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

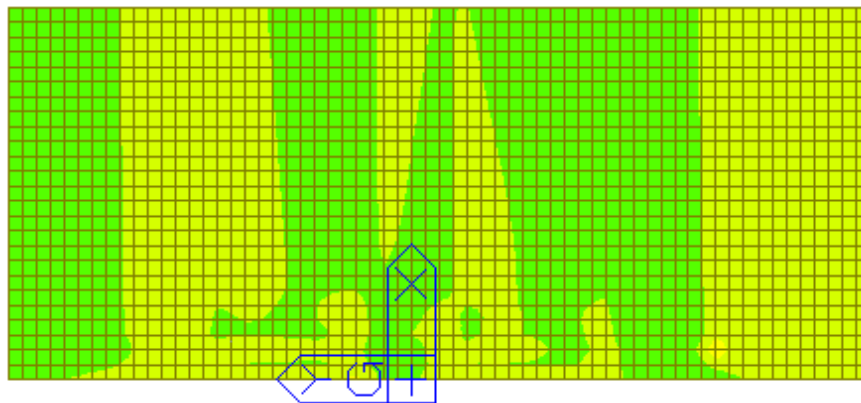
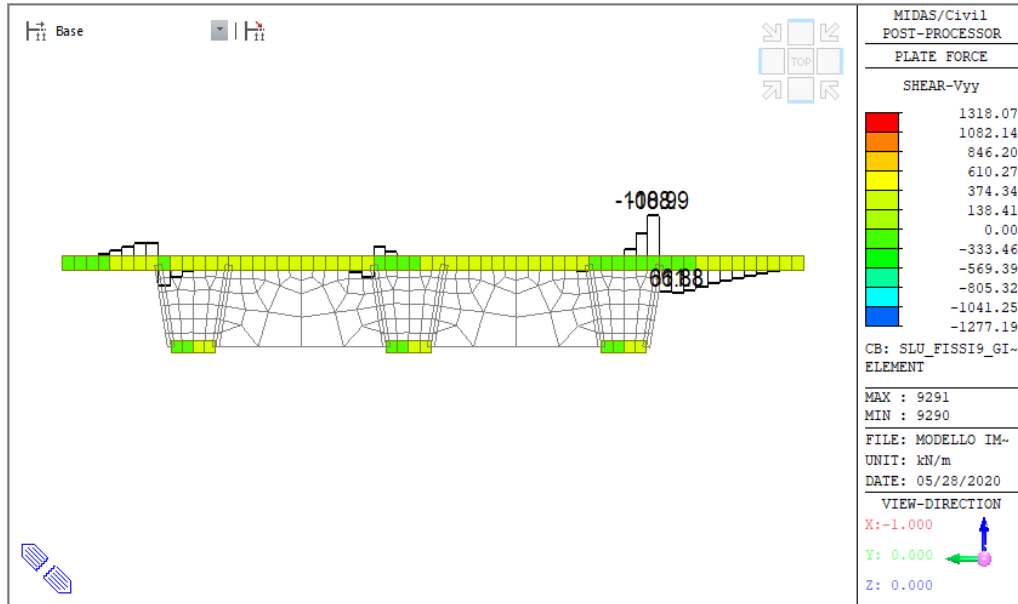


Figura 48: Diagramma del taglio nella soletta – Condizione 2 - Combinazione A1-STR Gr.1

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 69 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

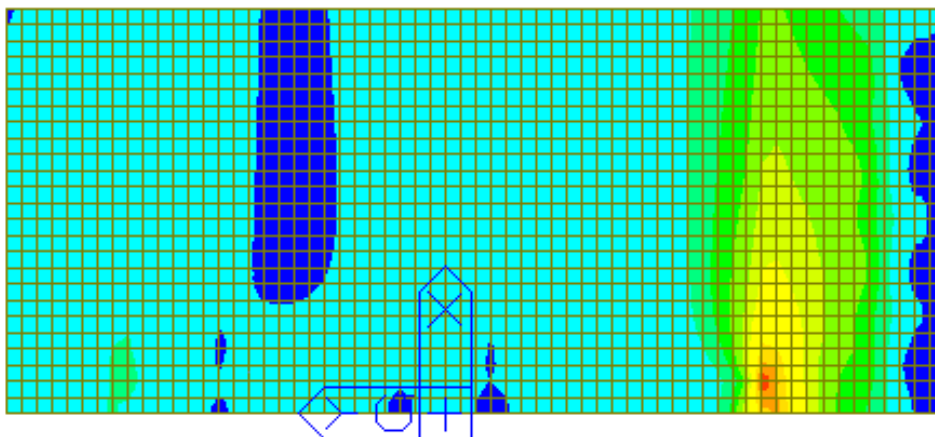
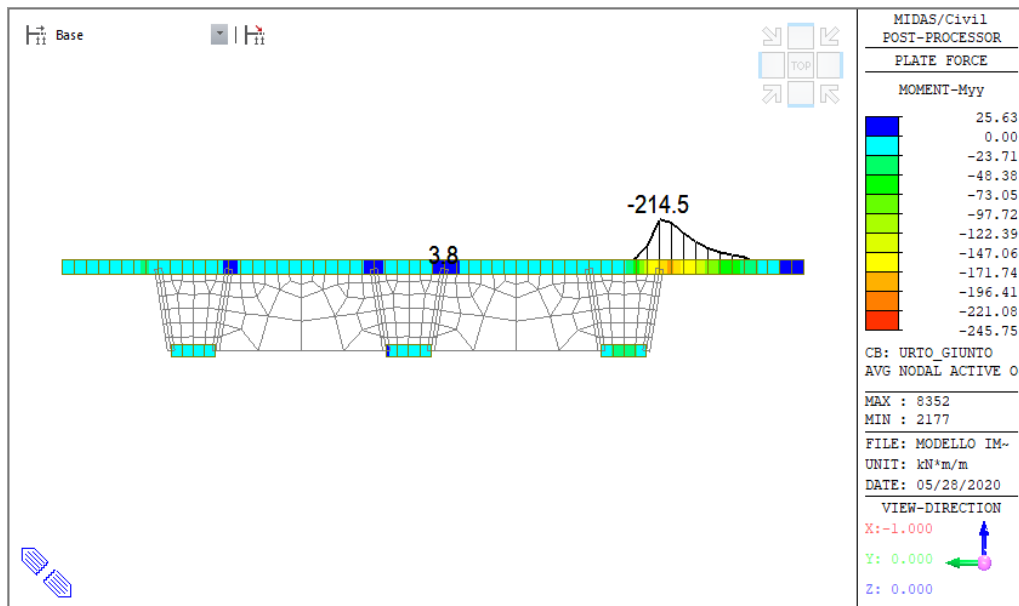


Figura 49: Diagramma del momento flettente nella soletta in combinazione Eccezionale

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 70 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

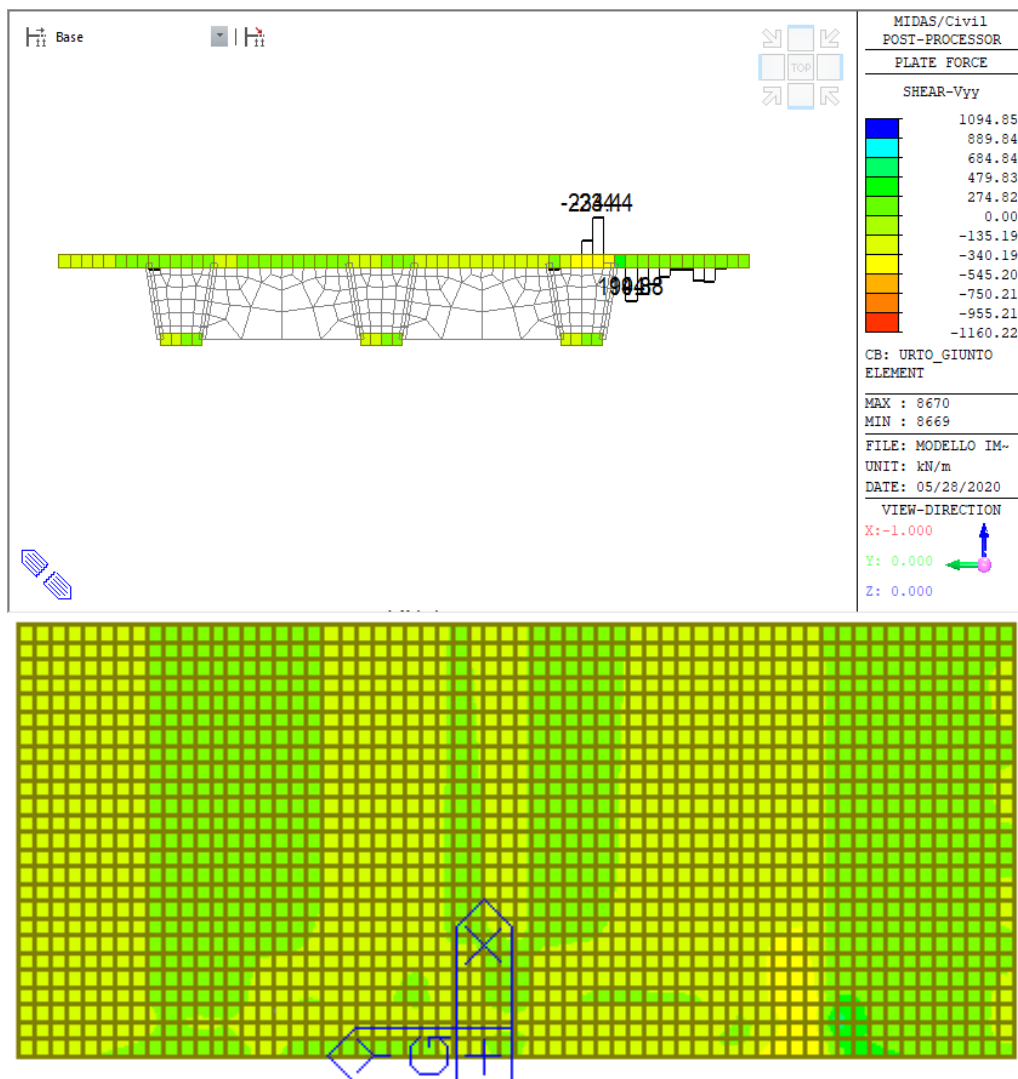


Figura 50: Diagramma del taglio nella soletta in combinazione Eccezionale

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 71 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

8.1.2.2 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 $\square 22/20$ disposte sia superiormente che inferiormente, barre $\square 24/15$ solo nelle zone di appoggio della soletta sulle travi e staffe $\square 12/15$ a 4 bracci per incrementare la resistenza a taglio.

