



ANAS

S.p.A.

DIREZIONE CENTRALE PROGRAMMAZIONE PROGETTAZIONE

PA 12/09

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA

ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19

S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001

Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

PROGETTO ESECUTIVO

Contraente Generale:



OPERE D'ARTE MAGGIORI

VIADOTTI

Viadotto Arenella III

Relazione di calcolo Impalcato - Carreggiata DX

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12_09 - E 1 5 7 V I 2 1 4 V I 1 4 F C L 0 0 3 C Scala: -

F													
E													
D													
C	Settembre 2011	Aggiornamento Progettuale		T. FASOLO		F. NIGRELLI		M. LITI		P. PAGLINI			
B	Luglio 2011	Revisione a seguito di incontri con il Committente		T. FASOLO		F. NIGRELLI		M. LITI		P. PAGLINI			
A	Aprile 2011	EMISSIONE		T. FASOLO		F. NIGRELLI		M. LITI		P. PAGLINI			
REV.	DATA	DESCRIZIONE		REDATTO		VERIFICATO		APPROVATO		AUTORIZZATO			

Responsabile del procedimento: Ing. MAURIZIO ARAMINI

Il Progettista: 	Il Consulente Specialista: 3TI ITALIA S.p.A. DIRETTORE TECNICO Ing. Stefano Luca Possati Ordine degli Ingegneri Provincia di Roma n. 20809	Il Geologo: 	Il Coordinatore per la sicurezza in fase di progetto: 	Il Direttore dei lavori:
---------------------	---	-----------------	--	------------------------------

<p>CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 <i>Progetto Esecutivo</i></p>	<p>Opera: Viadotto Favarella Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 1 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.</p>
--	--

INDICE

1. Introduzione	3
1.1 Descrizione generale dell'opera	3
1.1.1 Impalcato	3
1.2 Modalità realizzative	5
1.3 Materiali utilizzati	5
1.3.1 Condizioni ambientali e classi di esposizione per l'impalcato	5
1.3.2 Calcestruzzo	5
1.3.3 Acciaio per c.a.p.	6
1.3.4 Acciaio per c.a.	7
1.4 Normative di riferimento	7
1.5 Convenzioni generali, per le verifiche e le analisi globali	7
1.6 Software di calcolo	8
2. Impostazioni delle analisi e delle verifiche	9
2.1 Metodologia di calcolo	9
2.1.1 Coefficienti di viscosità e distribuzione	10
2.2 Analisi della struttura	12
2.2.1 Fasi di calcolo	12
2.3 Dati generali delle sezioni di impalcato	12
2.3.1 Larghezze collaboranti di soletta	12
2.3.2 Componenti delle sezioni	13
2.3.2.1 Trave in cap ed armatura di precompressione	13
2.3.2.2 Soletta centrale e di bordo	15
2.3.2.3 Armatura lenta in soletta	15
2.3.2.4 Armatura di rinforzo a fondo cassoncino	16
2.3.3 Caratteristiche geometriche delle sezioni	17
2.3.3.1 SA-c (mezzeria) -Travi centrali	17
2.3.3.2 SB-c (FiloRemp) - Travi centrali	17
2.3.3.3 SD-c (a 9m) - Travi centrali	17
2.3.3.4 SA-b (mezzeria) -Travi di bordo	18
2.3.3.5 SB-b (FiloRemp) - Travi di bordo	18
2.3.3.6 SD-b (a 9m) - Travi di bordo	19
3. Descrizione del modello numerico	19
4. Analisi dei carichi	20
4.1 Carichi agenti in fase 1	20
4.1.1 Peso proprio calcestruzzo travi (G_{k1}')	20
4.1.2 Peso proprio soletta (G_{k1}'')	20
4.1.3 Peso proprio traversi (G_{k1}''')	21
4.1.4 Precompressione (P_k)	21
4.2 Carichi agenti in fase 2	21
4.2.1 Sovraccarichi permanenti (G_{k2})	21
4.2.2 Ritiro differenziale trave-soletta ($G_{sh,k}$)	22
4.3 Carichi agenti in fase 3	23
4.3.1 Variazioni termiche (Q_{Tk})	23
4.3.1.1 Variazioni termiche uniformi Δt_N	23
4.3.1.2 Variazioni termiche lineari Δt_M	23
4.3.1.3 Combinazione degli effetti uniformi e lineari	23
4.3.2 Carichi mobili (Q_k)	23
4.3.2.1 Verifiche globali	24
4.3.2.2 Verifiche locali	24
4.3.3 Azioni di frenatura (Q_{lk})	24
4.3.4 Azione del vento ($F_{w,k}$)	25
4.3.5 Sisma	26
5. Combinazioni di carico	26
6. Risultati Dell'analisi Strutturale Impalcato	27
6.1 Sollecitazioni trave	27

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 2 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	---

6.2 Sollecitazioni nei traversi	29
6.3 Stato deformativo della struttura	31
7. Verifiche travi	32
7.1 S.L.U. – Verifiche a pressoflessione	32
7.1.1 Sezione SA-c (fibre tese inferiori)	32
7.1.2 Sezione SB-c (fibre tese inferiori/superiori)	33
7.1.3 Sezione SC-c (fibre tese superiori)	34
7.1.4 Sezione SD-c (fibre tese inferiori)	35
7.1.5 Sezione SA-b (fibre tese inferiori)	36
7.1.6 Sezione SB-b (fibre tese inferiori/superiori)	37
7.1.7 Sezione SC-b (fibre tese superiori)	39
7.1.8 Sezione SD-b (fibre tese inferiori)	39
7.1.9 Verifica del trasferimento della forza di tiro nell'armatura inferiore (fibre tese inferiori)	40
7.2 S.L.U. – Verifiche a taglio e torsione	42
7.2.1 Sezione SB-c (trave centrale)	42
7.2.2 Sezione SD-c (trave centrale)	44
7.2.3 Sezione SE-c (trave centrale)	46
7.2.4 Sezione SC-c (trave centrale)	48
7.2.5 Sezione SB-b (trave di bordo)	50
7.2.6 Sezione SD-b (trave di bordo)	52
7.2.7 Sezione SE-b (trave di bordo)	55
7.2.8 Sezione SC-b (trave di bordo)	57
7.2.9 Verifica del trasferimento del taglio all' interfaccia cassoncino/nucleo gettato in opera	59
7.3 Verifica della connessione trave soletta	60
7.4 S.L.E. rara - limitazione delle tensioni	61
7.4.1 Verifiche Sezione SA-c	62
7.4.2 Verifiche Sezione SB-c	66
7.4.3 Verifiche Sezione SD-c	70
7.4.4 Verifiche Sezione SA-b	74
7.4.5 Verifiche Sezione SB-b	78
7.4.6 Verifiche Sezione SD-b	81
7.5 S.L.E. – quasi permanente	85
7.5.1 Verifiche Sezione SA-c	86
7.5.2 Verifiche Sezione SB-c	87
7.5.3 Verifiche Sezione SD-c	87
7.5.4 Verifiche Sezione SA-b	88
7.5.5 Verifiche Sezione SB-b	88
7.5.6 Verifiche Sezione SD-b	89
7.6 S.L.E. – Frequenti (limitazione ampiezza fessure)	89
7.6.1 Verifiche Sezione SA-c	89
7.6.2 Verifiche Sezione SB-c	90
7.6.3 Verifiche Sezione SD-c	90
7.6.4 Verifiche Sezione SA-b	91
7.6.5 Verifiche Sezione SB-b	91
7.6.6 Verifiche Sezione SD-b	92
8. Verifica dei traversi	93
8.1 Sezione in campata. Flessione SLU e SLE	93
8.2 Sezione in appoggio. Flessione SLU e SLE	96
8.3 Taglio e Torsione	99
9. Verifica trasversale della soletta	103
9.1 Modello locale e condizioni di carico	103
9.2 Sollecitazioni di calcolo allo SLU e allo SLE	103
9.3 Verifiche a SLU e SLE per flessione. Armatura TIPO 1.	104
9.4 Verifiche a SLU e SLE per flessione. Armatura TIPO 2.	106
9.5 Verifica a taglio	110

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 <i>Progetto Esecutivo</i>	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 3 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	---

1. INTRODUZIONE

Nella presente relazione si riportano i calcoli di dimensionamento e le verifiche di sicurezza dell'impalcato della carreggiata DX del viadotto Arenella III, opera, quest'ultima prevista nell'ambito del progetto esecutivo "CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA - ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 - S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" - AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 - dal km 44+000 allo svincolo con l'A19"

1.1 Descrizione generale dell'opera

1.1.1 Impalcato

Il Viadotto Arenella III posto sulla carreggiata SX è costituito da n. 19 campate. L'intero impalcato si compone di due tronchi – tratto 1 e tratto 2 – strutturalmente sconnessi in corrispondenza della pila P09 ove è previsto un giunto di dilatazione.

L'impalcato è realizzato con travi a cassoncino in cemento armato precompresso a cavi pretesi, e sovrastante soletta gettata in opera; in asse ad ogni pila sono presenti traversi gettati in opera, che rendono tra loro solidali le travi, varate in semplice appoggio su dispositivi provvisori, realizzando uno schema finale di trave continua.

L' impalcato del TRATTO 1, è costituito da n. 9 campate aventi luce – misurata in asse impalcato – pari a 30 m e 31.0 rispettivamente per quelle di riva e per quelle centrali.

L' impalcato del TRATTO 2, è costituito da n. 11 campate aventi luce – misurata in asse impalcato – pari a 30 m e 31.0 rispettivamente per quelle di riva e per quelle centrali.

Tabella 1.1: Viadotto carreggiata SX

Campate	L [m]	
1	30.0	TRATTO 1
2	31.0	
3	31.0	
4	31.0	
5	31.0	
6	31.0	
7	31.0	
8	31.0	
9	30.0	
10	30.0	TRATTO 2
11	31.0	
12	31.0	
13	31.0	
14	31.0	
15	31.0	
16	31.0	
17	31.0	
18	31.0	
19	31.0	
20	30.0	
Ltot	616	

Oltre che dal traverso, la continuità strutturale è garantita da un getto di calcestruzzo in opera all'interno della cavità dei cassoncini per una lunghezza di 1.50 mm, misurata dalla testata delle travi.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 4 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcat_dx.doc.
--	--

La sezione trasversale dell'impalcato è formata da n. 4 travi a cassoncino, di altezza 1.80 mm, disposte ad interasse trasversale di 2.50 m e da una soletta gettata in opera di altezza su predalles autoportanti. L'altezza complessiva della soletta è pari a 25 cm, di cui 20 cm di getto in opera e 5 cm di fondello prefabbricato in cls delle predalles.

L'impalcato, la cui larghezza complessiva è pari a 13.73 m, presenta un piano viabile di 10.50 m di larghezza e due cordoli laterali di larghezza 0.75 m ed 1.23 m.

Le figure seguenti illustrano la sezione trasversale corrente e la sezione in asse pila dell'impalcato.

L'impalcato è vincolato alle sottostrutture mediante appoggi del tipo ad "isolatore sismico ad elastomero armato"; il legame forza-spostamento di tali dispositivi è di tipo elasto-lineare, sia per azioni impulsive (frenatura, sisma), sia per azioni lente (variazioni termiche, fluage, ritiro).

CARREGGIATA DX
SEZIONE TIPO IN CAMPATA
SCALA 1:50

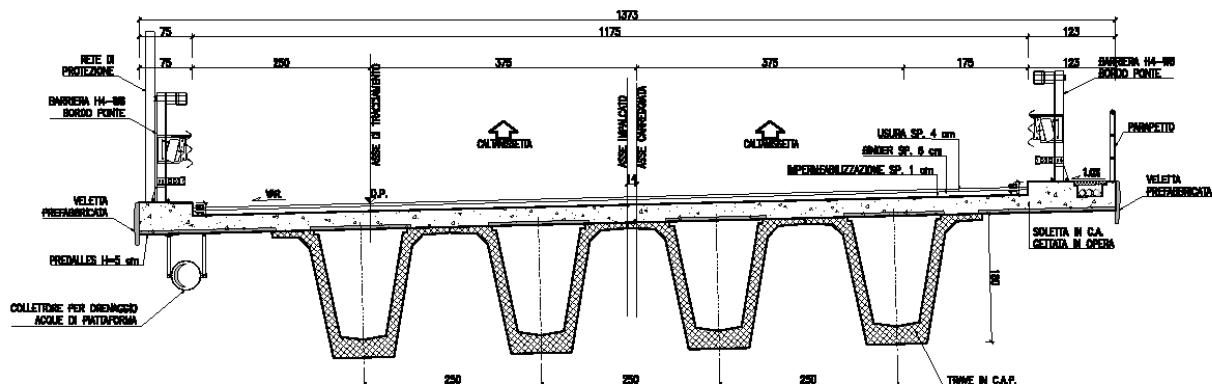


Figura 1.1 - Sezione corrente impalcato.

CARREGGIATA DX
SEZIONE TIPO IN ASSE APPOGGIO
SCALA 1:50

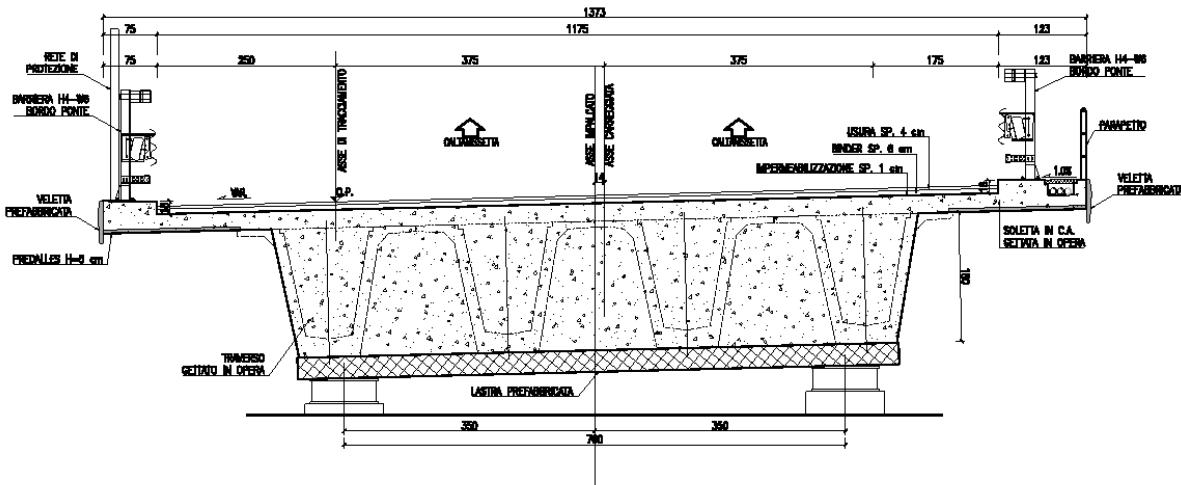


Figura 1.2 - Sezione in asse appoggio.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 <i>Progetto Esecutivo</i>	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 5 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	---

1.2 Modalità realizzative

La realizzazione dell'impalcato si articola secondo le seguenti fasi esecutive:

- Fase A: Posa in opera delle travi prefabbricate in c.a.p., varate in semplice appoggio su sostegni provvisori;
- Fase B: Posa in opera delle predalle e delle armature di traversi e soletta, quindi getto contemporaneo della soletta e dei traversi.
- Fase C : Rimozione degli appoggi provvisori e realizzazione delle finiture dell'impalcato, compresi i cordoli laterali

1.3 Materiali utilizzati

1.3.1 Condizioni ambientali e classi di esposizione per l'impalcato

Per l'opera in esame si prevede l'esposizione al seguente "range" di temperature:

$$T_{\min} = -15^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\max} = 45^{\circ}\text{C}$$

Per l'umidità ambientale si assume:

$$RH = 75\%.$$

Per quanto riguarda la classe di esposizione, si prevede, sia per il calcestruzzo della soletta, sia per quello della trave prefabbricata la seguente classe:

soletta, traversi, cordoli e travi: XC4.

Le caratteristiche del calcestruzzo dovranno pertanto rispettare, oltre i requisiti di resistenza indicati al punto seguente, anche i criteri previsti dalla vigente normativa (EN 11104 e EN 206) per quanto riguarda l'esposizione alle classi indicate.

