

**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.

PERIZIA DI VARIANTE

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

PROGETTAZIONE: Associazione Temporanea di Imprese

Mandataria:  Mandanti:     **SGAI s.r.l. di E. Forlani & C.** Studio di Ingegneria e Geologia Applicata
 Via Martelli, 20 - 47033 Montecosaro di Romagnolo (RN) - ITALY
 P.IVA 01984622963 - tel. +39 054 988277 - e-mail: sgai@sgai.com
 pec: sgai@sgaipec.com www.sgai.com

RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE PER L'A.T.I. Prof. 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	IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE Ing. Vincenzo Pardo	IL DIRETTORE DEI LAVORI Ing. Peppino Marascio
---	--	--

<p>2.1.2 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord - Matelica sud/Castelraimondo nord CAVALCAVIA PER NUOVA VIABILITA' AL KM 0+310 PONTE PAGLIANO Relazione tecnica e di calcolo impalcato</p>	<p>SCALA: -----</p> <p>DATA: Giugno 2020</p>
--	--

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 2	E	1 7	0 M 9 1 0 0	R E L	0 1	B

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto		Controllato	Approvato
A	Febbraio 2020	Emissione	M. Vari	A. Tosiani	S. Lieto	A. Grimaldi
B	Giugno 2020	Istruttoria DL n. 0440/20/PM/DLML2	M. Vari	A. Tosiani	S. Lieto	A. Grimaldi

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N. progr. 01	REV. B	Pag. di Pag. 1 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	-----------------	-----------	-------------------------

I N D I C E

1.	INTRODUZIONE	3
1.1	OGGETTO	3
1.2	DESCRIZIONE DELL'OPERA	5
1.3	ESECUZIONE DEL MANUFATTO	5
2.	NORMATIVA	6
3.	MATERIALI	7
3.1	TENSIONI CARATTERISTICHE	8
4.	NORME TECNICHE.....	10
5.	IMPALCATO	11
5.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA	11
5.2	FASI ESECUTIVE IMPALCATO.....	12
5.3	ANALISI DEI CARICHI.....	14
5.3.1	Carichi permanenti (g1+g2).....	14
5.3.2	Ritiro differenziale soletta trave (ε1).....	14
5.3.3	Carichi mobili q1	15
5.3.4	Azione del vento q5.....	16
5.3.5	Azione sismica (q6)	17
5.3.6	Urto sulle barriere di sicurezza posti sui muri andatori (q8)	20
5.4	COMBINAZIONI.....	20
5.4.1	Verifiche agli stati limite ultimi.....	20
5.4.2	Verifiche agli stati limite di esercizio	20
5.5	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI.....	21
5.5.1	Schema di calcolo.....	21
5.5.2	Codici di calcolo	21
5.5.3	Ripartizione dei carichi	21
5.6	RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI PRODOTTE DALLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI.....	23
5.7	DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI	24
5.8	DIAGRAMMI DELLE DEFORMAZIONI	25
5.9	ANALISI DELLA PRECOMPRESSIONE.....	26
5.9.1	Descrizione	26
5.9.2	Perdite immediate nella precompressione con armature pre-tese.....	28
5.9.3	Perdite per ritiro, viscosità e rilassamento	28
5.9.4	Verifiche del calcestruzzo per presso flessione.....	30
5.10	RIEPILOGO DELLE VERIFICHE	46
5.10.1	Verifica delle tensioni - SLE	46
5.10.2	Verifica a fessurazione – QP-FR.....	48
5.10.3	Verifica dell'armatura lenta longitudinale.....	50
5.10.4	Verifiche a rottura dell'impalcato -SLU	51
5.10.5	Verifica a taglio.....	58
5.10.6	Verifica dell'armatura in corrispondenza degli appoggi	64
5.11	CALCOLO E VERIFICA DELLA SOLETTA.....	65
5.11.1	Fase I – calcolo e verifica delle predalles in fase di getto.....	66

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N. progr. 01	REV. B	Pag. di Pag. 2 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	-----------------	-----------	-------------------------

5.11.1.1	<i>Dati di carico</i>	66
5.11.1.2	<i>Caratteristiche geometriche predalla campata centrale</i>	67
5.11.1.3	<i>Verifica agli stati limite ultimi</i>	67
	<i>Fase II – calcolo e verifica delle predalles in fase di esercizio</i>	69
5.11.1.4	<i>Riepilogo sollecitazioni</i>	73
5.11.1.5	<i>Verifiche agli stati limite della soletta</i>	73
5.11.1.6	<i>Stato limite ultimo</i>	73
5.11.1.7	<i>Stato limite di esercizio</i>	73
5.11.1.8	<i>Verifica a fessurazione</i>	74
5.11.1.9	<i>Verifica a taglio</i>	74
6.	ESCURSIONI APPARECCHI DI APPOGGIO E GIUNTI	76
7.	SCARICHI APPOGGI	77

	2.1.2 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord–Matelica Sud/Castelraimondo Nord CAVALCAVIA PER NUOVA VIABILITA' AL Km 0+310 PONTE PAGLIANO: Relazione tecnica e di calcolo impalcato								
	Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 3 di 78

1. INTRODUZIONE

1.1 OGGETTO

La presente relazione riporta i calcoli e le relative verifiche statiche dell'impalcato del Ponte Pagliano, realizzato sulla viabilità di approccio al cavalcavia posizionato al km 0+310.

L'impalcato è realizzato con travi in c.a.p. e soletta in c.a. di completamento gettata in opera su predalle autoportanti, il ponte è composto da un'unica campata di lunghezza media pari a 14.50 m, misurata in asse appoggi spalle ed ha una larghezza pari a 7.80 m.

Si rimanda ad altri documenti per quanto riguarda le sottostrutture i calcoli e le verifiche delle sottostrutture.

Le opere in esame sono previste nell'ambito dei lavori di completamento della direttrice "Pedemontana delle Marche": Secondo stralcio funzionale Matelica Nord-Matelica Sud/Castelraimondo Nord.

L'impalcato, oggetto di studio, verrà poggiato su sottostrutture fondate su pali, mediante l'interposizione di apparecchi di appoggi elastomerici.

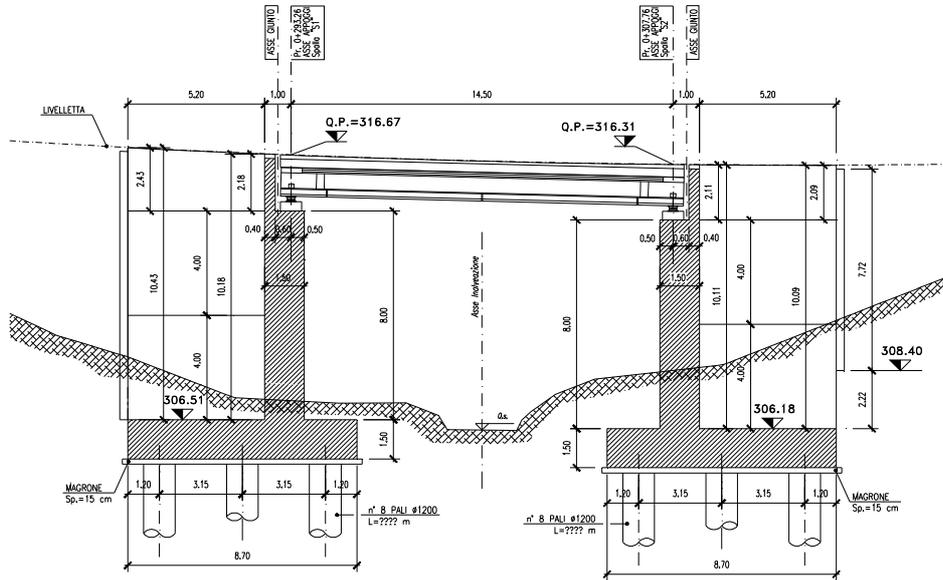
La lunghezza complessiva del viadotto, misurata in asse appoggi spalle è pari a circa 14.50 m.

I carichi agenti sulle strutture sono stati valutati con riferimento al caso di "ponti di prima categoria" secondo la normativa vigente in materia di ponti stradali.

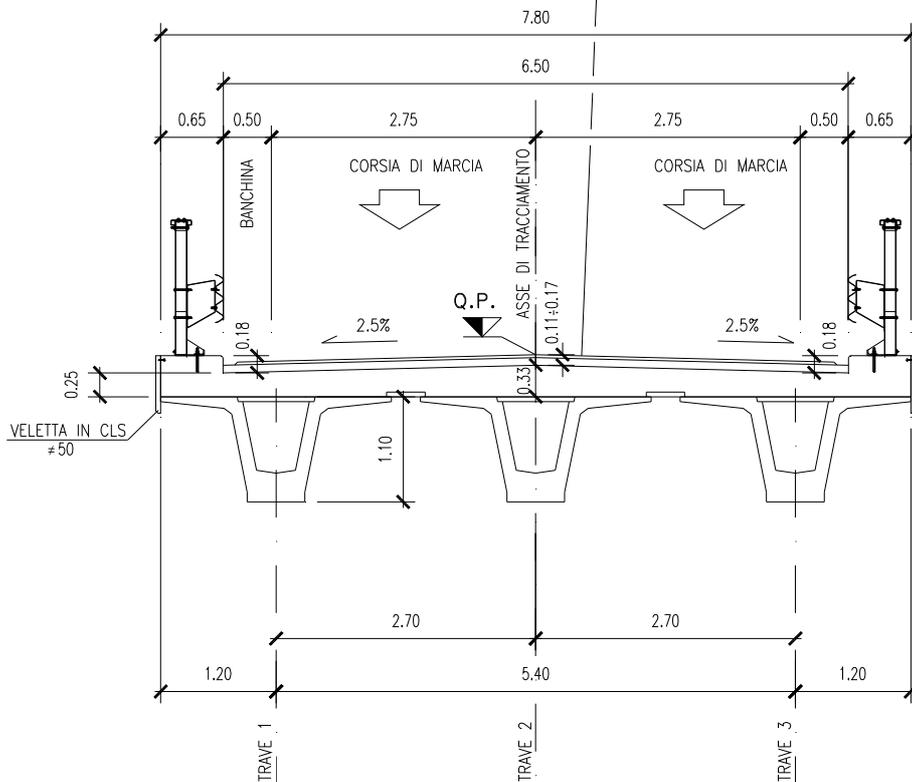
La presente relazione ha per oggetto le verifiche secondo il metodo agli stati limite ultimi.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, secondo quanto previsto dal D.M. 14-01-2008.

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 4 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	------------------------



PAVIMENTAZIONE Sp.=Var. 11÷17 cm :
 - Manto di usura con bitume modificato 3 cm
 - Binder con bitume modificato Var. 7÷13 cm
 - Manto impermeabile elastomerizzato



	2.1.2 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord–Matelica Sud/Castelraimondo Nord CAVALCAVIA PER NUOVA VIABILITA' AL Km 0+310 PONTE PAGLIANO: Relazione tecnica e di calcolo impalcato								
	Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 5 di 78

1.2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'impalcato è costituito da tre travi in c.a.p. a cassone ($H = 1.10$ m), poste ad interasse 2.70 m e solidarizzate dalla soletta di completamento in c.a. di spessore variabile da 0.25 m a 0.33 m. In senso trasversale le travi sono collegate da traversi di testata di sezione 1.05 m x 0.40 m.

La larghezza complessiva dell'impalcato è di 7.80 m, di cui 6.50 costituiscono la piattaforma stradale ed i restanti elementi marginali di larghezza pari a 0.65 m in destra e 0.65 m in sinistra. Questi elementi marginali costituiscono i cordoli per l'inserimento dei guardrail.

Le spalle sono del tipo tradizionale, con muro frontale e muri di risvolto, e fondazioni indirette, costituite da 8 pali di diametro 1.20 m disposti a quinconce su una maglia di lato 3.15 m x 3.15 per le spalle SP1 e SP2.

Gli appoggi su tutti gli allineamenti sono del tipo multidirezionale e unidirezionali trasversali, in corrispondenza delle travi di impalcato laterali, e unidirezionali longitudinali e fissi, in corrispondenza della trave centrale. In direzione trasversale e longitudinale gli appoggi della trave centrale sono dotati di dispositivi dissipatori meccanici al fine di ridurre l'azione sismica che si trasmette alle sottostrutture.

1.3 ESECUZIONE DEL MANUFATTO

La realizzazione di questo ponte non pone particolare problemi.

Le travi, vista la ridotta altezza delle sottostrutture, saranno varate dal basso con l'ausilio di gru. Una volta posate le travi, si provvederà alla esecuzione della soletta, mediante la posa in opera di coppelle prefabbricate autoportanti in c.a. dello spessore di 5 cm, poggiate sulle ali superiori delle travi in c.a.p., la successiva posa in opera delle armature integrative ed il getto di completamento in c.a. dello spessore variabile da 25 cm a 0.33 m.

	2.1.2 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord–Matelica Sud/Castelraimondo Nord CAVALCAVIA PER NUOVA VIABILITA' AL Km 0+310 PONTE PAGLIANO: Relazione tecnica e di calcolo impalcato								
	Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 6 di 78

2. NORMATIVA

La redazione della presente relazione è stata condotta nel rispetto della normativa in vigore, in particolare:

- D. Min. Infrastrutture 14 gennaio 2008 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”;
- CNR 10011/97, “Costruzioni di acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione”;
- CNR 10016/2000, “Strutture composte di acciaio e calcestruzzo. Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni”;
- CNR 10018/1999, “Apparecchi d'appoggio per le costruzioni – Istruzioni per l'impiego”;
- CNR 10030/93, “Anime irrigidite di travi a parete piena”;
- UNI EN 1991-1-5:2004 “Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche”;
- UNI EN 1992-1-1:2005, “Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - parte 1 - Regole generali e regole per edifici”;
- UNI EN 1993-1-1:2005, “Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN UNI EN 1993-1-5:2007, “Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra”;
- UNI EN 1994-2:2006, “Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Regole generali e regole per i ponti”;
- UNI EN 1998-2:2006, “Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 2: Ponti”;
- Model Code 1990, CEB-FIP.
- Raccomandazioni A.I.C.A.P. “Ancoraggi nei terreni e nelle rocce”, Maggio 1993.
- Linee guida A.G.I. “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica”, 2005.

3. MATERIALI

Per la realizzazione delle opere in oggetto è previsto l'impiego dei materiali aventi le caratteristiche nel seguito riportate. Per quanto concerne tutti i requisiti richiesti ai suddetti materiali si fa riferimento alle prescrizioni normative e alle specifiche certificazioni di qualità.

La scelta delle classi di resistenza dei calcestruzzi è dettata, oltre che dalle verifiche statiche, anche dall'esigenza di garantire elevate caratteristiche di durabilità.

Calcestruzzo per le travi prefabbricate:

Conforme alla UNI EN 206-1

Resistenza cubica caratteristica	Rck ≥ 55 MPa
Resistenza cubica caratteristica al taglio dei trefoli	Rckj ≥ 50 MPa
Classe di resistenza	C45/55
Classe di esposizione	XF3
Contenuto minimo cemento	320 kg/mc
Dimensione max aggregati (getti in opera)	20 mm
Classe di consistenza	S4
Copriferro minimo armatura lenta	30 mm

Calcestruzzo per impalcato soletta (getti in opera e predalles):

Conforme alla UNI EN 206-1

Resistenza cubica caratteristica	Rck ≥ 45 MPa
Classe di resistenza	C35/45
Classe di esposizione	XC4-XD3-XF4
Contenuto minimo cemento	340 kg/mc
Dimensione max aggregati (getti in opera)	32 mm
Dimensione max aggregati (predalles)	16 mm
Classe di consistenza	S4
Copriferro minimo (getti in opera)	30 mm
Copriferro minimo (predalles)	25 mm

Acciaio per c.a.p.:

Trefoli 0.6"	f _{ptk} ≥ 1860 Mpa (19000 daN/cm ²)
Carico caratteristico all'1%	f _{p(1)} ≥ 1670 MPa

Acciaio ordinario per armature c.a.:

6 mm ≤ Φ ≤ 40 mm	B450C f _{yk} ≥ 450 Mpa f _{tk} ≥ 540 Mpa (f _t /f _y) _k < 1.35 (f _t /f _y) _k ≥ 1.15
------------------	---

Acciaio ordinario per R.E.S.:

5 mm ≤ Φ ≤ 10 mm	B450A f _{yk} ≥ 450 Mpa f _{tk} ≥ 540 Mpa (f _t /f _y) _k ≥ 1.05
------------------	--

3.1 TENSIONI CARATTERISTICHE

Calcestruzzo per travi prefabbricate in c.a.p. $R_{ck} \geq 55 \text{ MPa}$ ($R_{ckj} \geq 50 \text{ MPa}$):

Resistenza caratteristica a compressione cubica	R_{ck}	=	55.00	MPa
Resistenza caratteristica a compressione cubica iniziale	R_{ckj}	=	50.00	MPa
Modulo elastico	E_c	=	$22000^* \cdot [f_{cm}/10]^{0.3}$	= 36416 MPa
	σ_{ci}	=	$f_{ckj} \times 0.70$	= 26.14 MPa
<i>Fase finale</i>	f_{cd}	=	$0.83 \times 0.85 \times R_{ck}$	= 45.65 MPa
<i>in combinazione di carico rara</i>	σ_{cf}	=	$f_{ck} \times 0.60$	= 27.39 MPa
<i>in combinazione di carico quasi permanente</i>	σ_{cf}	=	$f_{ck} \times 0.45$	= 20.54 MPa

Calcestruzzo per cemento armato ordinario $R_{ck} \geq 45 \text{ MPa}$ (soletta)

Resistenza caratteristica a compressione cubica	R_{ck}	=	45.00	MPa
Modulo elastico	E_c	=	$22000^* \cdot [f_{cm}/10]^{0.3}$	= 34626 MPa
Resistenza a compressione cilindrica	f_{ck}	=	$0.83 \cdot R_{ck}$	= 37.35 MPa
Coefficiente di riduzione della resistenza	γ_c	=	1.5	(-)
Resistenza a compressione allo SLU	f_{cd}	=	$0.83 \cdot 0.85 \cdot R_{ck} / \gamma_c$	= 21.17 MPa
Resistenza a compressione allo SLE – combinazioni di carico rare		=	$0.60 \cdot f_{ck}$	= 2241 MPa
Resistenza a compressione allo SLE – combinazioni di carico quasi permanenti		=	$0.45 \cdot f_{ck}$	= 16.81 MPa
Resistenza a trazione media	f_{ctm}	=	$0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$	= 3.35 MPa
Resistenza a trazione caratteristica	f_{ctk}	=	$0.7 \cdot f_{ctm}$	= 2.35 MPa
Resistenza a trazione di calcolo allo SLU	f_{ctd}	=	f_{ctk} / γ_c	= 1.56 MPa

Acciaio per cemento armato ordinario B450C

Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	=	540	MPa
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	=	450	MPa
Modulo elastico	E_s	=	210000	MPa
Coefficiente di riduzione della resistenza	γ_s	=	1.15	(-)
Resistenza di calcolo a trazione/compressione allo SLU	f_{sd}	=	f_{yk} / γ_s	= 391.3 MPa
Tensione massima a trazione in esercizio per combinazione rara		=	$0.80 \cdot f_{yk}$	= 313.04 MPa

Acciaio armonico per trefoli aderenti

Trefoli aderenti da 0.6”:

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 9 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

Diametro nominale	$D_p = 15.20 \text{ mm}^2$	
Area del trefolo	$A_p = 139.00 \text{ mm}^2$	
Peso a metro lineare	$P_p = 10.90 \text{ N/m}$	
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ptk} = 1860.00 \text{ MPa}$	[19000 daN/cm ²]
Resistenza a trazione allo 0.1%	$f_{p(1)k} = 1670.00 \text{ MPa}$	
Tensione iniziale	$\sigma_{spi} = 1395.00 \text{ MPa}$	$< \text{Min}[f_{p(1)k} \times 0.9; 0.8 \times f_{ptk}] = 1488 \text{ MPa}$
Tensione max in esercizio	σ_{sp}	$\leq f_{p(1)k} \times 0.8 = 1336 \text{ MPa}$

	2.1.2 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord–Matelica Sud/Castelraimondo Nord CAVALCAVIA PER NUOVA VIABILITA' AL Km 0+310 PONTE PAGLIANO: Relazione tecnica e di calcolo impalcato							
	Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N. progr. 01	REV. B

4. NORME TECNICHE

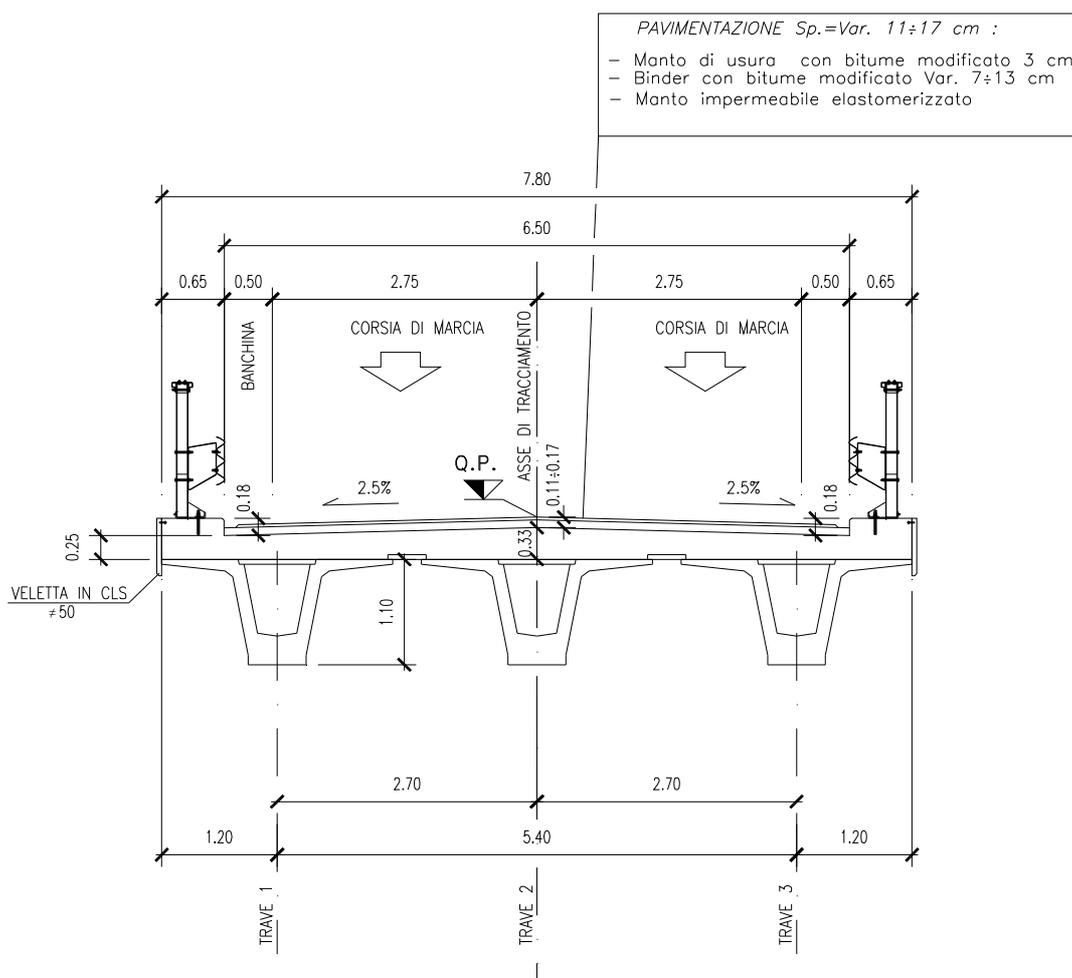
I calcoli e le verifiche di resistenza relative alle sezioni più sollecitate sono condotte nel rispetto del metodo degli stati limite.

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc REL	N.prog. 01	REV. B	Pag.di Pag. 11 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------

5. IMPALCATO

5.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'impalcato in esame è costituito da una travata semplicemente appoggiata; la sezione trasversale si compone di 3 travi a cassoncino in c.a.p., completate superiormente dal getto della soletta di impalcato di spessore variabile da 0.25 m a 0.33 m, effettuato su apposite lastre tralicciate. Le travi di altezza 1.10 m sono poste ad interasse 2.70 m. La larghezza complessiva dell'impalcato è di 7.80 m, di cui 6.50 m costituiscono la piattaforma stradale ed i restanti elementi marginali di larghezza pari a 0.65 m in destra e 0.65 m in sinistra. Questi elementi marginali, costituiscono i cordoli necessari a garantire un'adeguata sporgenza del guardrail rispetto al filo del marciapiede. Sui cordoli di bordo sono alloggiate le barriere metalliche adeguatamente certificate che delimitano la carreggiata, i parapetti e le barriere antirumore. Per maggiore chiarezza, nella figura seguente viene schematizzata la sezione trasversale dell'impalcato. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici a corredo della presente relazione.



Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici a corredo della presente relazione.

	2.1.2 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord–Matelica Sud/Castelraimondo Nord CAVALCAVIA PER NUOVA VIABILITA' AL Km 0+310 PONTE PAGLIANO: Relazione tecnica e di calcolo impalcato								
	Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 12 di 78

5.2 FASI ESECUTIVE IMPALCATO

L'impalcato viene realizzato con travi prefabbricate in c.a.p. e getto in opera di traversi e soletta collaboranti.

Le travi sono autoportanti, non necessitano quindi di alcun rompitratta o puntellamento provvisorio durante l'esecuzione dell'impalcato.

Si distinguono due fasi successive di lavoro:

- Prima fase : Le travi semplicemente appoggiate agli estremi resistono da sole al peso proprio ed a quello della soletta gettata in opera.
- Seconda fase: Il sistema misto travi precomprese e soletta gettata in opera, divenuto solidale dopo la maturazione del calcestruzzo, resiste al peso delle sovrastrutture e dei carichi accidentali.

Il calcolo si sviluppa dal momento di realizzazione delle travi prefabbricate fino al momento dell'azione dei sovraccarichi stradali previsti dalla normativa.

In questo tempo si presume che si sviluppino completamente i fenomeni differiti che riguardano i diversi materiali e che sono:

- rilassamento dell'acciaio da precompressione;
- ritiro del calcestruzzo delle travi prefabbricate;
- ritiro del calcestruzzo del getto eseguito in opera;
- viscosità del calcestruzzo delle travi prefabbricate.