8.1.2.2.1 Verifiche a flessione

Si riportano di seguito le tabelle riepilogative delle verifiche a flessione per la soletta, svolte secondo quanto descritto al paragrafo 1, 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 $\square 22/20$ per tutta la larghezza dell'impalcato ed, in corrispondenza degli appoggi di ferri di diametro $\square 24/15$.

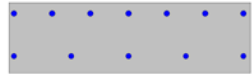
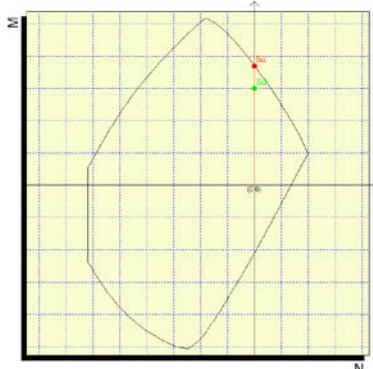
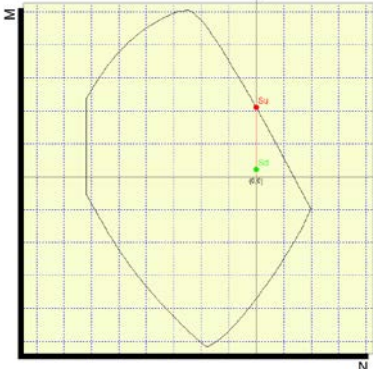
Sezione di verifica				Armatura			
Base [cm]	Altezza [cm]	Copriferro superiore [cm]	Copriferro inferiore [cm]	Superiore	inferiore	Taglio	
100	29	4	7	1 ϕ 24/20 (1 ϕ 24/15)	1 ϕ 22/20	ϕ 12/15 a 4 bracci	

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 72 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

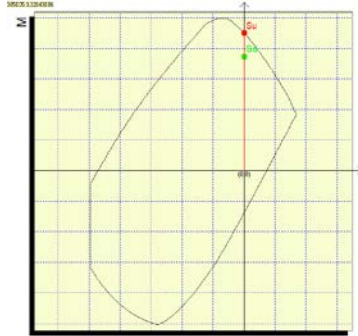
ECCEZIONALE	M-	appoggio	214.5	258.9		1.20
-------------	----	----------	-------	-------	--	------

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 73 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

8.1.2.2.2 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 6.5.2.

L'armatura considerata è caratterizzata da staffe $\square 12/15$ 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_{sw}=	0.00045	m ²	Area dell'armatura trasversale posta all'interasse s
s=	0.15	m	Passo Staffe
Caratteristiche 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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 74 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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_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}	0.51	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			
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)

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 75 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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 Compresa			
I° Strato			
$n^{\circ}_{barre} =$	5		Numero Barre
$\phi =$	23	mm	Diametro Barre dello strato
$A_f =$	0.00190	m ²	Area Armatura dello strato
$c_{comp} =$	0.04	m	Copriferro Armatura Compresa dal Lembo Compreso (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 Compresa dal Lembo Compreso (Asse Barre)
$A_{f,tot} =$	0.00190	m ²	Area Armatura compresa totale
$c_{tot} =$	0.04	m	Copriferro Baricentro Armatura Tesa dal Lembo Compreso
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		
$A_{s1} =$	0.00190	m ²	Area dell'armatura longitudinale di trazione ancorata secondo normativa
$r_1 =$	0.01		$A_{s1}/(b_w d)$
$N_{Ed} =$	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.

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 76 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

8.1.2.3 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 8.1.2.1 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:

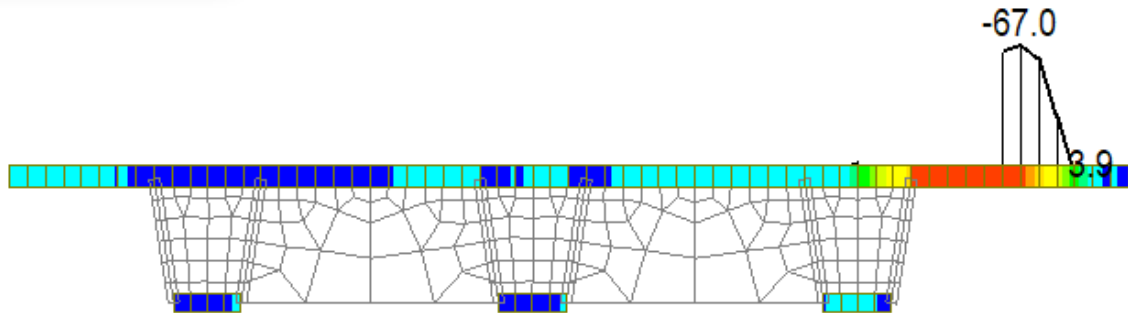


Figura 51: Diagramma del momento flettente nel cordolo in combinazione Eccezionale

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 $\varnothing 24/15$, 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 $\varnothing 10/10$ 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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 77 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

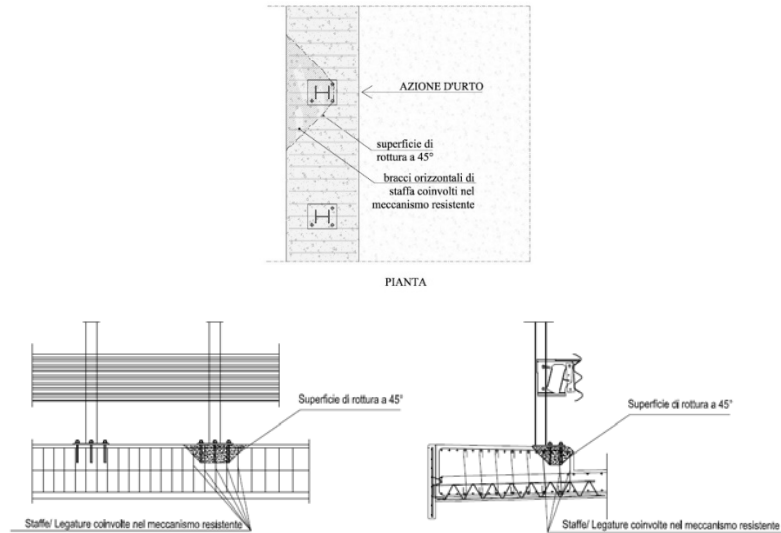


Figura 52 – Meccanismi di rottura locali per azioni d'urto

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 $\varnothing 10/10$ 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 S. PIERO

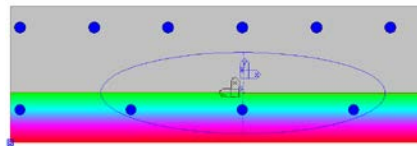
Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 78 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

8.1.2.4 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

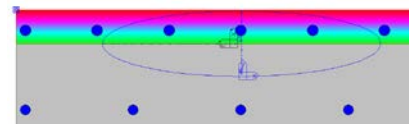
Verifica di limitazione delle tensioni in esercizio



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

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

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

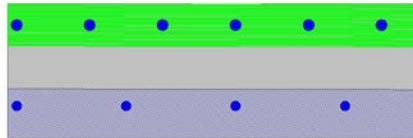


$$M_{Ed} = 11.0 \text{ kNm}$$

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

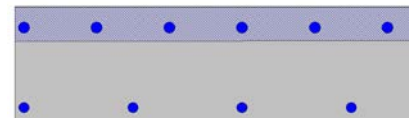
$$\sigma_s = 30 \text{ MPa} < 0.8 f_{yk}$$

Verifica di fessurazione (SLE-F)



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

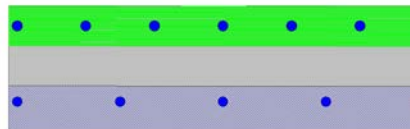
$$w_k = 0.11 \text{ mm} < w_2$$



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

$$w_k = 0$$

Verifica di fessurazione (SLE-QP)



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

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

8.1.3 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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 79 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

8.2 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

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 80 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

8.2.1 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 7.3

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.

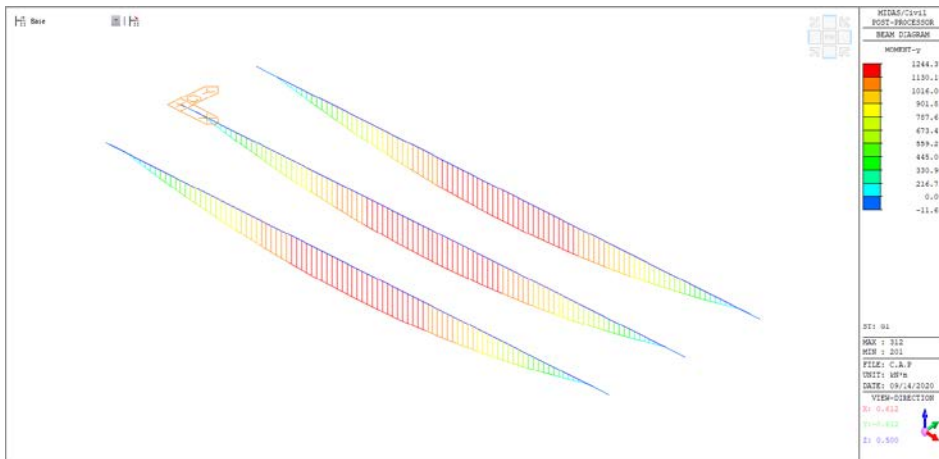


Figura 53: Diagramma del momento flettente per Peso Proprio Trave G1.1

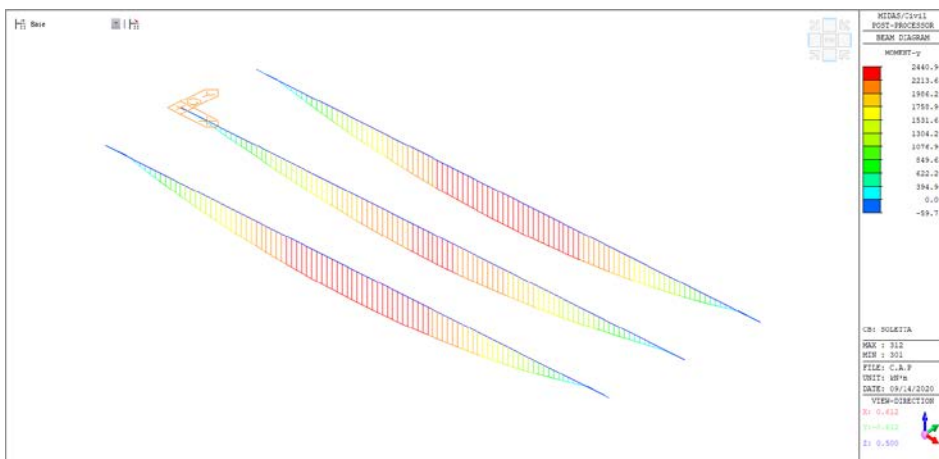


Figura 54: Diagramma del momento flettente per Peso Proprio Soletta G1.2

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 81 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