1.3.2 Calcestruzzo

Per le classi di esposizione dei vari elementi strutturali in calcestruzzo, si rimanda al capitolo precedente
Per il calcestruzzo delle travi prefabbricate si ha:

Classe =	C45/55	classe di resistenza
$R_{ck} =$	55 MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 0.83 * R_{ck} =$	45.65 MPa	resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	53.65 MPa	resistenza a compressione media
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3} =$	36416 MPa	modulo elastico secante
$f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3} =$	3.83 MPa	resistenza a trazione media
$f_{ctd} = \alpha_{ct} 0.7 f_{ctm} / \gamma_c =$	1.79 MPa	resistenza a trazione di calcolo
$\nu =$	0.2	coefficiente di Poisson
$\gamma_c =$	1.5	coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc} =$	0.85	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$\alpha_{ct} =$	1	coefficiente per il calcolo della resistenza a trazione di calcolo
$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c =$	25.9 MPa	resistenza di calcolo a compressione
$\varepsilon_{cu} =$	0.0035	deformazione ultima a rottura
$\sigma_c = 0.45 f_{ck} =$	20.5 MPa	massima compressione in esercizio (SLE quasi permanente)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 6 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	---

$\sigma_c = 0.60 f_{ck} =$	27.4	MPa	massima compressione in esercizio (SLE caratteristica)
$R_{ckj} =$	45.0	MPa	resistenza caratteristica cubica al taglio dei trefoli
$f_{ckj} = 0.83 * R_{ckj} =$	37.35	MPa	resistenza caratteristica al taglio dei trefoli
$f_{ctmj} = 0.3 f_{ckj}^{2/3} =$	3.35	MPa	resistenza a trazione media al taglio dei trefoli
$f_{ctdj} = \alpha_{ct} 0.7 f_{ctmj} / \gamma_c =$	1.56	MPa	resistenza a trazione di calcolo al taglio dei trefoli
$\sigma_c = 0.70 f_{ckj} =$	26.1	MPa	massima compressione iniziale
$\sigma_c = 0.90 f_{ckj} =$	33.6	MPa	massima compressione iniziale nelle zone di ancoraggio
$\phi(\infty, t_0) =$	1.79		coefficiente di viscosità
$E_{c\infty} = E_{cm} / [1 + \phi(\infty, t_0)] =$	13052	MPa	modulo elastico secante a lungo termine termine

Per il calcestruzzo della soletta si ha:

Classe =	C32/40		classe di resistenza
$R_{ck} =$	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 0.83 * R_{ck} =$	33.2	MPa	resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	41.2	MPa	resistenza a compressione media
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3} =$	33643	MPa	modulo elastico secante a breve termine
$f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3} =$	3.10	MPa	resistenza a trazione media
$f_{ctd} = \alpha_{ct} 0.7 f_{ctm} / \gamma_c =$	1.45	MPa	resistenza a trazione di calcolo
$\nu =$	0.2		coefficiente di Poisson
$\gamma_c =$	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc} =$	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$\alpha_{ct} =$	1		coefficiente per il calcolo della resistenza a trazione di calcolo
$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c =$	18.8	MPa	resistenza di calcolo a compressione
ε_{cu}	0.35	%	deformazione ultima a rottura
$n_{cls0} =$	0.924		Coeff. di omogeneizzazione cao/cap al tempo t_0
$\phi(\infty, t_0) =$	1.79		Coefficiente di viscosità
$E_{c\infty} = E_{cm} / [1 + \phi(\infty, t_0)] =$	12058		modulo elastico secante a lungo termine
$n_{cls00} =$	0.924		Coeff. di omogeneizzazione cao/cap al tempo t_{00}

1.3.3 Acciaio per c.a.p.

Tipo =	Trefoli da 0.6"		
$E =$	190000	MPa	modulo elastico
$f_{ptk} =$	1860	MPa	tensione di rottura
$f_{p(1)k} =$	1670	MPa	tensione caratteristica all'1% di deformazione totale
$\varepsilon_{su} =$	0.035		deformazione ultima a rottura
$\sigma_{spi} = \min\{0.9 f_{p(1)k}, 0.8 f_{ptk}\} =$	1488		tensione limite iniziale
$\sigma_s = 0.8 f_{p(1)k} =$	1336		tensione limite in esercizio (combinazione rara)
$n_{acc0j} =$	7.00		coeff. di omogeneizzazione dell'acciaio al tempo t_{0j} (taglio trefoli)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 7 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcat_dx.doc.
---	--

$n_{acc0} =$	5.22	coeff. di omogeneizzazione dell'acciaio al tempo t_0
$n_{accoo} =$	14.56	coeff. di omogeneizzazione dell'acciaio al tempo t_{oo}

1.3.4 Acciaio per c.a.

Barre ad aderenza migliorata:	B450C		classe di resistenza
$f_{yk} =$	450	N/mm^2	resistenza caratteristica di snervamento
$\gamma_s =$	1.15		coefficiente parziale di sicurezza
$f_{yd} =$	391.3	N/mm^2	
$E_s =$	200000	N/mm^2	modulo elastico
$\nu =$	0.3		coefficiente di Poisson
$k = (f_t/f_y)_k =$	1.2		rapporto di sovraresistenza
$\varepsilon_{uk} = (A_{gt})_k =$	0.0075		deformazione ultima caratteristica
$\varepsilon_{ud} = 0.9 * \varepsilon_{uk} =$	0.0675		deformazione ultima di calcolo
$\sigma_s = 0.8 f_{yk} =$	360	N/mm^2	Tensione limite in esercizio (Comb. Rara)

Per semplicità di calcolo anche per l'acciaio ordinario si adottano gli stessi coefficienti di omogeneizzazione acciaio/cls precedentemente determinati per l'acciaio per c.a.p.

Per quanto riguarda il calcolo dei coefficienti di viscosità riportati in questo paragrafo si rimanda ai paragrafi successivi, relativi alla metodologia di calcolo.

1.4 Normative di riferimento

Le analisi strutturali e le relative verifiche vengono eseguite secondo il metodo semi-probablistico agli Stati Limite in accordo alle disposizioni normative previste dalla vigente normativa italiana e da quella europea (Eurocodici). In dettaglio si sono prese in esame i seguenti documenti, che di volta in volta verranno opportunamente richiamati:

- D.M. 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni (indicate nel prosieguo "NTC");
- Circolare n.617: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni";
- UNI EN 1990: Basi della progettazione strutturale;
- UNI EN 1991-1-4: Azioni sulle strutture – Azione del vento;
- UNI EN 1991-1-5: Azioni sulle strutture – Azioni termiche;
- UNI EN 1991-2: Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti;
- UNI EN 1992-1-1: Progettazione delle strutture di calcestruzzo - regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1992-2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Ponti di calcestruzzo;

1.5 Convenzioni generali, per le verifiche e le analisi globali

Le unità di misura sono quelle relative al sistema internazionale, ovvero:

lunghezze: m

forze - coppie: kN, kNm

tensioni: MPa

Per quanto riguarda le convenzioni di segno, si considerano, in generale, positive le tensioni compressione.

Per quanto riguarda le azioni interne nell'impalcato, salvo diversamente specificato, si indicherà con:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 <i>Progetto Esecutivo</i>	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 8 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	---

- P azione assiale (>0 se di trazione)
 V2 azione tagliante agente nel piano verticale;
 T momento torcente;
 M3 momento flettente agente nel piano verticale.

1.6 Software di calcolo

L'analisi della struttura viene eseguita su un modello numerico agli elementi finiti, adottando il codice di calcolo SAP2000 della Computers and Structures, Inc.

Per le verifiche a stato limite ultimo e di esercizio delle sezioni in c.a.p. si sono utilizzati semplici fogli elettronici. In particolare per le sezioni ritenute significative si sono svolte le seguenti verifiche:

S.L.U. :

- Verifiche a pressoflessione semplice delle sezioni composite con presenza di armatura lenta in soletta e di precompressione nei cassoncini;
- Verifiche a taglio, secondo la teoria del traliccio di Morsch;
- Verifica della connessione trave soletta

S.L.E. :

- Verifica elastica delle tensioni in esercizio
- Verifica a fessurazione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 <i>Progetto Esecutivo</i>	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 9 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	---

2. IMPOSTAZIONI DELLE ANALISI E DELLE VERIFICHE

2.1 Metodologia di calcolo

Sia l'introduzione di vincoli esterni quanto la solidarizzazione tra trave e soletta contrastano le deformazioni relative differite e pertanto generano entrambe ridistribuzione. In sintesi, quindi, i fenomeni analizzati sono i seguenti:

- l'introduzione di vincoli esterni posticipati rispetto all'istante di applicazione del carico comporta l'insorgere di un quadro auto-equilibrato di reazioni vincolari esterne che modificano i valori dei momenti flettenti e degli sforzi di taglio lungo l'impalcato continuo.
- la solidarizzazione tra trave e soletta dà luogo ad una ridistribuzione auto-equilibrata di tensioni interne alla sezione, apportando modifiche allo stato tensionale.

Poiché si considera valida la conservazione delle sezioni piane per la sezione composta, l'analisi strutturale e l'analisi sezionale sono disaccoppiabili e possono quindi essere studiate separatamente. Del primo effetto se ne tiene conto in sede di calcolo delle sollecitazioni mediante un modello FEM dell'intera struttura, mentre della ridistribuzione interna se ne tiene conto a livello di verifica delle tensioni a stato limite di esercizio.

Per valutare gli effetti della viscosità l'ordine cronologico degli eventi fondamentali è limitato ai seguenti istanti:

$t_0 = 7 \text{ gg}$ istante a partire dal quale si considerano valutabili le conseguenze del fenomeno viscoso sulla trave prefabbricata ossia l'istante di applicazione congiunta di precompressione e peso proprio.

$t_0^* = 60 \text{ gg}$ istante di getto della soletta e dei traversi, coincidente con la solidarizzazione dei vincoli posticipati. Si assume che tutti i vincoli posticipati siano applicati contemporaneamente.

t l'istante di osservazione, che per gli effetti a lungo termine si assume $t=100.000 \text{ gg} = \infty$

Indicata pertanto con S_I la sollecitazione agente nella struttura nella configurazione precedente all'introduzione dei vincoli posticipati (struttura isostatica) e con S_{II} la sollecitazione agente sulla struttura pensata con vincoli posticipati (struttura iperstatica), la sollecitazione effettiva si ricava dalla relazione:

$$S(t) = S_I + \xi(t) (S_{II} - S_I)$$

Analogamente lo stato tensionale interno delle sezioni si può calcolare come:

$$\sigma(t) = \sigma_I + \xi(t) (\sigma_{II} - \sigma_I)$$

Dove si è indicato con σ_I la tensione indotta dalla sollecitazione esterna nella generica fibra della trave prima della solidarizzazione alla soletta (la cui rigidezza rappresenta un vincolo interno posticipato per precompressione, peso proprio e peso della soletta stessa) e con σ_{II} la tensione agente nella medesima fibra per effetto della medesima azione sollecitante pensata direttamente applicata alla sezione composta.

I coefficienti di distribuzione dipendono dall'aliquota di rotazione delle travate che per effetto di peso proprio e precompressione (azioni applicate a t_0) e per effetto del peso proprio della soletta (applicato a t_0^*) la struttura manifesterebbe se non fosse introdotto un vincolo posticipato che ne impedisce il manifestarsi. Si dimostra che tali coefficienti possono calcolarsi con le formule:

$$\xi(t) = \frac{\phi(t, t_o) - \phi(t_o^*, t_o)}{1 + \chi(t, t_o^*)\phi(t, t_o^*)} \quad \text{per il peso proprio della trave e la precompressione}$$

$$\xi(t) = \frac{\phi(t, t_o^*)}{1 + \chi(t, t_o^*)\phi(t, t_o^*)} \quad \text{per il peso proprio della soletta}$$

I coefficienti di viscosità che figurano nelle formule, qualitativamente riassunti anche nel grafico seguente, hanno il seguente significato:

$\phi(\infty, t_0)$ valore a lungo termine della funzione di fluage che rappresenta l'evoluzione nel tempo dei fenomeni reologici indotti dall'applicazione al tempo t_0 del peso proprio e della precompressione.

$\phi(t_0^*, t_0)$ valore al tempo t_0^* della precedente funzione

$\phi(\infty, t_0^*)$ valore a lungo termine della funzione di fluage che rappresenta l'evoluzione nel tempo dei fenomeni reologici indotti dall'applicazione al tempo t_0^* del peso proprio della soletta.

$\phi_{res}(\infty, t_0)$ valore a lungo termine della aliquota viscosa residua

$\chi(\infty, t_0^*)$ coefficiente di invecchiamento che tiene conto del fatto che l'incremento delle tensioni non è istantaneo ma varia nel tempo con legge affine a quella viscosa

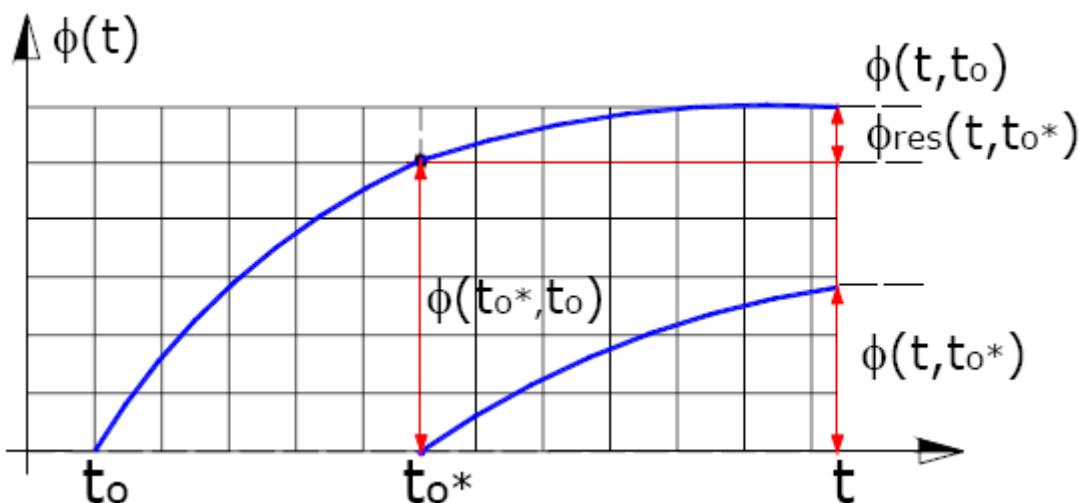


Figura 2.1 – Coefficienti di viscosità.

2.1.1 Coefficienti di viscosità e distribuzione

Con riferimento a quanto su esposto, nell'ipotesi che nei riguardi degli effetti indotti dalle azioni mutue interne le caratteristiche viscose della trave in c.a.p. e della soletta possano considerarsi affini, si riportano i valori dei coefficienti di viscosità e di distribuzione, calcolati secondo le modalità della EN 1992-1-1

Per quanto riguarda il perimetro e l'area esposta di una singola trave e dell'intera soletta, si ha:

Travi in cap

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 11 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcat_dx.doc.
---	---

u =	10315	mm	Perimetro cassoncino
A =	847168	mm ²	Area cassoncino
h ₀ = 2A/u	164	mm	Spessore fittizio

Soletta

b =	13230	mm	Larghezza soletta
s =	250	mm	Spessore soletta
u =	26960	mm	Perimetro della soletta
A =	3307500	mm ²	Area della soletta
h ₀ = 2A/u	245	mm	Spessore fittizio

Per il peso proprio e la precompressione:

f _{ck} =	45.65	N/mm ²	resistenza caratteristica cilindrica a compressione istante di applicazione congiunta di precompressione e peso proprio (valore equivalente riferito ad un cemento tipo N)
t ₀ =	7	gg	istante di introduzione dei vincoli posticipati = istante del getto della soletta
t ₀ [*] =	60	gg	istante di applicazione del peso proprio della soletta
h ₀ =	164	mm	spessore fittizio
RH =	75	%	umidità relativa
Cemento =	N		tipo di cemento (congruente con t ₀ equivalente)
ϕ(∞, t ₀) =	1.789		coefficiente di viscosità per il peso proprio della trave e la precompressione a lungo termine
ϕ(t ₀ [*] , t ₀) =	0.897		coefficiente di viscosità per il peso proprio della trave e la precompressione a 60 gg
ϕ _{res} (∞, t ₀ [*]) =	0.892		aliquota viscosa residua per il calcolo delle ridistribuzioni viscose relative a peso proprio e precompressione

Per il peso proprio della soletta:

f _{ck} =	45.65	N/mm ²	resistenza caratteristica cilindrica a compressione
t ₀ =	60	gg	istante di applicazione del peso proprio della soletta
t ₀ [*] =	60	gg	istante di solidarizzazione dei vincoli = istante del getto della soletta
h ₀ =	164	mm	Spessore fittizio
RH =	75	%	umidità relativa
Cemento =	N		tipo di cemento (congruente con t ₀ equivalente)
ϕ(∞, t ₀ [*]) =	1.191		coefficiente di viscosità per il peso proprio della soletta a lungo termine
ϕ(t ₀ [*] , t ₀) =	0		coefficiente di viscosità per il peso proprio della soletta alla messa in carico

Si ricavano i coefficienti di ridistribuzione:

χ =	0.73	Coefficiente di invecchiamento
ξ = ϕ _{res} (t ₀ [*] , t ₀) / [1 + χ ϕ(∞, t ₀ [*])] =	0.457	Coefficiente di ridistribuzione per peso proprio e precompressione
ξ = ϕ(∞, t ₀ [*]) / [1 + χ ϕ(∞, t ₀ [*])] =	0.610	Coefficiente di ridistribuzione per il peso proprio della soletta
ξ = 1 / [1 + χ ϕ(∞, t ₀ [*])] =	0.512	Coefficiente di ridistribuzione per il ritiro differenziale della soletta

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 12 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

2.2 Analisi della struttura

Le sollecitazioni sono state calcolate mediante più modelli agli elementi finiti che si differenziano per lo schema statico della struttura (isostatico con vincoli provvisori oppure iperstatico con vincoli finali) e per le caratteristiche geometriche delle sezioni (sezioni trasversali formate dai soli cassoncini oppure sezioni composite cassoncino con soletta). Quindi per le analisi a stato limite ultimo si sono sovrapposte le sollecitazioni di calcolo derivanti dalle combinazioni di progetto, mentre per gli stati limiti di esercizio si sono sovrapposti gli stati tensionali delle sezioni.