I momenti rilevanti nella costruzione dell'impalcato sono:

Fase 1:

- posa in tensione dei trefoli delle travi prefabbricate sul banco;
- getto del calcestruzzo e maturazione a vapore;
- rilassamento dei trefoli;
- ritiro del cls;
- taglio dei trefoli;
- sviluppo dei fenomeni viscosi nel cls;

A partire dal momento in cui vengono tesati i trefoli si innesca il fenomeno del rilassamento dell'acciaio, che riduce parte della tensione. Un'ulteriore caduta di tensione si realizza per il ritiro del calcestruzzo delle travi prefabbricate al raggiungimento della fase di presa

Si assume nel calcolo che in questa fase sia già agente il peso proprio delle travi, poiché queste, soggette alla precompressione eccentrica si inarcano e poggiano alle estremità.

Dal momento del taglio dei trefoli e al manifestarsi della precompressione, inizia a svilupparsi anche la viscosità del calcestruzzo, che è variabile da punto a punto del materiale in funzione dello stato tensionale locale

Fase 2:

- getto dei traversi e della soletta;

	2.1.2 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord–Matelica Sud/Castelraimondo Nord CAVALCAVIA PER NUOVA VIABILITA' AL Km 0+310 PONTE PAGLIANO: Relazione tecnica e di calcolo impalcato								
	Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 13 di 78

Fase 3:

- getto dei cordoli e stesura della pavimentazione stradale;
- insorgere dei fenomeni di ritiro differenziale;

Ad avvenuta presa del getto e della soletta, le azioni e coazioni si considerano agenti sul sistema trave+soletta (dapprima viene anche valutato l'effetto dei residui fenomeni differiti per effetto del ritiro differenziale soletta trave)

Fase 4:

- azione dei carichi di progetto (carichi mobili).

Infine, dopo aver maturato le ultime cadute di precompressione, l'impalcato è considerato soggetto ai carichi permanenti portati e ai carichi mobili

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N. progr. 01	REV. B	Pag. di Pag. 14 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	-----------------	-----------	--------------------------

5.3 ANALISI DEI CARICHI

5.3.1 Carichi permanenti (g_1+g_2)

Peso proprio trave (tratto in campata) 13.73 kN/m
 (tratto d'estremità) 18.35 kN/m

Peso della soletta 7.25 kN/mq

Pavimentazione 3.00 kN/mq

Peso dei cordoli (L=0.65 m-H=0.18 m) 4.50 kN/mq
 (L=0.65 m-H=0.18 m) 4.50 kN/mq

Finiture

Carico	kN/m	ecc. dir. Trasv. (m)
Guard rail dx	1.00	3.60
Guard rail sx	1.00	-3.60

I carichi delle finiture vengono considerati concentrati in direzione trasversale e uniformemente distribuiti in direzione longitudinale.

5.3.2 Ritiro differenziale soletta trave (ϵ_1)

Quando si esegue il getto della soletta la trave in c.a.p. ha già subito una parte del ritiro, mentre la soletta deve ancora subirlo per intero. Nasce così uno stato di coazione per effetto del ritiro differenziale tra trave e soletta pari a:

$$\epsilon_{r,diff} = \epsilon_{r,soletta} - 0.5 \cdot \epsilon_{r,trave} = 0.00027$$

In cui:

$\epsilon_{r,soletta} = 0.00030$ -deformazione dovuta al ritiro della soletta

$\epsilon_{r,trave} = 0.00006$ -deformazione dovuta al ritiro della trave

Ponendo:

$e = 65.6$ cm -distanza tra i baricentri di trave e soletta

$k = 0.040$ - $E_{soletta} \times J_{soletta} / E_{trave} \times J_{trave}$

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{A_{sol} \times E_{sol}} + \frac{1}{A_{trave} \times E_{trave}} + \frac{e^2}{(1+k) \times J_{trave} \times E_{trave}} = 3.36 \times 10^{-7} \text{ 1/daN}$$

Si ha:

forza di compressione sulla trave e di trazione sulla soletta:

$$N_{r,diff} = a \times \epsilon_{r,diff} = 37352 \text{ daN}$$

Momento flettente agente sulla trave prefabbricata:

$$M_{trave,r,diff} = N_{r,diff} \times e / (1+k) = 23556 \text{ daNm}$$

Momento flettente agente sulla soletta:

$$M_{soletta,r,diff} = N_{r,diff} \times e \times k / (1+k) = 946.8 \text{ daNm}$$

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 15 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

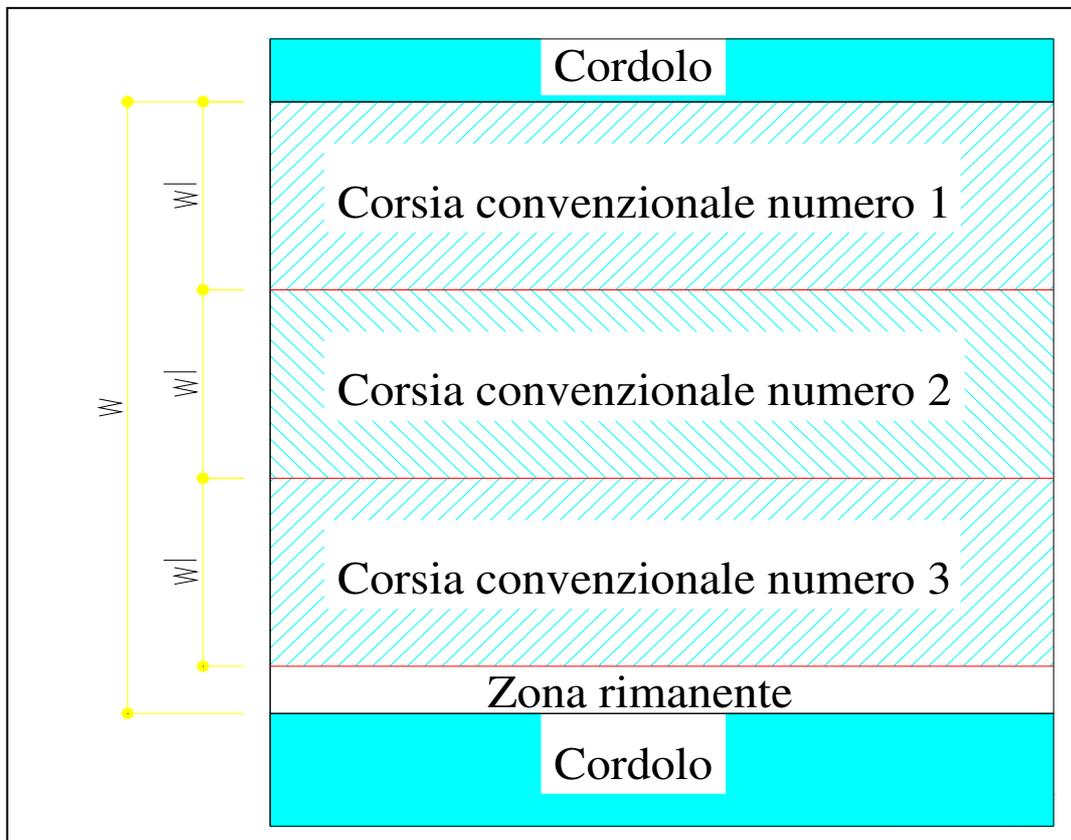
5.3.3 Carichi mobili q_1

Questi sono i carichi stabiliti convenzionalmente dalla normativa specifica per il calcolo dei ponti. I carichi vanno applicati su una “corsia convenzionale” avente un ingombro trasversale stabilito in 3,00m, e sulla “zona rimanente” avente un ingombro trasversale pari a $w-(3.00 \times nl)$, dove “w” è la larghezza della carreggiata e “nl” è il numero di corsie convenzionali. Nel caso specifico si ha:

$$w = 6.50 \text{ m}$$

$$nl = \text{Int}(w/3) = \text{Int}(6.50/3) = 2$$

$$\text{Larghezza della zona rimanente} = w - (3.00 \times nl) = 0.50 \text{ m}$$



- Carico Q1k: mezzo convenzionale a due assi:.....600,00 kN
- Carico q1k: carico ripartito:9 kN/m²
- Carico Q2k : mezzo convenzionale a due assi:.....400,00 kN
- Carico q2k: carico ripartito:2,5 kN/ m²
- Carico q3k : zona rimanente:.....2,5 kN/ m²
- Carico q1e : folla compatta sui marciapiedi:.....2.5 kN/ m²

Compatibilmente con la larghezza complessiva della piattaforma carrabile, vengono considerati:

- Una colonna di carico costituita da un solo mezzo Q1k (600 kN)e da uno o più tratti di carico q1k (9 kN/mq), disposti ai fini del calcolo delle strutture principali, lungo l’asse della corsia più sfavorevole;

- Una seconda colonna di carico analoga alla precedente ma con intensità dei carichi ridotta ($Q1k=400$ kN; $q1k=2.5$ kN/mq);
- Una quarta colonna di carico pari a 2.5 kN/ mq;
- Folla sui marciapiedi in ragione di 2.50 kN/mq;

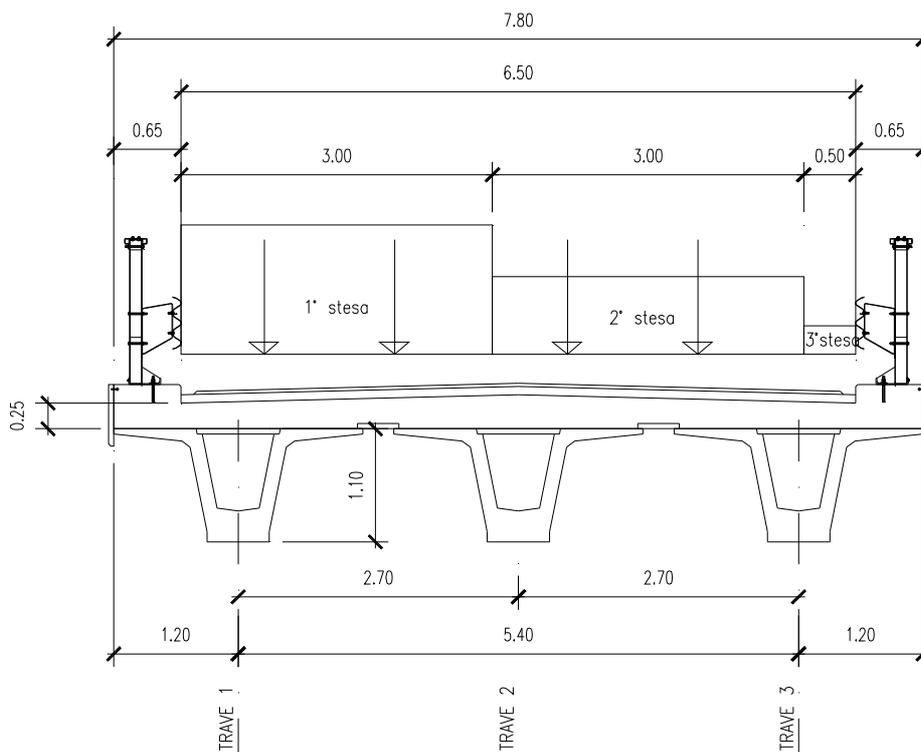


Figura 2: Disposizione trasversale carichi accidentali.

Tali carichi sono considerati viaggianti in direzione longitudinale sull'intero impalcato e sezione per sezione considerati nella configurazione che massimizza le sollecitazioni di verifica. In senso trasversale sono stati posizionati come in figura per massimizzare le sollecitazioni sulla trave di riva lato cordolo di larghezza pari a 65 cm.

5.3.4 Azione del vento q_5

Il vento è assimilato ad un carico orizzontale statico agente normalmente all'asse del ponte di intensità pari a 2.50 kN/mq. L'impronta di carico risulta essere pari a:

Impalcato scarico: $H_{imp,scar} = (1.10 + 0.25 + 0.18) \text{ m} = 1.53 \text{ m}$

Impalcato carico: $H_{imp,car} = (1.10 + 0.25 + 0.18 + 3.00) \text{ m} = 4.53 \text{ m}$

Dove:

- 1.10 m rappresenta l'altezza delle travi in c.a.p.;
- 0.25 m rappresenta l'altezza della soletta in c.a.;
- 0.18 m rappresenta l'altezza del cordolo/marciapiede;
- 3.00 m rappresenta l'altezza della superficie dei carichi transitanti sul ponte (si assimila la

	2.1.2 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord–Matelica Sud/Castelraimondo Nord CAVALCAVIA PER NUOVA VIABILITA' AL Km 0+310 PONTE PAGLIANO: Relazione tecnica e di calcolo impalcato								
	Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 17 di 78

superficie esposta al vento ad una parete rettangolare continua).

5.3.5 Azione sismica (q_6)

L'azione sismica viene valutata in base al sito in cui si colloca l'opera (Comune di Matelica) e in base alla classe d'uso del ponte e della vita nominale prevista:

Classe d'uso III (coefficiente d'uso 1,5)

Vita nominale (anni) 50

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV	SLC	
a_g	0.208	0.264	g
F_0	2.534	2.564	
T_C^*	0.333	0.341	s
S_S	1.384	1.294	
C_C	1.510	1.497	
S_T	1.000	1.000	
q	1.000	1.000	

Terreno di tipo C

	SLV	SLC	
S	1.384	1.294	
η	1.000	1.000	
T_B	0.167	0.170	s
T_C	0.502	0.511	s
T_D	2.431	2.655	s

Lo spettro orizzontale è descritto dalle espressioni seguenti.

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \quad \text{se} \quad 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \quad \text{se} \quad T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \frac{T_C}{T} \quad \text{se} \quad T_C \leq T \leq T_D$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \quad \text{se} \quad T_D \leq T$$

Lo spettro di risposta elastico per la descrizione della componente verticale del moto sismico è costruito a partire dai parametri riassunti nella tabella seguente.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV	SLC	
a_{gv}	0.128	0.183	g
S_s	1.000	1.000	
S_T	1.000	1.000	
q	1.000	1.000	
T_B	0.050	0.050	s
T_C	0.150	0.150	s
T_D	1.000	1.000	s

F_v	1.559	1.778	
S	1.000	1.000	
η	1.000	1.000	

Lo spettro è descritto dalle espressioni seguenti.

$$S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \quad \text{se} \quad 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \quad \text{se} \quad T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \frac{T_C}{T} \quad \text{se} \quad T_C \leq T \leq T_D$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \quad \text{se} \quad T_D \leq T$$

Visto lo schema di vincolo adottato per l'impalcato, l'azione sismica orizzontale si trasmette dall'impalcato agli appoggi elastomerici.

Gli isolatori elastomerici sono dispositivi d'appoggio in elastomero, cioè costituiti da strati alterni di acciaio e di elastomero collegati mediante vulcanizzazione.

La dissipazione di energia fornita dall'elastomero, consente di ottenere un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente nel nostro caso pari a 15%.

Il tipico ciclo isteretico forza-spostamento di un isolatore schematizzabile con una relazione inerea, mediante la rigidezza equivalente K_e ed il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ_e che dipendono dallo spostamento massimo d_2 (corrispondente allo SLC) e dalla forza corrispondente F_2 (corrispondente all SLV) cui sono riferiti.

Nel nostro caso abbiamo:

$$k_e = 990 \text{ kN/m}$$

$$\xi_e = 15\%$$

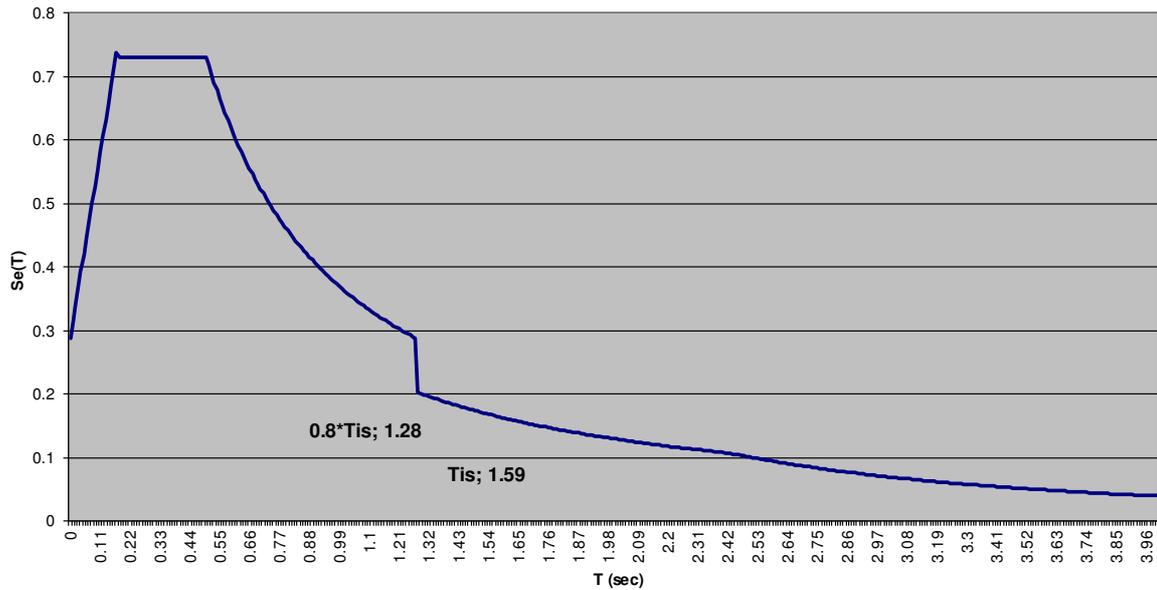
$$d_{2,long} = 0.15 \text{ m}$$

$$d_{2,trasv} = 0.15 \text{ m}$$

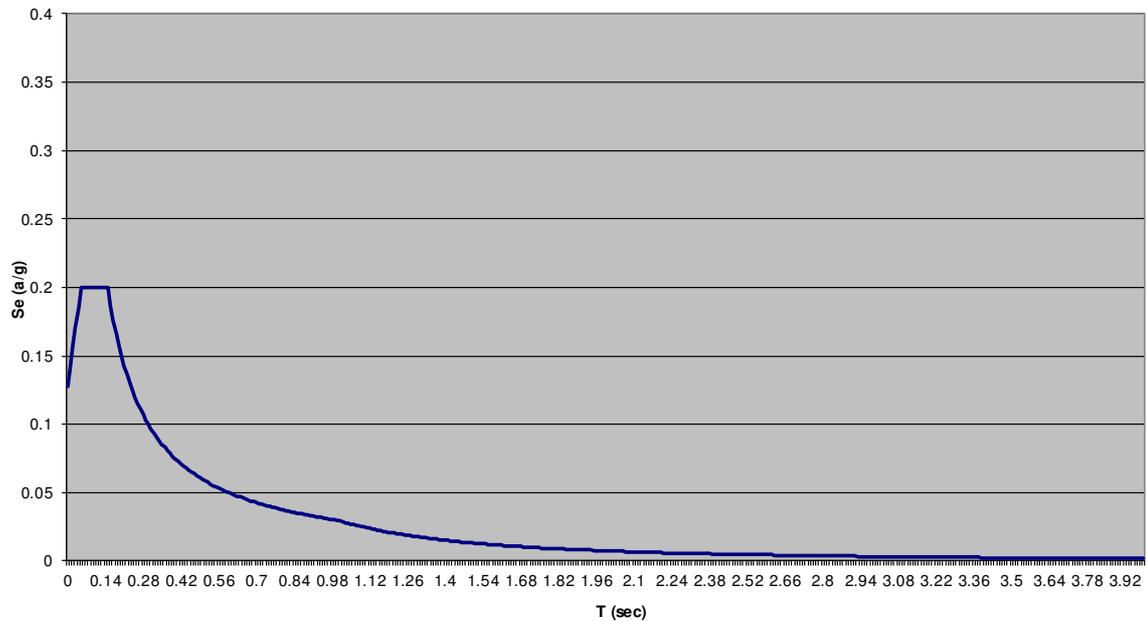
Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 19 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

Con smorzamento viscoso equivalente al 15 %. Con tale valore si calcola il fattore h con cui si scala lo spettro per periodi superiori a 0.8 volte il periodo della struttura isolata.
 Con riferimento al caso specifico, si riporta nella figura seguente lo spettro elastico isolato per la componente orizzontale e per la componente verticale allo SLV.

Spettro di risposta elastico orizzontale isolato



Spettro di risposta elastico verticale



5.3.6 Urto sulle barriere di sicurezza posti sui muri andatori (q8)

Nel caso in cui possa verificarsi l'urto di un veicolo su di un elemento strutturale si dovrà considerare agente sull'elemento stesso una forza orizzontale concentrata di 100 kN distribuita su 0.5 m ed applicata ad una quota h, misurata dal piano viario, pari alla minore delle dimensioni h1, h2 dove h1 (altezza delle barriere – 0.10 m), h2 =1.00 m:

5.4 COMBINAZIONI

Le azioni di cui ai paragrafi precedenti sono combinate tra loro, al fine di ottenere le sollecitazioni di progetto utili alle verifiche di stabilità o alle verifiche di resistenza dei singoli elementi strutturali. Le combinazioni di carico considerate sono riportate nella seguente tabella:

5.4.1 Verifiche agli stati limite ultimi

COMBINAZIONE	Dead (g1)	Perm (g2)	Precomp. (p)	Ritiro (ϵ_1)	Acc (q1)	Vento (q5)	Sisma (q6)	Urto (q8)
SLU_I	1.35	1.35	1.00	0.72	1.35	0.9	0	0
SLU_II	1.35	1.35	1.00	0.00	1.35	0.9	0	0
SLU_III	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.0	0	1

5.4.2 Verifiche agli stati limite di esercizio

COMBINAZIONE	Dead (g1)	Perm (g2)	Precomp. (p)	Ritiro (ϵ_1)	Acc (q1)	Vento (q5)	Sisma (q6)	Urto (q8)
SLE_I	1.00	1.00	1.00	0.6	1	0.6	0	0
SLE_II	1.00	1.00	1.00	0.0	1	0.6	0	0
QP_I	1.00	1.00	1.00	0.5	0	0	0	0
QP_II	1.00	1.00	1.00	0.0	0	0	0	0
FR_I	1.00	1.00	1.00	0.6	0.75	0.2	0	0
FR_II	1.00	1.00	1.00	0.0	0.75	0.2	0	0

	2.1.2 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord–Matelica Sud/Castelraimondo Nord CAVALCAVIA PER NUOVA VIABILITA' AL Km 0+310 PONTE PAGLIANO: Relazione tecnica e di calcolo impalcato								
	Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N. progr. 01	REV. B	Pag. di Pag. 21 di 78

Stato limite di apertura delle aperture

Il limite di apertura delle fessure imposto dalla normativa vigente è pari a 0.200 mm (ambiente aggressivo) 0.300 mm (ambiente ordinario) per combinazioni di carico QP e pari a 0.300 mm (ambiente aggressivo) 0.400 mm (ambiente ordinario) per combinazioni di carico FR.

Stato limite di formazione delle fessure

Nel caso in cui non si formi la fessura viene riportato il valore della tensione minima del calcestruzzo che non deve essere superiore a $f_{ctm}/1.2 = 3.35/1.2 = 2.79$ MPa per $R_{ck} = 45$ MPa, e a $f_{ctm}/1.2 = 3.83/1.2 = 3.19$ MPa per $R_{ck} = 55$ MPa.

5.5 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

5.5.1 Schema di calcolo

L'impalcato viene realizzato con 3 travi in semplice appoggio collaboranti tra loro grazie all'azione della soletta.

Esso si presenta, quindi, come una lastra appoggiata sui lati opposti. Il calcolo delle sollecitazioni sulle travi avviene schematizzando la soletta con elementi bidimensionali posizionati sul piano medio della soletta stessa e collaboranti con le travi schematizzate con elementi monodimensionali. Per tener conto del fatto che il programma di calcolo non tiene conto del disallineamento tra asse travi e piano medio della soletta, si incrementa l'inerzia delle travi del momento di trasporto delle stesse rispetto al baricentro della soletta.

5.5.2 Codici di calcolo

Tutti i codici di calcolo automatico utilizzati per il calcolo e la verifica delle strutture sono di sicura ed accertata validità e sono impiegati conformemente alle loro caratteristiche.

Per i calcoli e le modellazioni di cui alla presente relazione sono impiegati i codici di calcolo brevemente descritti di seguito.

- SAP200 Advanced 10.0.1

Codice di calcolo F.E.M. (Finite Element Method) prodotto dalla Computers and Structures, Inc., University of California, Berkeley capace di gestire analisi lineari e non lineari ed analisi sismiche con integrazione al passo delle equazioni nel tempo. Il software è impiegato per la modellazione dell'intera opera, finalizzata all'analisi strutturale.

- Codici di calcolo interni

Codici di calcolo in Excel, messi a punto e testati dallo studio nel corso degli anni. Essi gestiscono le combinazioni di carico e le verifiche delle travi e della soletta.

- SEZ-CA

Codice di calcolo per la verifica delle sezioni presso-inflesse.

5.5.3 Ripartizione dei carichi

I carichi della soletta, pavimentazione e dei cordoli vengono inseriti nel programma come carichi di

	2.1.2 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord–Matelica Sud/Castelraimondo Nord CAVALCAVIA PER NUOVA VIABILITA' AL Km 0+310 PONTE PAGLIANO: Relazione tecnica e di calcolo impalcato								
	Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 22 di 78

superficie, I carichi delle finiture e del peso proprio delle travi vengono considerati concentrati in direzione trasversale e uniformemente distribuiti in direzione longitudinale, come indicato nel par. 5.3.1.

I carichi mobili si dispongono sull'impalcato come descritto nel par. 5.3.2.

I carichi mobili concentrati si ipotizzano agenti su di un'area equivalente che si ricava dalla effettiva area di contatto del carico sulla pavimentazione (0.40x0.40 m), ipotizzando una diffusione a 45° fino al piano medio della soletta (circa 0.80 x 0.80 m).

Le colonne di carico vengono posizionate in direzione x in modo da generare la massima sollecitazione nella specifica sezione di verifica.