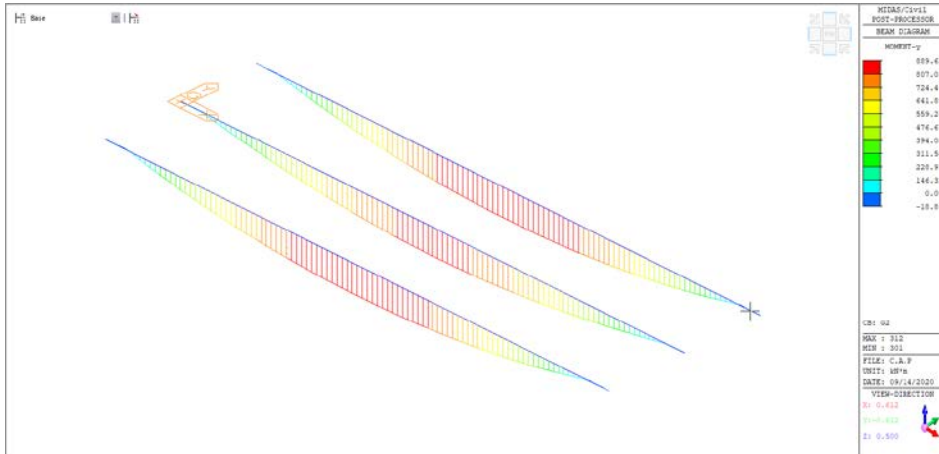


Figura 55: Diagramma del momento flettente per Carichi Permanenti G2

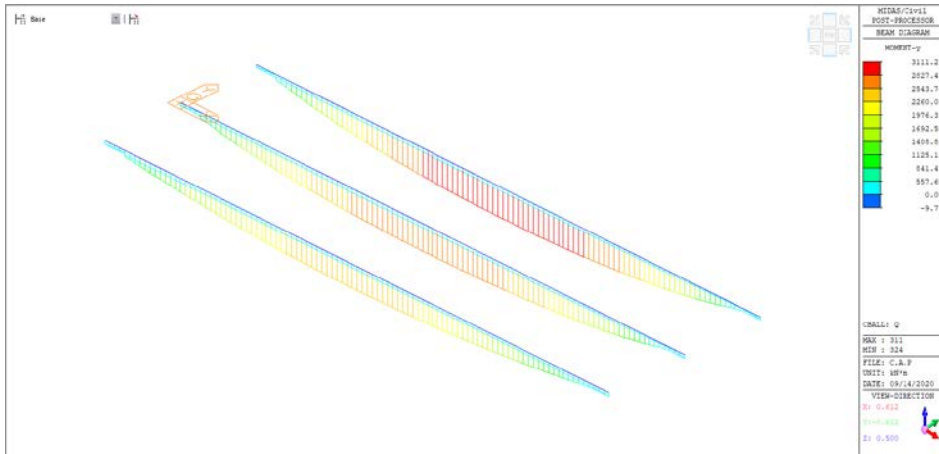


Figura 56: Diagramma del momento flettente per Carichi da Traffico Q1 (Mmax)

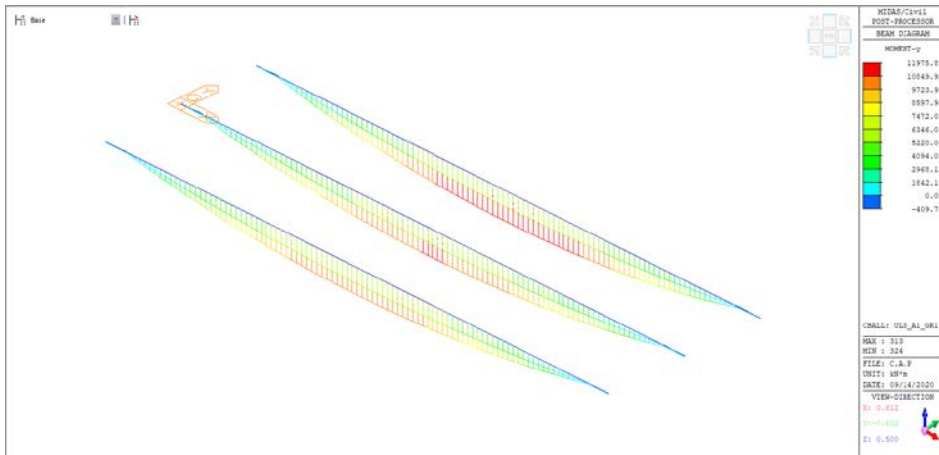


Figura 57: Diagramma del momento flettente combinazione A1-STR Gr.1

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 82 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

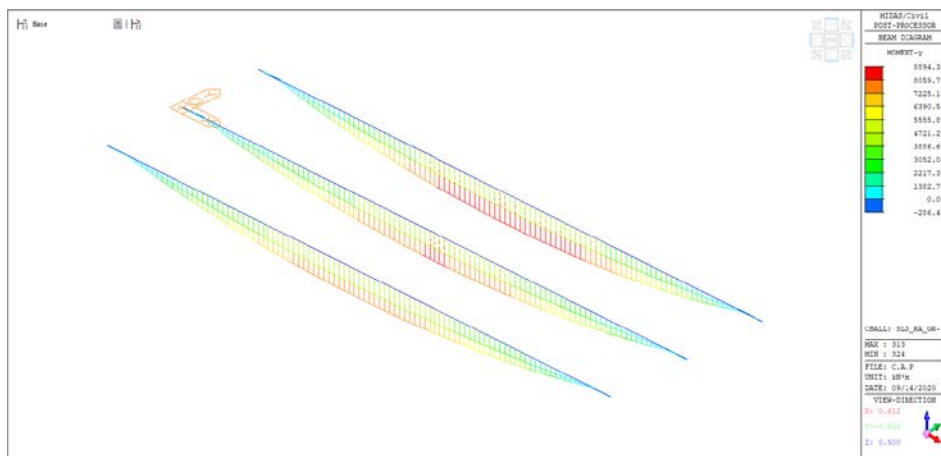


Figura 58: Diagramma del momento flettente combinazione RARA Gr.1

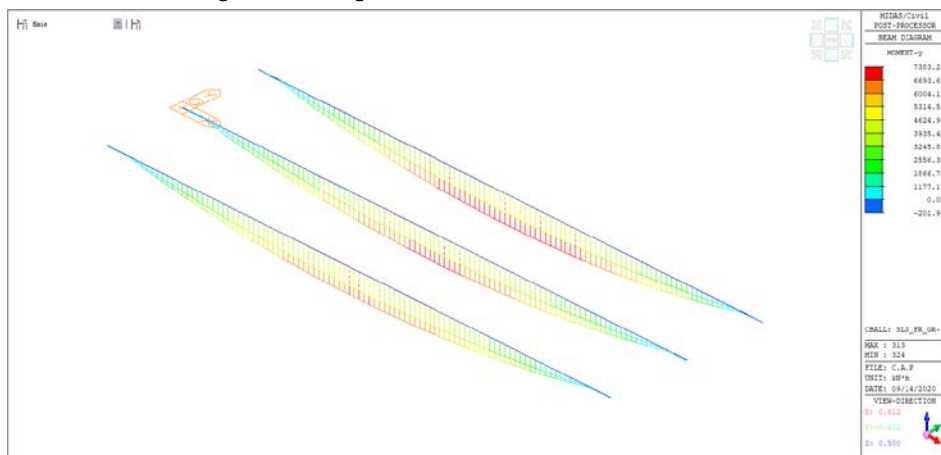


Figura 59: Diagramma del momento flettente combinazione FREQUENTE Gr.1

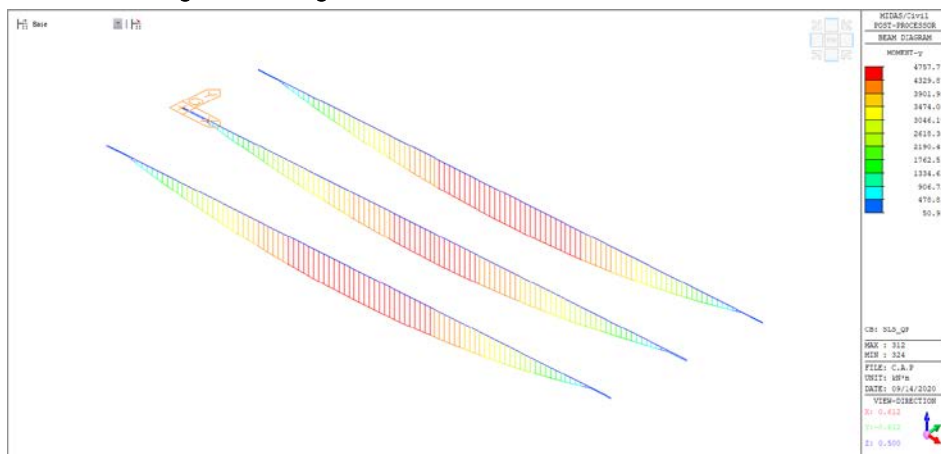


Figura 60: Diagramma del momento flettente combinazione QUASI PERMANENTE

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 83 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