Nei paragrafi successivi si riporta una descrizione delle fasi di calcolo, delle caratteristiche geometriche delle sezioni trasversali e dei modelli numerici.

2.2.1 Fasi di calcolo

Le caratteristiche geometrico-statiche delle sezioni di impalcato si differenziano in funzione della presenza o meno della soletta in c.a. e della rigidezza relativa acciaio calcestruzzo espressa in termini di coefficiente di omogeneizzazione. Per tenere conto della reale sequenza delle fasi esecutive, l'analisi della struttura si articolerà come di seguito specificato:

- fase 1: assenza della soletta (fase iniziale), sezioni resistenti formate dalle sole travi in c.a.p. con l'acciaio da precompressione omogeneizzato con coefficiente calcolato a breve termine. Lo schema analizzato è quello di trave in semplice appoggio.
- fase 2: presenza della soletta, con modulo elastico della trave e della soletta valutato a lungo termine e con coefficienti di omogeneizzazione dell'acciaio delle armature lente e precomprese calcolati a lungo termine. Lo schema analizzato è quello di trave continua.
- fase 3: presenza della soletta con modulo elastico della trave e della soletta valutato a breve termine e con coefficienti di omogeneizzazione dell'acciaio delle armature lente e precomprese calcolati a breve termine. Lo schema analizzato è quello di trave continua. Le azioni considerate in tale fase sono costituite dai carichi da traffico, azione del vento, azione della temperatura.

2.3 Dati generali delle sezioni di impalcato

2.3.1 Larghezze collaboranti di soletta

Le larghezze collaboranti di soletta vengono valutate sulla base dei criteri contenuti in EN 1992-1-1, punto 5.3.2.1.

Per quanto riguarda le travi interne la soletta collaborante coincide con l'interasse fra le travi stesse, mentre per la soletta delle travi di bordo se ne è verificata la dimensione effettivamente collaborante, che si riduce rispetto al valore massimo solo in prossimità degli appoggi. Della larghezza effettiva se ne è tenuto conto in sede di calcolo delle tensioni ma non ai fini del calcolo delle sollecitazioni.

Con riferimento alla figura seguente, la larghezza collaborante è stata valutata rispetto alla porzione di soletta posta all'esterno dell'anima del cassoncino, pari a 3.66 m.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 13 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

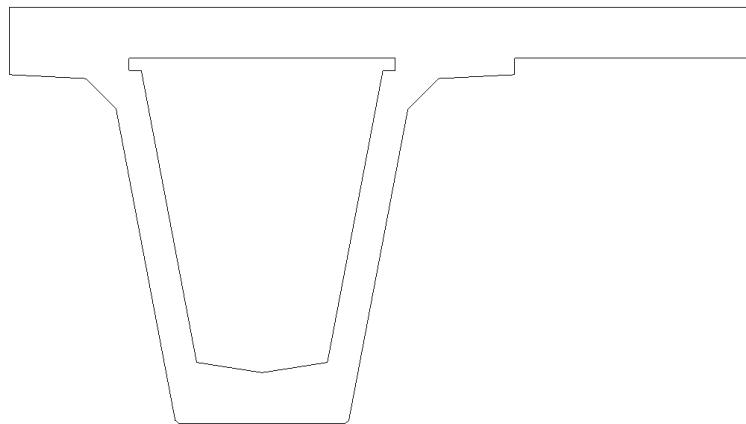


Figura 2.2 - Schema della trave di bordo (dimensioni in “m”)

Calcolo larghezza collaborante (EC2 §5.3.2.1)

l_1	=	30 m	lunghezza campata di riva
l_2	=	31 m	lunghezza campate centrali
$l_0^{(riva)}$	=	25.5 m	distanza tra i punti di momento nullo sulla campata di riva
$l_0^{(appoggio)}$	=	9.15 m	distanza tra i punti di momento nullo sull'asse appoggio
$l_0^{(centrale)}$	=	21.7 m	distanza tra i punti di momento nullo sulle campate centrali
b_w	=	2.5 m	larghezza trave in c.a.p
b_1	=	1.87 m	larghezza soletta a sbalzo
$b_{eff1}^{(riva)}$	=	2.92 m	
$b_{eff1}^{(appoggio)}$	=	1.29 m	
$b_{eff1}^{(centrale)}$	=	2.54 m	
b_{eff}	=	3.79 m	larghezza collaborante

2.3.2 Componenti delle sezioni

Le proprietà geometrico statiche delle sezioni sono state calcolate a partire dalla caratteristiche dei “componenti” di seguito descritti.

2.3.2.1 Trave in cap ed armatura di precompressione

Le principali dimensioni del cassoncino in cap sono riportate in figura; non sono previste zone ad anima e base rinforzata nelle zone di testata.

<p>CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRICENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19</p> <p>Progetto Esecutivo</p>	<p>Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 14</p> <p>Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.</p>
--	---

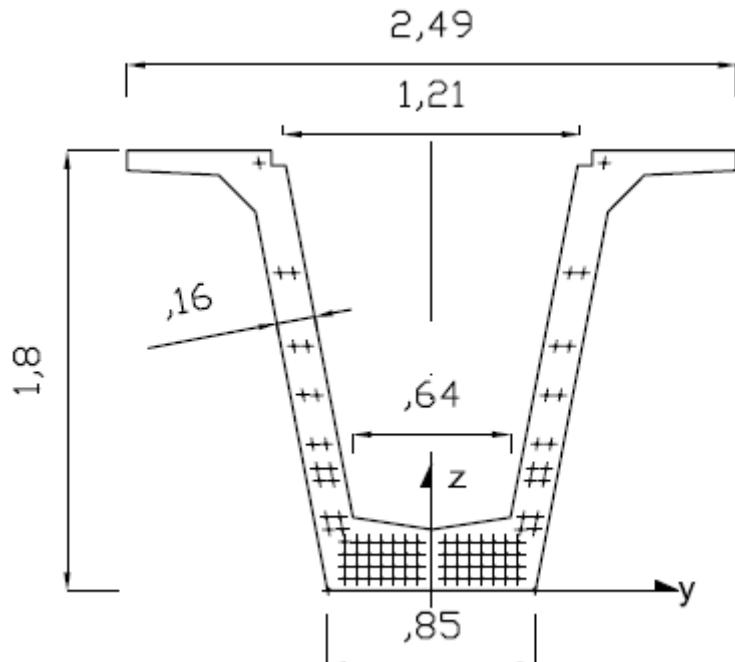


Figura 2.3 – Sezione trasversale delle travi a cassoncini in c.a.p.

Il cassoncino prevede la presenza di massimo 90 trefoli da 0.6", dei quali nella struttura in esame ne sono utilizzati al massimo 60; inoltre 10 trefoli sono neutralizzati da 0 a 9 m, mentre altri 14 trefoli sono neutralizzati da 0 a 1.5 m, come mostrato nella figura successiva.

Le coordinate dei trefoli, nel riferimento cartesiano indicato nelle figure precedenti, sono riportate in tabella, evidenziando i trefoli non utilizzati; per brevità e stante la simmetria si riportano solo le coordinate dei trefoli posti nella metà sinistra del cappellone.

id	Y (mm)	Z (mm)	A (mm²)
1	-355.0	50.0	139.00
2	-305.0	50.0	139.00
3	-255.0	50.0	139.00
4	-205.0	50.0	139.00
5	-155.0	50.0	139.00
6	-105.0	50.0	139.00
7	-55.0	50.0	139.00
8	-55.0	100.0	139.00
9	-105.0	100.0	139.00
10	-155.0	100.0	139.00
11	-205.0	100.0	139.00
12	-255.0	100.0	139.00
13	-305.0	100.0	139.00
14	-355.0	100.0	139.00
15	-355.0	150.0	139.00
16	-305.0	150.0	139.00
17	-255.0	150.0	139.00
18	-205.0	150.0	139.00
19	-155.0	150.0	139.00

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 15 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

id	Y (mm)	Z (mm)	A (mm²)
20	-105.0	150.0	139.00
21	-55.0	150.0	139.00
22	-55.0	200.0	0.00
23	-105.0	200.0	0.00
24	-155.0	200.0	0.00
25	-205.0	200.0	0.00
26	-255.0	200.0	0.00
27	-305.0	200.0	0.00
28	-355.0	200.0	0.00
29	-364.5	250.0	139.00
30	-374.0	300.0	139.00
31	-420.5	250.0	139.00
32	-430.0	300.0	139.00
33	-402.5	450.0	139.00
34	-412.0	500.2	139.00
35	-458.5	450.0	139.00
36	-468.0	500.2	139.00
37	-431.0	600.2	139.00
38	-487.0	600.2	139.00
39	-469.0	800.0	139.00
40	-525.0	800.0	139.00
41	-507.0	1000.0	139.00
42	-563.0	1000.0	139.00
43	-564.0	1300.0	139.00
44	-620.0	1300.0	139.00
45	-705.5	1750.0	139.00

Si ha pertanto:

$$\begin{aligned}
 &\text{Area lorda del cassoncino: } 0.8472 \text{ m}^2 \\
 &\text{Armatura da 0-1.5m: } 139*(60-10-14) = 5004 \text{ mm}^2 \\
 &\text{Armatura da 1.5-9m: } 139*(60-10) = 6950 \text{ mm}^2 \\
 &\text{Armatura corrente: } 139*76= 8340 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

2.3.2.2 Soletta centrale e di bordo

La soletta collaborante dei cassoncini centrali ha dimensioni 2500x250 mm mentre per la soletta di bordo si è fatto riferimento ad un rettangolo di dimensioni 4370x250 mm; il baricentro della soletta è posto a $1800+250/2=1925$ mm dall'intradosso dei cassoncini.

2.3.2.3 Armatura lenta in soletta

Nella soletta è disposta una armatura corrente realizzata con $\phi 14/200$ sopra e sotto per tutto lo sviluppo dell'impalcato, e per tanto nella soletta collaborante delle travi si ha:

$$\begin{aligned}
 &\text{per la soletta delle travi centrali : } 2500/200 = 12.5 \text{ ferri per strato } \Rightarrow 2*12.5*153.94 = 3848 \text{ mm}^2 \\
 &\text{per la soletta delle travi di bordo : } 4370/200 = 21.85 \text{ ferri per strato } \Rightarrow 2*21.85 *153.94 = 6725 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Inoltre si dispone, per 12 m in asse ad ogni pila una armatura aggiuntiva di $\phi 26/200$ sopra e sotto, e quindi:

$$\begin{aligned}
 &\text{per la soletta delle travi centrali : } 2500/200 = 12.5 \text{ ferri per strato } \Rightarrow 2*12.5*530.93 = 13273 \text{ mm}^2 \\
 &\text{per la soletta delle travi di bordo : } 4370/200 = 21.85 \text{ ferri per strato } \Rightarrow 2*21.85*530.93 = 23165 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 16 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

2.3.2.4 Armatura di rinforzo a fondo cassoncino

Nelle cavità riempite in prossimità degli appoggi in asse pila si dispone una ulteriore armatura per un totale di $16\phi 26=849 \text{ mm}^2$ organizzata in tre strati:

- strato 1 formato da $6\phi 26$ a $z=350\text{mm}$ dall'intradosso del cassoncino
- strato 2 formato da $6\phi 26$ a $z=400\text{mm}$ dall'intradosso del cassoncino
- strato 3 formato da $6\phi 26$ a $z=450\text{mm}$ dall'intradosso del cassoncino

Nella tabella seguente vengono riportate le principali caratteristiche geometriche dei vari elementi componenti appena descritti.

	id	A (mm^2)	zG (mm)	Jy (mm^4)
Cassoncino (area linda)	0	847168	867	3.253E+11
Armatura di prec. corrente 60 trefoli	1	8340	420	1.65E+09
Armatura di prec. 50 trefoli	2	6950	466	1.53E+09
Armatura di prec. 36 trefoli	3	5004	572	1.33E+09
Soletta trave di bordo	4	109250	1925	4.883E+09
Soletta trave centrale	5	625000	1925	3.255E+09
Armatura lenta corrente (sezione centrale)	6	3848	1925	1.124E+07
Armatura lenta aggiuntiva inferiore	7	8495	394	1.294E+07
Armatura lenta aggiuntiva superiore (sezione centrale)	8	13273	1925	3.878E+07
Cavità del cassoncino	9	1409900	1117	2.645E+11
Armatura lenta corrente (sezione di bordo)	10	6725	1925	1.470E+07
Armatura lenta aggiuntiva superiore (sezione di bordo)	11	23165	1925	5.071E+07

Le grandezze in tabella sono:

- A Area del componente
- zG Posizione del baricentro di ogni componente riferita all'intradosso dei cassoncini
- Jy Momento di inerzia rispetto al baricentro di ogni singolo componente

Sommando il contributo di ogni “componente”, adeguatamente pesato con i coefficienti di omogeneizzazione, si ricavano agevolmente le diverse proprietà delle sezioni semplici e composite necessarie per la modellazione e per le verifiche.

La collocazione delle sezioni considerate, riferita alla testata della trave precompressa, è così definita:

Tabella 2.1 - Indicazione delle sezioni

ID - sezione	trave	Descrizione della sezione
SA-b	bordo	$x=L/2$ (sezione di mezzeria)
SB-b	bordo	sezione a $x=1.50\text{m}$ dalla testata della trave (sezione a filo riempimento in cls)
SD-b	bordo	sezione a 9.0m dalla testata della trave
SA-c	centrale	$x=l/2$ (sezione di mezzeria)
SB-c	centrale	sezione a $x=1.50\text{m}$ dalla testata della trave (sezione a filo riempimento in cls)
SD-c	centrale	sezione a 9.0m dalla testata della trave

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 17 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcat_dx.doc.
---	---

I coefficienti di omogeneizzazione utilizzati sono quelli calcolati nei paragrafi relativi ai materiali; per il calcolo delle aree di acciaio omogeneizzate a calcestruzzo si utilizzano coefficienti “n-1” per tener conto della sottrazione di area di cls dovuta alla presenza dei fori.

2.3.3 Caratteristiche geometriche delle sezioni

2.3.3.1 SA-c (mezzeria) -Travi centrali

id_sezione	SF1	SF2	SF3	SF4	
	trave+trefoli t=0	trave+trefoli t=infinity	trave+ trefoli+soletta t=infinity	trave+ trefoli+soletta t=0	
n _c	0.00	0.000	0.924	0.924	coefficiente di omogeneizzazione soletta-trave
n _p	6.00	13.56	13.56	4.22	coefficiente di omogeneizzazione trefoli-trave
n _s	0.00	0.00	13.56	4.22	coefficiente di omogeneizzazione armatura lenta-trave
H	1.8	1.8	2.05	2.05	m altezza sezione
A	0.8972	0.9603	1.5899	1.4761	m ² area sezione trasversale
Y _G	0.8421	0.8144	1.2542	1.2819	m distanza da intradosso baricentro
J	0.3444	0.3674	0.8395	0.7525	m ⁴ momento d'inerzia sezione trasversale
Y _{eq}	0.4200	0.4200	0.4200	0.4200	m ordinata trefolo equivalente
W _s	0.359	0.373	1.055	0.980	m ³ modulo di resistenza superiore trave
W _i	0.409	0.451	0.669	0.587	m ³ modulo di resistenza inferiore trave

2.3.3.2 SB-c (FiloRemp) - Travi centrali

id_sezione	SF1	SF2	SF3	SF4	
	trave+trefoli t=0	trave+trefoli t=infinity	trave+ trefoli+soletta t=infinity	trave+ trefoli+soletta t=0	
n _c	0.00	0.000	0.924	0.924	coefficiente di omogeneizzazione soletta-trave
n _p	6.00	13.56	13.56	4.22	coefficiente di omogeneizzazione trefoli-trave
n _s	0.00	0.00	13.56	4.22	coefficiente di omogeneizzazione armatura lenta-trave
H	1.8	1.8	2.05	2.05	m altezza sezione
A	0.8772	0.9150	1.5447	1.4620	m ² area sezione trasversale
Y _G	0.8569	0.8451	1.2853	1.2924	m distanza da intradosso baricentro
J	0.3355	0.3484	0.7864	0.7355	m ⁴ momento d'inerzia sezione trasversale
Y _{eq}	0.5722	0.5722	0.5722	0.5722	m ordinata trefolo equivalente
W _s	0.356	0.365	1.028	0.971	m ³ modulo di resistenza superiore trave
W _i	0.391	0.412	0.612	0.569	m ³ modulo di resistenza inferiore trave

2.3.3.3 SD-c (a 9m) - Travi centrali

id_sezione	SF1	SF2	SF3	SF4	
	trave+trefoli t=0	trave+trefoli t=infinity	trave+ trefoli+soletta t=infinity	trave+ trefoli+ soletta t=0	
n _c	0.00	0.000	0.924	0.924	coefficiente di omogeneizzazione soletta-trave
n _p	6.00	13.56	13.56	4.22	coefficiente di omogeneizzazione trefoli-trave
n _s	0.00	0.00	13.56	4.22	coefficiente di omogeneizzazione armatura lenta-trave

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX
	Pagina 18
	Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.