	2.1.2 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord–Matelica Sud/Castelraimondo Nord CAVALCAVIA PER NUOVA VIABILITA' AL Km 0+310 PONTE PAGLIANO: Relazione tecnica e di calcolo impalcato							
	Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B

5.6 RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI PRODOTTE DALLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI

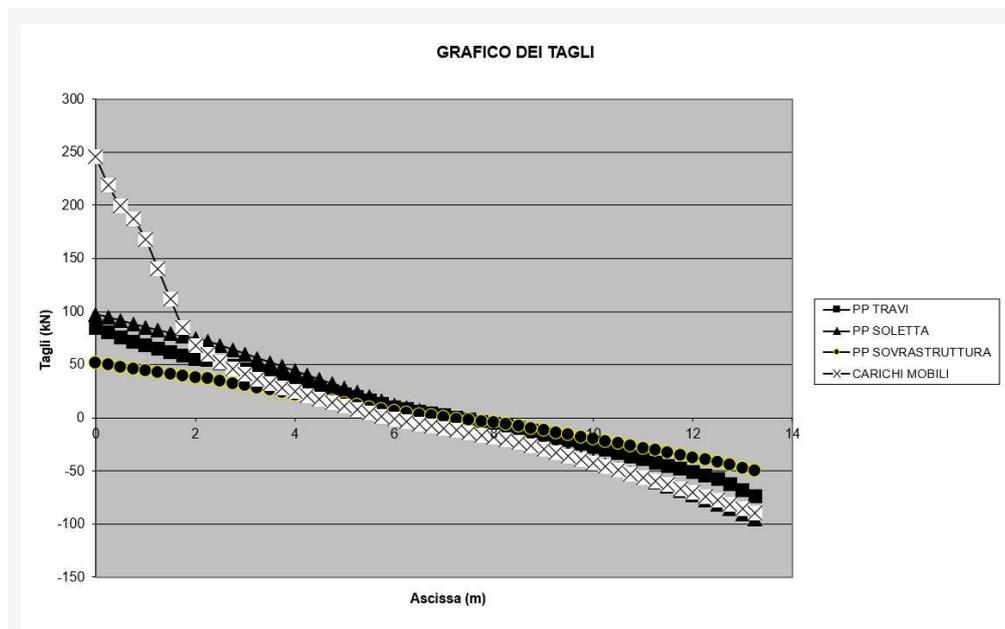
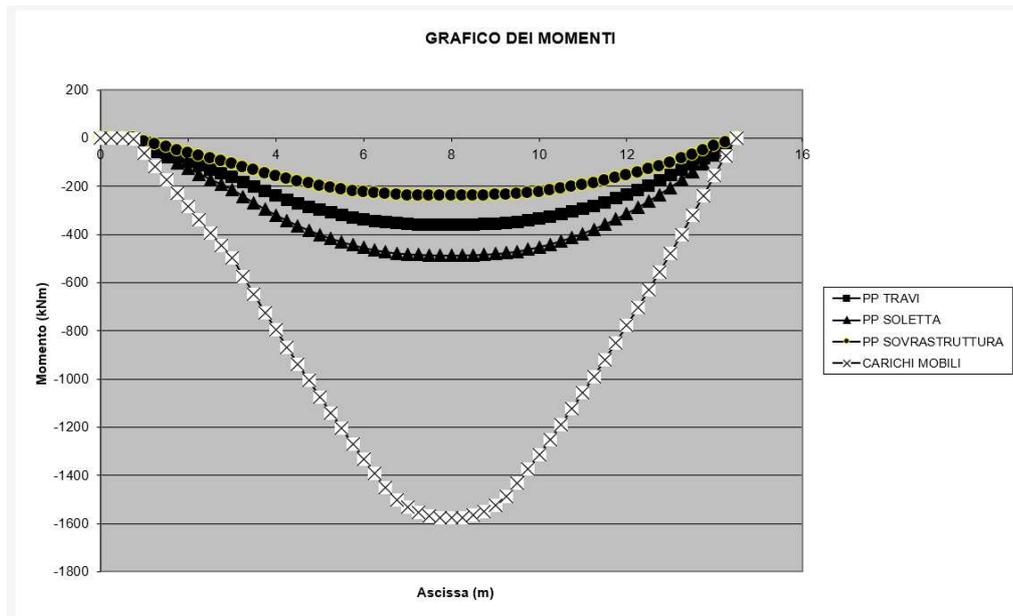
Sezione X = (cm)	L/2 = 725	500	415	125	0.00
Momento flettente (kNm)					
Peso proprio travi	359.49	305.74	293.76	109.88	0.00
Peso soletta	486.95	412.67	396.21	143.38	0.00
Peso sovrastruttura	240.61	204.48	196.43	71.48	0.00
Carichi mobili	1576.33	1122.74	1056.39	325.12	0.00
Taglio (kN)					
Peso proprio travi	0.00	31.11	34.06	67.87	83.16
Peso soletta	0.00	40.00	44.04	82.36	99.53
Peso sovrastruttura	0.00	20.00	22.05	42.65	52.42
Carichi mobili	0.00	163.56	167.46	200.86	245.50

Alle quali occorre aggiungere la condizione di carico del ritiro differenziale tra trave e soletta i cui valori sono definiti nel par. 5.3.2.

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 24 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

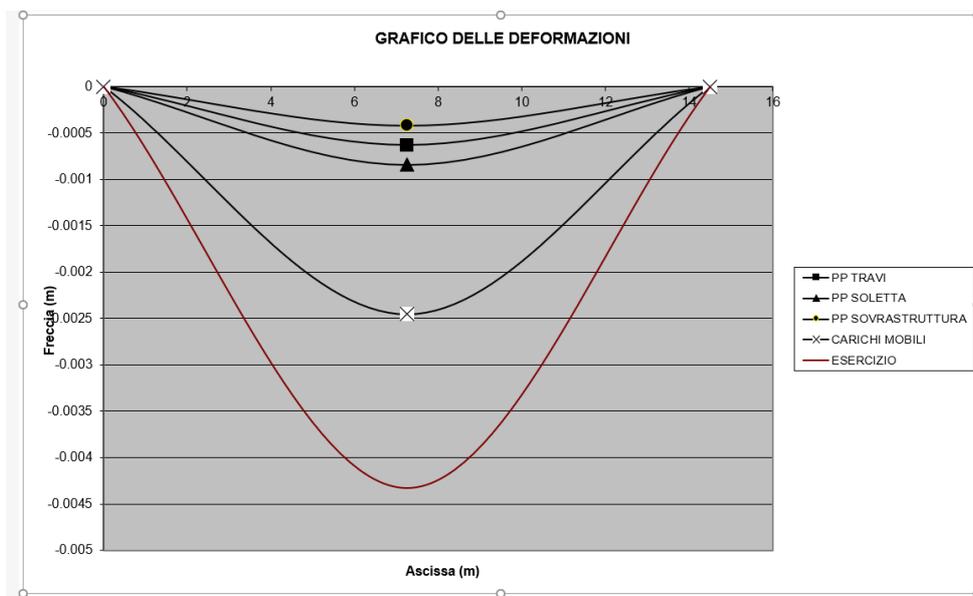
5.7 DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI

Di seguito si riportano i diagrammi delle sollecitazioni agenti lungo la trave dovute alle singole condizioni di carico elementari.



5.8 DIAGRAMMI DELLE DEFORMAZIONI

Di seguito si riportano i diagrammi delle deformazioni lungo la trave dovute alle singole condizioni di carico elementari ed in esercizio.



5.9 ANALISI DELLA PRECOMPRESSIONE

5.9.1 Descrizione

La precompressione longitudinale dell'impalcato viene realizzata attraverso trefoli pre-tesi. I trefoli presenti nella mezzeria, a $x=725$ cm dall'asse appoggio della trave sono:

POS. 1	n. 10	trefoli da 0.6"	$y = 5.00$ cm
POS. 2	n. 10	trefoli da 0.6"	$y = 10.00$ cm
POS. 3	n. 10	trefoli da 0.6"	$y = 15.00$ cm
POS. 4	n. 4	trefoli da 0.6"	$y = 20.00$ cm
POS. 5	n. 2	trefoli da 0.6"	$y = 100.00$ cm
POS. 6	n. 2	trefoli da 0.6"	$y = 105.00$ cm

I trefoli presenti a $x=500$ cm dall'asse appoggio della trave sono:

POS. 1	n. 10	trefoli da 0.6"	$y = 5.00$ cm
POS. 2	n. 10	trefoli da 0.6"	$y = 10.00$ cm
POS. 3	n. 10	trefoli da 0.6"	$y = 15.00$ cm
POS. 4	n. 4	trefoli da 0.6"	$y = 20.00$ cm
POS. 5	n. 2	trefoli da 0.6"	$y = 100.00$ cm
POS. 6	n. 2	trefoli da 0.6"	$y = 105.00$ cm

I trefoli presenti a $x=415$ cm dall'asse appoggio della trave sono:

POS. 1	n. 10	trefoli da 0.6"	$y = 5.00$ cm
POS. 2	n. 6	trefoli da 0.6"	$y = 10.00$ cm
POS. 3	n. 10	trefoli da 0.6"	$y = 15.00$ cm
POS. 4	n. 4	trefoli da 0.6"	$y = 20.00$ cm
POS. 5	n. 2	trefoli da 0.6"	$y = 100.00$ cm
POS. 6	n. 2	trefoli da 0.6"	$y = 105.00$ cm

I trefoli presenti a $x=125$ cm dall'asse appoggio della trave sono (fine sez. corrente):

POS. 1	n. 10	trefoli da 0.6"	$y = 5.00$ cm
POS. 2	n. 6	trefoli da 0.6"	$y = 10.00$ cm
POS. 3	n. 10	trefoli da 0.6"	$y = 15.00$ cm
POS. 4	n. 4	trefoli da 0.6"	$y = 20.00$ cm
POS. 5	n. 2	trefoli da 0.6"	$y = 100.00$ cm
POS. 6	n. 2	trefoli da 0.6"	$y = 105.00$ cm

I trefoli presenti sull'appoggio ($x=40$ cm da testa trave) della trave sono:

POS. 1	n. 10	trefoli da 0.6"	$y = 5.00$ cm
POS. 2	n. 6	trefoli da 0.6"	$y = 10.00$ cm
POS. 3	n. 10	trefoli da 0.6"	$y = 15.00$ cm
POS. 4	n. 4	trefoli da 0.6"	$y = 20.00$ cm
POS. 5	n. 2	trefoli da 0.6"	$y = 100.00$ cm
POS. 6	n. 2	trefoli da 0.6"	$y = 105.00$ cm

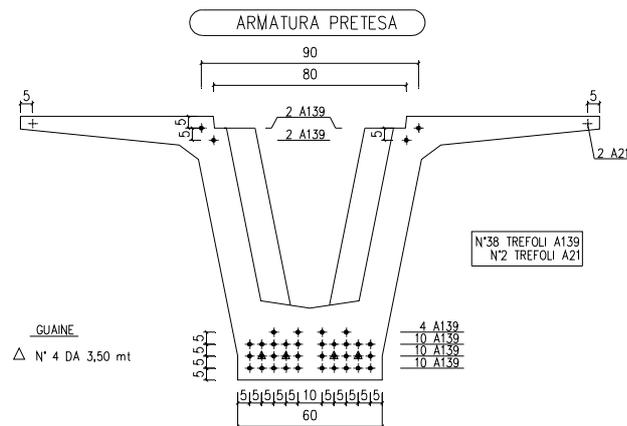
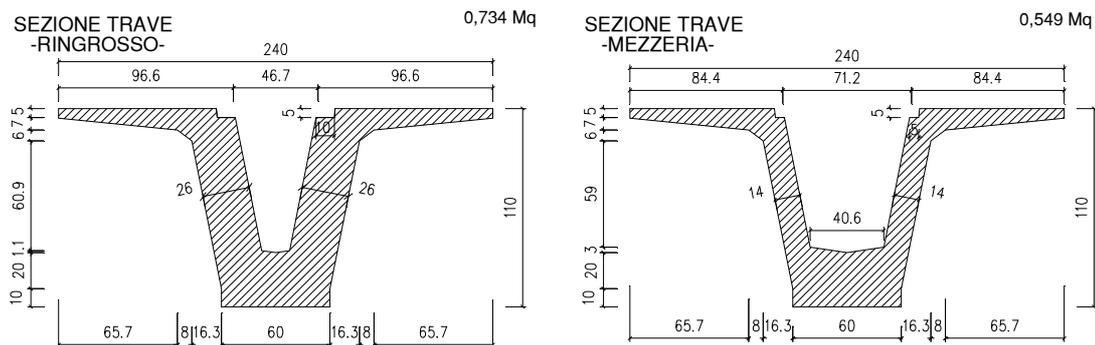
Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 27 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------

Per il tracciato dei trefoli si rimanda alle tavole allegate al progetto.

Diametro nominale	$D_p = 15.20$	mm^2	
Area del trefolo	$A_p = 139.00$	mm^2	
Peso a metro lineare	$P_p = 10.90$	N/m	
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ptk} = 1860.00$	N/mm^2	[19000 daN/cm ²]
Resistenza a trazione allo 0.1%	$f_{p(1)k} = 1670.00$	N/mm^2	
Tensione iniziale	$\sigma_{spi} = 1395.00$	N/mm^2	$< \text{Min}[f_{p(1)k} \times 0.9; 0.8 \times f_{ptk}] = 1488$ N/mm^2
Tensione max in esercizio	σ_{sp}		$\leq f_{p(1)k} \times 0.8 = 1336$ N/mm^2

La precompressione degli elementi avviene totalmente in stabilimento.

Di seguito si riporta la sezione trasversale corrente della trave con indicate le posizioni dei trefoli.



GUAINA
 Δ N° 4 DA 3,50 mt

	2.1.2 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord–Matelica Sud/Castelraimondo Nord CAVALCAVIA PER NUOVA VIABILITA' AL Km 0+310 PONTE PAGLIANO: Relazione tecnica e di calcolo impalcato								
	Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 28 di 78

5.9.2 Perdite immediate nella precompressione con armature pre-tese

Durante il trasferimento della precompressione al calcestruzzo: perdita dovuta alla deformazione elastica del calcestruzzo in conseguenza dell'azione delle armature pre-tese, quando queste sono rilasciate dagli ancoraggi:

$$\Delta\sigma_c = \sigma_{pi} \cdot A_s / (E_c \cdot A_c) \cdot E_s$$

In cui:

Perdita di tensione immediata	$\Delta\sigma_c$	=	
tensione iniziale	σ_{pi}	=	
area totale trefoli	A_s	=	
area sez. reagente cls	A_c	=	
modulo elastico cls	E_c	=	
Modulo di Young acciaio armonico	E_s	=	195000 MPa

5.9.3 Perdite per ritiro, viscosità e rilassamento

Le perdite dovute ai fenomeni lenti vengono calcolate in conformità alle indicazioni fornite dall' UNI EN 1992-1-1. In particolare si pone:

- Perdite per rilassamento dell'acciaio armonico stabilizzato (classe 2)

$$\Delta'\sigma_{rp}/\sigma_{pi} = 0.66 \times \rho_{1000} \times e^{9.1\mu} \left(\frac{t}{1000} \right)^{0.75(1-\mu)} 10^{-5}$$

dove:

σ_{pi}	tensione iniziale di precompressione
t	è il tempo dopo la messa in tensione (=500000 ore)
μ	σ_{pi} / f_{pk} dove f_{pk} è il valore caratteristico di resistenza a trazione acciaio trefoli
ρ_{1000}	è il valore della perdita per rilassamento (in percentuale) a 1000 h dopo la messa in tensione e a una temperatura media di 20°C.

- Perdite per ritiro del calcestruzzo (vedi par.6.1.4 della relazione di calcolo spalle)

Variazione di tensione per ritiro	$\Delta\sigma_{rit}$	=	$\epsilon_{rit} \times E_s$
Deformazione finale per ritiro	ϵ_{rit}	=	0.00027
Modulo di Young acciaio armonico	E_s	=	195000 MPa

- Perdite per viscosità del calcestruzzo (vedi par.6.1.4 della relazione di calcolo spalle)

Variazione di tensione per viscosità	$\Delta\sigma_{vis}$	=	$\phi \times \sigma_{c,QP} \times E_s / E_c$
In cui:			
Coefficiente di viscosità	ϕ	=	2.5
Tensione cls dovuta a peso proprio e precompressione iniziale	$\sigma_{c,QP}$	=	
modulo elastico trefolo	E_s	=	195000 MPa

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc REL	N. progr. 01	REV. B	Pag. di Pag. 29 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	-----------------	-----------	--------------------------

modulo elastico E_c | $E_c =$

- Interdipendenza fra ritiro, viscosità e rilassamento dell'acciaio armonico

Un metodo semplificato per la valutazione delle perdite di precompressione dipendenti dal tempo alla posizione x sotto i carichi permanenti è dato dall'espressione

$$\Delta P_{c+s+r} = A_p \Delta \sigma_{p,c+s+r} = A_p \frac{\varepsilon_{cs} E_p + 0,8 \Delta \sigma_{pr} + \frac{E_p}{E_{cm}} \varphi(t, t_0) \cdot \sigma_{c,QP}}{1 + \frac{E_p}{E_{cm}} \frac{A_p}{A_c} \left(1 + \frac{A_c}{I_c} z_{cp}^2 \right) [1 + 0,8 \varphi(t, t_0)]}$$

dove:

$\Delta \sigma_{p,c+s+r}$ è il valore assoluto della variazione di tensione nelle armature dovuta a viscosità, ritiro e rilassamento alla posizione x , all'istante t ;

ε_{cs} è la deformazione per ritiro

E_p è il modulo di elasticità dell'acciaio da precompressione, vedere punto 3.3.3 (9);

E_{cm} è il modulo di elasticità del calcestruzzo

$\Delta \sigma_{pr}$ è il valore assoluto della variazione di tensione nelle armature alla posizione x , al tempo t , per effetto del rilassamento dell'acciaio da precompressione. Esso è determinato per una tensione di:

$$\sigma_p = \sigma_p (G + P_{m0} + \psi_2 Q)$$

dove $\sigma_p = \sigma_p (G + P_{m0} + \psi_2 Q)$ è la tensione iniziale nelle armature dovuta alla precompressione iniziale e alle azioni quasi-permanenti;

$\varphi(t, t_0)$ è il coefficiente di viscosità all'istante t con applicazione del carico all'istante t_0 ;

$\sigma_{c,QP}$ è la tensione nel calcestruzzo adiacente alle armature, dovuta a peso proprio, precompressione iniziale e ad altre azioni quasi-permanenti ove presenti. Il valore di $\sigma_{c,QP}$ può essere l'effetto di parte del peso proprio e della precompressione iniziale, oppure l'effetto di una combinazione di azioni quasi permanente completa $[\sigma_p (G + P_{m0} + \psi_2 Q)]$, a seconda della fase costruttiva in esame;

A_p è l'area di tutte le armature di precompressione nella posizione x ;

A_c è l'area della sezione di calcestruzzo;

I_c è il momento d'inerzia della sezione di calcestruzzo;

z_{cp} è la distanza tra il baricentro della sezione di calcestruzzo e le armature.

5.9.4

Verifiche del calcestruzzo per presso flessione

Si riportano di seguito i tabulati di verifica a pressoflessione dell'impalcato nelle sezioni significative per il dimensionamento. Per ciò che riguarda gli effetti di ritiro differenziale, sono stati oggetto dei paragrafi precedenti mentre l'effetto della variazione termica, essendo la struttura isostatica, ha un'incidenza trascurabile sullo stato tensionale della struttura. In tutti i casi analizzati le tensioni risultano inferiori ai limiti di normativa.

Le fasi realizzative, come ampiamente descritto in precedenza, sono le seguenti:

- 1° fase: precompressione + peso trave + 50% cadute tensioni;
- 2° fase: getto soletta e traversi + ulteriore 50% cadute tensioni;
- 3° fase: sovraccarichi permanenti;
- 4° fase: sovraccarichi d'esercizio;

Trave a cassone																	
Verifica nella sezione			x = 725 cm														
Dati sezione prefabbricata																	
Ap	5490	cmq	Area			Trefoli			Armature								
Sxp	323526	cm ³	Momento statico rispetto a x	bsol*hsol		y	n	A	y	A							
ygp	58.93	cm	Y baricentro			5.0	10	1.39	45.0	0.00							
Jxp	31175370	cm ⁴	Momento d'inerzia rispetto a x			10.0	10	1.39	65.0	0.00							
Jg	12110000	cm ⁴	Momento d'inerzia rispetto a G			15.0	10	1.39	0.0	0.00							
Dati per la verifica al taglio																	
by	28	cm	Spessore corda			20.0	4	1.39	0.0	0.00							
y	0	cm	Distanza corda lembo inf. (=0 se baricentrico)			100.0	2	1.39	0.0	0.00							
Sy	0	cm ³	Momento statico (=0 se baricentrico)			0.0	0	0.00	0.0	0.00							
Dati getto in opera																	
bsol	255.00	cm	Larghezza soletta			0.0	0	0.00	0.0	0.00							
hsol	25.00	cm	Altezza soletta			0.0	0	0.00	0.0	0.00							
nsol	0.905		Coeff. omogen. soletta			0.0	0	0.00	Aot	0.00							
As	5766.40	cmq	Area			0.0	0	0.00	mo=	6							
Sxs	706 385	cm ³	Momento statico			0.0	0	0.00									
ygs	122.50	cm	Y baricentro			0.0	0	0.00									
Jxs	86 832 441	cm ⁴	Momento d'inerzia rispetto a x			0.0	0	0.00									
yi	0.00	cm	Y lembo inferiore trave prefabbricata			0.0	0	0.00									
ys	110.00	cm	Y lembo superiore trave prefabbricata			15.26	38	52.82									
ysol	135.00	cm	Y lembo superiore soletta			mp=	6										
Dati sezione prefabbricata con armature																	
Apo	5807	cmq	Area			S0	14250	Kg/ cmq	Tiro iniziale (=0.75*fptk)								
Sxpo	330114	cm ³	Momento statico			fptk	19000	Kg/ cmq	Tens. caratt. di rottura								
ygp0	56.85	cm	Y baricentro			ρ ¹⁰⁰⁰	2.5		Perdita per rilassamento a 1								
Jxpo	31568601	cm ⁴	Momento d'inerzia rispetto a x			Calcestruzzi											
Jgpo	12802120	cm ⁴	Momento d'inerzia rispetto a G			Rckj	500	Kg/ cmq	fckj	415	Kg/ cmq						
Wipo	225197	cm ³	Modulo resistente inferiore			Rck	550	Kg/ cmq	fck	456.5	Kg/ cmq						
Wspo	240861	cm ³	Modulo resistente superiore			Rcksol	450	Kg/ cmq	fcksol	373.5	Kg/ cmq						
Wapo	307852	cm ³	Modulo resistente fibra cavo equiv.														
Dati sezione prefabbricata con armature + soletta																	
Ato	11573	cmq	Area			A VUOTO			IN SERVIZIO								
Sxto	1036499	cm ³	Momento statico			Scompr	-290.5		Scompr	-205.4							
ygt0	89.56	cm	Y baricentro			Straz	41.5		Straz	32.0							
Jxto	118401041	cm ⁴	Momento d'inerzia rispetto a x			S' traz	20.8		S' traz	13.7							
Jgto	25572929	cm ⁴	Momento d'inerzia rispetto a G														
Wito	285542	cm ³	Modulo resistente inferiore			Ssoletta	-168.1	Kg/ cmq									
Wsto	1251079	cm ³	Modulo resistente superiore														
Wsolo	562776	cm ³	Modulo resistente superiore soletta														

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 31 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

Calcolo delle perdite immediate			
Sco	734 Kg/ cmq	Perdite dovute alla deformazione istantanea del cls	
Calcolo delle perdite dipendenti dal tempo			
Sril	694 Kg/ cmq	Perdita per rilassamento	
Srit	526.5 Kg/ cmq	Perdita per ritiro	
Svis	2780 Kg/ cmq	Perdita per viscosità	
Srilt	291 Kg/ cmq	Perdita per rilassamento ridotta	
Srilm	555 Kg/ cmq	Perdita per rilassamento minima ($=0.8 \cdot Sril$)	
Perd	2998 Kg/ cmq	Perdita totale	

COMBINAZIONE – SLE_I

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)
1) Precompressione t0	-713907.3	-296880	-254.8	+0.3	+0.0	0
2) Peso proprio trave	0	35949	+16.0	-14.9	+0.0	0
2a) Sollevamento trave (*1.15)	30245	41341.4	+23.6	-12.0	+0.0	0
2b) Perdita per rilassamento (20%)	7332.362	3049	+2.6	-0.0	+0.0	0
3) Perdite*(50%)	79183.91	32929	+28.3	-0.0	+0.0	0
4) Peso soletta	0	48695	+21.6	-20.2	+0.0	0
5a) perm.port.	0	24061	+8.4	-1.9	-10.1	0
5b) perdite/ 50%)	79183.91	32929	+18.4	+4.2	-5.3	0
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	-224.11	141.336	+0.0	-0.0	+0.0	0
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	224	568.08	+0.0	+0.0	-0.1	0
7) Carichi mobili	0	157633	+55.2	-12.6	-25.3	0

Combinazioni - SLE_I	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ (by)	τ	σ d I	σ d II
1° fase) 1+2+2b	-706575	-257882	-236.2	-14.6	+0.0	-121.7	0.0	0.0	-121.7
1a° fase) 1+2a+2b	-676330	-252490	-228.6	-11.6	0	-116.5	0.0	0.0	-116.5
2° fase) 1+2+3+4	-634723	-179307	-188.9	-34.9	+0.0	-109.3	0.0	0.0	-109.3
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-634948	-155105	-180.5	-36.8	-10	-63.5	0.0	0.0	-63.5
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-555764	35457	-106.9	-45.2	-41	-56.7	0.0	0.0	-56.7

COMBINAZIONE – SLE_II

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)
1) Precompressione t0	-713907.3	-296880	-254.8	+0.3	+0.0	0
2) Peso proprio trave	0	35949	+16.0	-14.9	+0.0	0
2a) Sollevamento trave (*1.15)	30245	41341.4	+23.6	-12.0	+0.0	0
2b) Perdita per rilassamento (20%)	7332.362	3049	+2.6	-0.0	+0.0	0
3) Perdite*(50%)	79183.91	32929	+28.3	-0.0	+0.0	0
4) Peso soletta	0	48695	+21.6	-20.2	+0.0	0
5a) perm.port.	0	24061	+8.4	-1.9	-10.1	0
5b) perdite/ 50%)	79183.91	32929	+18.4	+4.2	-5.3	0
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0
7) Carichi mobili	0	157633	+55.2	-12.6	-25.3	0

Combinazioni - SLE_II	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ (by)	τ	σ d I	σ d II
1° fase) 1+2+2b	-706575	-257882	-236.2	-14.6	+0.0	-121.7	0.0	0.0	-121.7
1a° fase) 1+2a+2b	-676330	-252490	-228.6	-11.6	0	-116.5	0.0	0.0	-116.5
2° fase) 1+2+3+4	-634723	-179307	-188.9	-34.9	+0.0	-109.3	0.0	0.0	-109.3
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-634723	-155246	-180.5	-36.8	-10	-63.5	0.0	0.0	-63.5
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-555540	35315	-106.9	-45.2	-41	-56.6	0.0	0.0	-56.6