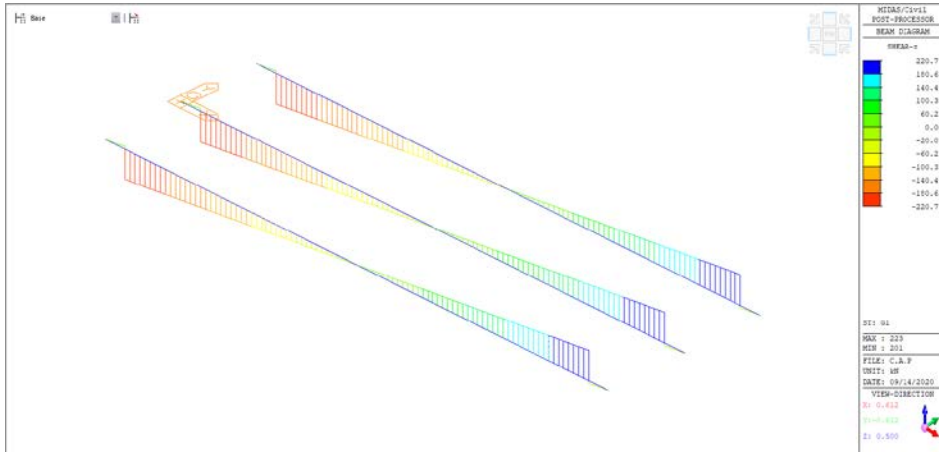


Figura 61: Diagramma del taglio per Peso Proprio trave G1.1

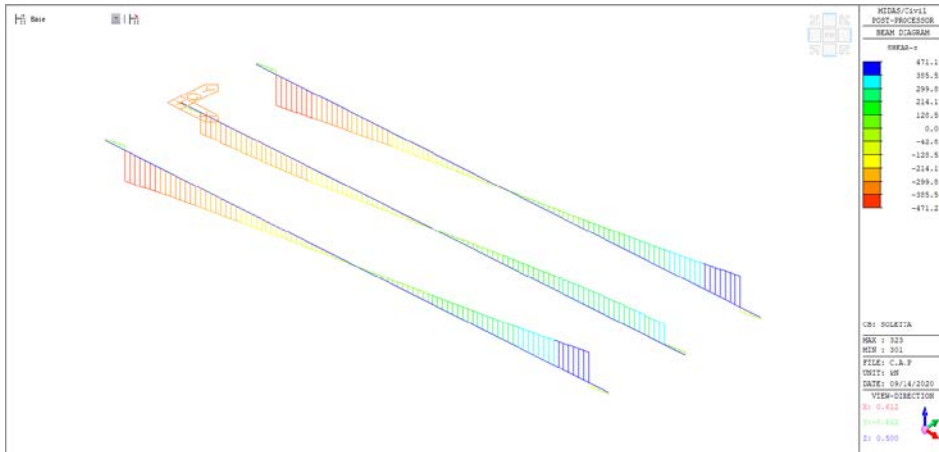


Figura 62: Diagramma del taglio per Peso Proprio Soletta G1.2

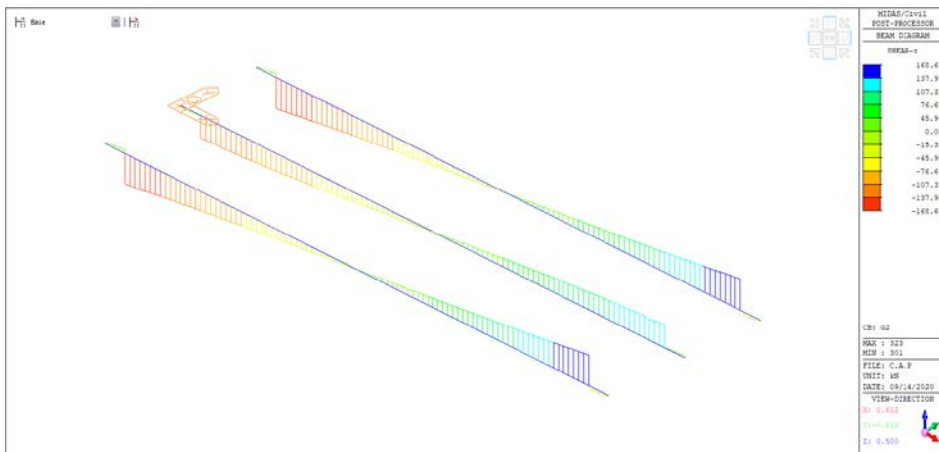


Figura 63: Diagramma del taglio per Carichi Permanenti G2

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 84 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

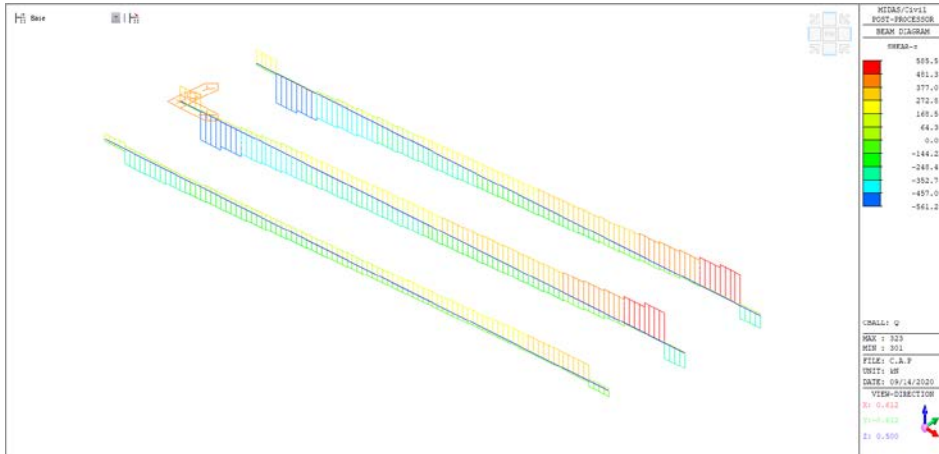


Figura 64: Diagramma del taglio per Carichi da Traffico Q1 (Vmax)

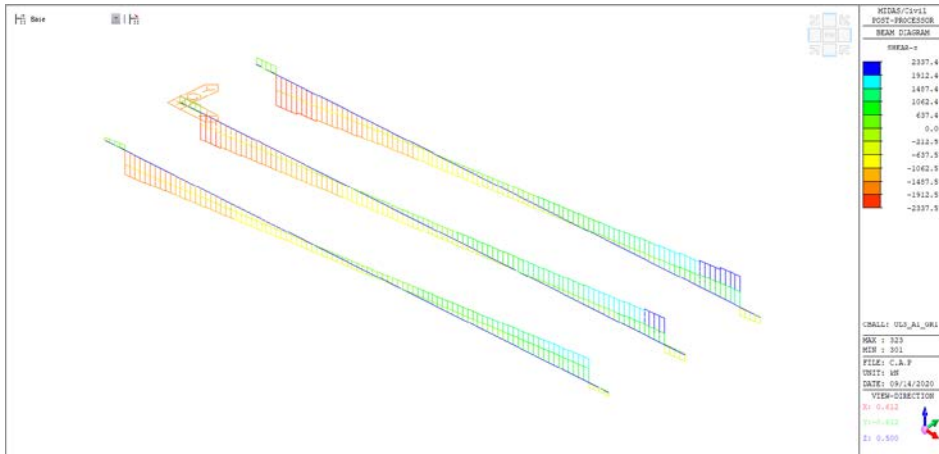


Figura 65: Diagramma del taglio combinazione A1-STR Gr.1

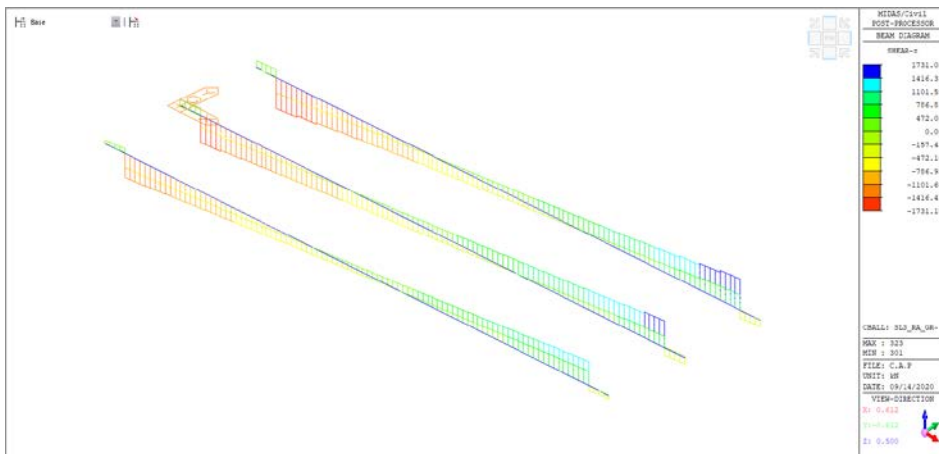


Figura 66: Diagramma del taglio combinazione RARA Gr.1

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 85 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

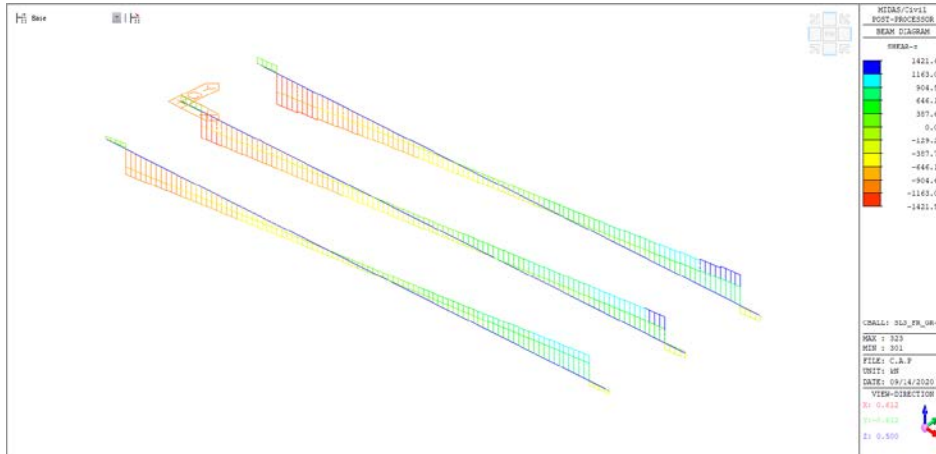


Figura 67: Diagramma del taglio combinazione FREQUENTE Gr.1

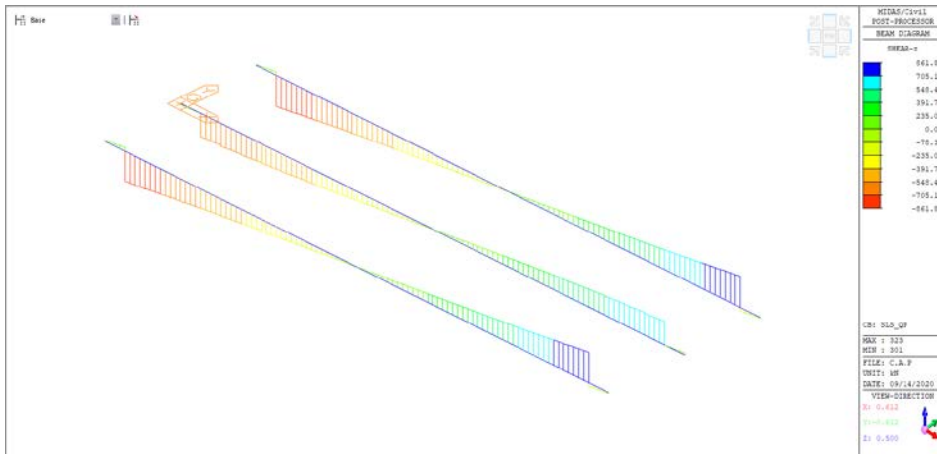


Figura 68: Diagramma del taglio combinazione QUASI PERMANENTE

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 86 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

8.2.2 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 mezzera, 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 mezzera