H	1.8	1.8	2.05	2.05	m	altezza sezione
A	0.8889	0.9414	1.5711	1.4702	m^2	area sezione trasversale
Y_G	0.8482	0.8269	1.2670	1.2863	m	distanza da intradosso baricentro
J	0.3406	0.3594	0.8174	0.7454	m^4	momento d'inerzia sezione trasversale
Y_{eq}	0.4660	0.4660	0.4660	0.4660	m	ordinata trefolo equivalente
W_s	0.358	0.369	1.044	0.976	m^3	modulo di resistenza superiore trave
W_i	0.402	0.435	0.645	0.579	m^3	modulo di resistenza inferiore trave

2.3.3.4 SA-b (mezzeria) -Travi di bordo

id_sezione	SF1	SF2	SF3	SF4	
descrizione	trave+trefoli t=0	trave+trefoli t=infinito	trave+trefoli+soletta t=infinito	trave+trefoli+soletta t=0	
n_c	0.00	0.000	0.924	0.924	coefficiente di omogeneizzazione soletta-trave
n_p	6.00	13.56	13.56	4.22	coefficiente di omogeneizzazione trefoli-trave
n_s	0.00	0.00	13.56	4.22	coefficiente di omogeneizzazione armatura lenta-trave
H	1.8	1.8	2.05	2.05	m altezza sezione
A	0.8972	0.9603	1.9148	1.7825	m^2 area sezione trasversale
Y_G	0.8421	0.8144	1.3680	1.3924	m distanza da intradosso baricentro
J	0.3444	0.3674	0.9624	0.8590	m^4 momento d'inerzia sezione trasversale
Y_{eq}	0.4200	0.4200	0.4200	0.4200	m ordinata trefolo equivalente
W_s	0.359	0.373	1.411	1.306	m^3 modulo di resistenza superiore trave
W_i	0.409	0.451	0.704	0.617	m^3 modulo di resistenza inferiore trave

2.3.3.5 SB-b (FiloRiemp) - Travi di bordo

id_sezione	SF1	SF2	SF3	SF4	
descrizione	trave+trefoli t=0	trave+trefoli t=infinito	trave+trefoli+soletta t=infinito	trave+trefoli+soletta t=0	
n_c	0.00	0.000	0.924	0.924	coefficiente di omogeneizzazione soletta-trave
n_p	6.00	13.56	13.56	4.22	coefficiente di omogeneizzazione trefoli-trave
n_s	0.00	0.00	13.56	4.22	coefficiente di omogeneizzazione armatura lenta-trave
H	1.8	1.8	2.05	2.05	m altezza sezione
A	0.8772	0.9150	1.8696	1.7684	m^2 area sezione trasversale
Y_G	0.8569	0.8451	1.3965	1.4020	m distanza da intradosso baricentro
J	0.3355	0.3484	0.8978	0.8384	m^4 momento d'inerzia sezione trasversale
Y_{eq}	0.5722	0.5722	0.5722	0.5722	m ordinata trefolo equivalente
W_s	0.356	0.365	1.374	1.294	m^3 modulo di resistenza superiore trave
W_i	0.391	0.412	0.643	0.598	m^3 modulo di resistenza inferiore trave

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 19 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcat_dx.doc.
---	---

2.3.3.6 SD-b (a 9m) - Travi di bordo

id_sezione	SF1	SF2	SF3	SF4	
descrizione	trave+trefoli t=0	trave+trefoli t=infinity	trave+trefoli+soletta t=infinity	trave+trefoli+soletta t=0	
n _c	0.00	0.000	0.924	0.924	coefficiente di omogeneizzazione soletta-trave
n _p	6.00	13.56	13.56	4.22	coefficiente di omogeneizzazione trefoli-trave
n _s	0.00	0.00	13.56	4.22	coefficiente di omogeneizzazione armatura lenta-trave
H	1.8	1.8	2.05	2.05	m altezza sezione
A	0.8889	0.9414	1.8960	1.7766	m ² area sezione trasversale
Y _G	0.8482	0.8269	1.3797	1.3964	m distanza da intradosso baricentro
J	0.3406	0.3594	0.9355	0.8503	m ⁴ momento d'inerzia sezione trasversale
Y _{eq}	0.4660	0.4660	0.4660	0.4660	m ordinata trefolo equivalente
W _s	0.358	0.369	1.396	1.301	m ³ modulo di resistenza superiore trave
W _i	0.402	0.435	0.678	0.609	m ³ modulo di resistenza inferiore trave

3. DESCRIZIONE DEL MODELLO NUMERICO

Sono stati elaborati più modelli agli elementi finiti per tener conto delle reali fasi costruttive. In particolare i modelli elaborati sono descritti nel seguito.

- FASE 1 – Travi in c.a.p. su appoggi provvisori**

Il modello di calcolo è un graticcio formato dalle travi principali vincolate agli appoggi provvisori, posti a bordo trave.

Le azioni applicate sono il peso proprio dei cassoncini, ed il peso proprio della soletta, non reagente, compreso il peso dei riempimenti in testata ed i traversi, anch'essi non reagenti.

- FASE 2 - Maturazione della soletta, applicazione dei sovraccarichi permanenti, rimozione vincoli**

Si considera la struttura completa formata dalle travi composite con soletta collaborante.

Il modello di calcolo è un graticcio formato dalle travi longitudinali aventi sezioni omogeneizzate con rigidezza delle armature lente e precomprese valutata a tempo “infinito”, e traversi schematizzati con la loro geometria reale.

Le azioni applicate sono tutte quelle della fase 1, per una valutazione degli effetti su schema iperstatico, delle deformazioni impresse indotte dalla precompressione e dal ritiro differenziale della soletta al fine di valutare gli effetti del secondo ordine, ed i carichi permanenti.

- FASE 3 - Applicazione dei carichi istantanei (mobili ed accidentali in genere)**

I modelli di calcolo per la valutazione degli effetti indotti dal traffico, dalle variazioni termiche, dal vento e dal sisma, sono gli stessi descritti per la fase 2, ma con sezioni omogeneizzate “a tempo iniziale”.

I carichi applicati sono quelli termici, da traffico compreso il carico folla sul marciapiede ed il vento.

La struttura è stata modellata in tridimensionale nelle ipotesi classiche di comportamento a graticcio, con quattro file di elementi trave (elementi *frames*) a sei gradi di libertà per nodo, che corrono lungo lo sviluppo longitudinale delle travate. Anche i traversi, presenti solo in asse alle spalle ed alle pile, sono modellati con travi tipo *frames*.

I vincoli esterni, costituiti da due molle orizzontali di eguale rigidezza $k_y=k_x=3030$ kN/m, ed una molla verticale $k_z=\infty$ kN/m, sono applicati ai nodi del graticcio in asse alle spalle ed alle pile.

Di seguito si riporta una vista assonometrica del modello tridimensionale della struttura.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 20 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

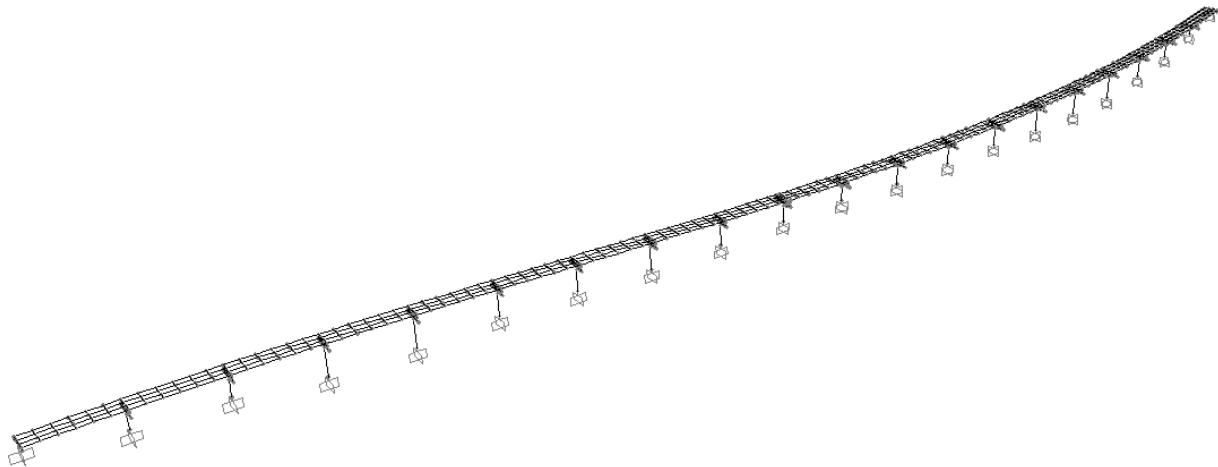


Figura 3.1 - Vista assonometrica del modello FEM dell'impalcato.

4. ANALISI DEI CARICHI

Di seguito si riporta la descrizione dei vari contributi di carico presi in esame ai fini dell'analisi globale dell'impalcato.

Le sollecitazioni per le verifiche sezionali sono state dedotte dall'analisi globale.

4.1 Carichi agenti in fase 1

4.1.1 Peso proprio calcestruzzo travi (G_{k1}')

Il peso delle travi principali è stato applicato come carico per unità di lunghezza. L'entità di tale carico è determinata come segue:

$$\begin{aligned}
 \gamma &= 25.0 \text{ kN/m}^3 && \text{peso specifico c.a.} \\
 A &= 0.847 \text{ m}^2 && \text{sezione corrente} \\
 w &= 21.175 \text{ N/m} && \text{peso per unità di lunghezza di una trave} \\
 A &= 1.41 \text{ m}^2 && \text{area cavità da riempire} \\
 w &= 35.25 \text{ N/m} && \text{peso per unità di lunghezza delle cavità piene}
 \end{aligned}$$

4.1.2 Peso proprio soletta (G_{k1}'')

Il peso della soletta di impalcato nei modelli numerici è calcolato automaticamente a partire dal suo spessore di 0.25 m e dal peso specifico del calcestruzzo $\gamma=25.0 \text{ kN/m}^3$. L'entità del carico, espressa per unità di lunghezza di impalcato è:

$$\begin{aligned}
 L_{\text{tot}} &= 13.73 \text{ m} && \text{larghezza totale impalcato} \\
 s &= 0.25 \text{ m} && \text{spessore incluso predalles} \\
 \gamma &= 25.0 \text{ kN/m}^3 && \text{peso specifico c.a.} \\
 w &= 85.80 \text{ kN/m} && \text{peso per unità di lunghezza di impalcato}
 \end{aligned}$$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 <i>Progetto Esecutivo</i>	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 21 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

4.1.3 Peso proprio traversi (Gk1")

I traversi hanno una base di larghezza variabile, mediamente pari ad 1.70 m, ed una altezza di 2.1m, al netto della soletta e compresa una piastra prefabbricata di base di spessore 0.3 m.

Nei modelli il peso è stato calcolato automaticamente a partire dalla effettiva area in pianta e dalla loro altezza, per una carico complessivo di:

h =	2.1 m	altezza traverso, incluso fondello prefabbricato, esclusa la soletta
γ =	25.0 kN/m ³	peso specifico c.a.
w =	52.50 kN/m ²	peso per unità di superficie

4.1.4 Precompressione (Pk)

La precompressione è imposta mediante cavi pretesi, con una tensione di tesatura iniziale pari a $\sigma_{pm0}=1350$ MPa.

Delle perdite di precompressione per viscosità, ritiro e rilassamento se ne tiene conto approfonditamente in sede di verifiche sezionali allo stato limite di servizio.

Per il calcolo degli effetti iperstatici della precompressione e per le verifiche sezionali a stato limite ultimo se ne tiene conto assumendo una perdita forfettaria, comprensiva di effetti differiti ed effetti istantanei, del 14%.

Nel seguito sono riportati, per la sezione corrente della trave centrale e della trave di bordo, i calcoli delle deformazioni e curvature impresse per precompressione a partire dalle quali sono stati calcolati gli effetti iperstatici della precompressione nel modello globale.

TRAV-bordo TRAV-cen

Np =	9908	9908	kN	precompressioneal netto delle cadute di tensione istantanee
Yeq =	0.4200	0.4200		distanza del cavo equivalente dall'intradosso
Yg =	1.8700	1.2927	m	distanza del baricentro sezione dall' intradosso
e =	1.44	0.87	m	eccentricità soletta rispetto al baricentro della sezione composta
M _p =	-14257	-8647	kN*m	momento flettente dovuto alla precompressione nella trave
ε_{perc} =	-1.479E-04	-1.922E-04		deformazione impressa equivalente
χ_{prec} =	-4.661E-04	-3.340E-04		curvatura impressa equivalente

4.2 Carichi agenti in fase 2

4.2.1 Sovraccarichi permanenti (Gk2)

Cordoli, di dimensioni 75 cm e 123 cm, è pari a:

$$h_{cordolo} = 0.18 \text{ m} \quad \text{altezza cordolo}$$

$$g_{1.2.dx} = 3.38 \text{ kN/m} \quad \text{peso proprio del cordolo dx}$$

$$g_{1.2.sx} = 5.54 \text{ kN/m} \quad \text{peso proprio del marciapiede sx}$$

Oltre ai due cordoli sono stati presi in considerazione i seguenti carichi:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 22 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

	carico unitario [kPa]	larghezza [m]	carico lineare [kN/m]	
g _{2.1.sxD}	2.50	3.62	9.04	kN/m pavimentazione lato trave sx D - lato marciapiede
g _{2.1.sxC}	2.50	2.50	6.25	kN/m pavimentazione lato trave centrale sx C
g _{2.1.dxB}	2.50	2.50	6.25	KN/m pavimentazione lato trave centrale dx B
g _{2.1.dxA}	2.50	3.14	7.84	kN/m pavimentazione lato trave dx A - lato cordolo
g _{2.3.sxD}	-	-	1.00	KN/m guard-rail sx
g _{2.3.dxA}	-	-	1.00	KN/m guard-rail dx
g _{2.4.sxD}	-	-	1.00	kN/m veletta sx
g _{2.4.dxA}	-	-	1.00	KN/m veletta dx
g _{2.5.dxA}	-	-	1.00	kN/m parapetto
g _{2.dx A}	-	-	10.84	KN/m pavimentazione lato trave dx A - lato cordolo
g _{2.dx B}	-	-	6.25	KN/m pavimentazione lato trave centrale dx B
g _{2.sxC}	-	-	6.25	KN/m pavimentazione lato trave centrale sx C
g _{2.sxD}	-	-	11.04	kN/m pavimentazione lato trave sx D - lato marciapiede permanente portato totale
g ₂		34.38		

Per garantire la pendenza nei tratti in curva del viadotto è stato considerato il peso del massetto delle pendenze pari a 18kN/mc e con seppure variabile 5 ÷ 20 cm.

4.2.2 Ritiro differenziale trave-soletta (Gsh,k)

Poiché la soletta viene gettata in opera su travi che hanno già sviluppato liberamente deformazioni omogenee di ritiro, ni tiene conto solo dello scorrimento relativo trave soletta, calcolato come:

$$\varepsilon_{sh} = \varepsilon_{sh} \text{travi}(60, \infty) - \varepsilon_{sh} \text{soletta}(2, \infty) = 1.9e-4$$

Vengono valutati separatamente gli effetti primari del ritiro e gli effetti secondari (dovuti all'iperstaticità della struttura). Gli effetti primari vengono valutati con la formula:

$$N_r = \varepsilon_{sh} * E_s / n_{f2b} * b_{eff} * t_{cls}$$

$$M_r = N_r * e$$

In particolare con "e" si è indicata l'eccentricità fra il baricentro della soletta ed il baricentro della sezione composta omogeneizzata in fase 2. In sede di verifica tensionale, nella soletta, alle tensioni indotte da N_r ed M_r si aggiunge lo stato di coazione locale di trazione $\sigma_{sh} = \varepsilon_{sh} * E_s / n_{f2b}$

Gli effetti del ritiro primario nelle verifiche vengono ignorati nelle zone fessurate; gli effetti secondari vengono presi in conto dalla modellazione globale effettuata con SAP2000 in termini di deformazioni e curvature impresse.

Seguono i calcoli delle grandezze suddette.

TRAV-bordo TRAV-cen

ε_{sh}	=	0.00020	0.00020	deformazione da ritiro residua
E^*_c	=	11214	11214	MPa modulo elastico ridotto cls per fenomeni viscosi
σ_{sh}	=	2.24	2.24	MPa trazione nel calcestruzzo
A_c	=	1.09	0.625	m^2 area conglomerato
N_{sh}	=	2445	1402	kN trazione nella soletta
e	=	0.49	0.63	m eccentricità soletta rispetto al baricentro della sezione composta
M_{sh}	=	1198	883	$kN \cdot m$ momento flettente nella trave
N_{rt}	=	2445	1402	kN compressione su ciascuna trave
M_{rt}	=	1198	883	$kN \cdot m$ momento flettente su ciascuna trave
ε_{rit}	=	-3.649E-05	-2.730E-05	deformazione impressa equivalente
χ_{rit}	=	3.916E-05	3.416E-05	curvatura impressa equivalente

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 23 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

4.3 Carichi agenti in fase 3

4.3.1 Variazioni termiche (QTk)

I criteri per la determinazione degli effetti della temperatura sono contenuti in NTC-08, cap. 3.5 (rif. Eurocodici EN 1991-1-5). Dal momento che NTC-08 non riporta prescrizioni specifiche per il calcolo degli effetti della temperatura (in particolare i gradienti termici) per i ponti si farà riferimento ai criteri contenuti negli Eurocodici.