COMBINAZIONE – QP_I

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)
1) Precompressione t0	-713907.3	-296880	-254.8	+0.3	+0.0	0
2) Peso proprio trave	0	35949	+16.0	-14.9	+0.0	0
2a) Sollevamento trave (*1.15)	30245	41341.4	+23.6	-12.0	+0.0	0
2b) Perdita per rilassamento (20%)	7332.362	3049	+2.6	-0.0	+0.0	0
3) Perdite*(50%)	79183.91	32929	+28.3	-0.0	+0.0	0
4) Peso soletta	0	48695	+21.6	-20.2	+0.0	0
5a) perm.port.	0	24061	+8.4	-1.9	-10.1	0
5b) perdite/ 50%)	79183.91	32929	+18.4	+4.2	-5.3	0
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	-224.11	141.336	+0.0	-0.0	+0.0	0
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	224	568.08	+0.0	+0.0	-0.1	0
7) Carichi mobili*0.0	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0

Combinazioni - QP_I	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ (by)	τ	σ d I	σ d II
1° fase) 1+2+2b	-706575	-257882	-236.2	-14.6	+0.0	-121.7	0.0	0.0	-121.7
1a° fase) 1+2a+2b	-676330	-252490	-228.6	-11.6	0	-116.5	0.0	0.0	-116.5
2° fase) 1+2+3+4	-634723	-179307	-188.9	-34.9	+0.0	-109.3	0.0	0.0	-109.3
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-634948	-155105	-180.5	-36.8	-10	-63.5	0.0	0.0	-63.5
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-555764	-122176	-162.1	-32.6	-15	-56.7	0.0	0.0	-56.7

COMBINAZIONE – QP_II

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)			
1) Precompressione t0	-713907.3	-296880	-254.8	+0.3	+0.0	0			
2) Peso proprio trave	0	35949	+16.0	-14.9	+0.0	0			
2a) Sollevamento trave (*1.15)	30245	41341.4	+23.6	-12.0	+0.0	0			
2b) Perdita per rilassamento (20%)	7332.362	3049	+2.6	-0.0	+0.0	0			
3) Perdite*(50%)	79183.91	32929	+28.3	-0.0	+0.0	0			
4) Peso soletta	0	48695	+21.6	-20.2	+0.0	0			
5a) perm.port.	0	24061	+8.4	-1.9	-10.1	0			
5b) perdite/ 50%)	79183.91	32929	+18.4	+4.2	-5.3	0			
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0			
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0			
7) Carichi mobili*0.0	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0			

Combinazioni - QP_II	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ(by)	τ	σid I	σid II
1° fase) 1+2+2b	-706575	-257882	-236.2	-14.6	+0.0	-121.7	0.0	0.0	-121.7
1a° fase) 1+2a+2b	-676330	-252490	-228.6	-11.6	0	-116.5	0.0	0.0	-116.5
2° fase) 1+2+3+4	-634723	-179307	-188.9	-34.9	+0.0	-109.3	0.0	0.0	-109.3
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-634723	-155246	-180.5	-36.8	-10	-63.5	0.0	0.0	-63.5
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-555540	-122318	-162.1	-32.6	-15	-56.6	0.0	0.0	-56.6

COMBINAZIONE – FR_I

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)			
1) Precompressione t0	-713907.3	-296880	-254.8	+0.3	+0.0	0			
2) Peso proprio trave	0	35949	+16.0	-14.9	+0.0	0			
2a) Sollevamento trave (*1.15)	30245	41341.4	+23.6	-12.0	+0.0	0			
2b) Perdita per rilassamento (20%)	7332.362	3049	+2.6	-0.0	+0.0	0			
3) Perdite*(50%)	79183.91	32929	+28.3	-0.0	+0.0	0			
4) Peso soletta	0	48695	+21.6	-20.2	+0.0	0			
5a) perm.port.	0	24061	+8.4	-1.9	-10.1	0			
5b) perdite/ 50%)	79183.91	32929	+18.4	+4.2	-5.3	0			
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	-224.11	141.336	+0.0	-0.0	+0.0	0			
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	224	568.08	+0.0	+0.0	-0.1	0			
7) Carichi mobili*0.75	0	118225	+41.4	-9.4	-19.0	0			

Combinazioni - FR_I	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ(by)	τ	σid I	σid II
1° fase) 1+2+2b	-706575	-257882	-236.2	-14.6	+0.0	-121.7	0.0	0.0	-121.7
1a° fase) 1+2a+2b	-676330	-252490	-228.6	-11.6	0	-116.5	0.0	0.0	-116.5
2° fase) 1+2+3+4	-634723	-179307	-188.9	-34.9	+0.0	-109.3	0.0	0.0	-109.3
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-634948	-155105	-180.5	-36.8	-10	-63.5	0.0	0.0	-63.5
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-555764	-3952	-120.7	-42.1	-34	-56.7	0.0	0.0	-56.7

COMBINAZIONE – FR_II

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)			
1) Precompressione t0	-713907.3	-296880	-254.8	+0.3	+0.0	0			
2) Peso proprio trave	0	35949	+16.0	-14.9	+0.0	0			
2a) Sollevamento trave (*1.15)	30245	41341.4	+23.6	-12.0	+0.0	0			
2b) Perdita per rilassamento (20%)	7332.362	3049	+2.6	-0.0	+0.0	0			
3) Perdite*(50%)	79183.91	32929	+28.3	-0.0	+0.0	0			
4) Peso soletta	0	48695	+21.6	-20.2	+0.0	0			
5a) perm.port.	0	24061	+8.4	-1.9	-10.1	0			
5b) perdite/ 50%)	79183.91	32929	+18.4	+4.2	-5.3	0			
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0			
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0			
7) Carichi mobili*0.75	0	118225	+41.4	-9.4	-19.0	0			

Combinazioni - FR_II	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ(by)	τ	σid I	σid II
1° fase) 1+2+2b	-706575	-257882	-236.2	-14.6	+0.0	-121.7	0.0	0.0	-121.7
1a° fase) 1+2a+2b	-676330	-252490	-228.6	-11.6	0	-116.5	0.0	0.0	-116.5
2° fase) 1+2+3+4	-634723	-179307	-188.9	-34.9	+0.0	-109.3	0.0	0.0	-109.3
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-634723	-155246	-180.5	-36.8	-10	-63.5	0.0	0.0	-63.5
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-555540	-4093	-120.7	-42.0	-34	-56.6	0.0	0.0	-56.6

Trave a cassone			Verifica nella sezione x = 500 cm								
Dati sezione prefabbricata											
Ap	5490	cmq	Area			Trefoli			Armature		
Sxp	323361	cm ³	Momento statico rispetto a x	bsol*hsol		y	n	A	y	A	
ygp	58.90	cm	Y baricentro			5.0	10	1.39	45.0	0.00	
Jxp	31155963	cm ⁴	Momento d'inertia rispetto a x			10.0	10	1.39	65.0	0.00	
Jg	12110000	cm ⁴	Momento d'inertia rispetto a G			15.0	10	1.39	0.0	0.00	
Dati per la verifica al taglio											
by	28	cm	Spessore corda			20.0	4	1.39	0.0	0.00	
y	0	cm	Distanza corda lembo inf. (=0 se baricentrico)			100.0	2	1.39	0.0	0.00	
Sy	0	cm ³	Momento statico (=0 se baricentrico)			105.0	2	1.39	0.0	0.00	
Dati getto in opera											
bsol	255.00	cm	Larghezza soletta			0.0	0	0.00	0.0	0.00	
hsol	25.00	cm	Altezza soletta			0.0	0	0.00	0.0	0.00	
nsol	0.905		Coeff. omogen. soletta			0.0	0	0.00	Act	0.00	
As	5766.40	cmq	Area			0.0	0	0.00	mo=	6	
Sxs	706385	cm ³	Momento statico			0.0	0	0.00			
ygs	122.50	cm	Y baricentro			0.0	0	0.00			
Jxs	86832441	cm ⁴	Momento d'inertia rispetto a x			0.0	0	0.00			
yi	0.00	cm	Y lembo inferiore trave prefabbricata			0.0	0	0.00			
ys	110.00	cm	Y lembo superiore trave prefabbricata			15.26	38	52.82			
ysol	135.00	cm	Y lembo superiore soletta			mp=	6				
Dati sezione prefabbricata con armature											
Apo	5807	cmq	Area			S0	14250	Kg/cmq	Tiro iniziale (=0.75*fptk)		
Sxpo	329950	cm ³	Momento statico			fptk	19000	Kg/cmq	Tens. caratt. di rottura		
ygp0	56.82	cm	Y baricentro			ρ^{1000}	2.5		Perdita per rilassamento a 1000 ore		
Jxpo	31549194	cm ⁴	Momento d'inertia rispetto a x			Calcestruzzi					
Jgpo	12801435	cm ⁴	Momento d'inertia rispetto a G			Rckj	500	Kg/cmq	fckj	415	Kg/cmq
Wipo	225298	cm ³	Modulo resistente inferiore			Rck	550	Kg/cmq	fck	456.5	Kg/cmq
Wspo	240719	cm ³	Modulo resistente superiore			Rcksol	450	Kg/cmq	fcksol	373.5	Kg/cmq
Wapo	308046	cm ³	Modulo resistente fibra cavo equiv.			A VUOTO					
Dati sezione prefabbricata con armature + soletta											
Ato	11573	cmq	Area			IN SERVIZIO					
Sxto	1036334	cm ³	Momento statico			Scompr	291		Scompr	205	
ygt0	89.55	cm	Y baricentro			Straz	42		Straz	32	
Jxto	118381634	cm ⁴	Momento d'inertia rispetto a x			S' traz	21		S' traz	14	
Jgto	25583021	cm ⁴	Momento d'inertia rispetto a G			Ssoletta					
Wito	285700	cm ³	Modulo resistente inferiore			Ssoletta	-168.1	Kg/cmq			
Wsto	1250702	cm ³	Modulo resistente superiore								
Wsolo	562822	cm ³	Modulo resistente superiore soletta								

Calcolo delle perdite immediate			
Sc0	734	Kg/cmq	Perdite dovute alla deformazione istantanea del cls
Calcolo delle perdite dipendenti dal tempo			
Sril	694	Kg/cmq	Perdita per rilassamento
Srit	526.5	Kg/cmq	Perdita per ritiro
Svis	2802	Kg/cmq	Perdita per viscosità
Srlit	289	Kg/cmq	Perdita per rilassamento ridotta
Srlim	555	Kg/cmq	Perdita per rilassamento minima (=0.8*Srl)
Perd	3016	Kg/cmq	Perdita totale

COMBINAZIONE – SLE_I

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)			
1) Precompressione t0	-713907.3	-296678	-254.6	+0.3	+0.0	0			
2) Peso proprio trave	0	30574	+13.6	-12.7	+0.0	3111			
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	35160.1	+15.6	-14.6	+0.0	3577.65			
2b) Perdita per rilassamento (20%)	7332.362	3047	+2.6	-0.0	+0.0	0			
3) Perdite*(50%)	79641.5	33097	+28.4	-0.0	+0.0	0			
4) Peso soletta	0	41267	+18.3	-17.1	+0.0	4000			
5a) perm.port.	0	20448	+7.2	-1.6	-9.5	2000			
5b) perdite/ 50%)	79641.5	33097	+18.5	+4.2	-5.3	0			
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	-224.11	141.336	+0.0	-0.0	+0.0	0			
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	224	568.08	+0.0	+0.0	-0.1				
7) Carichi mobili	0	112274	+39.3	-9.0	-18.0	16356			

Combinazioni - SLE I	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ(by)	τ	σid I	σid II
1° fase) 1+2+2b	-706575	-263057	-238.4	-12.4	+0.0	-121.7	0.4	0.0	-121.7
1a° fase) 1+2a+2b	-706575	-258471	-236	-14	0	-121.7	0.5	0.0	-121.7
2° fase) 1+2+3+4	-634266	-191740	-194.3	-29.6	+0.0	-109.2	0.9	0.0	-109.2
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-634490	-171151	-187	-31	-10	-60.2	1.1	0.0	-60.3
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-554848	-25780	-129	-36	-33	-53.4	4.0	0.3	-53.7

COMBINAZIONE – SLE_II

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)			
1) Precompressione t0	-713907.3	-296678	-254.6	+0.3	+0.0	0			
2) Peso proprio trave	0	30574	+13.6	-12.7	+0.0	3111			
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	35160.1	+15.6	-14.6	+0.0	3577.65			
2b) Perdita per rilassamento (20%)	7332.362	3047	+2.6	-0.0	+0.0	0			
3) Perdite*(50%)	79641.5	33097	+28.4	-0.0	+0.0	0			
4) Peso soletta	0	41267	+18.3	-17.1	+0.0	4000			
5a) perm.port.	0	20448	+7.2	-1.6	-9.5	2000			
5b) perdite/ 50%)	79641.5	33097	+18.5	+4.2	-5.3	0			
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0			
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0				
7) Carichi mobili	0	112274	+39.3	-9.0	-18.0	16356			

Combinazioni - SLE II	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ(by)	τ	σid I	σid II
1° fase) 1+2+2b	-706575	-263057	-238.4	-12.4	+0.0	-121.7	0.4	0.0	-121.7
1a° fase) 1+2a+2b	-706575	-258471	-236	-14	0	-121.7	0.5	0.0	-121.7
2° fase) 1+2+3+4	-634266	-191740	-194.3	-29.6	+0.0	-109.2	0.9	0.0	-109.2
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-634266	-171292	-187	-31	-10	-60.2	1.1	0.0	-60.2
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-554624	-25922	-129	-36	-33	-53.3	4.0	0.3	-53.6

COMBINAZIONE – QP_I

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)			
1) Precompressione t0	-713907.3	-296678	-254.6	+0.3	+0.0	0			
2) Peso proprio trave	0	30574	+13.6	-12.7	+0.0	3111			
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	35160.1	+15.6	-14.6	+0.0	3577.65			
2b) Perdita per rilassamento (20%)	7332.362	3047	+2.6	-0.0	+0.0	0			
3) Perdite*(50%)	79641.5	33097	+28.4	-0.0	+0.0	0			
4) Peso soletta	0	41267	+18.3	-17.1	+0.0	4000			
5a) perm.port.	0	20448	+7.2	-1.6	-9.5	2000			
5b) perdite/ 50%)	79641.5	33097	+18.5	+4.2	-5.3	0			
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	-224.11	141.336	+0.0	-0.0	+0.0	0			
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	224	568.08	+0.0	+0.0	-0.1				
7) Carichi mobili*0.0	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0			

Combinazioni - QP I	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ(by)	τ	σid I	σid II
1° fase) 1+2+2b	-706575	-263057	-238.4	-12.4	+0.0	-121.7	0.4	0.0	-121.7
1a° fase) 1+2a+2b	-706575	-258471	-236	-14	0	-121.7	0.5	0.0	-121.7
2° fase) 1+2+3+4	-634266	-191740	-194.3	-29.6	+0.0	-109.2	0.9	0.0	-109.2
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-634490	-171151	-187	-31	-10	-60.2	1.1	0.0	-60.3
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-554848	-138054	-169	-27	-15	-53.4	1.4	0.0	-53.4

COMBINAZIONE – QP_II

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)			
1) Precompressione t0	-713907.3	-296678	-254.6	+0.3	+0.0	0			
2) Peso proprio trave	0	30574	+13.6	-12.7	+0.0	3111			
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	35160.1	+15.6	-14.6	+0.0	3577.65			
2b) Perdita per rilassamento (20%)	7332.362	3047	+2.6	-0.0	+0.0	0			
3) Perdite*(50%)	79641.5	33097	+28.4	-0.0	+0.0	0			
4) Peso soletta	0	41267	+18.3	-17.1	+0.0	4000			
5a) perm.port.	0	20448	+7.2	-1.6	-9.5	2000			
5b) perdite/ 50%)	79641.5	33097	+18.5	+4.2	-5.3	0			
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0			
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0			
7) Carichi mobili*0.0	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0			

Combinazioni - QP_II	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ(by)	τ	σid I	σid II
1° fase) 1+2+2b	-706575	-263057	-238.4	-12.4	+0.0	-121.7	0.4	0.0	-121.7
1a° fase) 1+2a+2b	-706575	-258471	-236	-14	0	-121.7	0.5	0.0	-121.7
2° fase) 1+2+3+4	-634266	-191740	-194.3	-29.6	+0.0	-109.2	0.9	0.0	-109.2
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-634266	-171292	-187	-31	-10	-60.2	1.1	0.0	-60.2
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-554624	-138196	-169	-27	-15	-53.3	1.4	0.0	-53.4

COMBINAZIONE – FR_I

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)			
1) Precompressione t0	-713907.3	-296678	-254.6	+0.3	+0.0	0			
2) Peso proprio trave	0	30574	+13.6	-12.7	+0.0	3111			
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	35160.1	+15.6	-14.6	+0.0	3577.65			
2b) Perdita per rilassamento (20%)	7332.362	3047	+2.6	-0.0	+0.0	0			
3) Perdite*(50%)	79641.5	33097	+28.4	-0.0	+0.0	0			
4) Peso soletta	0	41267	+18.3	-17.1	+0.0	4000			
5a) perm.port.	0	20448	+7.2	-1.6	-9.5	2000			
5b) perdite/ 50%)	79641.5	33097	+18.5	+4.2	-5.3	0			
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	-224.11	141.336	+0.0	-0.0	+0.0	0			
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	224	568.08	+0.0	+0.0	-0.1	0			
7) Carichi mobili*0.75	0	84205.5	+29.5	-6.7	-13.5	12267			

Combinazioni - FR_I	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ(by)	τ	σid I	σid II
1° fase) 1+2+2b	-706575	-263057	-238.4	-12.4	+0.0	-121.7	0.4	0.0	-121.7
1a° fase) 1+2a+2b	-706575	-258471	-236	-14	0	-121.7	0.5	0.0	-121.7
2° fase) 1+2+3+4	-634266	-191740	-194.3	-29.6	+0.0	-109.2	0.9	0.0	-109.2
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-634490	-171151	-187	-31	-10	-60.2	1.1	0.0	-60.3
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-554848	-53849	-139	-34	-28	-53.4	3.4	0.2	-53.6

COMBINAZIONE – FR_II

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)			
1) Precompressione t0	-713907.3	-296678	-254.6	+0.3	+0.0	0			
2) Peso proprio trave	0	30574	+13.6	-12.7	+0.0	3111			
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	35160.1	+15.6	-14.6	+0.0	3577.65			
2b) Perdita per rilassamento (20%)	7332.362	3047	+2.6	-0.0	+0.0	0			
3) Perdite*(50%)	79641.5	33097	+28.4	-0.0	+0.0	0			
4) Peso soletta	0	41267	+18.3	-17.1	+0.0	4000			
5a) perm.port.	0	20448	+7.2	-1.6	-9.5	2000			
5b) perdite/ 50%)	79641.5	33097	+18.5	+4.2	-5.3	0			
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0			
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0			
7) Carichi mobili*0.75	0	84205.5	+29.5	-6.7	-13.5	12267			

Combinazioni - FR_II	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ(by)	τ	σid I	σid II
1° fase) 1+2+2b	-706575	-263057	-238.4	-12.4	+0.0	-121.7	0.4	0.0	-121.7
1a° fase) 1+2a+2b	-706575	-258471	-236	-14	0	-121.7	0.5	0.0	-121.7
2° fase) 1+2+3+4	-634266	-191740	-194.3	-29.6	+0.0	-109.2	0.9	0.0	-109.2
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-634266	-171292	-187	-31	-10	-60.2	1.1	0.0	-60.2
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-554624	-53990	-139	-34	-28	-53.3	3.4	0.2	-53.5

Trave a cassone			Verifica nella sezione		x = 415 cm	-inizio zona inguainata		
Dati sezione prefabbricata								
Ap	5490	cmq	Area					
Sxp	323361	cm ³	Momento statico rispetto a x	bsol*hsol				
ygp	58.90	cm	Y baricentro					
Jxp	31155963	cm ⁴	Momento d'inerzia rispetto a x					
Jg	12110000	cm ⁴	Momento d'inerzia rispetto a G					
Dati per la verifica al taglio								
by	28	cm	Spessore corda					
y	0	cm	Distanza corda lembo inf. (=0 se baricentrico)					
Sy	0	cm ³	Momento statico (=0 se baricentrico)					
Dati getto in opera								
bsol	255.00	cm	Larghezza soletta					
hsol	25.00	cm	Altezza soletta					
nsol	0.905		Coeff. omogen. soletta					
As	5766.40	cmq	Area					
Sxs	706385	cm ³	Momento statico					
ygs	122.50	cm	Y baricentro					
Jxs	86832441	cm ⁴	Momento d'inerzia rispetto a x					
yi	0.00	cm	Y lembo inferiore trave prefabbricata					
ys	110.00	cm	Y lembo superiore trave prefabbricata					
ysol	135.00	cm	Y lembo superiore soletta					
Dati sezione prefabbricata con armature								
Apo	5807	cmq	Area					
Sxpo	329950	cm ³	Momento statico					
ygp	56.82	cm	Y baricentro					
Jxpo	31549194	cm ⁴	Momento d'inerzia rispetto a x					
Jgpo	12801435	cm ⁴	Momento d'inerzia rispetto a G					
Wipo	225298	cm ³	Modulo resistente inferiore					
Wspo	240719	cm ³	Modulo resistente superiore					
Wapo	308046	cm ³	Modulo resistente fibra cavo equiv.					
Dati sezione prefabbricata con armature + soletta								
Ato	11573	cmq	Area					
Sxto	1036334	cm ³	Momento statico					
ygo	89.55	cm	Y baricentro					
Jxto	118381634	cm ⁴	Momento d'inerzia rispetto a x					
Jgto	25583021	cm ⁴	Momento d'inerzia rispetto a G					
Wito	285700	cm ³	Modulo resistente inferiore					
Wsto	1250702	cm ³	Modulo resistente superiore					
Wsolo	562822	cm ³	Modulo resistente superiore soletta					
Calcestruzzi								
Rckj	500	Kg/cmq	fckj	415	Kg/cmq			
Rck	550	Kg/cmq	fck	456.5	Kg/cmq			
Rcksol	450	Kg/cmq	fcksol	373.5	Kg/cmq			
A VUOTO								
IN SERVIZIO								
Scompr	291		Scompr	205				
Straz	42		Straz	32				
S' traz	21		S' traz	14				
Ssoletta								
Ssoletta	-168.1	Kg/cmq						

Calcolo delle perdite immediate		
Sco	734	Kg/cmq Perdite dovute alla deformazione istantanea del cls
Calcolo delle perdite dipendenti dal tempo		
Sril	694	Kg/cmq Perdita per rilassamento
Srit	526.5	Kg/cmq Perdita per ritiro
Svis	2807	Kg/cmq Perdita per viscosità
Srlit	288	Kg/cmq Perdita per rilassamento ridotta
Srlim	555	Kg/cmq Perdita per rilassamento minima (=0.8*Sril)
Perd	3020	Kg/cmq Perdita totale

COMBINAZIONE – SLE_I

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)				
1) Precompressione t0	-713907.3	-296678	-254.6	+0.3	+0.0	0				
2) Peso proprio trave	0	29376	+13.0	-12.2	+0.0	3406				
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	33782.4	+15.0	-14.0	+0.0	3916.9				
2b) Perdita per rilassamento (20%)	7332.362	3047	+2.6	-0.0	+0.0	0				
3) Perdite*(50%)	79748.25	33141	+28.4	-0.0	+0.0	0				
4) Peso soletta	0	39621	+17.6	-16.5	+0.0	4404				
5a) perm.port.	0	19643	+6.9	-1.6	-9.4	2205				
5b) perdite/ 50%)	79748.25	33141	+18.5	+4.2	-5.3	0				
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	-224.11	141.336	+0.0	-0.0	+0.0	0				
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	224	568.08	+0.0	+0.0	-0.1					
7) Carichi mobili	0	105639	+37.0	-8.4	-17.0	16776				

Combinazioni - SLE_I	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ(by)	τ	σid I	σid II
1° fase) 1+2+2b	-706575	-264255	-239.0	-11.9	+0.0	-121.7	0.4	0.0	-121.7
1a° fase) 1+2a+2b	-706575	-259848	-237.0	-13.7	0	-121.7	0.5	0.0	-121.7
2° fase) 1+2+3+4	-634159	-194540	-195.6	-28.4	+0.0	-109.2	1.0	0.0	-109.2
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-634383	-174756	-188.7	-30.0	-9	-59.5	1.3	0.0	-59.5
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-554635	-35976	-133.2	-34.2	-32	-52.6	4.2	0.3	-53.0

COMBINAZIONE – SLE_II

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)				
1) Precompressione t0	-713907.3	-296678	-254.6	+0.3	+0.0	0				
2) Peso proprio trave	0	29376	+13.0	-12.2	+0.0	3406				
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	33782.4	+15.0	-14.0	+0.0	3916.9				
2b) Perdita per rilassamento (20%)	7332.362	3047	+2.6	-0.0	+0.0	0				
3) Perdite*(50%)	79748.25	33141	+28.4	-0.0	+0.0	0				
4) Peso soletta	0	39621	+17.6	-16.5	+0.0	4404				
5a) perm.port.	0	19643	+6.9	-1.6	-9.4	2205				
5b) perdite/ 50%)	79748.25	33141	+18.5	+4.2	-5.3	0				
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0					
7) Carichi mobili	0	105639	+37.0	-8.4	-17.0	16776				

Combinazioni - SLE_II	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ(by)	τ	σid I	σid II
1° fase) 1+2+2b	-706575	-264255	-239.0	-11.9	+0.0	-121.7	0.4	0.0	-121.7
1a° fase) 1+2a+2b	-706575	-259848	-237.0	-13.7	0	-121.7	0.5	0.0	-121.7
2° fase) 1+2+3+4	-634159	-194540	-195.6	-28.4	+0.0	-109.2	1.0	0.0	-109.2
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-634159	-174897	-188.7	-30.0	-9	-59.5	1.3	0.0	-59.5
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-554411	-36117	-133.2	-34.2	-32	-52.6	4.2	0.3	-52.9

COMBINAZIONE – QP_I

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)				
1) Precompressione t0	-713907.3	-296678	-254.6	+0.3	+0.0	0				
2) Peso proprio trave	0	29376	+13.0	-12.2	+0.0	3406				
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	33782.4	+15.0	-14.0	+0.0	3916.9				
2b) Perdita per rilassamento (20%)	7332.362	3047	+2.6	-0.0	+0.0	0				
3) Perdite*(50%)	79748.25	33141	+28.4	-0.0	+0.0	0				
4) Peso soletta	0	39621	+17.6	-16.5	+0.0	4404				
5a) perm.port.	0	19643	+6.9	-1.6	-9.4	2205				
5b) perdite/ 50%)	79748.25	33141	+18.5	+4.2	-5.3	0				
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	-224.11	141.336	+0.0	-0.0	+0.0	0				
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	224	568.08	+0.0	+0.0	-0.1					
7) Carichi mobili*0.0	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				