8.4.2.1.1 Caratteristiche geometriche e meccaniche

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

<i>Trave prefabbricata</i>			
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

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

<i>Ritiro</i>			
ϵ_r Soletta	0.00026768		
	8		
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

<i>Trefoll</i>						
	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	

<i>Trefoll</i>			
S_0	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

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 87 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

σ_{rit}	85.5	MPa	Perdita per rilassamento
σ_{rit}	50.3	MPa	Perdita per ritiro (3%%)
σ_{vis}	234	MPa	Perdita per viscosità
σ_{rit}'	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)
Yg_{po}	75.8	cm	Y baricentro
Jg_{po}	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			
Breve Termine	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)
	Yg_s	175.0	cm Y baricentro
	A_{to}	19'461	cm ² Area
	SX_{to}	2'593'972	cm ³ Momento statico (y=0)
	Yg_{to}	133.3	cm Y baricentro
	Jg_{to}	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.
	SXG_{to}	453'393	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
	SX_s	2'224'380	cm ³ Momento statico soletta (y=0)
	Yg_s	175.0	cm Y baricentro
	A_{to}	20'893	cm ² Area
	SX_{to}	2'844'636	cm ³ Momento statico (y=0)
	Yg_{to}	136.2	cm Y baricentro
	Jg_{to}	76'671'302	cm ⁴ Momento di inerzia baricentrico
	$W_{inf to}$	563'132	cm ³ Modulo resistente inferiore
	$W_{sup to}$	3'214'944	cm ³ Modulo resistente superiore
	$W_{sol,inf to}$	3'214'944	Modulo resistente inf. soletta
	$W_{sol,sup to}$	1'423'836	cm ³ Modulo resistente sup. soletta
	$W_a to$	686'087	cm ³ Modulo resistente fibra cavo eq.
	SXG_{to}	465'958	cm ³ Momento statico baricentrico



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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 88 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 89 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

8.4.2.1.2 Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione RARA

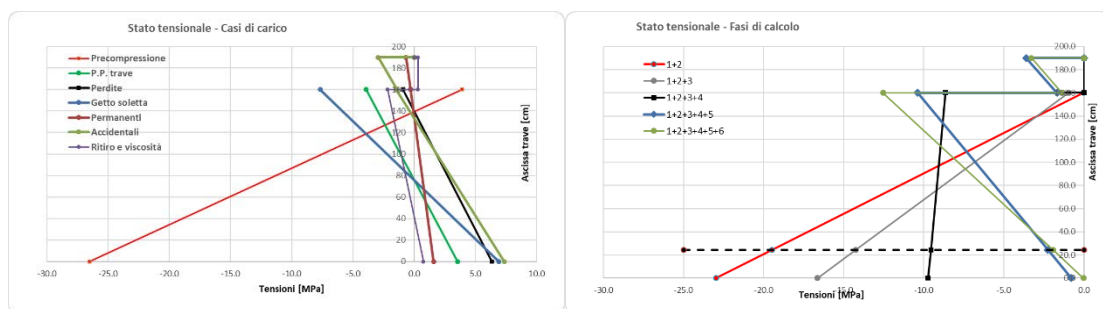
Di seguito si riportano le tensioni in combinazione RARA

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]	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	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]	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	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:

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

La massima tensione dell'acciaio deve rispettare la limitazione:

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

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 90 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Combinazione RARA	
$\sigma_{s,max}$ [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

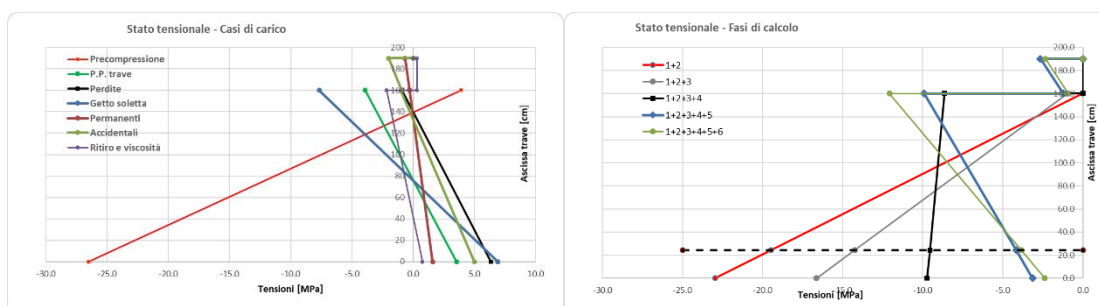
Di seguito si riportano le tensioni in combinazione FREQUENTE

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

$$\sigma_T \leq \frac{f_{ctm}}{1.2}$$



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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 91 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 92 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

8.4.2.1.4 Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione quasi permanente

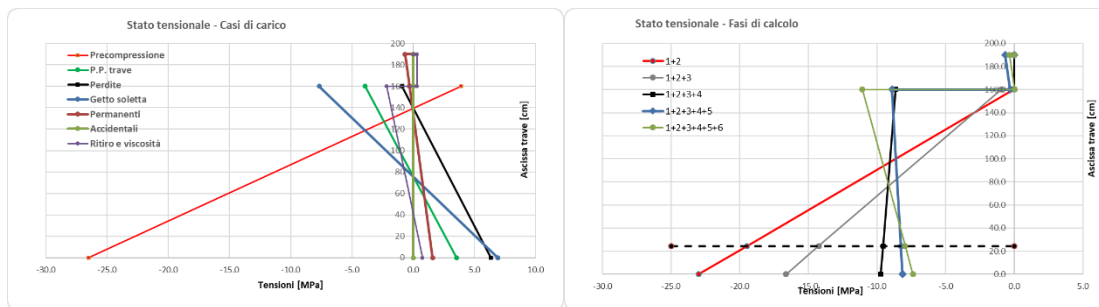
Di seguito si riportano le tensioni in combinazione QUASI PERMANENTE

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]	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	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]	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	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

Tabella 27 – Tensione massima di compressione nel calcestruzzo in 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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 93 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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			
	0.00026768		
ϵ_r Soletta	8		
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

Trefoll						
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	
29.5	50	38	52.82	12	1557	

Trefoll		
SO	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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 94 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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}	175	MPa	Perdita per viscosità
σ_{rit}'	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
SX_{po}	619'561	cm ³	Momento statico (y=0)
Yg_{po}	76.5	cm	Y baricentro
Jg_{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
	SX_s	1'874'807	cm ³ Momento statico soletta (y=0)
	Yg_s	175.0	cm Y baricentro
	A_{to}	18'812	cm ² Area
	SX_{to}	2'494'367	cm ³ Momento statico (y=0)
	Yg_{to}	132.6	cm Y baricentro
	Jg_{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.
	SXG_{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
	SX_s	2'125'470	cm ³ Momento statico soletta (y=0)
	Yg_s	175.0	cm Y baricentro
	A_{too}	20'245	cm ² Area
	SX_{too}	2'745'031	cm ³ Momento statico (y=0)
	Yg_{too}	135.6	cm Y baricentro
	Jg_{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

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 95 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

$W_{sol,sup\ too}$	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

8.4.2.2.2 Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione RARA

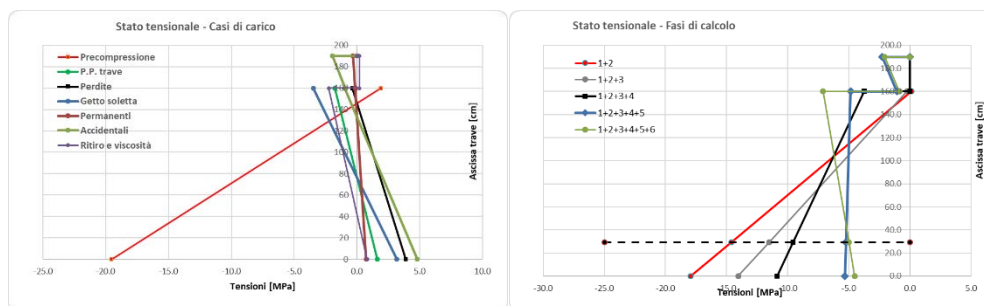
Di seguito si riportano le tensioni in combinazione RARA

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	-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]	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	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



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

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

La massima tensione dell'acciaio deve rispettare la limitazione:

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

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 96 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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

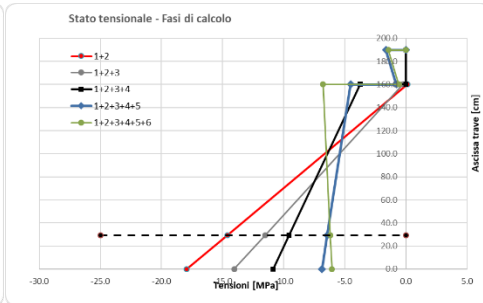
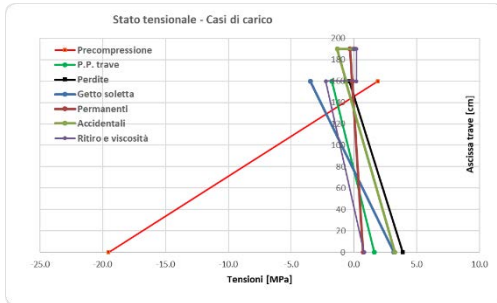
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 97 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------



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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 98 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

8.4.2.2.4 Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione quasi permanente

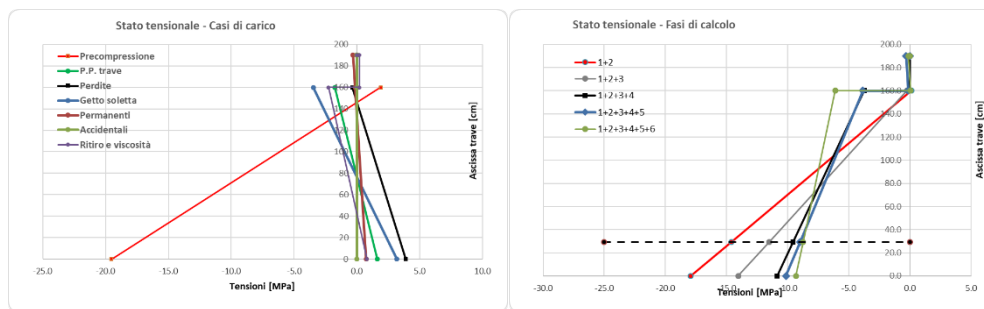
Di seguito si riportano le tensioni in combinazione QUASI PERMANENTE

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]	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	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]	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	-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

Tabella 38 – Tensione massima di compressione nel calcestruzzo in 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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 99 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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			
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		
	8		
ϵ_r Trave	0.0003625		
$\% \epsilon_r$ trave	1		$\% \epsilon_r$ trave scontata al momento del getto soletta
ϵ_r totale	0.00026768		
	8		ritiro differenziale totale