4.3.1.1 Variazioni termiche uniformi Δt_N

Per l'Italia, il "range" di temperatura dell'aria è definito dai seguenti valori:

$$T_{\min} = -15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{\max} = +45 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

$$T_{e,\min} = -6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{e,\max} = +46 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Fissando T_0 a 15.0 $^\circ\text{C}$, dedotto dall'Annesso nazionale dell'Eurocodice, si ottiene l'escursione termica effettiva subita dall'impalcato:

$$\Delta T_{N,comp} = -21 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{N,exp} = +31 \text{ } ^\circ\text{C}$$

a cui corrisponde complessivamente un'escursione pari a:

$$\Delta T_N = 52.0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

4.3.1.2 Variazioni termiche lineari Δt_M

Per ponti di gruppo 3 (concrete box girdere), i valori caratteristici delle variazioni lineari di temperatura (gradienti tra intradosso ed estradosso) risultano:

$$\Delta T_{M,heat} = 10.0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{M,cool} = -5.0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Considerando il coefficiente riduttivo di Δt_{pos} concesso per tenere conto dello spessore del manto di asfaltatura ($k_{sur} = 1$ per $t = 100.0$ mm), si ottengono i valori di progetto:

$$k_{sur} \Delta T_{M,heat} = 10.0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{estradosso più caldo dell'intradosso}$$

$$k_{sur} \Delta T_{M,cool} = -5.0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{estradosso più freddo dell'intradosso}$$

4.3.1.3 Combinazione degli effetti uniformi e lineari

La combinazione degli effetti dovuti alla variazione termica uniforme e lineare verrà effettuata sfruttando la formula di combinazione proposta dalla normativa, che prevede due combinazioni principali in cui Δt_M e Δt_N sono amplificati mediante differenti coefficienti di combinazione:

$$C1: \quad \Delta t_M + 0.35 \Delta t_N$$

$$C2: \quad 0.75 \Delta t_M + \Delta t_N$$

4.3.2 Carichi mobili (Qk)

Si seguono le disposizioni contenute nel D.M. 2008, cap. 5.1.3.3.5, equivalenti a quelle contenute in EN 1991-2. Si fa riferimento a ponti di I categoria.

Nel caso in esame, la carreggiata, di larghezza utile pari a 10.50 m, è in grado di ospitare 3 corsie di carico di larghezza convenzionale pari a 3.0 m. La parte rimanente ("remaining area") risulta pari a 1.50 m.

Corsia di carico n.1 costituita da :

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 24 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

- ✓ Schema di carico n.1 : n. 4 carichi concentrati da 150 kN cadauno disposti ad interasse 2.00m in direzione longitudinale al viadotto e 1.2 m in direzione trasversale
- ✓ Carico uniformemente ripartito di intensita 9.0 kN/m² su una larghezza di 3.00m

Corsia di carico n. 2 costituita da :

- ✓ - Schema di carico n.1 ridotto : n. 4 carichi concentrati da 100 kN cadauno disposti ad interasse 2.00m in direzione longitudinale al viadotto e 1.2 m in direzione trasversale
- ✓ - Carico uniformemente ripartito di intensita 2.5 kN/m² su una larghezza di 3.00m

Corsia di carico n. 3 costituita da :

- ✓ - Schema di carico n.1 ridotto : n. 4 carichi concentrati da 50 kN cadauno disposti ad interasse 2.00m in direzione longitudinale al viadotto e 1.2 m in direzione trasversale
- ✓ - Carico uniformemente ripartito di intensita 2.5 kN/m² su una larghezza di 3.00m

Corsia di carico n. 4 (Remaining area RA) costituita da :

- ✓ - Carico uniformemente ripartito di intensita 2.5 kN/m² su una larghezza residua di impalcato pari a $(10.50-3.00*3)= 1.50$ m

4.3.2.1 Verifiche globali

Le stese dei carichi mobili prima definite sono state poste sull'impalcato nelle posizioni tali da produrre le sollecitazioni e le deformazioni più gravose. La ricerca delle disposizioni sia longitudinali che trasversali dei carichi mobili più gravose è stata effettuata in maniera automatica dal codice di calcolo impiegato per l'analisi dell'impalcato. Infatti, il programma di calcolo SAP2000 esegue l'analisi delle sollecitazioni dovute ai carichi mobili partendo dalle linee d'influenza di ciascuna sezione e sommando soltanto i termini che contribuiscono a massimizzare il valore assoluto della sollecitazione stessa (rispettivamente per i valori massimi ed i valori minimi).

In tale maniera si ottempera a quanto previsto dalla Normativa che prevede che i carichi mobili siano disposti lungo l'asse della corsia nel modo più sfavorevole (disposizione a scacchiera).

4.3.2.2 Verifiche locali

Per le verifiche locali della soletta d'impalcato si ricorre allo schema di carico globale oltre al "Modello di carico 2" (LM2), composto da un veicolo ad un solo asse, avente un peso complessivo pari a 400 kN. È stato redatto inoltre un modello locale descritto nel paragrafo dedicato alle verifiche trasversali della soletta.

4.3.3 Azioni di frenatura (QIk)

La forza di frenamento o di accelerazione è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n. 1. Tale azione viene equilibrata da reazioni vincolari longitudinali degli apparecchi di appoggio e pertanto la stessa non sarà considerata nei calcoli di dimensionamento e verifica dell'impalcato.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 25 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

4.3.4 Azione del vento (Fw,k)

Il carico neve viene trascurato in questa analisi in quanto la sua azione è significativa solamente in fase di esecuzione dell'opera; per quanto riguarda invece il vento, a partire da informazioni quali l'ubicazione geografica del sito di realizzazione dell'opera, la rugosità e la topografia del terreno, la categoria di esposizione del sito e l'altezza dal suolo, la normativa (NTC cap.3.3) permette di valutare l'azione del vento in termini di azioni statiche equivalenti (la pressione statica del vento può essere rappresentata in termini di sollecitazioni globali applicate poi alle travi come carichi distribuiti verticali ed orizzontali).

Di seguito si riporta il dettaglio del calcolo dell'azione del vento sull'impalcato e sulle pile del viadotto

Vento su impalcato

zona	=	4	sicilia
$v_{b,0}$	=	28	m/s
a_0	=	500	m
k_a	=	0.02	1/s
a_s	=	315	m
v_b	=	28	m/s
ρ	=	1.25	kg/m ³
q_b	=	0.490	kN/m ²
	=	D	
c_t	=	1	
	=	II	
k_r	=	0.19	
z_0	=	0.05	m
z_{min}	=	4.00	m
z	=	12.00	m
c_e	=	2.47	
c_p	=	1	
c_d	=	1	
p	=	1.21	kN/m ²
H_{vc}	=	3.00	m
H_{imp}	=	2.23	m
H_{vento}	=	5.23	m
F_{vento}	=	6.33	kN/m
Y_G	=	1.40	m
e	=	1.22	m
M_{vento}	=	7.69	kNm/m
d_{sx}	=	3.75	[m]
d_{i1}	=	1.25	[m]
d_{i2}	=	-1.25	[m]
d_{dx}	=	-3.75	[m]
k	=	0.2	[m]
$q_{5v,sxD}$	=	0.92	[KN/m]
$q_{5v,sxC}$	=	0.31	[KN/m]
$q_{5v,dxB}$	=	-0.31	[KN/m]
$q_{5v,dxA}$	=	-0.92	[KN/m]
q_{5h}	=	1.58	kN/m

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 26 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

4.3.5 Sisma

Le azioni sismiche non sono dimensionanti per il calcolo degli elementi principali dell'impalcato. Di tali azioni si tiene conto nel dimensionamento e la verifica delle pile e delle spalle. Si rimanda pertanto alle relazioni di calcolo delle sottostrutture per la valutazione dettagliata di dette azioni.

5. COMBINAZIONI DI CARICO

Per l'impalcato in esame, si evidenzia preliminarmente che, tra le azioni variabili da traffico si considereranno solamente i carichi di gruppo 1.

Per le formulazioni generali delle combinazioni di carico nell'ambito dei vari S.L. si rimanda a NTC-08 cap. 2.5.3 (rif. Eurocodice EN 1990-annex.A2, cap. A2.3, A2.4).

S.L.U. - fondamentale

Con riferimento ai carichi significativi, la combinazione assume la seguente forma:

$$E_d = \gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_{ep} G_{kep} + \gamma_{sett.} G_{ksett.} + \gamma_{sh} G_{sh} + \gamma_{q,1} (Q_{k,TS} + Q_{k,UDL}) + \gamma_{q,2} \psi_{0,2} Q_{k,T}$$

Per quanto riguarda i coefficienti moltiplicativi, si fa riferimento a quanto contenuto in NTC-08, cap. 5.1.3.12, tab. 5.1.V, ripreso da EN 1990, annex A.2, e relativo N.A.D.. Si segnala a tale proposito qualche leggera discrepanza da quanto desumibile in origine da quest'ultimo riferimento normativo, discrepanza superata mediante una puntuale applicazione dei criteri contenuti nel N.A.D.. Per i coefficienti si considera quanto segue:

γ_{G1}	=	1.35 - 1	coefficiente moltiplicativo dei sovraccarichi permanenti strutturali;
γ_{G2}	=	1.35 - 1	dal momento che sono di carattere compiutamente definito, i carichi permanenti portati verranno trattati alla stessa stregua dei carichi permanenti strutturali;
γ_{sh}	=	1.2 - 1.2	coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute al ritiro, nell'analisi di lungo termine;
γ_{sht}	=	0	coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute al ritiro, nell'analisi di breve termine;
γ_{Q1}	=	1.35 - 0	coefficiente moltiplicativo per i carichi da traffico;
γ_{Q2}	=	1.2	coefficiente moltiplicativo per i carichi di origine termica;
γ_{Qv}	=	1.5	coefficiente moltiplicativo per i carichi dovuti al vento.

I coefficienti di combinazione dell'azione di temperatura e del vento , risultano (cfr. NTC-08, tab. 5.1.VI):

$$\psi_{0,3} = 0.6$$

$$\psi_{0,2} = 0.6$$

Quanto evidenziato è relativo alla verifica allo S.L.U. delle travi d'impalcato, per le quali risulta significativa la sola combinazione con carichi mobili dominanti.

S.L.E. – fondamentale (rara)

Con riferimento ai carichi significativi, si ha la seguente combinazione dei valori caratteristici dei carichi (indice "k").

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{kep} + G_{ksett.} + G_{sh} + (Q_{k,TS} + Q_{k,UDL}) + \psi_{0,2} Q_{k,T}$$

Il coefficiente di combinazione dell'azione di temperatura, risulta (cfr. NTC-08, tab. 5.1.VI):

$$\psi_{0,2} = 0.6;$$

$$\psi_{0,3} = 0.6.$$

La combinazione S.L.E. fondamentale verrà impiegata ai fini delle seguenti verifiche:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 27 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

- verifica allo S.L.E., limitazione delle tensioni.

S.L.E. – frequente

Tale combinazione si esprime simbolicamente attraverso la seguente espressione:

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{kep} + G_{ksett.} + G_{sh} + (\psi_{1,1TS} Q_{k,TS} + \psi_{1,1UDL} Q_{k,UDL}) + \psi_{2,2} Q_{k,T}$$

I coefficienti di combinazione (NTC-08, tab. 5.1.VI, EN 1991-2,) risultano:

$\psi_{1,1} = 0.75$ per i contributi TS;

$\psi_{1,1} = 0.4$ per i contributi UDL;

$\psi_{2,2} = 0.5$ per la temperatura;

$\psi_{2,3} = 0.0$ per il vento.

La combinazione S.L.E. frequente viene impiegata per:

- verifiche a fessurazione

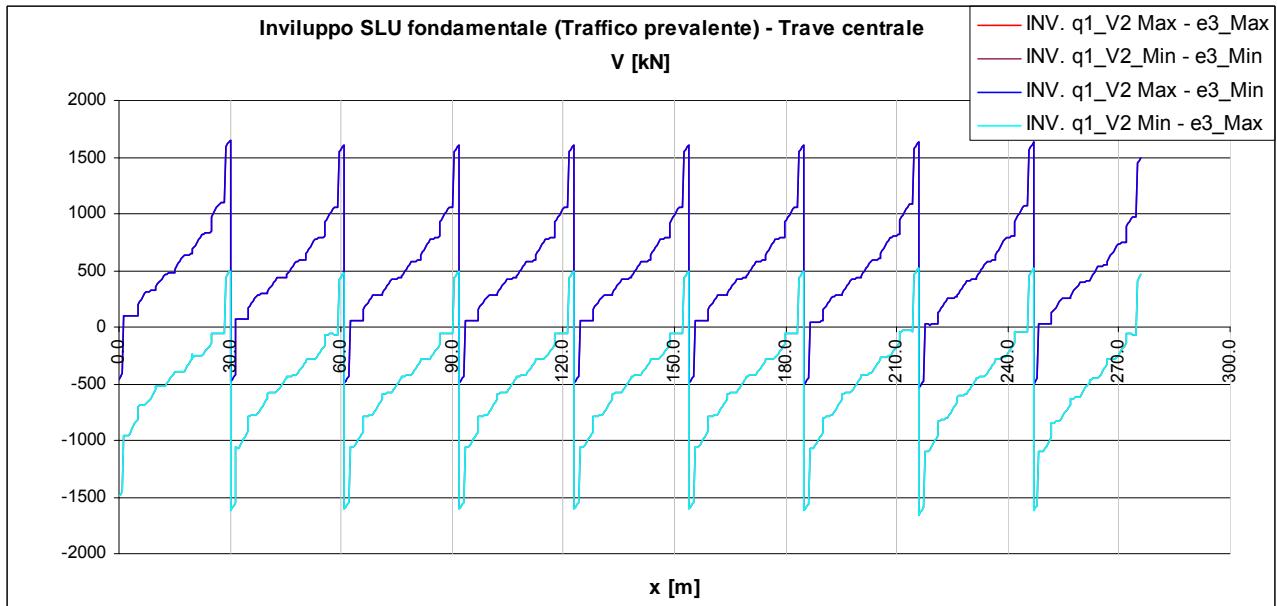
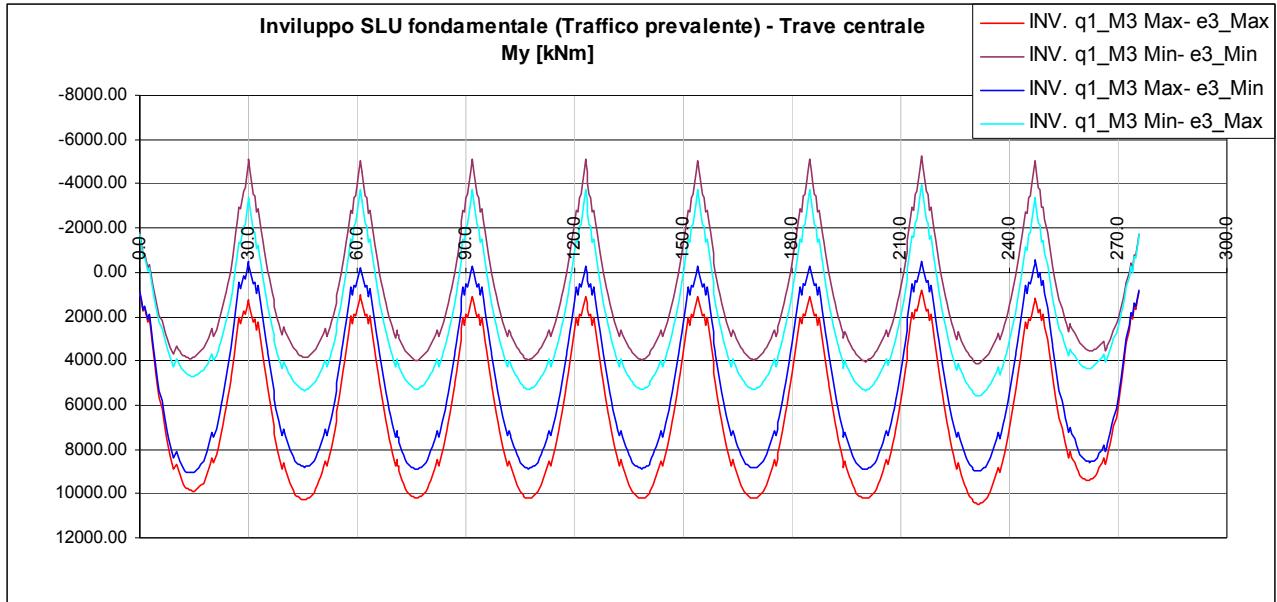
S.L.E. – quasi permanente