Combinazioni - QP_I	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ(by)	τ	σid I	σid II
1° fase) 1+2+2b	-706575	-264255	-239.0	-11.9	+0.0	-121.7	0.4	0.0	-121.7
1a° fase) 1+2a+2b	-706575	-259848	-237.0	-13.7	0	-121.7	0.5	0.0	-121.7
2° fase) 1+2+3+4	-634159	-194540	-195.6	-28.4	+0.0	-109.2	1.0	0.0	-109.2
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-634383	-174756	-188.7	-30.0	-9	-59.5	1.3	0.0	-59.5
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-554635	-141615	-170.2	-25.8	-15	-52.6	1.6	0.0	-52.7

COMBINAZIONE – QP_II

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kg)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)				
1) Precompressione t0	-713907.3	-296678	-254.6	+0.3	+0.0	0				
2) Peso proprio trave	0	29376	+13.0	-12.2	+0.0	3406				
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	33782.4	+15.0	-14.0	+0.0	3916.9				
2b) Perdita per rilassamento (20%)	7332.362	3047	+2.6	-0.0	+0.0	0				
3) Perdite*(50%)	79748.25	33141	+28.4	-0.0	+0.0	0				
4) Peso soletta	0	39621	+17.6	-16.5	+0.0	4404				
5a) perm.port.	0	19643	+6.9	-1.6	-9.4	2205				
5b) perdite/ 50%)	79748.25	33141	+18.5	+4.2	-5.3	0				
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				
7) Carichi mobili*0.0	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				

Combinazioni - QP_II	N(Kg)	M(Kg)	Sinf	Ssup	Ssol	σ (by)	τ	σ id I	σ id II
1° fase) 1+2+2b	-706575	-264255	-239.0	-11.9	+0.0	-121.7	0.4	0.0	-121.7
1a° fase) 1+2a+2b	-706575	-259848	-237.0	-13.7	0	-121.7	0.5	0.0	-121.7
2° fase) 1+2+3+4	-634159	-194540	-195.6	-28.4	+0.0	-109.2	1.0	0.0	-109.2
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-634159	-174897	-188.7	-30.0	-9	-59.5	1.3	0.0	-59.5
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-554411	-141756	-170.2	-25.7	-15	-52.6	1.6	0.0	-52.6

COMBINAZIONE – FR_I

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kg)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)				
1) Precompressione t0	-713907.3	-296678	-254.6	+0.3	+0.0	0				
2) Peso proprio trave	0	29376	+13.0	-12.2	+0.0	3406				
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	33782.4	+15.0	-14.0	+0.0	3916.9				
2b) Perdita per rilassamento (20%)	7332.362	3047	+2.6	-0.0	+0.0	0				
3) Perdite*(50%)	79748.25	33141	+28.4	-0.0	+0.0	0				
4) Peso soletta	0	39621	+17.6	-16.5	+0.0	4404				
5a) perm.port.	0	19643	+6.9	-1.6	-9.4	2205				
5b) perdite/ 50%)	79748.25	33141	+18.5	+4.2	-5.3	0				
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	-224.11	141.336	+0.0	-0.0	+0.0	0				
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	224	568.08	+0.0	+0.0	-0.1					
7) Carichi mobili*0.75	0	79229.3	+27.7	-6.3	-12.7	12582				

Combinazioni - FR_I	N(Kg)	M(Kg)	Sinf	Ssup	Ssol	σ (by)	τ	σ id I	σ id II
1° fase) 1+2+2b	-706575	-264255	-239.0	-11.9	+0.0	-121.7	0.4	0.0	-121.7
1a° fase) 1+2a+2b	-706575	-259848	-237.0	-13.7	0	-121.7	0.5	0.0	-121.7
2° fase) 1+2+3+4	-634159	-194540	-195.6	-28.4	+0.0	-109.2	1.0	0.0	-109.2
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-634383	-174756	-188.7	-30.0	-9	-59.5	1.3	0.0	-59.5
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-554635	-62385	-142.4	-32.1	-27	-52.6	3.5	0.2	-52.9

COMBINAZIONE – FR_II

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kg)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)				
1) Precompressione t0	-713907.3	-296678	-254.6	+0.3	+0.0	0				
2) Peso proprio trave	0	29376	+13.0	-12.2	+0.0	3406				
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	33782.4	+15.0	-14.0	+0.0	3916.9				
2b) Perdita per rilassamento (20%)	7332.362	3047	+2.6	-0.0	+0.0	0				
3) Perdite*(50%)	79748.25	33141	+28.4	-0.0	+0.0	0				
4) Peso soletta	0	39621	+17.6	-16.5	+0.0	4404				
5a) perm.port.	0	19643	+6.9	-1.6	-9.4	2205				
5b) perdite/ 50%)	79748.25	33141	+18.5	+4.2	-5.3	0				
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				
7) Carichi mobili*0.75	0	79229.3	+27.7	-6.3	-12.7	12582				

Combinazioni - FR_II	N(Kg)	M(Kg)	Sinf	Ssup	Ssol	σ (by)	τ	σ id I	σ id II
1° fase) 1+2+2b	-706575	-264255	-239.0	-11.9	+0.0	-121.7	0.4	0.0	-121.7
1a° fase) 1+2a+2b	-706575	-259848	-237.0	-13.7	0	-121.7	0.5	0.0	-121.7
2° fase) 1+2+3+4	-634159	-194540	-195.6	-28.4	+0.0	-109.2	1.0	0.0	-109.2
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-634159	-174897	-188.7	-30.0	-9	-59.5	1.3	0.0	-59.5
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-554411	-62527	-142.5	-32.1	-27	-52.6	3.5	0.2	-52.8

COMBINAZIONE – SLE_I

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgmm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)				
1) Precompressione t0	-642411.4	-264726	-230.0	-1.2	+0.0	0				
2) Peso proprio trave	0	29376	+13.2	-12.2	+0.0	3406				
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	33782.4	+15.2	-14.0	+0.0	3916.9				
2b) Perdita per rilassamento (20%)	6560.535	2703	+2.3	+0.0	+0.0	0				
3) Perdite*(50%)	67658.45	27881	+24.2	+0.1	+0.0	0				
4) Peso soletta	0	39621	+17.8	-16.5	+0.0	4404				
5a) pem.port.	0	19643	+7.0	-1.6	-8.5	2205				
5b) perdite/ 50%)	67658.45	27881	+15.7	+3.6	-4.5	0				
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	-224.11	141.336	+0.0	-0.1	+0.0	0				
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	224	568.08	+0.0	+0.0	-0.1					
7) Carichi mobili	0	105639	+37.4	-8.4	-17.0	16776				

Combinazioni - SLE_I	N(Kg)	M(Kgmm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ(by)	τ	σid I	σid II
1° fase) 1+2+2b	-635851	-232647	-214.5	-13.4	+0.0	-110.1	0.4	0.0	-110.1
1a° fase) 1+2a+2b	-635851	-228241	-213	-15	0	-110.1	0.5	0.0	-110.1
2° fase) 1+2+3+4	-574753	-167849	-174.8	-29.8	+0.0	-99.5	1.0	0.0	-99.6
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-574977	-148064	-168	-31	-9	-56.5	1.3	0.0	-56.5
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-507319	-14544	-115	-36	-30	-50.6	4.3	0.4	-51.0

COMBINAZIONE – SLE_II

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgmm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)				
1) Precompressione t0	-642411.4	-264726	-230.0	-1.2	+0.0	0				
2) Peso proprio trave	0	29376	+13.2	-12.2	+0.0	3406				
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	33782.4	+15.2	-14.0	+0.0	3916.9				
2b) Perdita per rilassamento (20%)	6560.535	2703	+2.3	+0.0	+0.0	0				
3) Perdite*(50%)	67658.45	27881	+24.2	+0.1	+0.0	0				
4) Peso soletta	0	39621	+17.8	-16.5	+0.0	4404				
5a) pem.port.	0	19643	+7.0	-1.6	-8.5	2205				
5b) perdite/ 50%)	67658.45	27881	+15.7	+3.6	-4.5	0				
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0					
7) Carichi mobili	0	105639	+37.4	-8.4	-17.0	16776				

Combinazioni - SLE_II	N(Kg)	M(Kgmm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ(by)	τ	σid I	σid II
1° fase) 1+2+2b	-635851	-232647	-214.5	-13.4	+0.0	-110.1	0.4	0.0	-110.1
1a° fase) 1+2a+2b	-635851	-228241	-213	-15	0	-110.1	0.5	0.0	-110.1
2° fase) 1+2+3+4	-574753	-167849	-174.8	-29.8	+0.0	-99.5	1.0	0.0	-99.6
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-574753	-148206	-168	-31	-8	-56.4	1.3	0.0	-56.5
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-507094	-14686	-115	-36	-30	-50.6	4.3	0.4	-50.9

COMBINAZIONE – QP_I

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgmm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)				
1) Precompressione t0	-642411.4	-264726	-230.0	-1.2	+0.0	0				
2) Peso proprio trave	0	29376	+13.2	-12.2	+0.0	3406				
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	33782.4	+15.2	-14.0	+0.0	3916.9				
2b) Perdita per rilassamento (20%)	6560.535	2703	+2.3	+0.0	+0.0	0				
3) Perdite*(50%)	67658.45	27881	+24.2	+0.1	+0.0	0				
4) Peso soletta	0	39621	+17.8	-16.5	+0.0	4404				
5a) pem.port.	0	19643	+7.0	-1.6	-8.5	2205				
5b) perdite/ 50%)	67658.45	27881	+15.7	+3.6	-4.5	0				
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	-224.11	141.336	+0.0	-0.1	+0.0	0				
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	224	568.08	+0.0	+0.0	-0.1					
7) Carichi mobili*0.0	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				

Combinazioni - QP_I	N(Kg)	M(Kgmm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ(by)	τ	σid I	σid II
1° fase) 1+2+2b	-635851	-232647	-214.5	-13.4	+0.0	-110.1	0.4	0.0	-110.1
1a° fase) 1+2a+2b	-635851	-228241	-213	-15	0	-110.1	0.5	0.0	-110.1
2° fase) 1+2+3+4	-574753	-167849	-174.8	-29.8	+0.0	-99.5	1.0	0.0	-99.6
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-574977	-148064	-168	-31	-9	-56.5	1.3	0.0	-56.5
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-507319	-120183	-152	-28	-13	-50.6	1.6	0.0	-50.7

COMBINAZIONE – QP_II

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kg)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)				
1) Precompressione t0	-642411.4	-264726	-230.0	-1.2	+0.0	0				
2) Peso proprio trave	0	29376	+13.2	-12.2	+0.0	3406				
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	33782.4	+15.2	-14.0	+0.0	3916.9				
2b) Perdita per rilassamento (20%)	6560.535	2703	+2.3	+0.0	+0.0	0				
3) Perdite*(50%)	67658.45	27881	+24.2	+0.1	+0.0	0				
4) Peso soletta	0	39621	+17.8	-16.5	+0.0	4404				
5a) perm.port.	0	19643	+7.0	-1.6	-8.5	2205				
5b) perdite/ 50%)	67658.45	27881	+15.7	+3.6	-4.5	0				
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				
7) Carichi mobili*0.0	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				

Combinazioni - QP_II	N(Kg)	M(Kg)	Sinf	Ssup	Ssol	σ(by)	τ	σid I	σid II
1° fase) 1+2+2b	-635851	-232647	-214.5	-13.4	+0.0	-110.1	0.4	0.0	-110.1
1a° fase) 1+2a+2b	-635851	-228241	-213	-15	0	-110.1	0.5	0.0	-110.1
2° fase) 1+2+3+4	-574753	-167849	-174.8	-29.8	+0.0	-99.5	1.0	0.0	-99.6
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-574753	-148206	-168	-31	-8	-56.4	1.3	0.0	-56.5
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-507094	-120325	-152	-28	-13	-50.6	1.6	0.0	-50.6

COMBINAZIONE – FR_I

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kg)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)				
1) Precompressione t0	-642411.4	-264726	-230.0	-1.2	+0.0	0				
2) Peso proprio trave	0	29376	+13.2	-12.2	+0.0	3406				
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	33782.4	+15.2	-14.0	+0.0	3916.9				
2b) Perdita per rilassamento (20%)	6560.535	2703	+2.3	+0.0	+0.0	0				
3) Perdite*(50%)	67658.45	27881	+24.2	+0.1	+0.0	0				
4) Peso soletta	0	39621	+17.8	-16.5	+0.0	4404				
5a) perm.port.	0	19643	+7.0	-1.6	-8.5	2205				
5b) perdite/ 50%)	67658.45	27881	+15.7	+3.6	-4.5	0				
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	-224.11	141.336	+0.0	-0.1	+0.0	0				
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	224	568.08	+0.0	+0.0	-0.1	0				
7) Carichi mobili*0.75	0	79229.3	+28.0	-6.3	-12.8	12582				

Combinazioni - FR_I	N(Kg)	M(Kg)	Sinf	Ssup	Ssol	σ(by)	τ	σid I	σid II
1° fase) 1+2+2b	-635851	-232647	-214.5	-13.4	+0.0	-110.1	0.4	0.0	-110.1
1a° fase) 1+2a+2b	-635851	-228241	-213	-15	0	-110.1	0.5	0.0	-110.1
2° fase) 1+2+3+4	-574753	-167849	-174.8	-29.8	+0.0	-99.5	1.0	0.0	-99.6
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-574977	-148064	-168	-31	-9	-56.5	1.3	0.0	-56.5
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-507319	-40954	-124	-34	-26	-50.6	3.6	0.3	-50.9

COMBINAZIONE – FR_II

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kg)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)				
1) Precompressione t0	-642411.4	-264726	-230.0	-1.2	+0.0	0				
2) Peso proprio trave	0	29376	+13.2	-12.2	+0.0	3406				
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	33782.4	+15.2	-14.0	+0.0	3916.9				
2b) Perdita per rilassamento (20%)	6560.535	2703	+2.3	+0.0	+0.0	0				
3) Perdite*(50%)	67658.45	27881	+24.2	+0.1	+0.0	0				
4) Peso soletta	0	39621	+17.8	-16.5	+0.0	4404				
5a) perm.port.	0	19643	+7.0	-1.6	-8.5	2205				
5b) perdite/ 50%)	67658.45	27881	+15.7	+3.6	-4.5	0				
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (trave)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.6 (soletta)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				
7) Carichi mobili*0.75	0	79229.3	+28.0	-6.3	-12.8	12582				

Combinazioni - FR_II	N(Kg)	M(Kg)	Sinf	Ssup	Ssol	σ(by)	τ	σid I	σid II
1° fase) 1+2+2b	-635851	-232647	-214.5	-13.4	+0.0	-110.1	0.4	0.0	-110.1
1a° fase) 1+2a+2b	-635851	-228241	-213	-15	0	-110.1	0.5	0.0	-110.1
2° fase) 1+2+3+4	-574753	-167849	-174.8	-29.8	+0.0	-99.5	1.0	0.0	-99.6
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-574753	-148206	-168	-31	-8	-56.4	1.3	0.0	-56.5
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-507094	-41095	-124	-34	-26	-50.6	3.6	0.3	-50.8

Trave a cassone		x = 125 cm		- Fine sezione corrente	
Verifica nella sezione					
Dati sezione prefabbricata					
Ap	5490	cmq	Area		
Sxp	323526	cm ³	Momento statico rispetto a x	bsol*hsol	
ygp	58.93	cm	Y baricentro		
Jxp	31175370	cm ⁴	Momento d'inerzia rispetto a x		
Jg	12110000	cm ⁴	Momento d'inerzia rispetto a G		
Dati per la verifica al taglio					
by	28	cm	Spessore corda		
y	0	cm	Distanza corda lembo inf. (=0 se baricentrico)		
Sy	0	cm ³	Momento statico (=0 se baricentrico)		
Dati getto in opera					
bsol	255.00	cm	Larghezza soletta		
hsol	25.00	cm	Altezza soletta		
nsol	0.905		Coeff. omogen. soletta		
As	5766.40	cmq	Area		
Sxs	706 385	cm ³	Momento statico		
ygs	122.50	cm	Y baricentro		
Jxs	86 832 441	cm ⁴	Momento d'inerzia rispetto a x		
yi	0.00	cm	Y lembo inferiore trave prefabbricata	15.88	34 47.26
ys	110.00	cm	Y lembo superiore trave prefabbricata	mp=	6
ysol	135.00	cm	Y lembo superiore soletta		
Dati sezione prefabbricata con armature					
Apo	5774	cmq	Area	S0	14250 Kg/cmq Tiro iniziale (=0.75*fptk)
Sxpo	329781	cm ³	Momento statico	fptk	19000 Kg/cmq Tens. caratt. di rottura
ygp	57.12	cm	Y baricentro	p ¹⁰⁰⁰	2.5 Perdita per rilassamento a 1000 ore
Jxpo	31565265	cm ⁴	Momento d'inerzia rispetto a x		
Jgpo	12728479	cm ⁴	Momento d'inerzia rispetto a G		
Wipo	222841	cm ³	Modulo resistente inferiore		
Wspo	240701	cm ³	Modulo resistente superiore		
Wapo	308668	cm ³	Modulo resistente fibra cavo equiv.		
Dati sezione prefabbricata con armature + soletta					
Ato	11540	cmq	Area		
Sxto	1036165	cm ³	Momento statico		
ygt	89.79	cm	Y baricentro		
Jxto	118397705	cm ⁴	Momento d'inerzia rispetto a x		
Jgto	25361160	cm ⁴	Momento d'inerzia rispetto a G		
Wito	282452	cm ³	Modulo resistente inferiore		
Wsto	1254838	cm ³	Modulo resistente superiore		
Wsolo	560955	cm ³	Modulo resistente superiore soletta		
Calcestruzzi					
Rckj	500	Kg/cmq			
Rck	550	Kg/cmq			
Rcksol	450	Kg/cmq			
A VUOTO					
Scompr	290.5				
Straz	41.5				
S' traz	20.8				
IN SERVIZIO					
Scompr	205.4				
Straz	32.0				
S' traz	13.7				
Calcolo delle perdite immediate					
Sc	657	Kg/cmq	Perdite dovute alla deformazione istantanea del cls		
Calcolo delle perdite dipendenti dal tempo					
Sril	694	Kg/cmq	Perdita per rilassamento		
Srit	526.5	Kg/cmq	Perdita per ritiro		
Svis	2591	Kg/cmq	Perdita per viscosità		
Srilt	314	Kg/cmq	Perdita per rilassamento ridotta		
Srilm	555	Kg/cmq	Perdita per rilassamento minima (=0.8*Sril)		
Perd	2928	Kg/cmq	Perdita totale		

COMBINAZIONE – SLE_I

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)				
1) Precompressione t0	-642411.4	-264910	-230.1	-1.2	+0.0	0				
2) Peso proprio trave	0	10988	+4.9	-4.6	+0.0	6487				
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				
2b) Perdita per rilassamento (20%)	6560.535	2705	+2.4	+0.0	+0.0	0				
3) Perdite*(50%)	69179.31	28527	+24.8	+0.1	+0.0	0				
4) Peso soletta	0	14338	+6.4	-6.0	+0.0	8236				
5a) perm.port.	0	7148	+2.5	-0.6	-6.6	4265				
5b) perdite/ 50%)	69179.31	28527	+16.1	+3.7	-4.6	0				
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.0 (trave)	-224.11	141.336	+0.0	-0.1	+0.0	0				
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.0 (soletta)	224	568.08	+0.0	+0.0	-0.1					
7) Carichi mobili	0	32512	+11.5	-2.6	-5.2	20086				
Combinazioni - SLE_I	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ(by)	τ	σid I	σid II	
1° fase) 1+2+2b	-635851	-251216	-222.9	-5.8	+0.0	-110.1	0.8	0.0	-110.1	
1a° fase) 1+2a+2b	-635851	-262204	-228	-1	0	-110.1	0.0	0.0	-110.1	
2° fase) 1+2+3+4	-573232	-211056	-194.0	-11.6	+0.0	-99.3	1.9	0.0	-99.3	
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-573456	-203767	-191	-12	-7	-45.2	2.4	0.1	-45.3	
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-504277	-142728	-164	-11	-16	-39.2	6.2	1.0	-40.1	

COMBINAZIONE – SLE_II

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)				
1) Precompressione t0	-642411.4	-264910	-230.1	-1.2	+0.0	0				
2) Peso proprio trave	0	10988	+4.9	-4.6	+0.0	6487				
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				
2b) Perdita per rilassamento (20%)	6560.535	2705	+2.4	+0.0	+0.0	0				
3) Perdite*(50%)	69179.31	28527	+24.8	+0.1	+0.0	0				
4) Peso soletta	0	14338	+6.4	-6.0	+0.0	8236				
5a) perm.port.	0	7148	+2.5	-0.6	-6.6	4265				
5b) perdite/ 50%)	69179.31	28527	+16.1	+3.7	-4.6	0				
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.0 (trave)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.0 (soletta)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0					
7) Carichi mobili	0	32512	+11.5	-2.6	-5.2	20086				
Combinazioni - SLE_II	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ(by)	τ	σid I	σid II	
1° fase) 1+2+2b	-635851	-251216	-222.9	-5.8	+0.0	-110.1	0.8	0.0	-110.1	
1a° fase) 1+2a+2b	-635851	-262204	-228	-1	0	-110.1	0.0	0.0	-110.1	
2° fase) 1+2+3+4	-573232	-211056	-194.0	-11.6	+0.0	-99.3	1.9	0.0	-99.3	
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-573232	-203908	-191	-12	-7	-45.1	2.4	0.1	-45.2	
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-504053	-142869	-164	-11	-16	-39.1	6.2	1.0	-40.1	

COMBINAZIONE – QP_I

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)				
1) Precompressione t0	-642411.4	-264910	-230.1	-1.2	+0.0	0				
2) Peso proprio trave	0	10988	+4.9	-4.6	+0.0	6487				
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				
2b) Perdita per rilassamento (20%)	6560.535	2705	+2.4	+0.0	+0.0	0				
3) Perdite*(50%)	69179.31	28527	+24.8	+0.1	+0.0	0				
4) Peso soletta	0	14338	+6.4	-6.0	+0.0	8236				
5a) perm.port.	0	7148	+2.5	-0.6	-6.6	4265				
5b) perdite/ 50%)	69179.31	28527	+16.1	+3.7	-4.6	0				
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.0 (trave)	-224.11	141.336	+0.0	-0.1	+0.0	0				
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.0 (soletta)	224	568.08	+0.0	+0.0	-0.1					
7) Carichi mobili*0.0	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				
Combinazioni - QP_I	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ(by)	τ	σid I	σid II	
1° fase) 1+2+2b	-635851	-251216	-222.9	-5.8	+0.0	-110.1	0.8	0.0	-110.1	
1a° fase) 1+2a+2b	-635851	-262204	-228	-1	0	-110.1	0.0	0.0	-110.1	
2° fase) 1+2+3+4	-573232	-211056	-194.0	-11.6	+0.0	-99.3	1.9	0.0	-99.3	
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-573456	-203767	-191	-12	-7	-45.2	2.4	0.1	-45.3	
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-504277	-175240	-175	-9	-11	-39.2	3.0	0.2	-39.4	

COMBINAZIONE – QP_II

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)				
1) Precompressione t0	-642411.4	-264910	-230.1	-1.2	+0.0	0				
2) Peso proprio trave	0	10988	+4.9	-4.6	+0.0	6487				
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				
2b) Perdita per rilassamento (20%)	6560.535	2705	+2.4	+0.0	+0.0	0				
3) Perdite*(50%)	69179.31	28527	+24.8	+0.1	+0.0	0				
4) Peso soletta	0	14338	+6.4	-6.0	+0.0	8236				
5a) perm.port.	0	7148	+2.5	-0.6	-6.6	4265				
5b) perdite/ 50%	69179.31	28527	+16.1	+3.7	-4.6	0				
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.0 (trave)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.0 (soletta)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0					
7) Carichi mobili*0.0	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				
Combinazioni - QP_II	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ (by)	τ	σ id I	σ id II	
1° fase) 1+2+2b	-635851	-251216	-222.9	-5.8	+0.0	-110.1	0.8	0.0	-110.1	
1a° fase) 1+2a+2b	-635851	-262204	-228	-1	0	-110.1	0.0	0.0	-110.1	
2° fase) 1+2+3+4	-573232	-211056	-194.0	-11.6	+0.0	-99.3	1.9	0.0	-99.3	
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-573232	-203908	-191	-12	-7	-45.1	2.4	0.1	-45.2	
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-504053	-175381	-175	-8	-11	-39.1	3.0	0.2	-39.4	

COMBINAZIONE – FR_I

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)				
1) Precompressione t0	-642411.4	-264910	-230.1	-1.2	+0.0	0				
2) Peso proprio trave	0	10988	+4.9	-4.6	+0.0	6487				
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				
2b) Perdita per rilassamento (20%)	6560.535	2705	+2.4	+0.0	+0.0	0				
3) Perdite*(50%)	69179.31	28527	+24.8	+0.1	+0.0	0				
4) Peso soletta	0	14338	+6.4	-6.0	+0.0	8236				
5a) perm.port.	0	7148	+2.5	-0.6	-6.6	4265				
5b) perdite/ 50%	69179.31	28527	+16.1	+3.7	-4.6	0				
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.0 (trave)	-224.11	141.336	+0.0	-0.1	+0.0	0				
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.0 (soletta)	224	568.08	+0.0	+0.0	-0.1					
7) Carichi mobili*0.75	0	24384	+8.6	-1.9	-3.9	15064.5				
Combinazioni - FR_I	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ (by)	τ	σ id I	σ id II	
1° fase) 1+2+2b	-635851	-251216	-222.9	-5.8	+0.0	-110.1	0.8	0.0	-110.1	
1a° fase) 1+2a+2b	-635851	-262204	-228	-1	0	-110.1	0.0	0.0	-110.1	
2° fase) 1+2+3+4	-573232	-211056	-194.0	-11.6	+0.0	-99.3	1.9	0.0	-99.3	
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-573456	-203767	-191	-12	-7	-45.2	2.4	0.1	-45.3	
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-504277	-150856	-167	-10	-15	-39.2	5.4	0.7	-39.9	