Trefoll						
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	0	0	16	0	
10	16	10	13.9	6	139	
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	
42.5	50	24	33.36	26	1418	

Trefoll		
S_0	1425 MPa	Tiro iniziale
f_{ptk}	1900 MPa	Tens. caratt. di rottura

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 100 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------------

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	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}	8'002	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				
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	
Breve Termine	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
	$W_{inf\ to}$	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

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 101 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------------

$W_{sol,sup\ to}$	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
	$A_{t\to}$	20'712	cm ² Area
	$S_{X_{t\to}}$	2'843'246	cm ³ Momento statico (y=0)
	$Y_{G_{t\to}}$	137.3	cm Y baricentro
	$J_{G_{t\to}}$	73'660'902	cm ⁴ Momento di inerzia baricentrico
	$W_{inf\ to\to}$	536'604	cm ³ Modulo resistente inferiore
	$W_{sup\ to\to}$	3'241'018	cm ³ Modulo resistente superiore
	$W_{sol,inf\ to\to}$	3'241'018	Modulo resistente inf. soletta
	$W_{sol,sup\ to\to}$	1'397'006	cm ³ Modulo resistente sup. soletta
	$W_{a\ to\to}$	777'241	cm ³ Modulo resistente fibra cavo eq.
	$S_{xG\ to\to}$	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]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[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

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}	$\sigma_{I\ inf}$	$\sigma_{II\ inf}$	$\sigma_{I\ sup}$	$\sigma_{II\ sup}$
--------------	---	---	----------------	----------------	--------------------	--------------------	---------------------	----------------	-----------	-------------------	--------------------	-----------	-------------------	--------------------	-------------------	--------------------

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

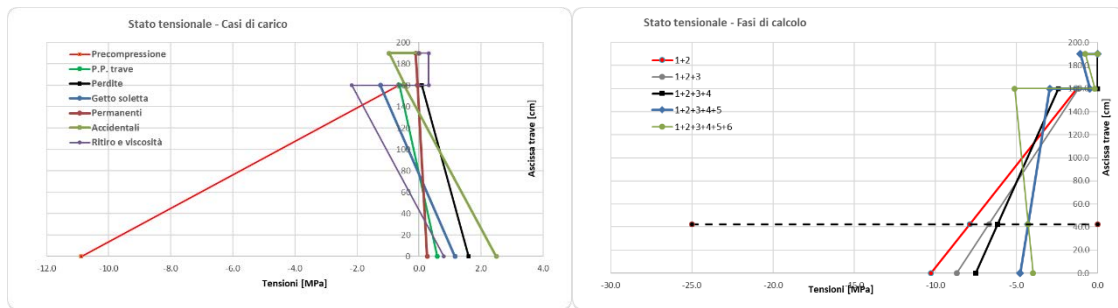
OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 102 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------------

	[kN]	[kN m]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 103 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------------

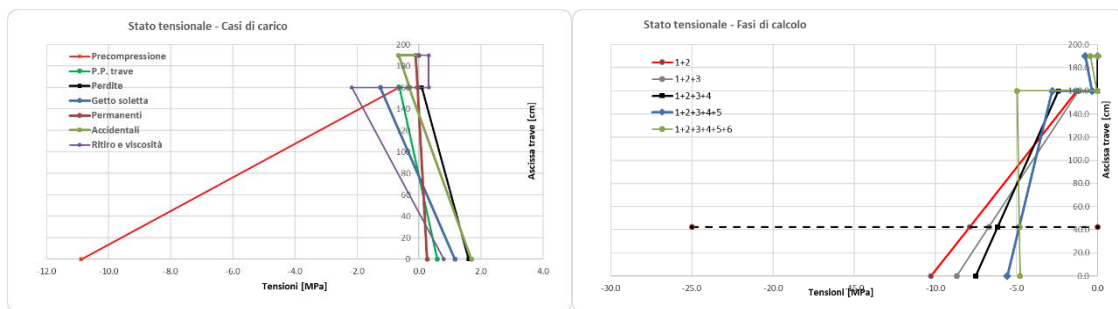
Di seguito si riportano le tensioni in combinazione FREQUENTE

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]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[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]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 104 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------------

8.4.2.3.4 Verifiche tensionali in condizioni di esercizio in combinazione quasi permanente

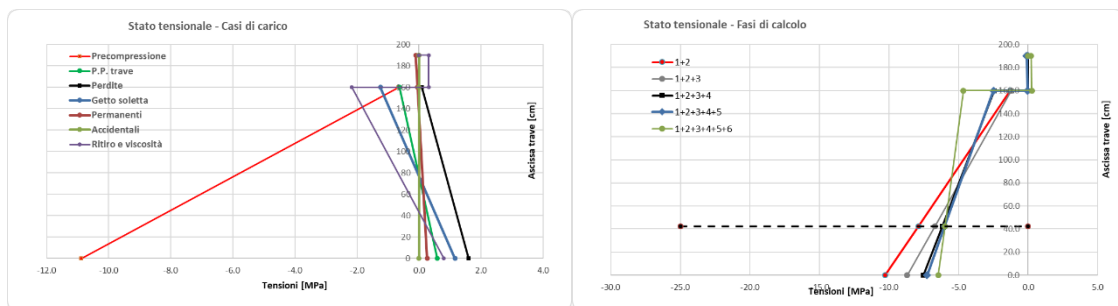
Di seguito si riportano le tensioni in combinazione QUASI PERMANENTE

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]	T _{bar} [N/mm ²]	T _{tor} [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]	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	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:

$$\sigma_c < 0.45 f_{ck} \quad \text{per combinazione quasi permanente.}$$

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

Tabella 49 – Tensione massima di compressione nel calcestruzzo in 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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 105 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------------

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.

8.2.3 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 mezzeria, 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 6.5.2

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

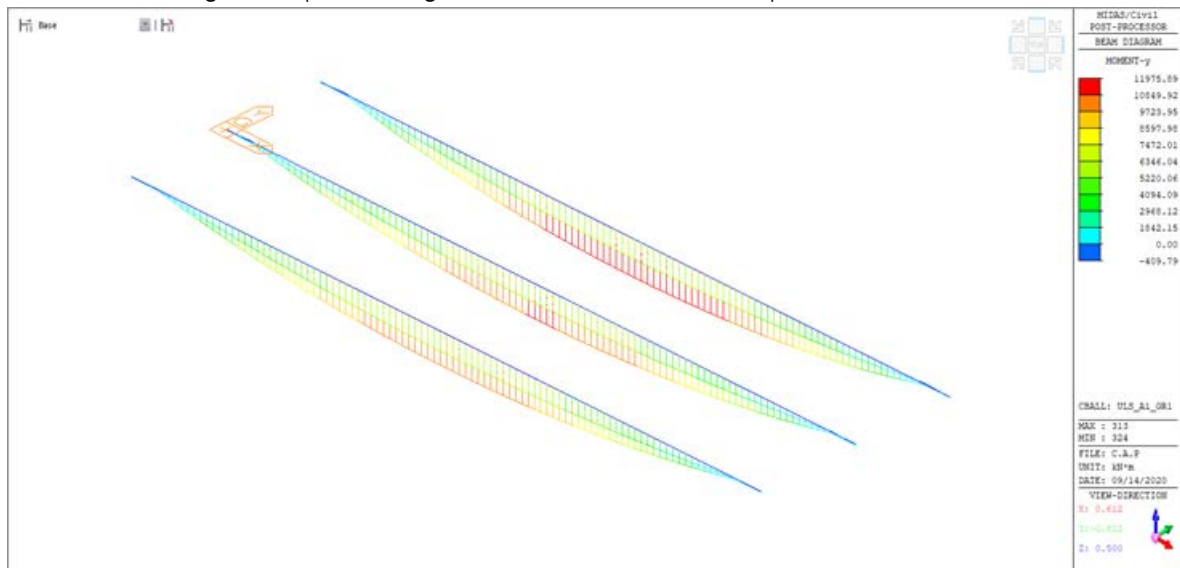


Figura 69: Diagramma del momento flettente combinazione A1-STR Gr.1

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

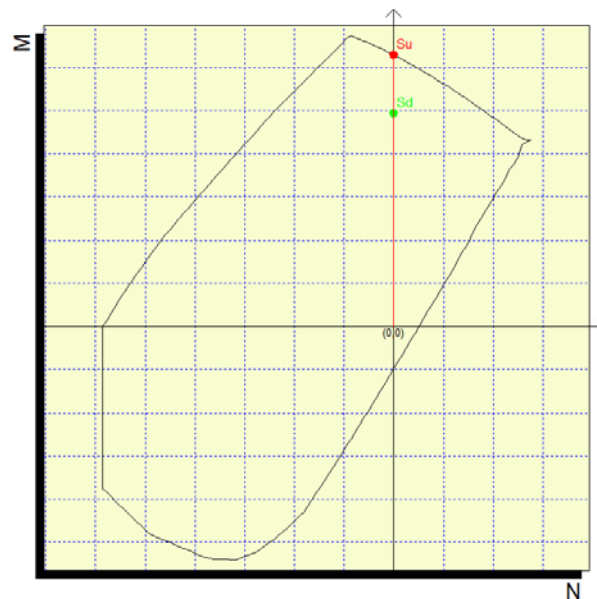
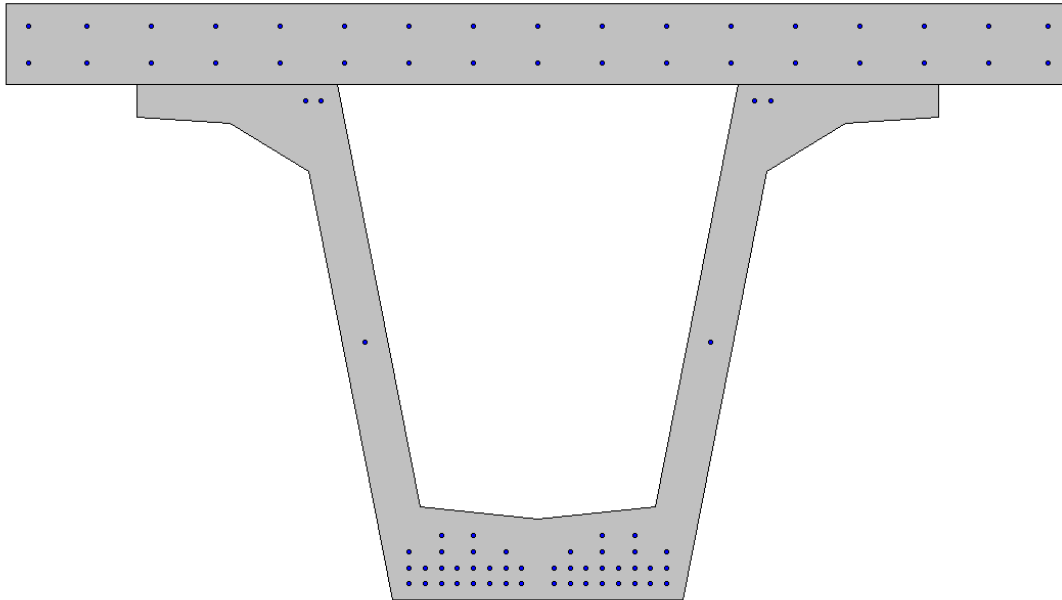
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 106 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------------