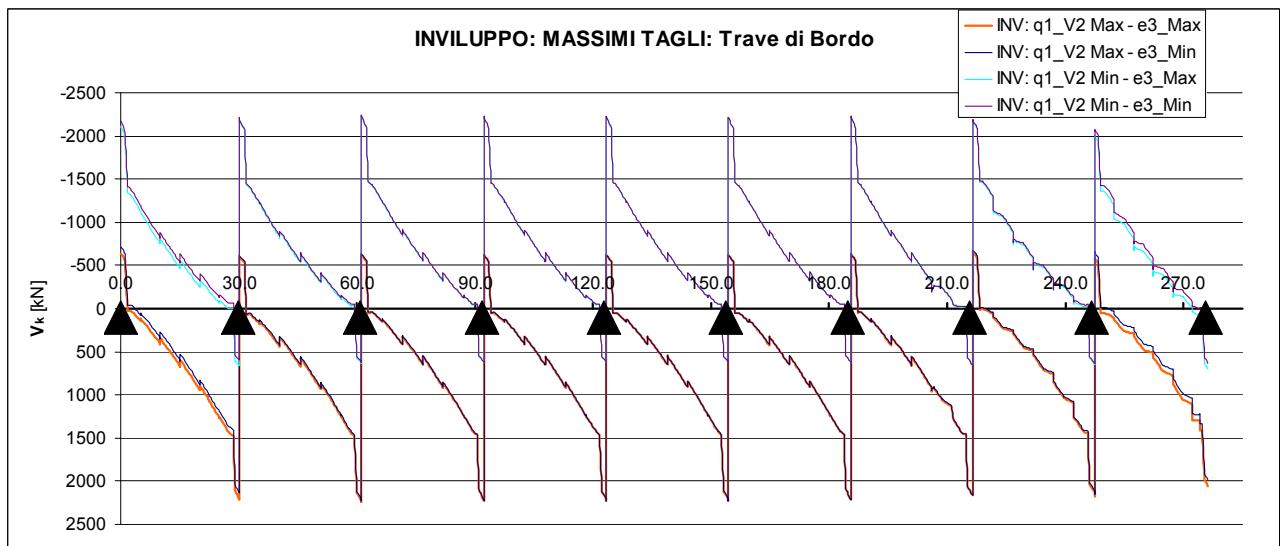
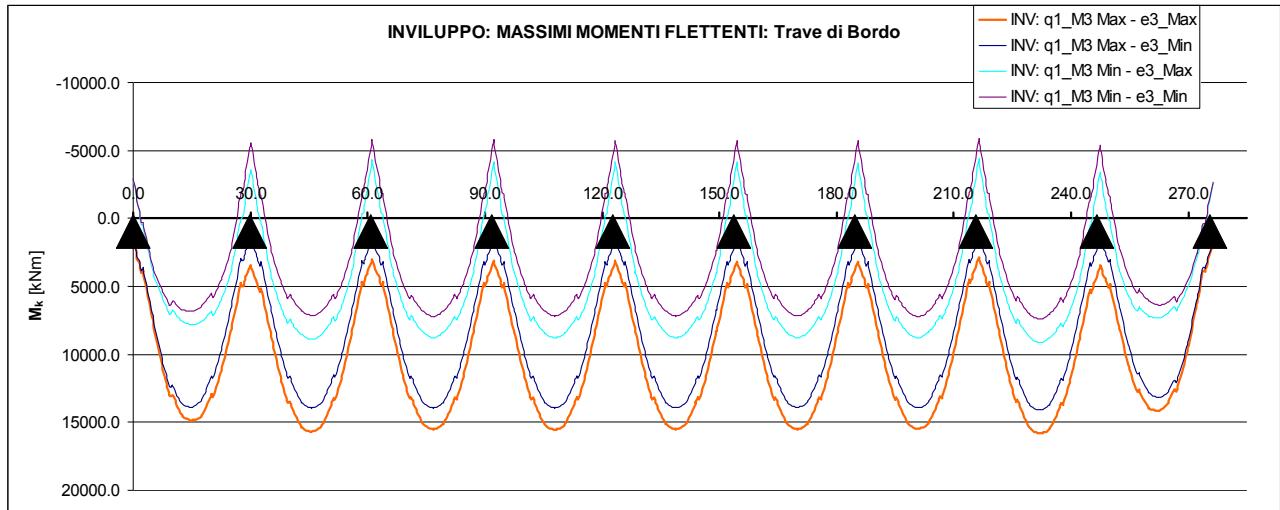
Risultano assenti i carichi mobili da traffico, i cui coefficienti quasi permanenti di combinazione sono nulli, mentre la temperatura viene associata al coefficiente di combinazione $\psi_{2,2} = 0.5$.

6. Risultati Dell'analisi Strutturale Impalcato

6.1 Sollecitazioni trave

Nel seguito si riportano i diagrammi degli inviluppi con Traffico prevalente delle prime nove campate della travata di bordo lato ciglio esterno e della travata centrale adiacente.





6.2 Sollecitazioni nei traversi

Nel seguito si riportano i diagrammi degli inviluppi agli SLU, (Traffico dominante), del momento flettente del taglio e della torsione. Nelle Tabella 6.1 e Tabella 7.1 si riporatno le massime sollecitazioni adottate nelle verifiche.

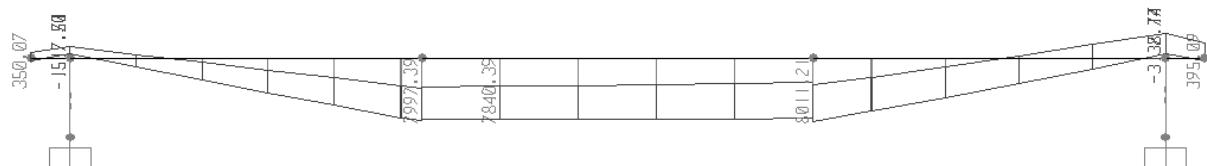


Figura 6.1: SLU fondamentale (Traffico dominante) - My

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 30 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

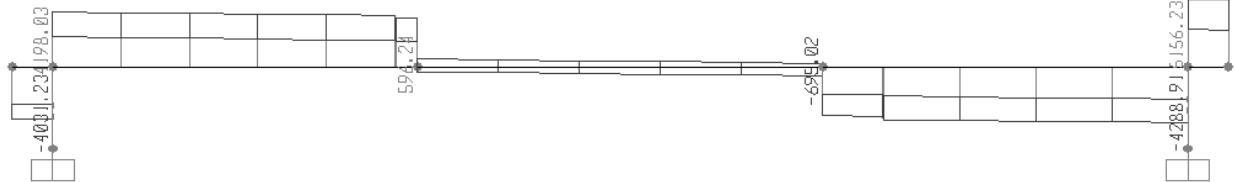


Figura 6.2: SLU fondamentale (Trafico dominante) - Fz

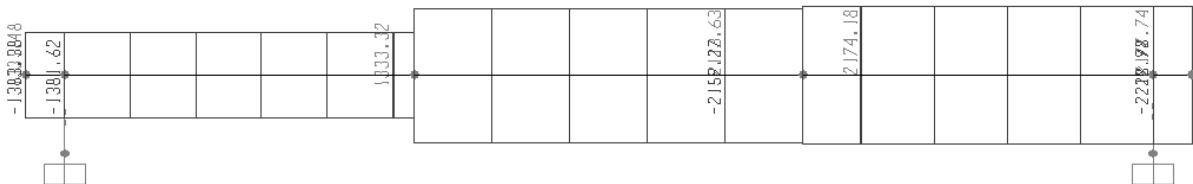


Figura 6.3: SLU fondamentale (Trafico dominante) - T

Tabella 6.1: Sollecitazioni combinate agli SLU per le verifiche a flessione

comb	My	Trasverso
M3max	7974.32	P08
M3min	-3125.74	P08

Tabella 6.2: Sollecitazioni combinate agli SLU per le verifiche a taglio

	V2	T	Trasverso
V2max	5131.5	-37.1	P08
V2max	-4267.0	185.2	P08
Tmax	-2683.7	2282.8	P02
Tmax	-3089.8	-2292.6	P01

Nella Tabella 6.3 e nelle figure seguenti vengono riportate le sollecitazioni combinate agli SLE per le relative verifiche in esercizio.

Tabella 6.3: Sollecitazioni combinate agli SLE

	My	Trasverso	COMB
M3max	5368.1	P08	Frequente
M3min	-1918.8	P08	Frequente
M3max	3624.0	P08	Quasi Permanente
M3min	-784.3	P01	Quasi Permanente

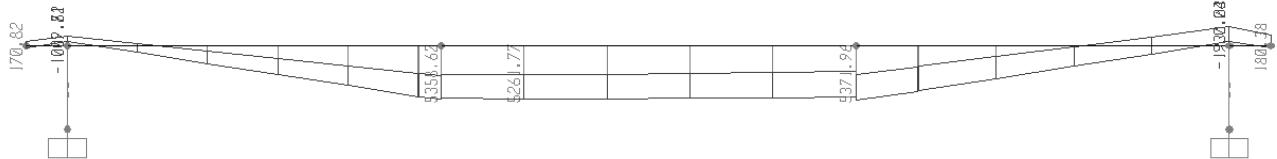


Figura 6.4: Momento My combinazione Frequenti

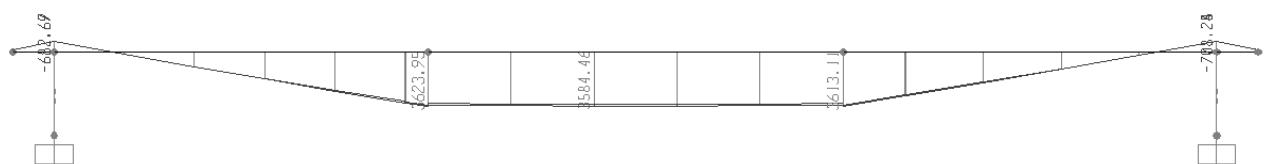


Figura 6.5: Momento My combinazione Quasi Permanente

6.3 Stato deformativo della struttura

Le frecce massime prodotte dai carichi permanenti e dai carichi da traffico valgono:
 $f_1 = 19.65 \text{ mm}$ (frecce massima per carichi permanenti);
 $f_2 = 36.61 \text{ mm}$ (frecce massima per carichi da traffico).

Nelle seguenti figure si riportano le configurazioni deformate della struttura.

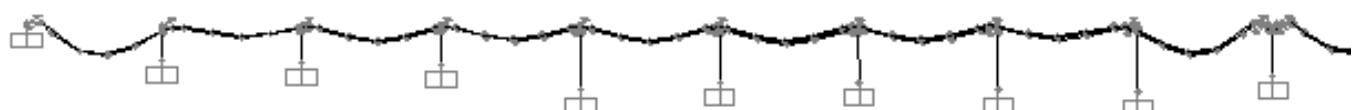


Figura 6.6: Spostamenti verticali Tratto 1



Figura 6.7: Spostamenti verticali Tratto 2

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 32 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

7. VERIFICHE TRAVI

Nei paragrafi successivi si riportano le verifiche di sicurezza delle sezioni più significative della trave. Tali sezioni sono riepilogate nel seguente prospetto, nel quale, oltre all'indicazione delle sezioni oggetto di verifica, viene indicato anche lo/gli stato/i limite considerato/i per la verifica di ciascuna sezione.

Tabella 7.1 - Indicazione delle sezioni di verifica.

ID - sezione	trave	Descrizione della sezione	Materiale	SLE – limitazione delle tensioni	Stati limite verificati		
					SLE – verifica a fessurazione	SLU – tensioni normali	SLU – taglio, torsione e loro interazione
SA-b	bordo	x=L/2 (sezione di mezzeria)	c.a.p.	X	X	X	
SB-b	bordo	sezione a x=1.50m dalla testata della trave (sezione a filo riempimento in cls)	c.a.p.	X	X	X	X
SC-b	bordo	sezione di testata della trave sezione a 9.0m dalla testata della trave	c.a.o.	X	X	X	X
SD-b	bordo	sezione a x=3.225m da testata trave x=l/2	c.a.p.	X	X	X	X
SE-b	bordo	x=3.225m da testata trave x=l/2	c.a.p.				X
SA-c	centrale	(sezione di mezzeria)	c.a.p.	X	X	X	
SB-c	centrale	sezione a x=1.50m dalla testata della trave (sezione a filo riempimento in cls)	c.a.p.	X	X	X	X
SC-c	centrale	sezione di testata della trave sezione a 9.0m dalla testata della trave	c.a.o.	X	X	X	X
SD-c	centrale	sezione a x=3.225m da testata trave x=l/2	c.a.p.	X	X	X	X
SE-c	centrale	x=3.225m da testata trave x=l/2	c.a.p.				X

7.1 S.L.U. – Verifiche a pressoflessione

Nei paragrafi successivi si riportano le verifiche a pressoflessione delle sezioni significative della trave. Vengono riportate le sollecitazioni agenti e resistenti e lo stato deformativo nelle fibre estreme del calcestruzzo e dell'acciaio, oltre ai coefficienti di utilizzo che risultano tutti minori dell'unità.

7.1.1 Sezione SA-c (fibre tese inferiori)

Sezione: Cassoncini + Soletta 2500x250 mm

Precompressione: tutti i trefoli sono attivi 60 trefoli

Armatura corrente in soletta ϕ 14/200 sopra e sotto

Posizione: mezzeria

Sollecitazioni:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 33 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calculo_impalcat_dx.doc.
--	---

$$M_{Ed,max} = 10469 \text{ kNm}$$

SLU fondamentale Mmax – Fibre tese all'intradosso

Verifica:

$$M_{Rd} = 17337 \text{ kNm}$$

Momento resistente positivo

$$C_u = M_{Ed,max} / M_{Rd} = 0.60 < 1$$

coefficiente di utilizzo

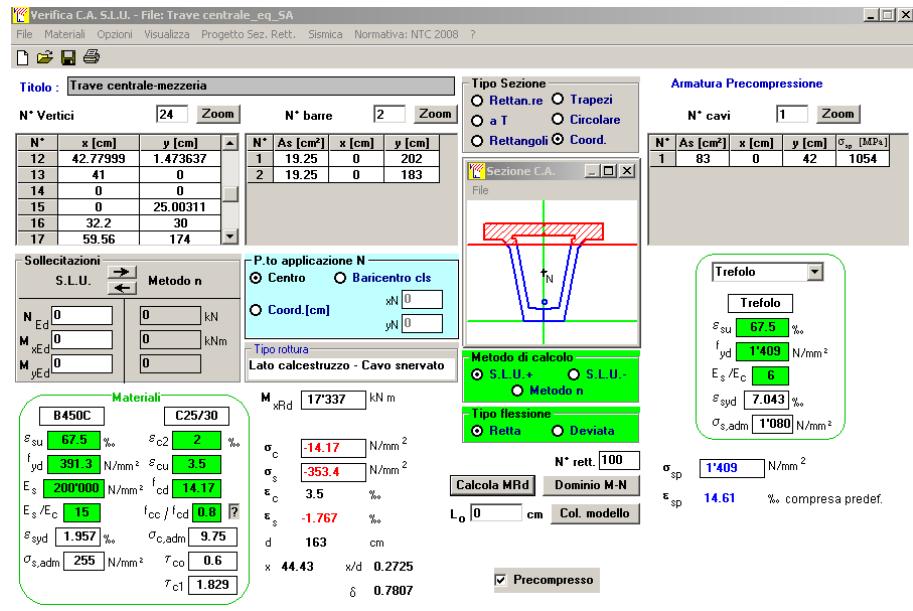


Figura 7.1: Momento resistente sezione di mezzeria.