COMBINAZIONE – FR_II

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)				
1) Precompressione t0	-642411.4	-264910	-230.1	-1.2	+0.0	0				
2) Peso proprio trave	0	10988	+4.9	-4.6	+0.0	6487				
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				
2b) Perdita per rilassamento (20%)	6560.535	2705	+2.4	+0.0	+0.0	0				
3) Perdite*(50%)	69179.31	28527	+24.8	+0.1	+0.0	0				
4) Peso soletta	0	14338	+6.4	-6.0	+0.0	8236				
5a) perm.port.	0	7148	+2.5	-0.6	-6.6	4265				
5b) perdite/ 50%	69179.31	28527	+16.1	+3.7	-4.6	0				
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.0 (trave)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0				
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.0 (soletta)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0					
7) Carichi mobili*0.75	0	24384	+8.6	-1.9	-3.9	15064.5				
Combinazioni - FR_II	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	σ (by)	τ	σ id I	σ id II	
1° fase) 1+2+2b	-635851	-251216	-222.9	-5.8	+0.0	-110.1	0.8	0.0	-110.1	
1a° fase) 1+2a+2b	-635851	-262204	-228	-1	0	-110.1	0.0	0.0	-110.1	
2° fase) 1+2+3+4	-573232	-211056	-194.0	-11.6	+0.0	-99.3	1.9	0.0	-99.3	
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-573232	-203908	-191	-12	-7	-45.1	2.4	0.1	-45.2	
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-504053	-150997	-167	-10	-15	-39.1	5.4	0.7	-39.9	

5.10 RIEPILOGO DELLE VERIFICHE

5.10.1 Verifica delle tensioni - SLE

TENSIONI (daN/cm²)

Legenda:

- 1° fase: precompressione + peso trave + 50% cadute tensioni;
 2° fase: getto soletta e traversi + ulteriore 50% cadute tensioni;
 3° fase: sovraccarichi permanenti;
 4° fase: sovraccarichi d' esercizio;
 S_{sup} tensione cls al bordo superiore trave prefabbricata
 S_{inf} tensione cls al bordo inferiore trave prefabbricata
 S_{sol} tensione cls al bordo superiore soletta

Sezione x= (cm) 725.00

Combinazioni - SLE_I	Sinf	Ssup	Ssol	Combinazioni - SLE_II	Sinf	Ssup	Ssol
1° fase) 1+2+2b	-236.2	-14.6	+0.0	1° fase) 1+2+2b	-236.2	-14.6	+0.0
1a° fase) 1+2a+2b	-228.6	-11.6	0	1a° fase) 1+2a+2b	-228.6	-11.6	0
2° fase) 1+2+3+4	-188.9	-34.9	+0.0	2° fase) 1+2+3+4	-188.9	-34.9	+0.0
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-180.5	-36.8	-10	3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-180.5	-36.8	-10
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-106.9	-45.2	-41	4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-106.9	-45.2	-41

Sezione x= (cm) 500.00

Combinazioni - SLE_I	Sinf	Ssup	Ssol	Combinazioni - SLE_II	Sinf	Ssup	Ssol
1° fase) 1+2+2b	-238.4	-12.4	+0.0	1° fase) 1+2+2b	-238.4	-12.4	+0.0
1a° fase) 1+2a+2b	-236	-14	0	1a° fase) 1+2a+2b	-236	-14	0
2° fase) 1+2+3+4	-194.3	-29.6	+0.0	2° fase) 1+2+3+4	-194.3	-29.6	+0.0
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-187	-31	-10	3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-187	-31	-10
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-129	-36	-33	4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-129	-36	-33

Sezione x= (cm) 415.00

Combinazioni - SLE_I	Sinf	Ssup	Ssol	Combinazioni - SLE_II	Sinf	Ssup	Ssol
1° fase) 1+2+2b	-239.0	-11.9	+0.0	1° fase) 1+2+2b	-239.0	-11.9	+0.0
1a° fase) 1+2a+2b	-237.0	-13.7	0	1a° fase) 1+2a+2b	-237.0	-13.7	0
2° fase) 1+2+3+4	-195.6	-28.4	+0.0	2° fase) 1+2+3+4	-195.6	-28.4	+0.0
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-188.7	-30.0	-9	3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-188.7	-30.0	-9
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-133.2	-34.2	-32	4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-133.2	-34.2	-32

Sezione x= (cm) 415.00 (sez. inguinata)

Combinazioni - SLE_I	Sinf	Ssup	Ssol	Combinazioni - SLE_II	Sinf	Ssup	Ssol
1° fase) 1+2+2b	-214.5	-13.4	+0.0	1° fase) 1+2+2b	-214.5	-13.4	+0.0
1a° fase) 1+2a+2b	-213	-15	0	1a° fase) 1+2a+2b	-213	-15	0
2° fase) 1+2+3+4	-174.8	-29.8	+0.0	2° fase) 1+2+3+4	-174.8	-29.8	+0.0
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-168	-31	-8	3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-168	-31	-8
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-115	-36	-30	4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-115	-36	-30

Sezione x= (cm) 125.00 (Fine sez. corrente)

Combinazioni - SLE_I	Sinf	Ssup	Ssol	Combinazioni - SLE_II	Sinf	Ssup	Ssol
1° fase) 1+2+2b	-222.9	-5.8	+0.0	1° fase) 1+2+2b	-222.9	-5.8	+0.0
1a° fase) 1+2a+2b	-228	-1	0	1a° fase) 1+2a+2b	-228	-1	0
2° fase) 1+2+3+4	-194.0	-11.6	+0.0	2° fase) 1+2+3+4	-194.0	-11.6	+0.0
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-191	-12	-7	3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-191	-12	-7
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-164	-11	-16	4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-164	-11	-16

Le tensioni negative sono di compressione.

	2.1.2 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord–Matelica Sud/Castelraimondo Nord CAVALCAVIA PER NUOVA VIABILITA' AL Km 0+310 PONTE PAGLIANO: Relazione tecnica e di calcolo impalcato								
	Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 47 di 78

Le tensioni risultano essere inferiori ai valori indicati nella normativa (1° fase: $\sigma \geq -291$ daN/cm² e $\sigma \leq 42$ daN/cm²; 2°,3°e 4° fase: $\sigma \geq -205$ daN/cm² e $\sigma \leq 32$ daN/cm²).

5.10.2 Verifica a fessurazione – QP-FR

Si riporta, di seguito, la verifica a fessurazione nella condizione FR che risulta maggiormente penalizzante.

TENSIONI (daN/cm²)

Legenda:

- 1° fase: precompressione + peso trave + 50% cadute tensioni;
 2° fase: getto soletta e traversi + ulteriore 50% cadute tensioni;
 3° fase: sovraccarichi permanenti;
 4° fase: sovraccarichi d'esercizio;
 S_{sup}: tensione cls al bordo superiore trave prefabbricata
 S_{inf}: tensione cls al bordo inferiore trave prefabbricata
 S_{sol}: tensione cls al bordo superiore soletta

Sezione x= (cm) 725

Combinazioni - FR I	Sinf	Ssup	Ssol
1° fase) 1+2+2b	-236.2	-14.6	+0.0
1a° fase) 1+2a+2b	-228.6	-11.6	0
2° fase) 1+2+3+4	-188.9	-34.9	+0.0
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-180.5	-36.8	-10
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-120.7	-42.1	-34

Combinazioni - FR II	Sinf	Ssup	Ssol
1° fase) 1+2+2b	-236.2	-14.6	+0.0
1a° fase) 1+2a+2b	-228.6	-11.6	0
2° fase) 1+2+3+4	-188.9	-34.9	+0.0
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-180.5	-36.8	-10
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-120.7	-42.0	-34

Sezione x= (cm) 500

Combinazioni - FR I	Sinf	Ssup	Ssol
1° fase) 1+2+2b	-238.4	-12.4	+0.0
1a° fase) 1+2a+2b	-236	-14	0
2° fase) 1+2+3+4	-194.3	-29.6	+0.0
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-187	-31	-10
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-139	-34	-28

Combinazioni - FR II	Sinf	Ssup	Ssol
1° fase) 1+2+2b	-238.4	-12.4	+0.0
1a° fase) 1+2a+2b	-236	-14	0
2° fase) 1+2+3+4	-194.3	-29.6	+0.0
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-187	-31	-10
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-139	-34	-28

Sezione x= (cm) 415.00

Combinazioni - FR I	Sinf	Ssup	Ssol
1° fase) 1+2+2b	-239.0	-11.9	+0.0
1a° fase) 1+2a+2b	-237.0	-13.7	0
2° fase) 1+2+3+4	-195.6	-28.4	+0.0
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-188.7	-30.0	-9
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-142.4	-32.1	-27

Combinazioni - FR II	Sinf	Ssup	Ssol
1° fase) 1+2+2b	-239.0	-11.9	+0.0
1a° fase) 1+2a+2b	-237.0	-13.7	0
2° fase) 1+2+3+4	-195.6	-28.4	+0.0
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-188.7	-30.0	-9
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-142.5	-32.1	-27

Sezione x= (cm) 415.00 (sez. inguinata)

Combinazioni - FR_I	Sinf	Ssup	Ssol
1° fase) 1+2+2b	-214.5	-13.4	+0.0
1a° fase) 1+2a+2b	-213	-15	0
2° fase) 1+2+3+4	-174.8	-29.8	+0.0
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-168	-31	-9
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-124	-34	-26

Combinazioni - FR_II	Sinf	Ssup	Ssol
1° fase) 1+2+2b	-214.5	-13.4	+0.0
1a° fase) 1+2a+2b	-213	-15	0
2° fase) 1+2+3+4	-174.8	-29.8	+0.0
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-168	-31	-8
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-124	-34	-26

Sezione x= (cm) 125.00 (fine sez. corrente)

Combinazioni - FR_I	Sinf	Ssup	Ssol
1° fase) 1+2+2b	-222.9	-5.8	+0.0
1a° fase) 1+2a+2b	-228	-1	0
2° fase) 1+2+3+4	-194.0	-11.6	+0.0
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-191	-12	-7
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-167	-10	-15

Combinazioni - FR_II	Sinf	Ssup	Ssol
1° fase) 1+2+2b	-222.9	-5.8	+0.0
1a° fase) 1+2a+2b	-228	-1	0
2° fase) 1+2+3+4	-194.0	-11.6	+0.0
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-191	-12	-7
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-167	-10	-15

Le tensioni negative sono di compressione.

Nel caso in cui non si formi la fessura viene riportato il valore della tensione minima del calcestruzzo che non deve essere superiore a $f_{ctm}/1.2 = 33.5/1.2 = 27.9 \text{ daN/cm}^2$ per $R_{ck} = 45 \text{ MPa}$ (soletta), e a $f_{ctm}/1.2 = 38.3/1.2 = 31.9 \text{ MPa}$ per $R_{ck} = 55 \text{ MPa}$ (trave).

 QUADRILATERO Marche Umbria S.p.A.	2.1.2 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord–Matelica Sud/Castelraimondo Nord CAVALCAVIA PER NUOVA VIABILITA' AL Km 0+310 PONTE PAGLIANO: Relazione tecnica e di calcolo impalcato							
	Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B

5.10.3 Verifica dell'armatura lenta longitudinale

Dalle verifiche di resistenza sopra riportate non si evidenziano tensioni di trazione nel calcestruzzo. Pertanto, si dispone un'armatura lenta longitudinale minima come da norma.

	2.1.2 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord–Matelica Sud/Castelraimondo Nord CAVALCAVIA PER NUOVA VIABILITA' AL Km 0+310 PONTE PAGLIANO: Relazione tecnica e di calcolo impalcato								
	Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 51 di 78

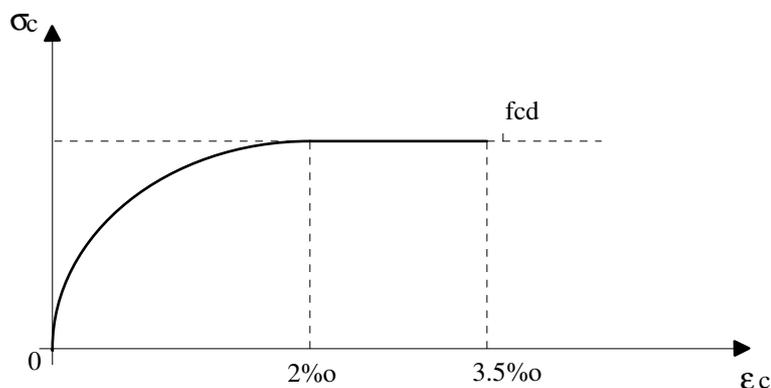
5.10.4 Verifiche a rottura dell'impalcato -SLU

Questa verifica è stata fatta con l'ausilio di un programma di calcolo automatico.

Le ipotesi di calcolo alla base del metodo sono le seguenti:

- conservazione delle sezioni piane;
- perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
- calcestruzzo teso non reagente;
- legami costitutivi del materiale (σ - ϵ);
- sezione simmetrica rispetto all'asse y.

In particolare, il programma ipotizza la distribuzione non lineare delle tensioni in prossimità della rottura della sezione. Il diagramma σ - ϵ è il seguente:



Esso è definito da un'arco di parabola di 2° grado passante per l'origine e da un segmento di retta parallelo all'asse delle deformazioni e tangente alla parabola nel punto di sommità. Il vertice della parabola ha ascissa 0.002, l'estremità del segmento ha ascissa di 0.0035.

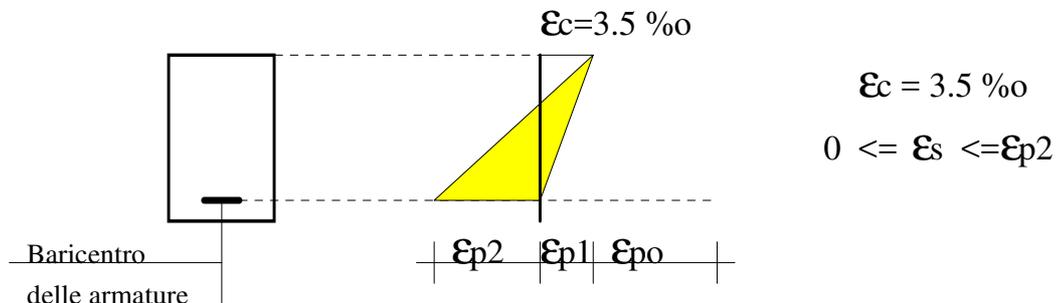
Per l'acciaio la Normativa prescrive di assumere diagrammi convenzionali ottenuti da quelli caratteristici effettuando un'affinità, parallelamente alla tangente all'origine, nel rapporto $1/\gamma_s$, con γ_s pari a 1.15.

Inoltre, l'allungamento massimo dell'acciaio da assumere è pari a 0.0675 al di là della decompressione della fibra di conglomerato posta allo stesso livello dell'armatura.

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 52 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

Il programma lavora nei seguenti tre campi di rottura:

- CAMPO 3

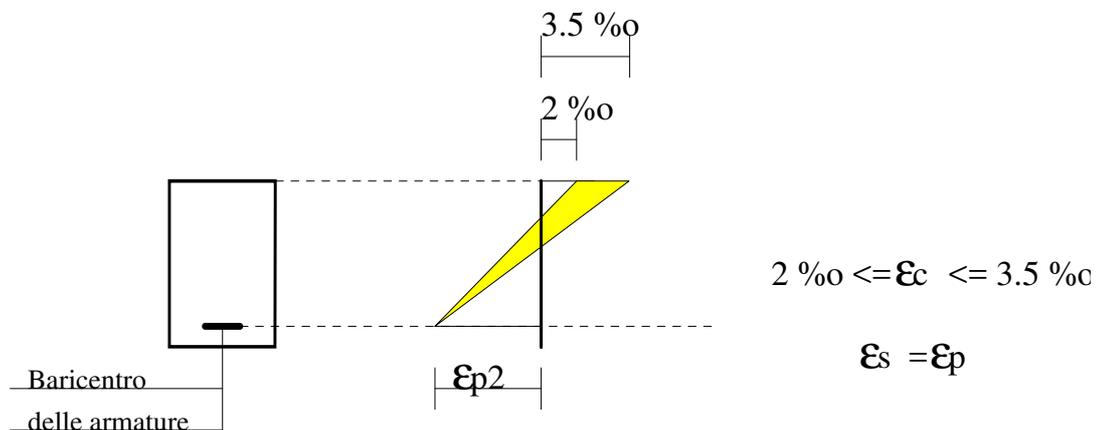


- ϵ_{po} è la deformazione dell'acciaio dovuta alla precompressione iniziale;
- ϵ_{p1} è la deformazione dell'acciaio dovuta alla decompressione della fibra di calcestruzzo posta allo stesso livello dell'armatura;
- ϵ_{p2} è la deformazione dell'acciaio fino al limite imposto dalla Normativa (6.75 %).

In questo campo di rottura la sezione è parzializzata e lo stato limite ultimo viene raggiunto per rottura del cls compresso, mentre l'acciaio ha un'allungamento variabile da $\epsilon_s = \epsilon_{po} + \epsilon_{p1}$ fino al limite dello snervamento massimo $\epsilon_s = \epsilon_{po} + \epsilon_{p1} + \epsilon_{p2}$.

In questo campo si ha il massimo sfruttamento della sezione nel caso in cui, lo stato ultimo si raggiunge per rottura del cls compresso e per snervamento dell'acciaio teso.

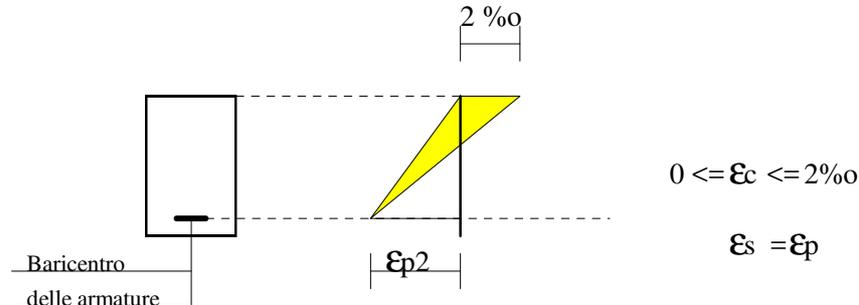
- CAMPO 2B



In questo campo la sezione è sempre parzializzata e l'acciaio ha raggiunto il limite massimo di resistenza mentre il cls non è completamente sfruttato in quanto l'accorciamento è variabile dal 2‰ al 3.5‰.

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 53 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

- CAMPO 2A



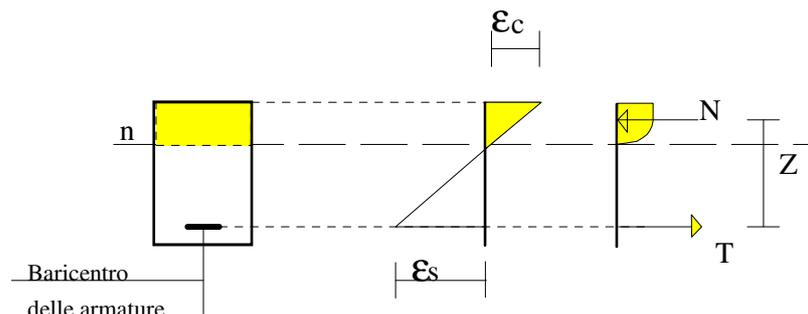
In questo campo la sezione è parzializzata e succede la stessa cosa che succede del campo 2B, la differenza esistente tra questi due campi sta nel fatto che il diagramma $\sigma-\epsilon$ del cls passa da parabola-rettangolo (campo 2B) a solo parabola (campo 2A) e quindi il cls è ancora meno sfruttato.

Il programma funziona per approssimazioni. Esso parte dal campo 3, posiziona l'asse neutro in maniera arbitraria e si determina la forza di compressione (N) nel cls compresso e la forza di trazione (T) nell'acciaio teso; fa l'equilibrio alla traslazione, se $N > T$ vuol dire che l'asse neutro vero si trova più in alto della posizione presa in considerazione (la parte di cls compresso presa in considerazione è eccessiva), se $N < T$, l'asse neutro reale si trova più in basso. Se nel campo 3 non trova l'equilibrio richiesto ($N = T$), passa prima nel campo 2B e poi nel campo 2A.

Per velocizzare le operazioni che il programma deve fare, i tentativi vengono fatti nei limiti estremi dei campi, a partire sempre dal campo 3, in maniera tale da individuare prima il campo nel quale l'asse neutro si trova e poi fa una ricerca bisezione all'interno del campo individuato, fino a trovare la posizione esatta dell'asse neutro, per il quale si ha :

- $N = T$.

Una volta individuato l'asse neutro, il programma si calcola i baricentri delle forze N e T e quindi il relativo momento di rottura:



$M_{rd} = N \cdot z = T \cdot z$ (momento di rottura)

Il coefficiente di sicurezza sarà dato da:

$\eta = M_{rd}/M_{sd} \geq 1.0$

dove M_{sd} è il momento sollecitante ultimo di calcolo.

	2.1.2 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord–Matelica Sud/Castelraimondo Nord CAVALCAVIA PER NUOVA VIABILITA' AL Km 0+310 PONTE PAGLIANO: Relazione tecnica e di calcolo impalcato								
	Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 54 di 78

Di seguito si riporta la verifica a rottura per la sezione più sollecitata a flessione, cioè quella in mezzzeria e relative alle due combinazioni di carico SLU_I e SLU_II.

Le tensioni ai lembi superiori ed inferiore della trave, con la sola precompressione, senza nessun carico e depurate dalle cadute di tensione e del ritiro differenziale valgono:

SLU I

$$\begin{aligned} \sigma_{c,sup} & +0.3 & -12.0 & -20.2 & -1.9 & = & -33.8 \text{ daN/cm}^2 \\ \sigma_{c,inf} & -254.8 & +23.6 & +21.6 & +8.4 & = & -201.2 \text{ daN/cm}^2 \end{aligned}$$

Mentre il momento sollecitante ultimo è pari a:

$$M_u = +359.49 +30.49 +329.29 +1.41) \times 1.35 +401.02 \times 0.72 = 1261.65 \text{ kNm}$$

SLU II

$$\begin{aligned} \sigma_{c,sup} & +0.3 & -12.0 & -20.2 & = & -31.9 \text{ daN/cm}^2 \\ \sigma_{c,inf} & -254.8 & +23.6 & +21.6 & = & -209.6 \text{ daN/cm}^2 \end{aligned}$$

Mentre il momento sollecitante ultimo è pari a:

$$M_u = +359.49 +30.49 +329.29 +1.41) \times 1.35 = 972.92 \text{ kNm}$$

Dagli elaborati di calcolo risulta un coefficiente di sicurezza a rottura pari a:

$$\underline{\text{SLU I}} \quad \eta = 7.469 > 1.00$$

$$\underline{\text{SLU II}} \quad \eta = 9.686 > 1.00$$

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N. progr. 01	REV. B	Pag. di Pag. 55 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	-----------------	-----------	--------------------------

***** VERIFICA A ROTTURA SEZIONE IN C.A.P.

***** ----- *****

CONDIZIONE SLU I

TRA-1

***** VERTICI DELLA SAGOMA ESTERNA

*N	X	Y
1,	-30.00,	0.000
2,	-30.00,	10.00
3,	-46.28,	92.00
4,	-54.28,	98.00
5,	-120.0,	104.64
10,	-120.0,	110.0
11,	-115.0,	110.0
12,	-115.0,	135.00
13,	115.00,	135.0
14,	115.00,	110.0
15,	120.00,	110.0
16,	120.00,	104.64
17,	54.28,	98.0
18,	46.28,	92.0
19,	30.00,	10.00
20,	30.00,	0.00
21,	-30.00,	0.00

END

***** VERTICI DELLA SAGOMA INTERNA

*N	X	Y
1'	0.00,	30.00
2'	20.29,	33.00
3'	34.59,	105.00
4'	35.58,	105.00
5'	39.59,	105.00
6'	40.09,	110.0
7'	-40.09,	110.0
8'	-39.59,	105.00
9'	-35.58,	105.00
10'	-34.59,	105.00
11'	-20.29,	33.00
12'	0.00,	30.00

END

*

COEFFICIENTI:

*

RCK	= 550	* COEFFICIENTE CARATTERISTICO DEL CALC (Kg/cmq)
EC	= 364160	* MODULO ELASTICO DEL CALCESTRUZZO (Kg/cmq)
SOMMITA	= 110	* ALTEZZA DELLA SOLA TRAVE (cm)
S-C-SUP	= 33.80	* TENSIONE DEL CALCESTRUZZO IN SOMMITA' (Kg/cmq)
S-C-INF	= 201.20	* TENSIONE DEL CALCESTRUZZO ALLA BASE (Kg/cmq)
S-S0	= 14250	* TENSIONE INIZIALE DELL'ARMATURA (Kg/cmq)
ES	= 1950000	* MODULO ELASTICO DELL'ACCIAIO (Kg/cmq)
ME	= 12616500	* MOMENTO SISMICA (Kgcm)
AP	= 0.05	* FATTORE DI APPROSSIMAZIONE

*

***** POSIZIONE, NUMERO E AREE DEI CAVI

*

1	(5,10,1.39)	* FILA N. 1
2	(10,10,1.39)	* FILA N. 2
3	(15,10,1.39)	* FILA N. 3
4	(20,4,1.39)	* FILA N. 4
5	(95,2,1.39)	* FILA N. 5
6	(105,2,1.39)	* FILA N. 6

END

1. CAMPO DI ROTTURA	====>	2b
2. POSIZIONE DELL'ASSE NEUTRO	====>	112.797 cm
3. DEFORMAZIONE LIMITE CALCESTRUZZO	====>	0.241 %

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 56 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

4. DEFORMAZIONE LIMITE ACCIAIO	====>	1.000	%
5. VALORE DELLO SFORZO NORMALE	====>	8902.575	KN
6. BRACCIO DELLE FORZE INTERNE	====>	105.856	cm
7. MOMENTO DI ROTTURA	====>	9423.869	KNm
8. COEFFICIENTE DI SICUREZZA	====>	7.469	

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N. progr. 01	REV. B	Pag. di Pag. 57 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	-----------------	-----------	--------------------------

***** VERIFICA A ROTTURA SEZIONE IN C.A.P.

***** ----- *****

CONDIZIONE SLU II

TRA-1

***** VERTICI DELLA SAGOMA ESTERNA

*N	X	Y
1,	-30.00,	0.000
2,	-30.00,	10.00
3,	-46.28,	92.00
4,	-54.28,	98.00
5,	-120.0,	104.64
10,	-120.0,	110.0
11,	-115.0,	110.0
12,	-115.0,	135.00
13,	115.00,	135.0
14,	115.00,	110.0
15,	120.00,	110.0
16,	120.00,	104.64
17,	54.28,	98.0
18,	46.28,	92.0
19,	30.00,	10.00
20,	30.00,	0.00
21,	-30.00,	0.00

END

***** VERTICI DELLA SAGOMA INTERNA

*N	X	Y
1'	0.00,	30.00
2'	20.29,	33.00
3'	34.59,	105.00
4'	35.58,	105.00
5'	39.59,	105.00
6'	40.09,	110.0
7'	-40.09,	110.0
8'	-39.59,	105.00
9'	-35.58,	105.00
10'	-34.59,	105.00
11'	-20.29,	33.00
12'	0.00,	30.00

END

*

***** COEFFICIENTI:

*

RCK	= 550	* COEFFICIENTE CARATTERISTICO DEL CALC (Kg/cm ²)
EC	= 364160	* MODULO ELASTICO DEL CALCESTRUZZO (Kg/cm ²)
SOMMITA	= 110	* ALTEZZA DELLA SOLA TRAVE (cm)
S-C-SUP	= 31.90	* TENSIONE DEL CALCESTRUZZO IN SOMMITA' (Kg/cm ²)
S-C-INF	= 209.60	* TENSIONE DEL CALCESTRUZZO ALLA BASE (Kg/cm ²)
S-S0	= 14250	* TENSIONE INIZIALE DELL'ARMATURA (Kg/cm ²)
ES	= 1950000	* MODULO ELASTICO DELL'ACCIAIO (Kg/cm ²)
ME	= 9729200	* MOMENTO SISMICA (Kgcm)
AP	= 0.05	* FATTORE DI APPROSSIMAZIONE

*

***** POSIZIONE, NUMERO E AREE DEI CAVI

*

1	(5,10,1.39)	* FILA N. 1
2	(10,10,1.39)	* FILA N. 2
3	(15,10,1.39)	* FILA N. 3
4	(20,4,1.39)	* FILA N. 4
5	(95,2,1.39)	* FILA N. 5
6	(105,2,1.39)	* FILA N. 6

END

1. CAMPO DI ROTTURA	====>	2b
2. POSIZIONE DELL'ASSE NEUTRO	====>	112.797 cm
3. DEFORMAZIONE LIMITE CALCESTRUZZO	====>	0.241 %

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.progr.	REV.	Pag.di Pag.
L0703	212	E	17	OM9100	REL	01	B	58 di 78

4. DEFORMAZIONE LIMITE ACCIAIO	====>	1.000	%
5. VALORE DELLO SFORZO NORMALE	====>	8902.575	KN
6. BRACCIO DELLE FORZE INTERNE	====>	105.856	cm
7. MOMENTO DI ROTTURA	====>	9423.869	KNm
8. COEFFICIENTE DI SICUREZZA	====>	9.686	

5.10.5 Verifica a taglio

- Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio V_{Rd} di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del calcestruzzo.