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 107 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------------

8.2.3.2 Verifica a taglio

Si riporta di seguito la verifica a taglio della trave maggiormente sollecitata, come prescritto al paragrafo 6.5.2

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

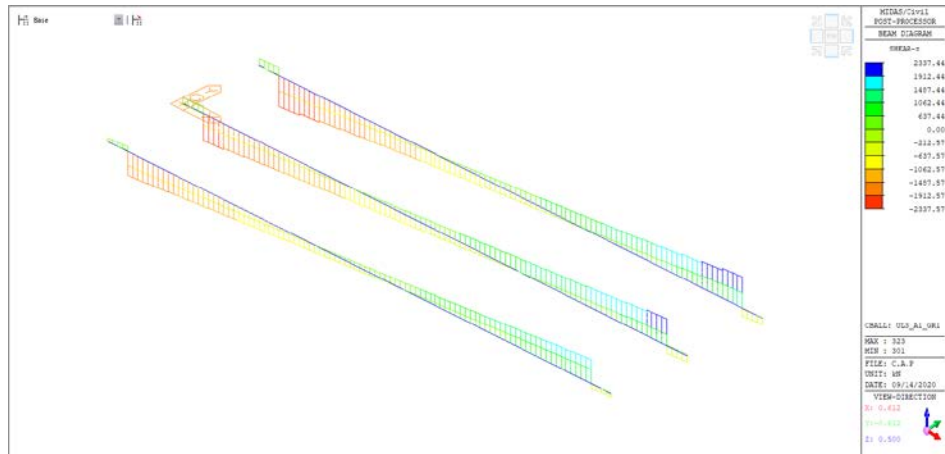


Figura 70: Diagramma del taglio in combinazione A1-STR Gr.1

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 $\varnothing 14$ 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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 108 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------------

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		-
\varnothing_1	mm	-
n_2		-
\varnothing_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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 109 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------------

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		-
\varnothing_1	mm	-
n_2		-
\varnothing_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 V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 110 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------------

8.3 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.

8.3.1 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.

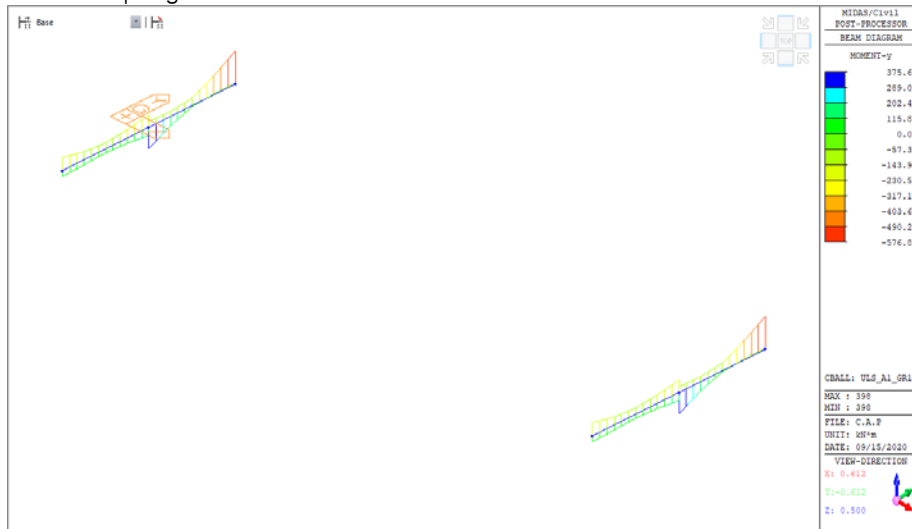


Figura 71: Diagramma del momento flettente in combinazione A1-STR Gr.1 nel traverso di testata

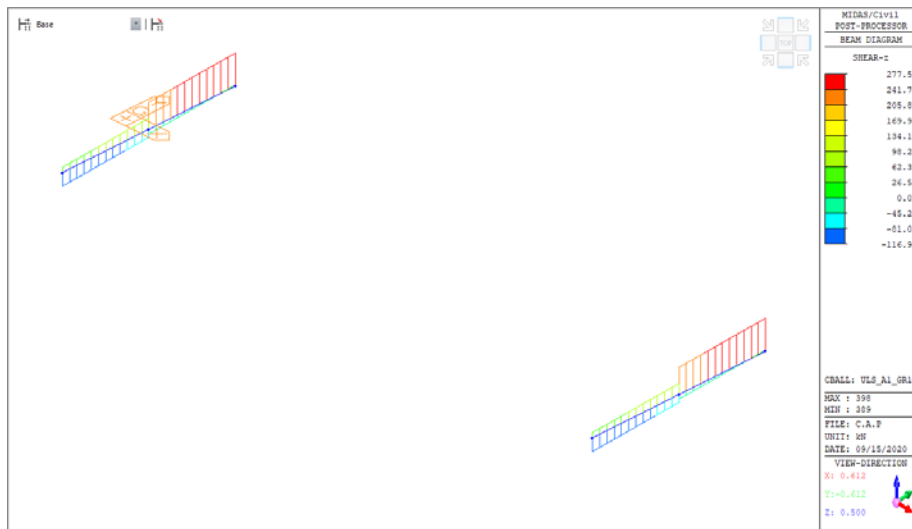


Figura 72: Diagramma del taglio in combinazione A1-STR Gr.1 nel traverso di testata

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

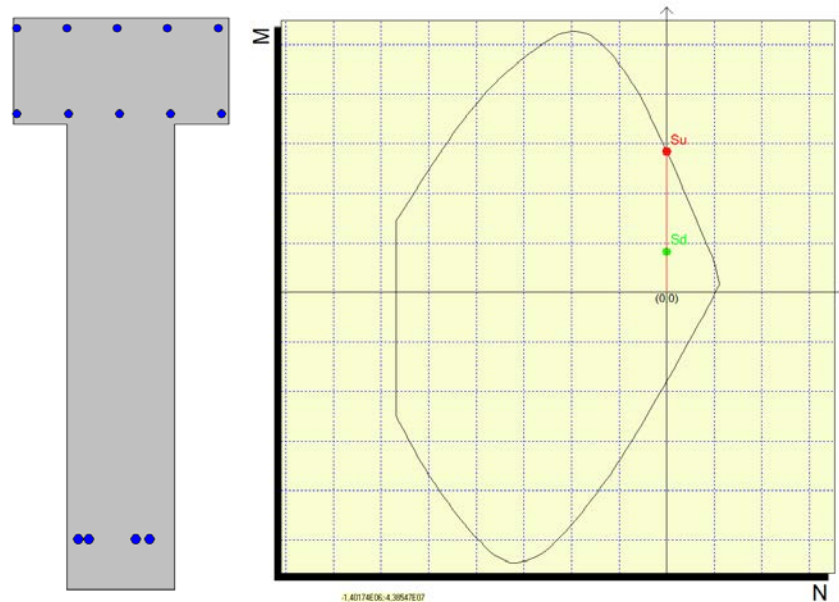
Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 111 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------------

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 112 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------------

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 6.5.2 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
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 immagini seguenti sono riportate le sollecitazioni flettenti sul traverso all'atto del sollevamento sotto l'azione dei carichi permanenti (combinazione SLS-QP).

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

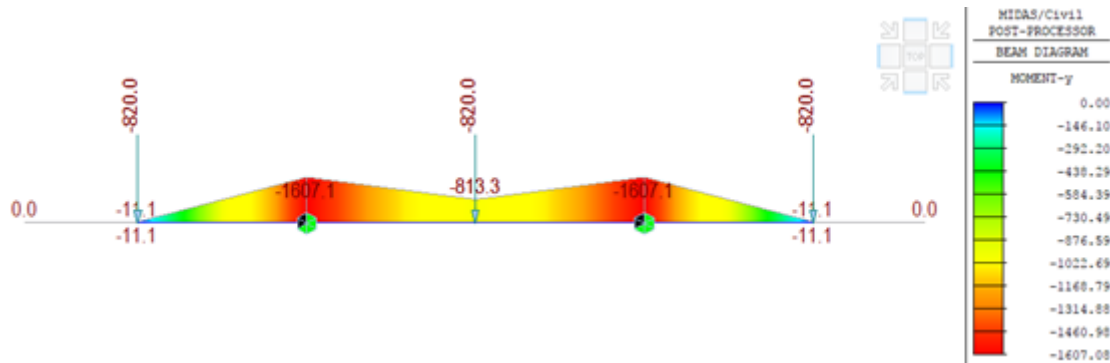
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

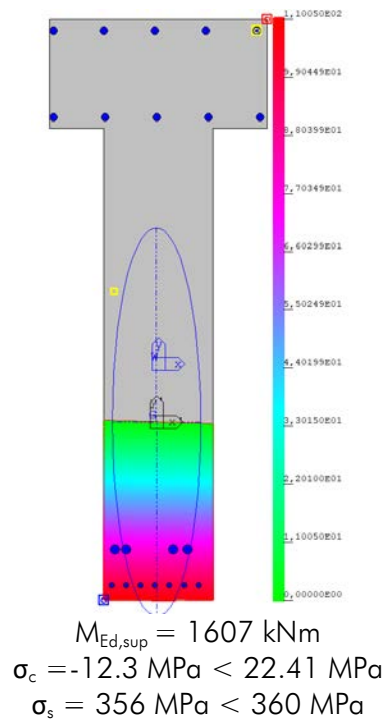
OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTO S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 113 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------------



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.