7.1.2 Sezione SB-c (fibre tese inferiori/superiori)

Sezione: Cassoncini + Soletta 2500x250 mm

Precompressione: sono attivi 36 trefoli trefoli

Armatura corrente in soletta φ 14/200+φ 26/200 sopra e sotto

Posizione: a filo riempimento

Sollecitazioni:

$$M_{Ed,max} = 2114.99 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,min} = -3728.38 \text{ kNm}$$

SLU fondamentale Mmax – Fibre tese all'intradosso
 SLU fondamentale Mmin – Fibre tese all'estradosso

Verifica:

$$M_{Rd} = 10240 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = -6223 \text{ kNm}$$

Momento resistente positivo
 Momento resistente negativo

$$C_u = M_{Ed,max} / M_{Rd} = 0.21 < 1$$

$$C_u = M_{Ed,min} / M_{Rd} = 0.60 < 1$$

coefficiente di utilizzo
 coefficiente di utilizzo

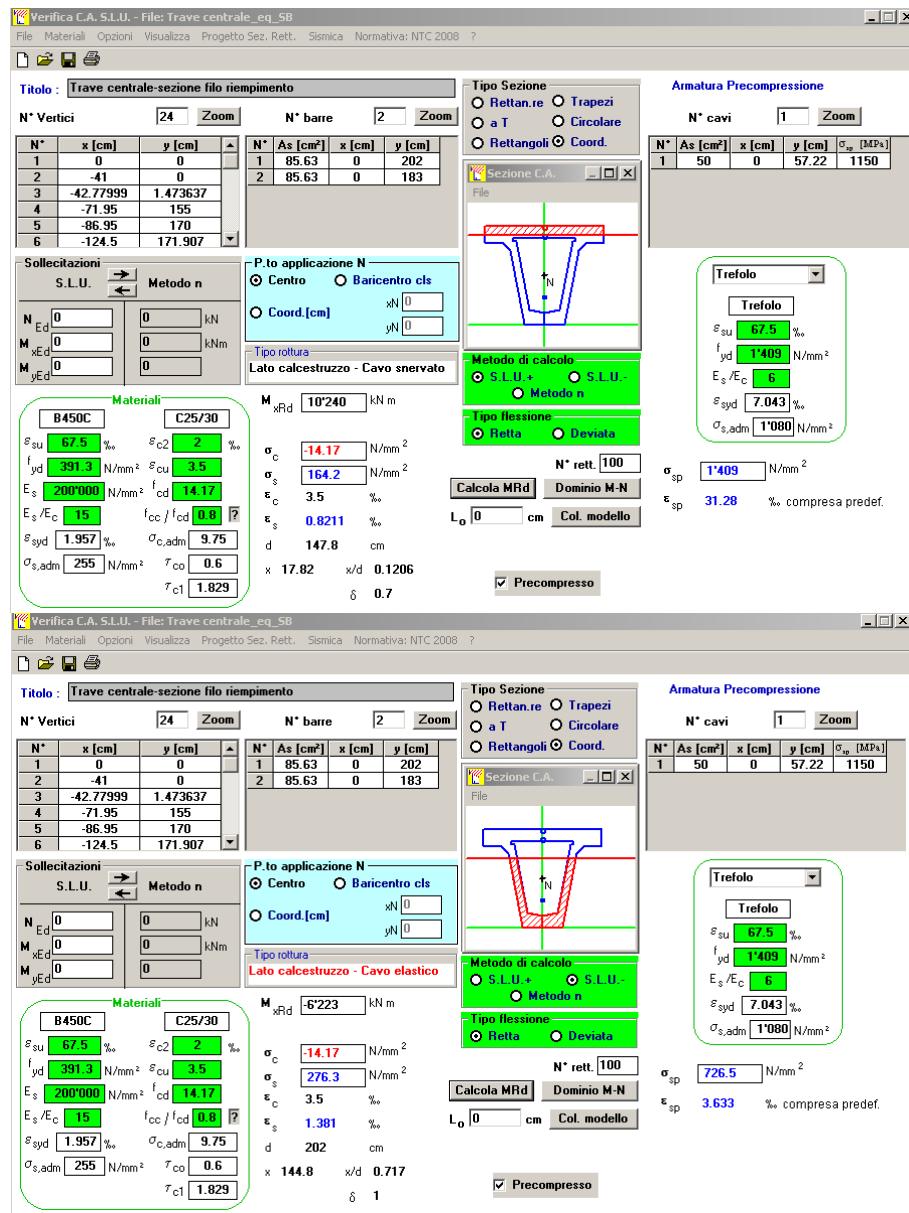


Figura 7.2: Momento resistente sezione a filo riempimento

7.1.3 Sezione SC-c (fibre tese superiori)

Sezione: Cassoncini + Soletta 2500x250 mm + Cavità cassoncino piena

Precompressione: non efficace

Armatura corrente in soletta $\phi 14/200+\phi 26/200$ sopra e sotto

Armatura a fondo cassoncino: 6+6+6 $\phi 26$ a $z=350, 400, 450$ mm

Posizione: a filo traverso

Sollecitazioni:

$$M_{Ed,min} = -5254.20 \text{ kNm}$$

SLU fondamentale Mmin – Fibre tese all'estradosso

Verifica:

$$M_{Rd} = -11229 \text{ kNm}$$

Momento resistente negativo

$$C_u = M_{Ed,min} / M_{Rd} = 0.47 < 1$$

coefficiente di utilizzo

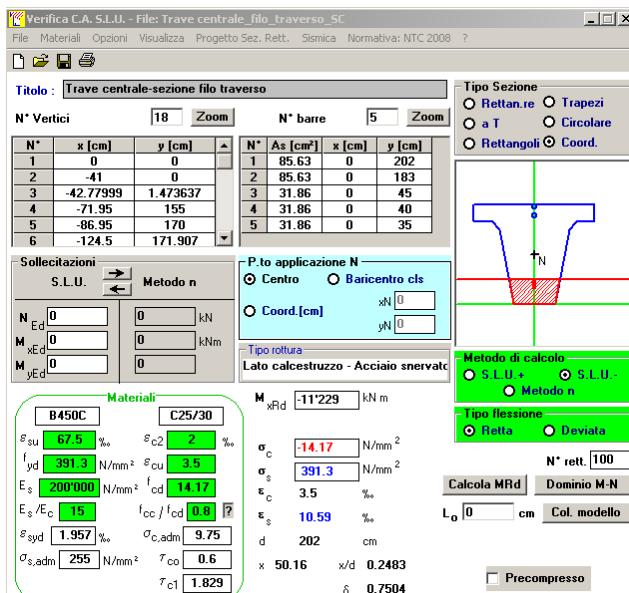


Figura 7.3: Momento resistente sezione a filo traverso

7.1.4 Sezione SD-c (fibre tese inferiori)

Sezione: Cassoncini + Soletta 2500x250 mm

Precompressione: sono attivi 50 trefoli trifoli

Armatura corrente in soletta φ 14/200 sopra e sotto

Posizione: a 9,00 m dalla testata

Sollecitazioni:

$$M_{Ed,max} = 9056.80 \text{ 6kNm}$$

SLU fondamentale Mmax – Fibre tese all'intradosso

Verifica:

$$M_{Rd} = 14414 \text{ kNm}$$

Momento resistente positivo

$$C_u = M_{Ed,min} / M_{Rd} = 0.63 < 1$$

coefficiente di utilizzo

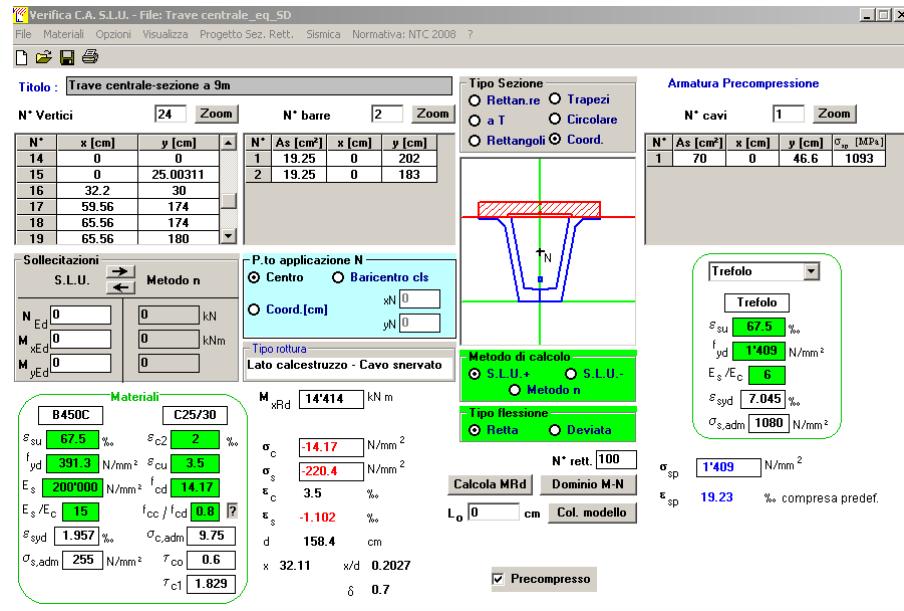


Figura 7.4: Momento resistente sezione a 9m dalla testata

7.1.5 Sezione SA-b (fibre tese inferiori)

Sezione: Cassoncini + Soletta 3750x250 mm

Precompressione: tutti i trefoli sono attivi 60 trefoli

Armatura corrente in soletta ϕ 14/200 sopra e sotto

Posizione: mezzeria

Sollecitazioni:

$$M_{Ed,max} = 15834 \text{ kNm}$$

SLU fondamentale Mmax – Fibre tese all'intradosso

Verifica:

$$M_{Rd} = 17956 \text{ kNm}$$

Momento resistente positivo

$$C_u = M_{Ed,max} / M_{Rd} = 0.88 < 1$$

coefficiente di utilizzo

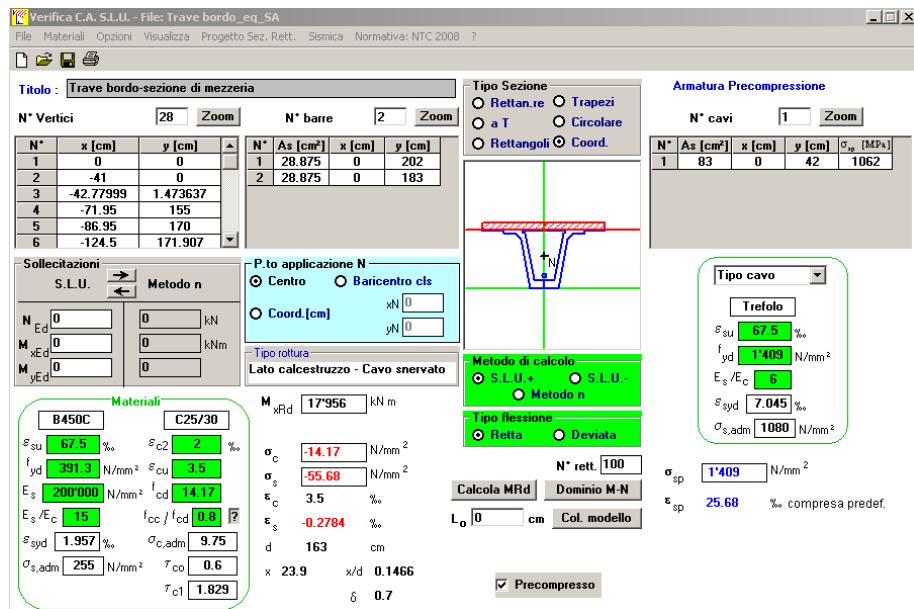


Figura 7.5: Momento resistente sezione di mezzeria.

7.1.6 Sezione SB-b (fibre tese inferiori/superiori)

Sezione: Cassoncini + Soletta 3790x250 mm

Precompressione: sono attivi 36 trefoli trefoli

Armatura corrente in soletta ϕ 14/200+ ϕ 26/200 sopra e sotto

Posizione: a filo riempimento

Sollecitazioni:

$$M_{Ed,max} = 4639.78 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,min} = -3608.51 \text{ kNm}$$

SLU fondamentale Mmax – Fibre tese all'intradosso
 SLU fondamentale Mmin – Fibre tese all'estradosso

Verifica:

$$M_{Rd} = 1850 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = -6559 \text{ kNm}$$

Momento resistente positivo
 Momento resistente negativo

$$C_u = M_{Ed,max} / M_{Rd} = 0.43 < 1$$

$$C_u = M_{Ed,min} / M_{Rd} = 0.55 < 1$$

coefficiente di utilizzo
 coefficiente di utilizzo

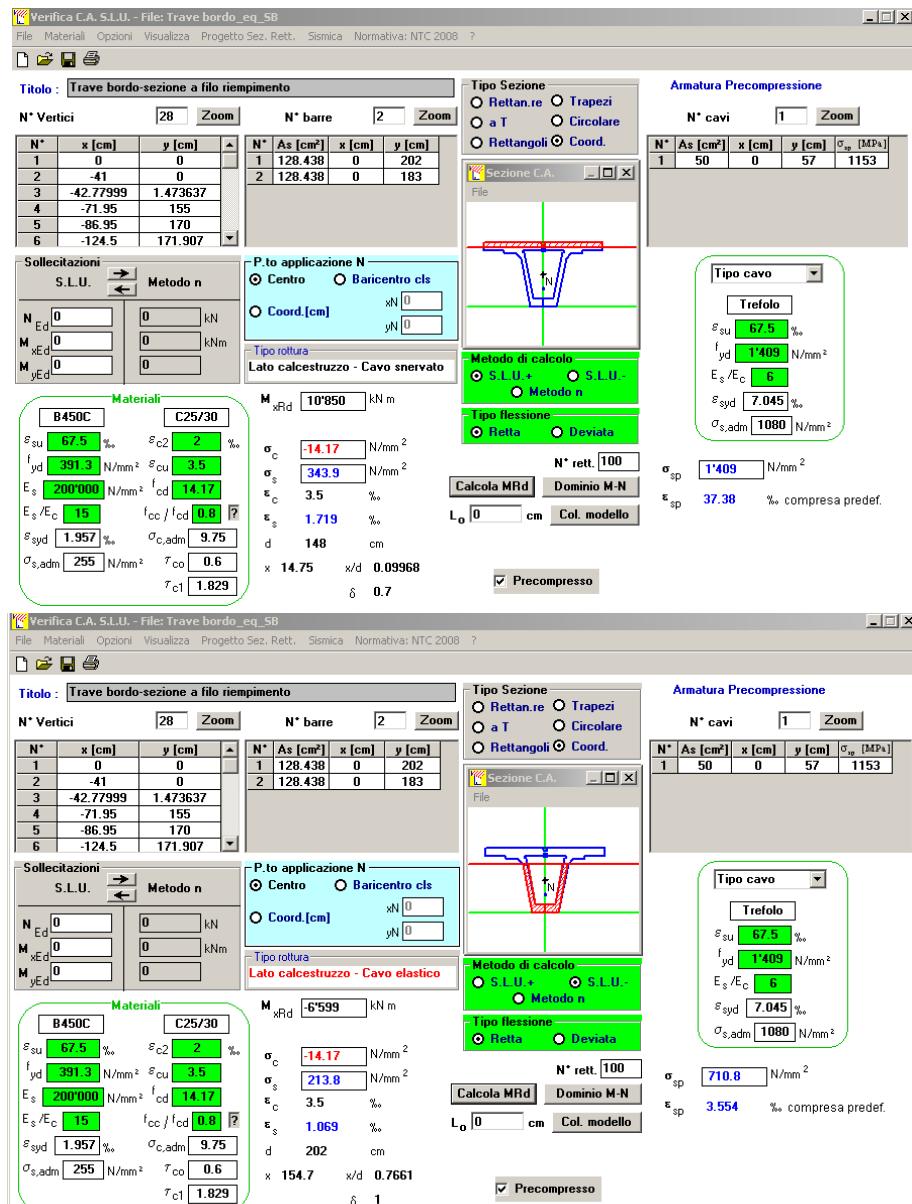
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA
 ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19
 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"
 AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001
 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19
Progetto Esecutivo

Opera: Viadotto Arenella III

Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX

Pagina 38

Nome file:
 VI15-F-
 CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 39 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calculo_impalcato_DX.doc.
---	--

7.1.7 Sezione SC-b (fibre tese superiori)

Sezione: Cassoncini + Soletta 3790x250 mm + Cavità cassoncino piena

Precompressione: non efficace

Armatura corrente in soletta ϕ 14/200+ ϕ 26/200 sopra e sotto

Armatura a fondo cassoncino: 6+6+6 ϕ 26 a z=350, 400, 450mm

Posizione: a filo traverso

Sollecitazioni:

$$M_{Ed,min} = -5867 \text{ kNm} \quad \text{SLU fondamentale } M_{min} - \text{Fibre tese all'estradosso}$$