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad (4.1.13)$$

dove V_{Ed} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{s1} / (b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ($\leq 0,02$);

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{ctd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

Nel caso di elementi in cemento armato precompresso disposti in semplice appoggio, nelle zone non fessurate da momento flettente (con tensioni di trazione non superiori a f_{ctd}) la resistenza può valutarsi, in via semplificativa, con la formula:

$$V_{Rd} = 0,7 \cdot b_w \cdot d \cdot (f_{ctd}^2 + \sigma_{cp} \cdot f_{ctd})^{1/2} \quad (4.1.15)$$

In presenza di significativi sforzi di trazione, la resistenza a taglio del calcestruzzo è da considerarsi nulla e, in tal caso, non è possibile adottare elementi sprovvisti di armatura trasversale.

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc REL	N.prog. 01	REV. B	Pag.di Pag. 59 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------

- Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

La resistenza 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:

$$1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2,5 \quad (4.1.16)$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad (4.1.17)$$

dove V_{Ed} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha \quad (4.1.18)$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta) \quad (4.1.19)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd}) \quad (4.1.20)$$

dove d , b_w e σ_{cp} hanno il significato già visto in § 4.1.2.1.3.1. e inoltre si è posto:

A_{sw} area dell'armatura trasversale;

s interasse tra due armature trasversali consecutive;

α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

f'_{cd} resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd} = 0,5 \cdot f_{cd}$);

α_c coefficiente maggiorativo pari a

1	per membrature non compresse
$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

In presenza di significativo sforzo assiale, ad esempio conseguente alla precompressione, si dovrà aggiungere la limitazione:

$$(\text{ctg} \theta_1 \leq \text{ctg} \theta) \quad (4.1.21)$$

dove θ_1 è l'angolo di inclinazione della prima fessurazione ricavato da $\text{ctg} \theta_1 = \tau/\sigma_1$ mentre τ e σ_1 sono rispettivamente la tensione tangenziale e la tensione principale di trazione sulla corda baricentrica della sezione intesa interamente reagente.

Di seguito sono riportate le verifiche a taglio nelle sezioni più significative:

- Sezione in asse appoggio - Sezione in c.a. della trave

L'ipotesi alla base delle verifiche è quella di considerare attiva la precompressione a partire da una sezione posta ad una distanza dalla testata pari a 70 volte il diametro dei trefoli utilizzati; nel caso in esame tale lunghezza risulta pari a 107.0 cm, per cui sono state considerate precomprese tutte le sezioni con $x > 67.0$ cm (distanza dall'asse di appoggio). Nel tratto che va dall'asse di appoggio

	2.1.2 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord–Matelica Sud/Castelraimondo Nord CAVALCAVIA PER NUOVA VIABILITA' AL Km 0+310 PONTE PAGLIANO: Relazione tecnica e di calcolo impalcato								
	Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 60 di 78

fino a questa ascissa le verifiche sono state condotte secondo la consueta teoria del cemento armato.

Il taglio di calcolo è il seguente:

$$V_{Ed} = 1.35 \cdot (83.16 + 99.53 + 52.42 + 245.50) = 648.82 \text{ kN}$$

Vengono disposte staffe $\phi 12$ a 4 bracci a un passo di 10 cm

Per cui la verifica sarà:

c) Verifica a taglio			
Elementi senza armatura trasversale a taglio			
- Verifica del conglomerato			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	438.98	kN	
VEd =	648.82 kN	NO	
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.392		≤ 2
$R_{ck} =$	55	N/mm ²	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.388	N/mm ²	
$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	45.65	N/mm ²	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	25.87	N/mm ²	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.01286		$\leq 0,02$
d =	1300	mm	
H =	1350	mm	
bw =	520	mm	
A _{sl} =	8696	mm ²	
N _{Ed} =	0.00	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm ²	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

Verifiche allo stato limite ultimo di taglio

Materiali (Unità N,mm)			
Calcestruzzo		Acciaio	
R _{ck} =	35	f _{ywk} =	450
f _{ck} =	45.65	f _{ywd} =	391.3
f _{cd} =	25.87		
f _{ctd} =	1.32		
Sezione da verificare			
Altezza trave		2150	mm
Copriferro staffe		30	mm
Larghezza netta resistente a taglio		500	mm
Diametro staffe		12	(1φ12/10)
Bracci		4	
Interasse		100	mm
Area staffe al metro		4.52	cm ² /m
cotgα		0.00	
cotgθ		1.00	
Verifiche allo s.l.u. per taglio		VR,d > VEd	
Taglio di calcolo V_{Ed}		648.82 kN	
V _{rcd}		12304.27 kN	
V _{rsd}		3377.61 kN	
VRd = min[V_{rcd}; V_{rsd}]	ok	3377.61 kN	

- Sezione a x=67 cm dall' asse appoggio - Sezione in c.a.p. della trave

Le massime tensioni principali di trazione vengono cercate in corrispondenza del baricentro della trave (1° fase di carico) o della sezione omogeneizzata trave+soletta (2°, 3° e 4° fase di carico).

	V2 kN	M3 kNm
PP	-72.13	56.40
PPSOL	-91.42	72.78
PERM	-47.87	36.19
MOB	-212.21	160.31

Risolvendo si ha:

Condizioni elementari	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	T(Kg)			
1) Precompressione t0	-650261	-288607	-211.8	+19.2	+0.0	0			
2) Peso proprio trave	0	5640	+2.5	-2.0	+0.0	7213			
2a) Peso proprio trave (*1.15)	0	0	+0.0	+0.0	+0.0	0			
2b) Perdita per rilassamento (20%)	6560.535	2912	+2.1	-0.2	+0.0	0			
3) Perdite*(50%)	66439.95	29488	+21.6	-2.0	+0.0	0			
4) Peso soletta	0	7278	+3.2	-2.6	+0.0	9142			
5a) perm.port.	0	2619	+0.9	-0.2	-4.9	4787			
5b) perdite/ 50%)	66439.95	29488	+14.6	+2.4	-4.8	0			
6a) Ritiro differ. Soletta-trave*0.0 (trave)	-224.11	141.336	+0.0	-0.0	+0.0	0			
6b) Ritiro differ. Soletta-trave*0.0 (soletta)	224	568.08	+0.0	+0.0	-0.1				
7) Carichi mobili	0	16031	+5.2	-1.4	-2.6	21221			

Combinazioni - SLE_I	N(Kg)	M(Kgm)	Sinf	Ssup	Ssol	$\sigma(by)$	τ	$\sigma_{id I}$	$\sigma_{id II}$
1° fase) 1+2+2b	-643700	-280055	-207.2	+17.0	+0.0	-84.3	1.0	0.0	-84.4
1a° fase) 1+2a+2b	-643700	-285695	-210	19	0	-84.3	0.0	0.0	-84.3
2° fase) 1+2+3+4	-583821	-246201	-184.5	+12.6	+0.0	-76.5	2.2	0.1	-76.6
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-584045	-243440	-184	12	-5	-28.5	2.8	0.3	-28.8
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-517605	-197921	-164	13	-12	-23.6	6.0	1.4	-25.0

Da cui:

Combinazioni - SLE_I	$\sigma(by)$	τ	$\sigma_{id I}$	$\sigma_{id II}$
1° fase) 1+2+2b	-84.3	1.0	0.0	-84.4
1a° fase) 1+2a+2b	-84.3	0.0	0.0	-84.3
2° fase) 1+2+3+4	-76.5	2.2	0.1	-76.6
3° fase) 1+2+3+4+5a+6+7	-28.5	2.8	0.3	-28.8
4° fase) 1+2+3+4+5a+5b+6+7	-23.6	6.0	1.4	-25.0

Le tensioni al lembo più sollecitato a taglio (baricentro della sezione) valgono:

$$\tau = 6.0 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma I = 1.40 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma II = -25.0 \text{ daN/cm}^2$$

} tensioni principali

L'inclinazione dell'ideale biella compressa del traliccio di Morsch è pari a:

$$\text{ctg}\theta = \tau / \sigma I = 6 / 1.40 = 4.29 \rightarrow 2.50$$

Vengono disposte staffe $\phi 12$ a 4 bracci a un passo di 10.

Per cui la verifica a taglio sarà:

c) Verifica a taglio			
<i>Elementi senza armatura trasversale a taglio</i>			
- Verifica del conglomerato			
$VRd = 0.7 \cdot bw \cdot d \cdot (fctd^2 + \sigma_{cp} \cdot fctd)^{1/2} =$		1669.63	kN
VEd =	571.90	kN	ok
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.392		≤ 2
Rck =	55	N/mm ²	
$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot fck^{1/2} =$	0.388	N/mm ²	
$fck = 0.83 \cdot Rck =$	45.65	N/mm ²	
$fcd = \alpha_{cc} \cdot fck / \gamma_c =$	25.87	N/mm ²	
$fctd = 0.7 \cdot 0.3 \cdot fck^{2/3} / 1.5$	1.79	N/mm ²	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00936		≤ 0.02
d =	1300	mm	
H =	1350	mm	
bw =	520	mm	
A _{sl} =	6328	mm ²	
N _{Ed} =	5176.05	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	5.174	N/mm ²	$\leq 0.2 \cdot fcd$

	2.1.2 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord–Matelica Sud/Castelraimondo Nord CAVALCAVIA PER NUOVA VIABILITA' AL Km 0+310 PONTE PAGLIANO: Relazione tecnica e di calcolo impalcato								
	Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 64 di 78

5.10.6 Verifica dell'armatura in corrispondenza degli appoggi

Le armature longitudinali, oltre ad assorbire gli sforzi conseguenti alle sollecitazioni di flessione, devono assorbire quelli provocati dal taglio dovuti all'inclinazione delle fessure rispetto all'asse della trave, inclinazione assunta pari a 45°. In particolare, in corrispondenza degli appoggi, le armature longitudinali devono assorbire uno sforzo pari al taglio sull'appoggio.

$$V_{Ed} = 1.35 \cdot (83.16 + 99.53 + 52.42 + 245.50) = 648.82 \text{ kN}$$

Quindi l'armatura necessaria risulta:

$$A_{fe} = \frac{T}{\sigma_{amm}} = \frac{648.82 \cdot 1000}{391.3} = 1658.11 \text{ mm}^2 = 16.58 \text{ cm}^2$$

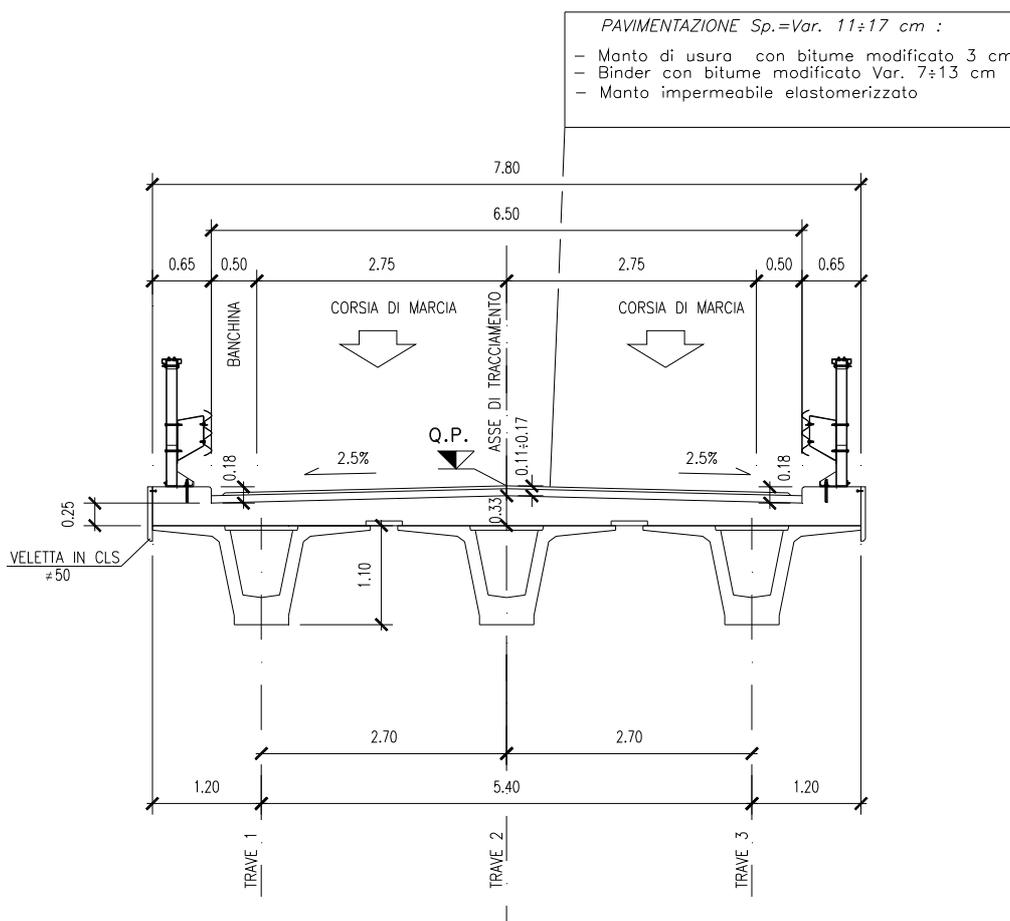
Nella zona inferiore del cassone di ciascuna trave sono disposte (12+4) barre $\phi 26$ + 4 barre $\phi 8$ di armatura lenta per un totale di:

$$A_f = (12+4) \cdot 5.31 + 4 \cdot 0.5 = 86.96 \text{ cm}^2 > A_{fe}$$

5.11 CALCOLO E VERIFICA DELLA SOLETTA

La sezione trasversale dell'impalcato è costituita da travi in c.a.p. e soletta in calcestruzzo collaborante con le predette travi. L'altezza della soletta è pari a 25 cm. La geometria della sezione prevede una dimensione degli sbalzi laterali di soletta pari a 1.20 m per lato e tre travi poste ad interasse di 2.70 m.

La soletta ha una dimensione trasversale di 7.80 m.



L'impalcato in c.a. è previsto gettato in opera, utilizzando predelle autoportanti di spessore 5 cm e larghezza 120 cm con 2 tralicci disposti ad interasse di 60 cm nella zona centrale dell'impalcato. Una volta disposte le predelle si provvede alla posa dell'armatura longitudinale ed al completamento di quella trasversale e quindi, al getto della soletta fino agli spessori di progetto.

Si distinguono due fasi di funzionamento corrispondenti a due diverse sezioni resistenti:

- 1° fase: le predelle sostengono il peso proprio ed il getto della soletta;
- 2° fase: la soletta maturata sostiene il peso delle opere di finitura e quelle dei sovraccarichi.

Le verifiche sono state condotte secondo il D.M. 14/01/2008 per quanto riguarda la metodologia, le

	2.1.2 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord–Matelica Sud/Castelraimondo Nord CAVALCAVIA PER NUOVA VIABILITA' AL Km 0+310 PONTE PAGLIANO: Relazione tecnica e di calcolo impalcato								
	Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 66 di 78

combinazioni di carico, i coefficienti moltiplicativi delle singole azioni, i limiti di apertura teorica delle fessure ed il tipo di ambiente.

Per quanto riguarda le verifiche agli stati limite di esercizio in mezzera impalcato, poiché le sezioni resistenti sono diverse, si effettua la verifica di ciascuna sezione e si sommano gli effetti (tensioni e fessure) prodotti dalle due diverse situazioni di carico:

Combinazioni pe verifiche agli stati limite

$$SLU_I: 1.35*(g_1 + g_2) + 1.35*q_1 + 0.9*q_5$$

$$SLU_II: 1.0*(g_1 + g_2) + 1.0*q_1 + 1.0*q_8$$

$$SLE: 1.0*(g_1 + g_2) + 1.0*q_1 + 0.6*q_5$$

Combinazioni per verifiche allo stato limite di fessurazione

Ambiente aggressivo (estradosso soletta)

$$QP: (g_1 + g_2)$$

$$FR: (g_1 + g_2) + 0.75*q_1 + 0.2*q_5$$

Apertura delle fessura

$$w \leq 0.2 \text{ mm}$$

$$w \leq 0.3 \text{ mm}$$

Ambiente ordinario (intradosso soletta)

$$QP: (g_1 + g_2)$$

$$FR: (g_1 + g_2) + 0.75*q_1 + 0.2*q_5$$

Apertura delle fessura

$$w \leq 0.3 \text{ mm}$$

$$w \leq 0.4 \text{ mm}$$

5.11.1 Fase I – calcolo e verifica delle predalles in fase di getto

5.11.1.1 Dati di carico

L'analisi dei carichi e delle sollecitazioni è condotta per unaa striscia di larghezza pari a 1.20 m.

Peso proprio lastra prefabbricata: $P1 = 0.05 \times 1.20 \times 25.00 = 1.5 \text{ kN/m}$

Peso proprio lastra + getto di completamento: $P2 = 0.33 \times 1.20 \times 25 = 9.90 \text{ kN/m}$

Peso dei mezzi d'opera durante la fase di getto: $p = 1.00 \text{ kN/m}^2$

$$P3 = 1.00 \times 1.2 = 1.20 \text{ kN/m}$$

Peso lastra + getto + mezzi d'opera: $P4 = 1.50 + 9.90 + 1.20 = 12.60 \text{ kN/m}$

Peso della veletta prefabbricata fermagetto: $P5 = 1.20 \times 1.00 = 1.20 \text{ kN/m}$

Si considerano 2 fasi di getto:

- 1) Getto delle zone soprastanti le travi principali. Si verifica la predalla in corrispondenza del massimo momento nella campata centrale.
- 2) Soletta completamente gettata.

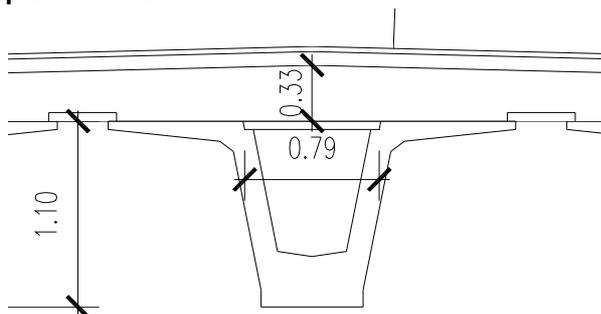
5.11.1.2 Caratteristiche geometriche predalla campata centrale

DATI GEOMETRICI PREDALLE

n. tralici per dalla	nt					2
altezza traliccio	ht	mm				165
Sezione corrente	n	φ	A	At	di	
	mm		mmq	mmq	mm	
Armatura superiore tralici	1	10	78.5	157	189	
Armatura inferiore tralici	2	8	50	200	35	
spessore lastra		mm	50			
larghezza lastra			mm	1200		
coefficiente di omogeneizzazione				10		

5.11.1.3 Verifica agli stati limite ultimi

Fase di getto 1: Campata centrale



In mezzeria si ha:

$$M_{\text{mezz}} = 1/8 * 12.60 * 0.79^2 * 1.35 = 1.33 \text{ kNm}$$

$$T = 1/2 * 12.60 * 0.79 * 1.35 = 6.72 \text{ kN}$$

Sforzo nei correnti dei tralici:

$$H = 0.15 \text{ m}$$

$$N = M_{\text{mezz}} / H = \pm 8.87 \text{ kN}$$

Verifica correnti superiori (2 φ 10):

$$\sigma = N / A = 8.87 * 10 / (2 * 0.785) = 56.50 \text{ MPa}$$

Verifica correnti inferiori (4 φ 8):

$$L_0 = 20 \text{ cm}; i = 0.8/4 = 0.20; \lambda = 20/0.20 = 100 \quad \omega = 2.53 \quad (\text{DIN 4114})$$

$$\sigma = (2.53 * 8.87 * 10) / (4 * 0.50) = 112.21 \text{ MPa}$$

Verifica a taglio

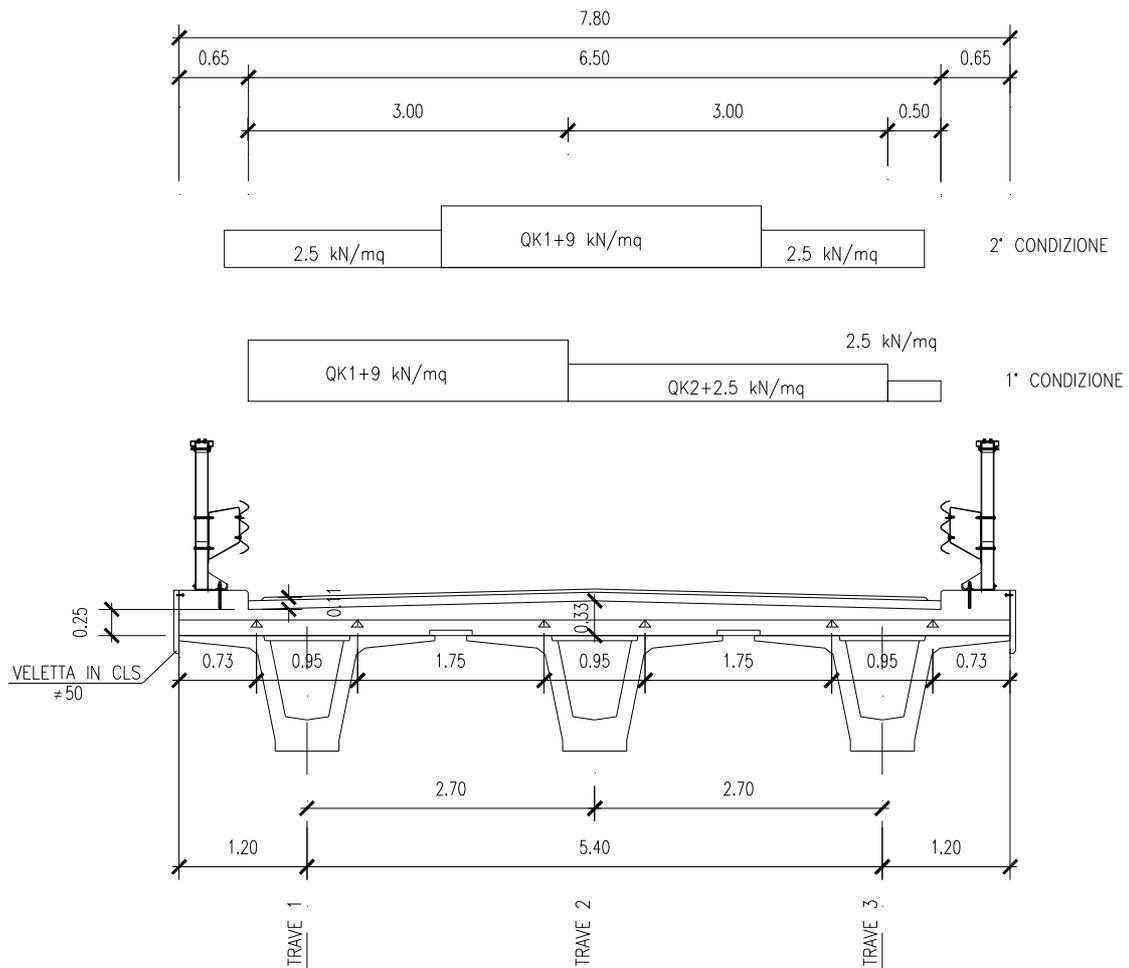
Verifica a taglio			
<i>Elementi senza armatura trasversale a taglio</i>			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	17.38	kN	
VEd =	6.72	kN	ok
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	2.000		≤ 2
$R_{ck} =$	45	N/mm ²	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.605	N/mm ²	
$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	37.35	N/mm ²	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	21.17	N/mm ²	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.01744		$\leq 0,02$
copriferro =	35	mm	
d =	15	mm	
H =	50	mm	
bw =	1200	mm	
Asl =	314	mm ²	
$N_{Ed} =$	0	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm ²	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 69 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------

Fase II – calcolo e verifica delle predalles in fase di esercizio

Di seguito si riportano le verifiche in fase di esercizio della soletta in c.a..