8.3.1.4 Conclusioni

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

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 114 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------------

8.4 VERIFICA DI DEFORMABILITA'

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

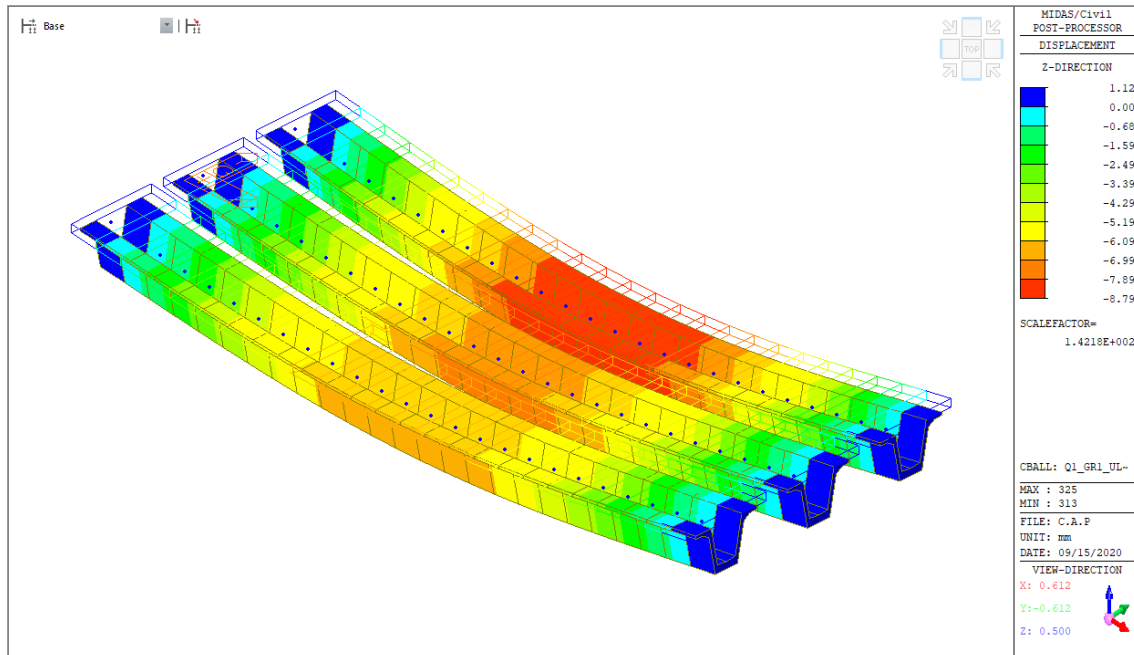


Figura 73 Freccia per effetto dei Carichi Accidentali

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

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

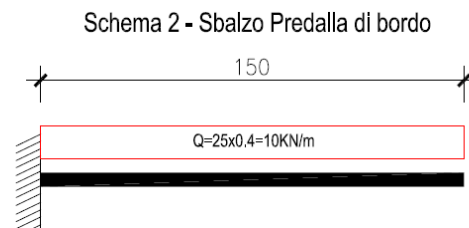
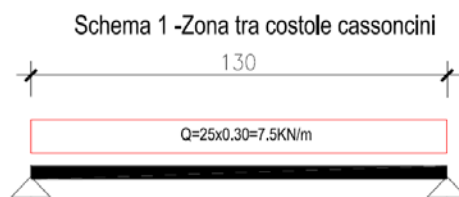
La verifica di deformabilità può dunque ritenersi soddisfatta.

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 115 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------------

8.5 VERIFICA DELLE PREDALLES TRALICCIATE

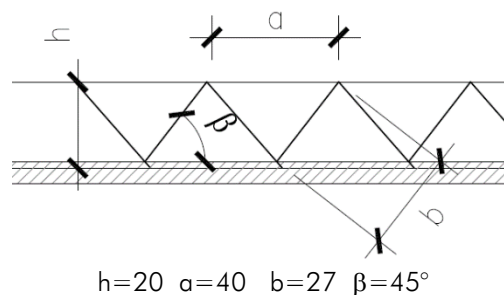
Nel seguito del presente paragrafo, si riportano le verifiche delle predalle tralicciate riferite alla fase di getto dell'impalcato.

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 tralicci 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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 116 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------------

SCHEMA DI CALCOLO 1 - Predalle tra costole cassoncini

Dati di progetto

Interasse tralici	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 tralici	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)/tralici	KN/m/tra	3.00
Momento flettente in fase di getto ($pl^2/8$)	KNm/tra	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	1.00
vincoli tipo incastri	0.7		
vincoli tipo cerniera + incastri	0.8		
vincolo unico tipo incastro	2		

Raggio minimo d'inerzia della barra compressa

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/cmq	=	315.20	daN/cm2
Tensione armatura compressa (superiore)	$\sigma_{sup} =$	17.67	KN/cmq	=	1767.15	daN/cm2 < 3600 daN/cm2

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	cm2

Raggio minimo d'inerzia

0.18 cm

Coefficiente β

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

Lunghezza braccio staffa sui tralici	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/cm2	=	1351.47	daN/cm2 < 3600 daN/cm2
------------------------------	-------	--------	---	---------	------------------------

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 117 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------------

SCHEMA DI CALCOLO 2 - Predalla di bordo									
Dati di progetto									
Interasse trallicci	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 trallicci	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)/tralliccio	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 trallicci	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		

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 118 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------------

9 SOLLECITAZIONI SUGLI APPARECCHI DI APPOGGIO

Nel presente paragrafo si riportano gli scarchi agenti sugli apparecchi di appoggio.

Per ogni trave è presente un apparecchio di appoggio accoppiato ad un dispositivo di isolamento sismico in direzione trasversale. Le azioni orizzontali in direzione trasversale sono assorbite dai dispositivi sismici e sono state riportate nella relazione relativa alle sottostrutture, mentre di seguito si riportano le sole azioni verticali.

Per le varie combinazioni di carico, gli scarichi sugli appoggi sono pari a:

Node	Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	
1	ULS_A1_Gr1(max)		1	-28	2078
1	ULS_A1_Gr2a(max)	-192		-29	1771
1	ULS_A1_Gr2b(max)	1		-29	1787
1	ULS_A1_Gr1(min)	-2		-29	1183
1	ULS_A1_Gr2a(min)	-193		-29	1224
1	ULS_A1_Gr2b(min)	-1		-29	1241
1	SLV-EX+0.3EY+0.3EZ	191		57	1163
1	SLV-0.3EX+EY+0.3EZ	58	191		1218
1	SLV-0.3EX+0.3EY+EZ	59		57	1348
1	SLS_RA_Gr1(max)	1		-19	1542
1	SLS_RA_Gr2a(max)	-142		-19	1314
1	SLS_RA_Gr2b(max)	1		-19	1327
1	SLS_RA_Gr1(min)	-1		-20	879
1	SLS_RA_Gr2a(min)	-143		-20	909
1	SLS_RA_Gr2b(min)	-1		-20	922
1	SLS_FR_Gr1(max)	1		0	1351
1	SLS_FR_Gr2a(max)	-142		0	1338
1	SLS_FR_Gr2b(max)	1		0	1351
1	SLS_FR_Gr1(min)	-1		0	946
1	SLS_FR_Gr2a(min)	-143		0	933
1	SLS_FR_Gr2b(min)	-1		0	946
1	SLS_QP		0	0	1045

e [m]

-3.75

Node	Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	
2	ULS_A1_Gr1(max)		0	-28	2480
2	ULS_A1_Gr2a(max)	-192		-28	1922
2	ULS_A1_Gr2b(max)	0		-28	1939
2	ULS_A1_Gr1(min)	-1		-29	764
2	ULS_A1_Gr2a(min)	-193		-29	779
2	ULS_A1_Gr2b(min)	-1		-29	796
2	SLV-EX+0.3EY+0.3EZ	191		57	717
2	SLV-0.3EX+EY+0.3EZ	57	191		710
2	SLV-0.3EX+0.3EY+EZ	58		57	885
2	SLS_RA_Gr1(max)	0		-19	1836
2	SLS_RA_Gr2a(max)	-143		-19	1423
2	SLS_RA_Gr2b(max)	0		-19	1435
2	SLS_RA_Gr1(min)	-1		-20	565

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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 119 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------------

Node	Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)
2	SLS_RA_Gr2a(min)	-143	-19	576
2	SLS_RA_Gr2b(min)	-1	-19	588
2	SLS_FR_Gr1(max)	0	0	1426
2	SLS_FR_Gr2a(max)	-143	0	1413
2	SLS_FR_Gr2b(max)	0	0	1426
2	SLS_FR_Gr1(min)	-1	0	579
2	SLS_FR_Gr2a(min)	-143	0	567
2	SLS_FR_Gr2b(min)	-1	0	579
2	SLS_QP	0	0	632

e [m]

0

Node	Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)
3	ULS_A1_Gr1(max)	3	-28	2966
3	ULS_A1_Gr2a(max)	-191	-28	2392
3	ULS_A1_Gr2b(max)	2	-28	2409
3	ULS_A1_Gr1(min)	-1	-29	1315
3	ULS_A1_Gr2a(min)	-193	-29	1338
3	ULS_A1_Gr2b(min)	0	-29	1355
3	SLV-EX+0.3EY+0.3EZ	191	57	1164
3	SLV-0.3EX+EY+0.3EZ	58	191	1220
3	SLV-0.3EX+0.3EY+EZ	59	57	1352
3	SLS_RA_Gr1(max)	2	-19	2195
3	SLS_RA_Gr2a(max)	-141	-19	1770
3	SLS_RA_Gr2b(max)	1	-19	1783
3	SLS_RA_Gr1(min)	-1	-19	973
3	SLS_RA_Gr2a(min)	-143	-19	989
3	SLS_RA_Gr2b(min)	0	-19	1002
3	SLS_FR_Gr1(max)	1	0	1768
3	SLS_FR_Gr2a(max)	-141	0	1755
3	SLS_FR_Gr2b(max)	1	0	1768
3	SLS_FR_Gr1(min)	0	0	987
3	SLS_FR_Gr2a(min)	-143	0	975
3	SLS_FR_Gr2b(min)	0	0	987
3	SLS_QP	0	0	1045

e [m]

3.75

Il massimo scarico verticale sugli apparecchi di appoggio è pari a 2965 kN, pertanto gli apparecchi di appoggio sono dimensionati per un carico massimo di 3000kN.



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 S. PIERO

Relazione di calcolo impalcato

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 12	WBS V5600	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 120 di 1005
---------------	---------------	--------------	-----------	--------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------------

10 TABULATI DI CALCOLO

** MIDAS/Civil V.8.9.5 Modeling, Integrated Design & Analysis Software **
** CIVIL STRUCTURE DESIGN SYSTEM **

```
xxx xxx xx xxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxx  
xxxxxxx xx xx xx xx xx xx xx  
xx xxx xx xx xx xx xx xx  
xx x xx xx xx xx xxxxxxxx xxxxxxxx  
xxx xx xxx xxx xx xx xx xxx  
xxx xx xxx xxx xx xxx xx xx xxx  
xxx xx xxx xxx xx xxx xx xx xxx  
xxx xx xxx xxxxxxxx xxx xx xxxxxxxx /Civil
```

VERSION 8.9.5

COPYRIGHT (C) SINCE 1989. MIDAS Information Technology Co.,Ltd.
ALL RIGHTS RESERVED. MIDAS TEAM

ANALYSIS RESULT OUTPUT