Visto la geometria dell'impalcato, per il calcolo delle sollecitazioni si assume uno schema di calcolo a trave continua su 6 appoggi (uno per ogni parete verticali delle travi prefabbricate).



Per il carico mobile si considera una diffusione a 45° del carico all'interno della pavimentazione e della soletta.

Pertanto, si ha:

$$S_{medio} = (0.25+0.33)/2 = 0.29 \text{ m}$$

$$L_{dif} = 1.60+2*0.11+0.29/2*2 = 2.11 \text{ m}$$

$$B_{dif} = 2.00+2*0.11+0.29/2*2 = 2.51 \text{ m} \quad \text{- essendo minore di 3.00 m si assume } B_{dif} = 3.00\text{m}$$

Da cui:

$$Q_{1k} = 600 / (2.11*3.00) = 95 \text{ kN/m}^2$$

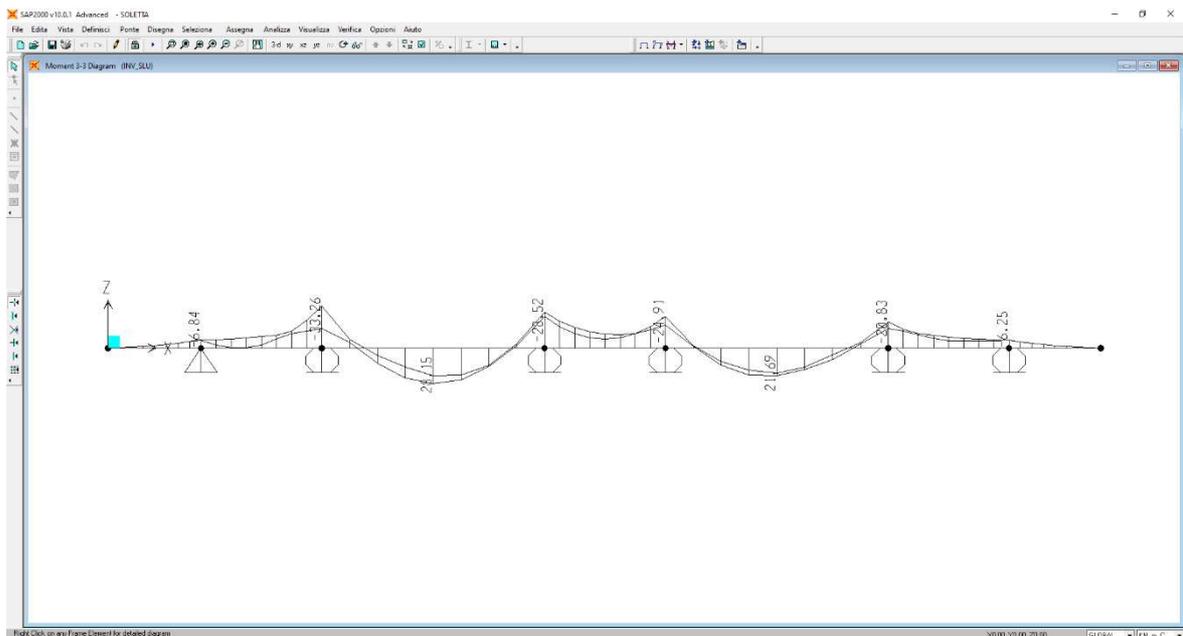
Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.prog. 01	REV. B	Pag.di Pag. 70 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------

$$q1k = 9.00 \text{ kN/m}^2$$

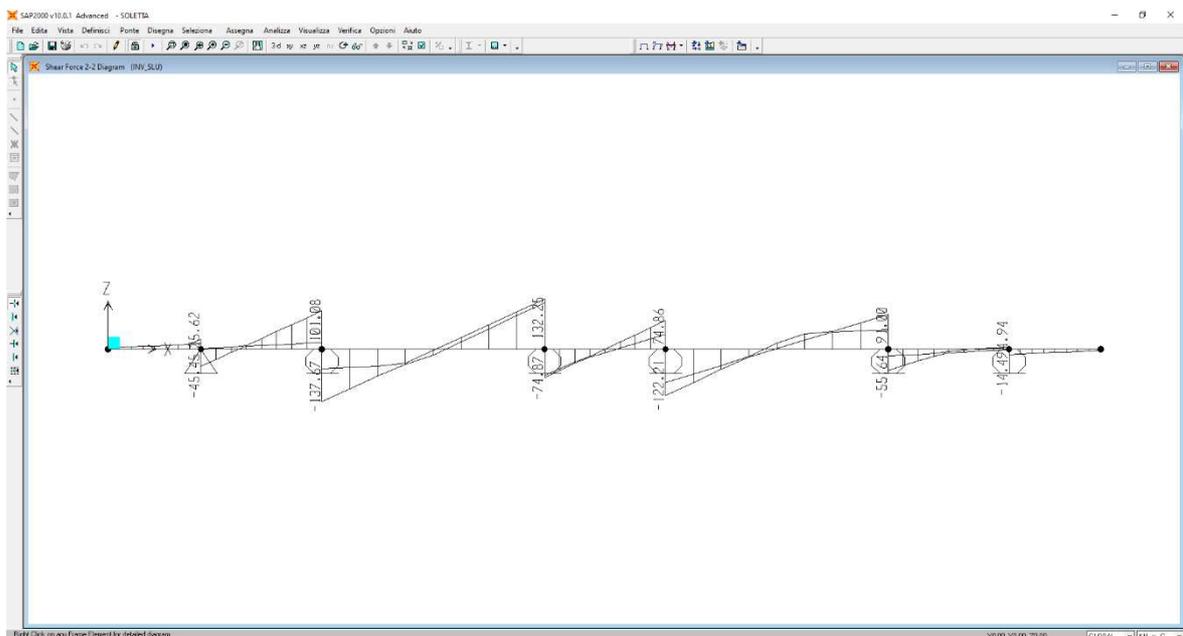
$$Q2k = 400 / (2.11 \cdot 3.00) = 63 \text{ kN/m}^2$$

$$Q2k = 2.5 \text{ kN/m}^2$$

Risolvendo si ha:

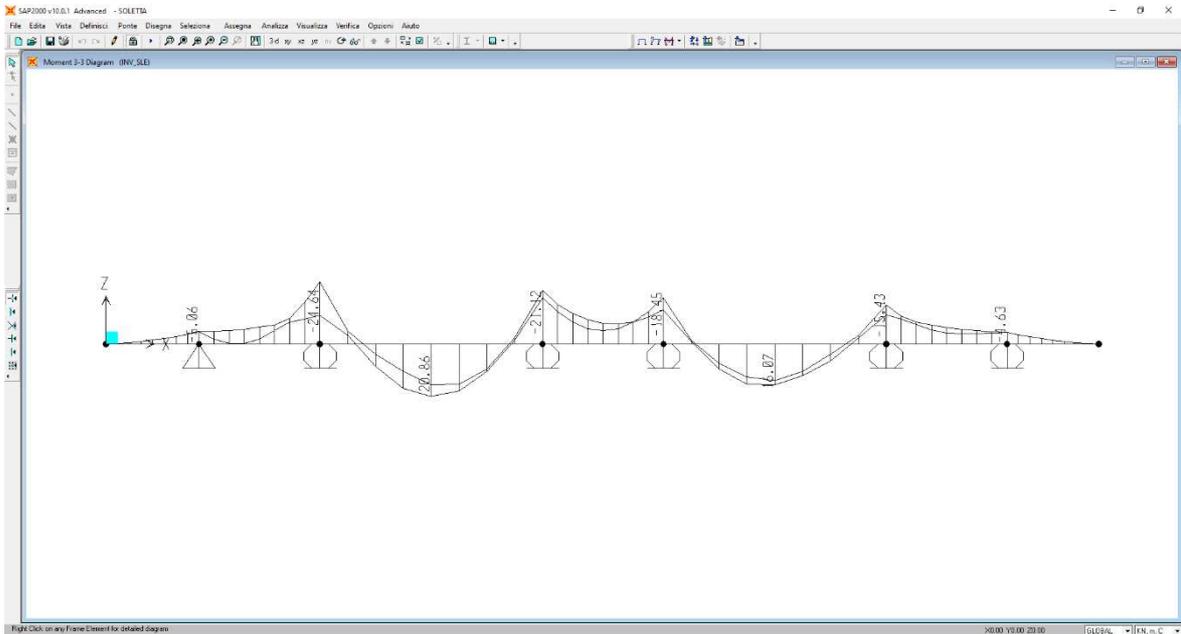


inviluppo dei momenti allo SLU

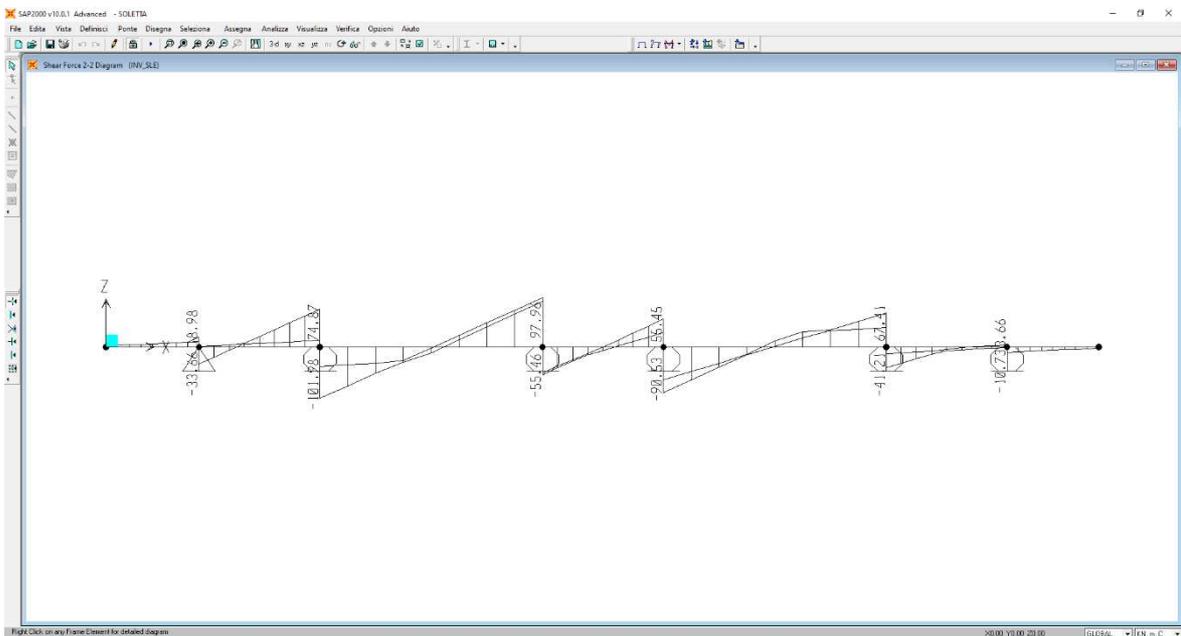


inviluppo dei tagli allo SLU

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 71 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------

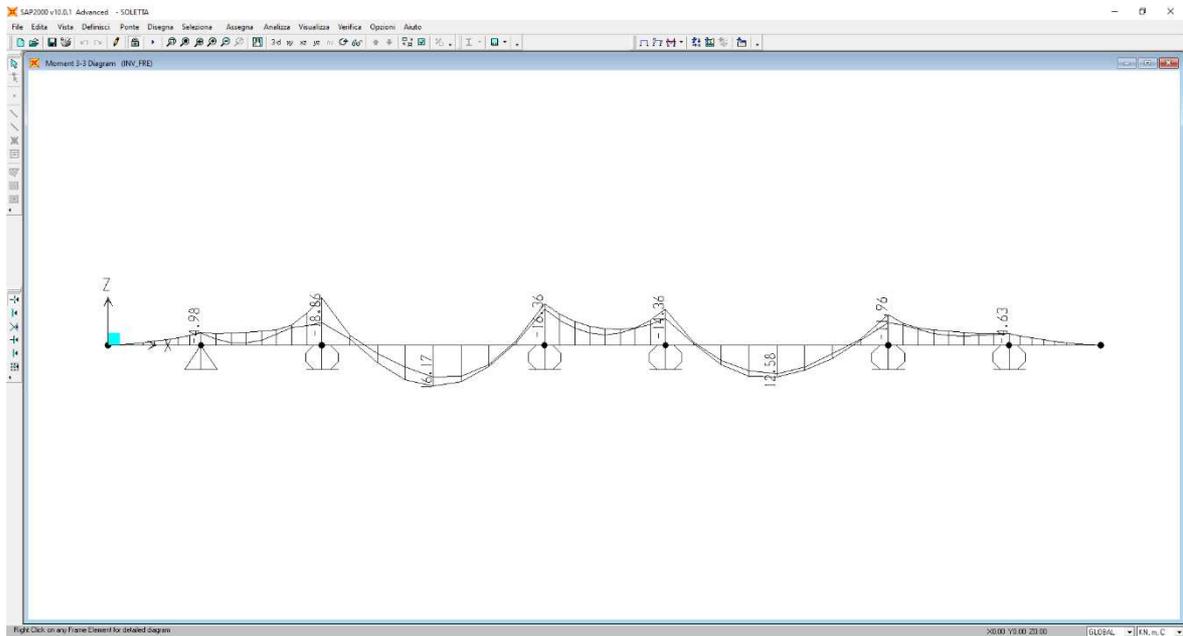


inviluppo dei momenti allo SLE

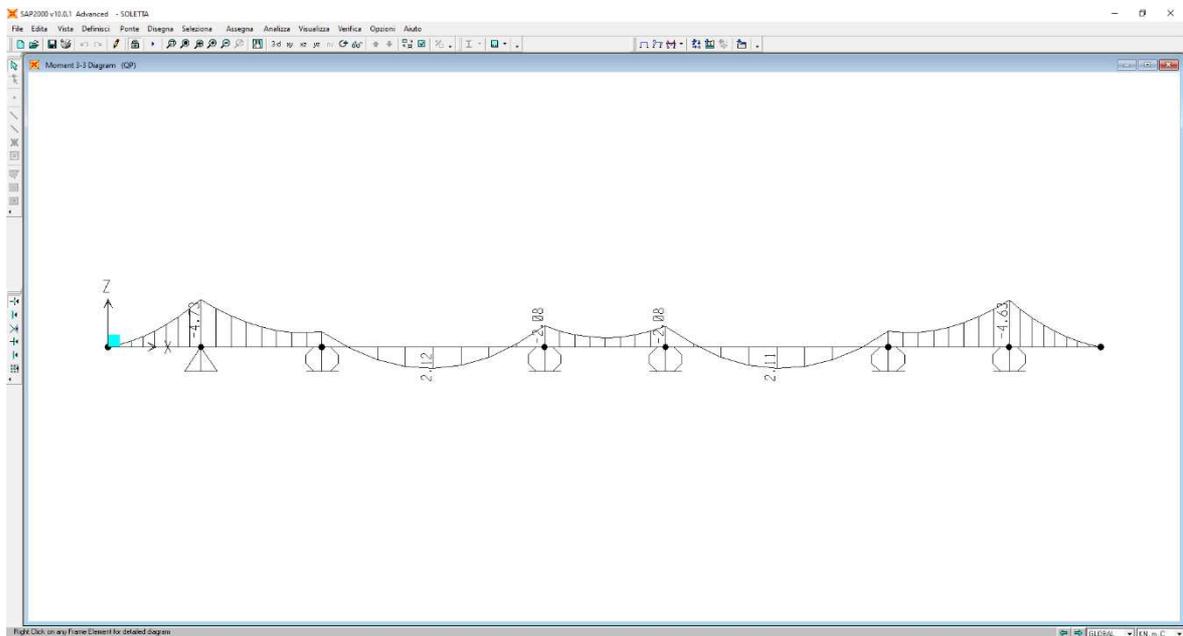


inviluppo dei tagli allo SLE

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 72 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------



involuppo dei momenti Frequenti



involuppo dei momenti Quasi permanenti

	2.1.2 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord–Matelica Sud/Castelraimondo Nord CAVALCAVIA PER NUOVA VIABILITA' AL Km 0+310 PONTE PAGLIANO: Relazione tecnica e di calcolo impalcato								
	Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N. progr. 01	REV. B	Pag. di Pag. 73 di 78

5.11.1.4 Riepilogo sollecitazioni

Le sollecitazioni sulla soletta sono state calcolate con il programma di calcolo SAP2000 visto precedentemente.

Di seguito si riportano le sollecitazioni massime di verifica:

SLU: $M_{2 \text{ fase}} = 33.26 \text{ kNm}$ \rightarrow $T_{2 \text{ fase}} = 137.67 \text{ kN}$;

SLE: $M_{2 \text{ fase}} = 24.64 \text{ kNm}$;

QP: $M_{2 \text{ fase}} = 4.73 \text{ kNm}$

FR: $M_{2 \text{ fase}} = 18.86 \text{ kNm}$;

La verifica allo stato limite ultimo viene eseguita nella 2° fase di getto che rappresenta la soletta completamente gettata e reagente.

Di conseguenza la verifica riguarda l'intera sezione della soletta (predalla + getto) e si esegue sommando il momento dovuto al peso proprio, al momento dovuto ai permanenti e agli accidentali.

5.11.1.5 Verifiche agli stati limite della soletta

Per la soletta si adotta un armatura simmetrica disposta su tutta la superficie.

Nel seguito si riportano le verifiche di resistenza condotte sulla sezione più sollecitata che risulta essere quella al di fuori dalle zone con le predalle.

Pertanto, si ha:

Caratteristiche geometriche e armatura sezione di calcolo

$B = 100 \text{ cm}$;

$H = 25 \text{ cm}$ - In favore di sicurezza viene verificata la sezione con spessore minore

$A_{a1} = 10.05 \text{ cm}^2$ (1 ϕ 16/20) $d_1 = 5.80 \text{ cm}$

$A_{a2} = 10.05 \text{ cm}^2$ (1 ϕ 16/0) $d_2 = 20.2 \text{ cm}$

5.11.1.6 Stato limite ultimo

I momenti negativi tendono le fibre superiori

$M_{sd} = 33.26 \text{ kNm}$

$M_{rd} = 73.36 \text{ kNm} > M_{sd}$

5.11.1.7 Stato limite di esercizio

I momenti negativi tendono le fibre superiori

	2.1.2 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord–Matelica Sud/Castelraimondo Nord CAVALCAVIA PER NUOVA VIABILITA' AL Km 0+310 PONTE PAGLIANO: Relazione tecnica e di calcolo impalcato								
	Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 74 di 78

$$M_{SLE} = 24.64 \text{ kNm}$$

Sovrapposizione degli effetti

$$\sigma_c = 4.40 \text{ MPa} < 13.07 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = 144.69 \text{ MPa} < 313.05 \text{ MPa}$$

5.11.1.8 Verifica a fessurazione

Combinazione QP

$$M_{2fase} = 4.73 \text{ kNm}$$

$$w_k = 0.00 \text{ mm}$$

Combinazione FR

$$M_{2fase} = 18.86 \text{ kNm}$$

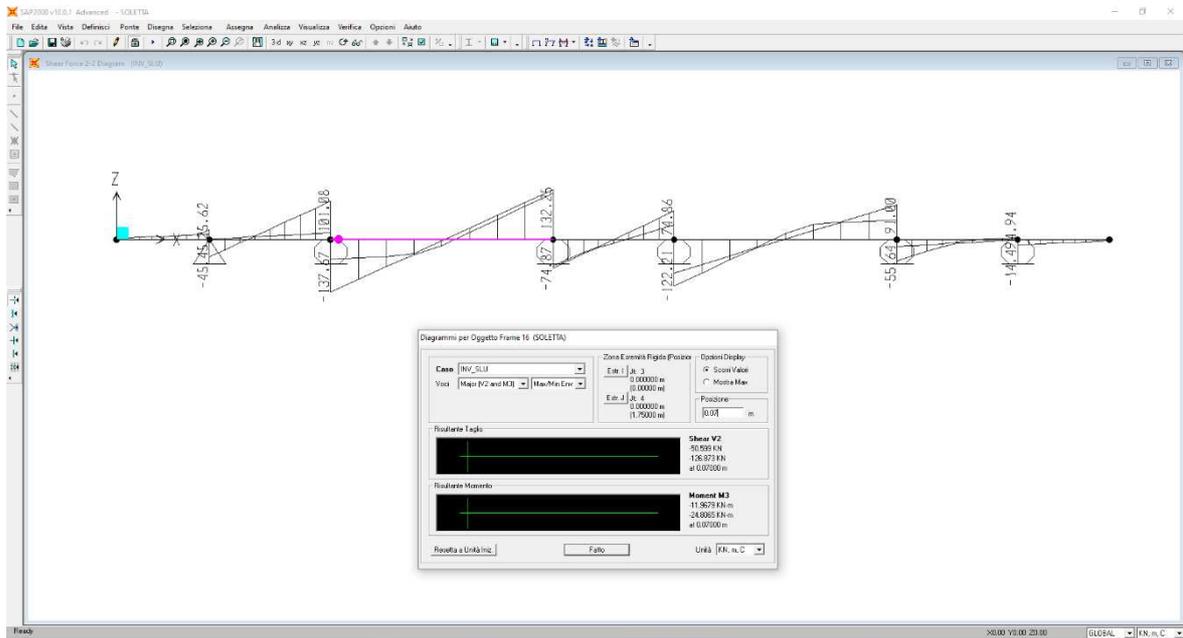
$$w_k = 0.00 \text{ mm} < 0.3 \text{ mm}$$

5.11.1.9 Verifica a taglio

Di seguito si riporta la verifica a taglio della soletta, dal diagramma del taglio si evince che il taglio massimo si ha in corrispondenza degli appoggi (parete verticale travi).

In questa zona la soletta resistente a taglio ha un'altezza di circa 28 cm ed effettuando la verifica a taglio a filo parete, si ha:

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OM9100	Id.doc. REL	N.prog. 01	REV. B	Pag.di Pag. 75 di 78
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------



$V_{max} = 137.67 \text{ kN} \quad \rightarrow \quad V_{filo} = 126.87 \text{ kN}$

Da cui:

Verifica a taglio			
<i>Elementi senza armatura trasversale a taglio</i>			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot 1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	137.77	kN	
VEd =	126.87 kN		ok
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.913		≤ 2
$R_{ck} =$	45	N/mm ²	
$V_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.566	N/mm ²	
$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	37.35	N/mm ²	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	21.17	N/mm ²	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00419		$\leq 0,02$
$c_{opri ferro} =$	40	mm	
$d =$	240	mm	
$H =$	280	mm	
$bw =$	1000	mm	
$A_{sl} =$	1005	mm ²	
$N_{Ed} =$	0	kN	
$\alpha_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm ²	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

6. ESCURSIONI APPARECCHI DI APPOGGIO E GIUNTI

La valutazione degli spostamenti longitudinali e trasversali in corrispondenza degli apparecchi d'appoggio è eseguita con riferimento alle azioni statiche ed alle azioni sismiche. Per l'azione sismica si considera lo stato limite di collasso SLC, i cui parametri sono indicati nel par.5.1.10.

La valutazione degli spostamenti longitudinali e trasversali in corrispondenza degli apparecchi d'appoggio è eseguita con riferimento alle azioni statiche ed alle azioni sismiche. In particolare, le azioni considerate nell'analisi sono:

- variazione termica uniforme pari a 25°C, con effetto sia in allungamento sia un accorciamento ($d_{\epsilon 3}$);
- variazione termica dovuta al ritiro in accorciamento ($d_{\epsilon 2}$)
- azione sismica con doppio effetto (d_{ϵ}).
-

Le combinazioni di calcolo utilizzate sono espresse in forma sintetica nel seguito:

- combinazione statica: $d_{tot,stat} = \pm d_{\epsilon 3} - d_{\epsilon 2}$;
- combinazione sismica: $d_{tot,sisma} = \pm 0.5 \cdot d_{\epsilon 3} - 0.5 \cdot d_{\epsilon 2} \pm d_E$.

Pertanto, l'allungamento/accorciamento per metro lineare di impalcato dovuto alla dilatazione termica equivale a:

$$d_{\epsilon 3} = 0.00001 \times (\pm 25^\circ) \times 1000 = \pm 0.3 \text{ mm/ml}$$

L'accorciamento per metro lineare di impalcato dovuto al ritiro equivale a:

$$d_{\epsilon 2} = 0.00001 \times (\pm 27^\circ) \times 1000 = \pm 0.27 \text{ mm/ml}$$

Escursione apparecchi d'appoggio:

allin.to		distanza dal fisso (m)	Escursione long. unilaterale statica		Escursione long. sismica max /trasv. associata		Escursione trasv. Sismica max /long. associata
			Accorc.	Allung.	Accorc.	Allung.	
	Giunto SPA	-7.65	-4.36	+2.30	-75/-22	+75/+22	$\pm 75 / \pm 22$
mobile	SPA	-7.25	-4.13	+2.18	-75/-22	+75/+22	$\pm 75 / \pm 22$
fisso	MEZZERIA	0	0	0	-75/-22	+75/+22	$\pm 75 / \pm 22$
mobile	SPB	7.25	-4.13	+2.18	-75/-22	+75/+22	$\pm 75 / \pm 22$
	Giunto SPB	7.65	-4.36	+2.30	-75/-22	+75/+22	$\pm 75 / \pm 22$

L'escursione totale longitudinale massima e trasversale associata dei giunti (calcolata allo SLC) è pari a:

$e_{T,ass} = 150 \text{ mm}$ -giunto SPA/SPB ($\pm 75 \text{ mm}$) trasversale
 $e_{L,max} = 150 \text{ mm}$ -giunto SPA/SPB ($\pm 75 \text{ mm}$) longitudinale

L'escursione longitudinale e trasversale associate a quelle massime dei giunti sono pari a:

$e_{T,max} = 44 \text{ mm}$ -giunto SPA/SPB ($\pm 22 \text{ mm}$) trasversale
 $e_{L,ass} = 44 \text{ mm}$ -giunto SPA/SPB ($\pm 22 \text{ mm}$) longitudinale

Il varco minimo (allo SLC) è pari a:

$$v = e_{L,max} / 2 + 20 \text{ mm} \cong 100 \text{ mm} \quad \text{-giunto SPA/SPB}$$

	SPALLE					
	Appoggio esterno			Appoggio interno		
	R (kN)	HI (kN)	Ht (kN)	R (kN)	HI (kN)	Ht (kN)
SLE_INV	-853	67	18	-804	67	18
SLU_INV	-1155	90	27	-1089	90	27
SISMICA_INV	-413	59	59	-253	59	59