Verifica:

$$M_{Rd} = -11229 \text{ kNm}$$

Momento resistente negativo

$$C_u = M_{Ed,min} / M_{Rd} = 0.52 < 1$$

coefficiente di utilizzo

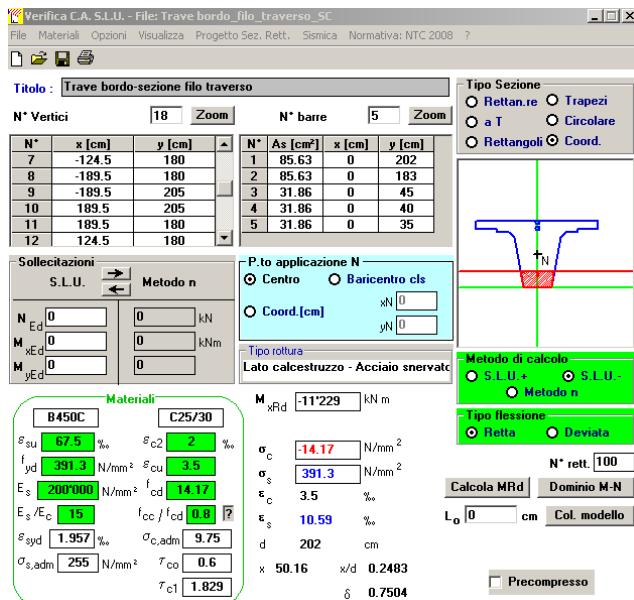


Figura 7.7: Momento resistente sezione a filo traverso

7.1.8 Sezione SD-b (fibre tese inferiori)

Sezione: Cassoncini + Soletta 3790x250 mm

Precompressione: sono attivi 50 trefoli trifoli

Armatura corrente in soletta ϕ 14/200 sopra e sotto

Posizione: a 9,00 m dalla testata

Sollecitazioni:

$$M_{Ed,max} = 13578 \text{ kNm}$$

SLU fondamentale M_{max} – Fibre tese all'intradosso

Verifica:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 40 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
--	--

$$M_{Rd} = 14728 \text{ kNm}$$

Momento resistente positivo

$$C_u = M_{Ed,min} / M_{Rd} = 0.92 < 1$$

coefficiente di utilizzo

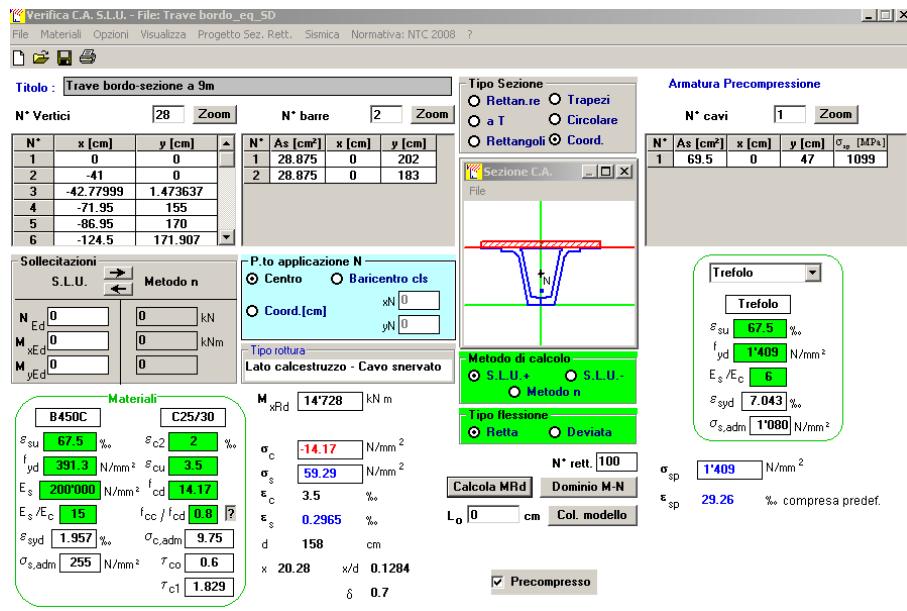


Figura 7.8: Momento resistente sezione a 9m dalla testata

7.1.9 Verifica del trasferimento della forza di tiro nell'armatura inferiore (fibre tese inferiori)

Si verifica che lo sforzo di trazione che nasce per equilibrare il momento negativo in appoggio (fibre tese inferiori possa essere interamente trasferito dal nucleo in cls alle travi in cap, perché possa ritenersi garantita la continuità anche per flessione negativa. Si cumulano tre contributi di natura diversa:

- l'aderenza fra cao e cap lungo la zona piena
- la resistenza a sfilamento dei trefoli, le cui code per almeno 600mm sono annegate nel traverso
- le resistenza a snervamento di 6φ22, che fuoriescono dalla travata in cap ed entrano nel traverso

Si rimanda alle tavole da disegno per i particolari costruttivi

$$F_{sd} = \frac{M_{sd}}{0.9 \cdot d};$$

Materiali

Calcestruzzo riempimento C32/40

R_{ck}	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	33.2	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	41.2	MPa	resistenza cilindrica media
α_{cc}	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ_c	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
f_{cd}	=	18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctm}	=	3.10	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)
f_{ctk}	=	2.17	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
c	=	1.00		per solette, pareti, ed elementi con spessori minori di 50mm va ridotta di 0,80

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 41 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

f_{ctd}	=	1.45	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
Acciaio				
f_yk	=	450		tensione caratteristica di snervamento
γ_s	=	1.15		coefficiente parziale di sicurezza
f_{yd}	=	391.30	MPa	tensione di snervamento di calcolo
Sollecitazione				
M_{Ed}	=	3592.28	kNm	momento minimo (fibre tese inferiori) in asse appoggio
Z_G	=	200	mm	baricentro armatura aggiuntiva riferito all'intradosso trave
d	=	1600	mm	distanza del baricentro armatura inferiore dall'estradosso soletta
F_{sd}	=	2495	kN	tiro totale nelle armature lente superiori
Contributo dell'aderenza tra getti di cls				
c	=	0.45		fattore di calcolo dell'aderenza fra superfici scabre
f_{ctd}	=	1.45	MPa	resistenza a trazione del cls in opera
$\sum S_c$	=	1652	mm	contorno aderente base cassoncino (fondo+500mm a dx e sx)
l_r	=	1500	mm	distanza inizio cassoncino - fine del riempimento
$\tau_{Rd} = c f_{ctd}$	=	0.65	MPa	tensione tagliante resistente del calcestruzzo in opera
F_{Rd1}	=	1613	kN	contributo dell'aderenza
Contributo dell'armatura lenta presente nella suola del cassoncino				
ϕ	=	22	mm	diametro barre
n	=	6		numero ferri
A_{sl}	=	2281	mmq	area ferri
f_{yd}	=	391.30	MPa	
F_{Rd2}	=	892	kN	contributo dell'aderenza
Contributo delle code dei trefoli				
ϕ	=	15	mm	diametro trefoli
n	=	30		numero ferri
u_{sl}	=	47	mm	perimetro aderente di un trefolo
η_1	=	1.0		condizione di buona aderenza
η_2	=	1.0		1 per diametri <32 mm
f_{bd}	=	3.25	MPa	tensione ultima di aderenza (EN 1992-1-1 8.4.3 ed 8.4.4)
α_4	=	0.7		per ancoraggio in trazione
$\alpha_2\alpha_3\alpha_5$	=	0.7		limite inferiore di tutti i fattori
f_{bd}^*	=	1.59	MPa	aderenza effettiva acc-cls a SLU
l	=	600	mm	lunghezza di ancoraggio
F_{Rd3}	=	1349	kN	contributo aderenza code trefoli
Resistenza Totale $F_{RdT} = F_{Rd1} + F_{Rd2} + F_{Rd3}$				
F_{RdT}	=	3854	kN	resistenza totale
F_{sd}	=	2495	kN	tiro totale nelle armature lente superiori
F_{RdT}/F_{sd}	=	1.54		se >1 verifica soddisfatta
		ok		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 42 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

7.2 S.L.U. – Verifiche a taglio e torsione

7.2.1 Sezione SB-c (trave centrale)

Campata:	P04-P05	P08-P09			
Trave:	TRAVE CENTRALE	TRAVE CENTRALE			
	SB (filo riempimento)	SB (filo riempimento)			
Sezione:					
COMB	VEd,max - TEd	VEd - TEd,max			
Sollecitazioni					
V _{Ed}	=	1102	229	kN	taglio di calcolo
T _{Ed}	=	20	356	kN	torsione di calcolo
N _{Ed}	=	0	0	kN	sforzo normale i calcolo
Materiali					
Calcestruzzo					
R _{ck}	=	55	55	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	45.7	45.7	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
α_{cc}	=	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ_c	=	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
f _{cd}	=	25.87	25.87	MPa	resistenza di calcolo a compressione
Acciaio					
f _{yk}	=	450	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento
γ_s	=	1.15	1.15		coefficiente parziale di sicurezza
f _{yd}	=	391.30	391.30	MPa	tensione di snervamento di calcolo
Verifica capacità a Taglio					
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio					
b _w	=	314	314	mm	larghezza minima sezione
d	=	1925	1925	mm	altezza utile
\varnothing_w	=	14	14	mm	diametro ferri long. tesi
n	=	25	25		numero
A _{sl}	=	3848	3848	mm ²	armatura longitudinale
A _c	=	1460327	1460327	mm ²	area sezione cls
k	=	1.32	1.32		
σ_{cp}	=	0.0000	0.0000	MPa	tensione media calcestruzzo $\leq 0.2f_{cd}$
ρ_1	=	0.00637	0.00637		rapporto geometrico di armatura longitudinale $\leq 0,02$
V _{min}	=	0.360	0.360		
V_{Rd}	=	294.90	294.90	kN	taglio resistente
V _{Ed}	=	1102	228.5	kN	taglio di calcolo
FS		0.27	1.29		se > 1 verifica soddisfatta
		no	ok		
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio					
\varnothing_w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	150.00	150.00	mm	passo staffe

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 43 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calculo_impalcato_DX.doc.
---	--

n_{br}	=	4.0	4.0		numero bracci armatura trasversale
A_{sw}	=	452.39	452.39	mmq	area armatura trasversale posta nell'interasse s
b_w	=	314.00	314.00	mm	larghezza minima sezione
f_{cd}	=	25.87	25.87	MPa	
ν	=	0.5	0.5		coeff. di riduzione f_{cd}
f'_{cd}	=	12.93	12.93	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
ω_{sw}	=	0.14529	0.14529		% meccanica di armatura trasversale
α_c	=	1.00000	1.00000		
$\cot\Theta$	=	1.562	1.562		valore di calcolo check $1 \leq \cot\Theta^* \leq 2,5$
V_{Rsd}	=	3194.6736	3194.6736	kN	Resistenza "taglio trazione"
V_{Rcd}	=	3194.6736	3194.6736	kN	Resistenza "taglio compressione"
V_{Rd}	=	3194.6736	3194.6736	kN	Resistenza a taglio
V_{Ed}	=	1102	228.5	kN	taglio di calcolo
FS	=	2.90	13.98		se >1 verifica soddisfatta
		ok	ok		
Verifica capacità a Torsione					
\emptyset_w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	150	150	mm	passo staffe
n_{br}	=	2	2		numero bracci armatura trasversale
A_s	=	226.19	226.19	mmq mmq/m	area armatura trasversale posta nell'interasse s
A_s/s	=	1.51	1.51	m	
ΣA_l	=	5001	5001	mmq	area complessiva barre longitudinali
A_c	=	1734000	1734000	mmq	area sezione
t	=	157	157	mm	spessore sezione cava
Ω	=	1930000	1930000	mmq	area racchiusa dalla fibra media
U_m	=	5800	5800	mm	perimetro medio del nucleo resistente
ω_{sw}	=	0.15	0.15		% meccanica di armatura trasversale
ω_{sl}	=	0.08	0.08		% meccanica di armatura longitudinale
ν	=	0.5	0.5		coeff. di riduzione f_{cd}
f'_{cd}	=	12.93	12.93	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
σ_{cp}	=	0.000	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo $\leq 0,2f_{cd}$
α_c	=	1.0000	1.0000		
$\cot\Theta$	=	1.56	1.56		Valore di calcolo ($0.4 \leq \cot\Theta^* \leq 2,5$)
T_{Rcd}	=	3558.86	3558.86	kNm	resistenza offerta dal calcestruzzo
T_{Rsd}	=	3558.86	3558.86	kNm	resistenza offerta dall'armatura trasversale
T_{Rld}	=	833.58	833.58	kNm	resistenza offerta dall'armatura longitudinale
T_{Rd}	=	833.58	833.58	kNm	Resistenza a torsione
T_{Sd}	=	20	355.87	kN	Torsione di calcolo
FS	=	41.68	2.34		
		ok	ok		

Verifica interazione Taglio - Torsione

Sollecitazioni

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 44 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

$cot\Theta$	=	1.562	1.562	valore di calcolo
V_{Ed}	=	1102	228.5	kN taglio di calcolo
T_{Ed}	=	20	355.87	kN torsione di calcolo
Reistenze				
V_{Rcd}	=	3194.67	3194.67	kN Resistenza a taglio lato cls
T_{Rcd}	=	3558.86	3558.86	kNm Resistenza a torsione lato cls
Verifica				
$T_{Ed}/T_{Rcd} + V_{Ed}/V_{Rcd}$	=	0.35	0.17	se <1 verifica soddisfatta
		ok	ok	

7.2.2 Sezione SD-c (trave centrale)

Campata:	P05-P06	P08-P09			
Trave:	TRAVE CENTRALE	TRAVE CENTRALE			
Sezione:	SD (a 9m da testata)	SD (a 9m da testata)			
COMB	VEd,max - TEd	VEd - TEd,max			
Sollecitazioni					
V_{Ed}	=	743	119	kN	taglio di calcolo
T_{Ed}	=	16	321	kN	torsione di calcolo
N_{Ed}	=	0	0	kN	sforzo normale i calcolo
Materiali					
Calcestruzzo					
R_{ck}	=	55	55	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	45.7	45.7	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
α_{cc}	=	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ_c	=	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
f_{cd}	=	25.87	25.87	MPa	resistenza di calcolo a compressione
Acciaio					
f_{yk}	=	450	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento
γ_s	=	1.15	1.15		coefficiente parziale di sicurezza
f_{yd}	=	391.30	391.30	MPa	tensione di snervamento di calcolo
Verifica capacità a taglio					
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio					
b_w	=	314	314	mm	larghezza minima sezione
d	=	1925	1925	mm	altezza utile
\emptyset_w	=	14	14	mm	diametro ferri long. tesi
n	=	25	25		numero
A_{sl}	=	3848	3848	mm^2	armatura longitudinale
A_c	=	1734000	1734000	mm^2	area sezione cls
k	=	1.32	1.32		
σ_{cp}	=	0.0000	0.0000	MPa	tensione media calcestruzzo $\leq 0,2f_{cd}$
ρ_1	=	0.00637	0.00637		rapporto geometrico di armatura longitudinale $\leq 0,02$
V_{min}	=	0.360	0.360		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 45 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calculo_impalcato_DX.doc.
---	--

V_{Rd}	=	294.90	294.90	kN	taglio resistente
V _{Ed}	=	742.65	118.95	kN	taglio di calcolo
FS	=	0.40	2.48		se >1 verifica soddisfatta
	=	no	ok		
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio					
Ø _w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	400.00	400.00	mm	passo staffe
n _{br}	=	4.0	4.0		numero bracci armatura trasversale
A _{sw}	=	452.39	452.39	mmq	area armatura trasversale posta nell'interasse s
b _w	=	314.00	314.00	mm	larghezza minima sezione
f _{cd}	=	25.87	25.87	MPa	
v	=	0.5	0.5		coeff. di riduzione f _{cd}
f _{cd}	=	12.93	12.93	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
ω _{sw}	=	0.05448	0.05448		% meccanica di armatura trasversale
α _c	=	1.00000	1.00000		
cotθ	=	1.235	1.235		valore di calcolo check 1≤cotθ*≤2,5
V _{Rsd}	=	946.7679	946.7679	kN	Resistenza "taglio trazione"
V _{Rcd}	=	3441.2916	3441.2916	kN	Resistenza "taglio compressione"
V_{Rd}	=	946.7679	946.7679	kN	Resistenza a taglio
V _{Ed}	=	742.65	118.95	kN	taglio di calcolo
FS	=	1.27	7.96		se >1 verifica soddisfatta
	=	ok	ok		
Verifica capacità a Torsione					
Ø _w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	400	400	mm	passo staffe
n _{br}	=	2	2		numero bracci armatura trasversale
A _s	=	226.19	226.19	mmq	area armatura trasversale posta nell'interasse s
A _s /s	=	0.57	0.57	mmq/mm	
ΣA _l	=	5001	5001	mmq	area complessiva barre longitudinali
A _c	=	1734000	1734000	mmq	area sezione
t	=	157	157	mm	spessore sezione cava
A	=	1930000	1930000	mmq	area racchiusa dalla fibra media
U _m	=	5800	5800	mm	perimetro medio del nucleo resistente
ω _{sw}	=	0.05	0.05		% meccanica di armatura trasversale
ω _{sl}	=	0.08	0.08		% meccanica di armatura longitudinale
v	=	0.5	0.5		coeff. di riduzione f _{cd}
f _{cd}	=	12.93	12.93	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
σ _{cp}	=	0.000	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo <=0,2f _{cd}
α _c	=	1.0000	1.0000		
cotθ	=	1.23	1.23		Valore di calcolo (0.4≤cotθ*≤2,5)
T _{Rcd}	=	3833.59	3833.59	kNm	resistenza offerta dal calcestruzzo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo				Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 46 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.	
---	--	--	--	--	--

T _{Rsd}	=	1054.70	1054.70	kNm	resistenza offerta dall'armatura trasversale
T _{Rld}	=	1054.70	1054.70	kNm	resistenza offerta dall'armatura longitudinale
T_{Rd}	=	1054.70	1054.70	kNm	Resistenza a torsione
T _{Sd}	=	15.5	321.42	kN	Torsione di calcolo
FS	=	68.04	3.28		
		ok	ok		

Verifica interazione Taglio - Torsione

Sollecitazioni

cot Θ	=	1.235	1.235		valore di calcolo
V _{Ed}	=	742.65	118.95	kN	taglio di calcolo
T _{Ed}	=	15.5	321.42	kN	torsione di calcolo

Resistenze

V _{Rcd}	=	3441.29	3441.29	kN	Resistenza a taglio lato cls
T _{Rcd}	=	3833.59	3833.59	kNm	Resistenza a torsione lato cls

Verifica

T _{Ed} /T _{Rcd} +V _{Ed} /V _{Rcd}	=	0.22	0.12		se <1 verifica soddisfatta
		ok	ok		

7.2.3 Sezione SE-c (trave centrale)

Campata:	P05-P06	P07-P08
Trave:	TRAVE CENTRALE	TRAVE CENTRALE
Sezione:	SE (a 3.225m da testata)	SE (a 3.225m da testata)
COMB	VEd,max - TE _d	VEd - TE _{d,max}

Sollecitazioni

V _{Ed}	=	1473	765	kN	taglio di calcolo
T _{Ed}	=	245	341	kN	torsione di calcolo
N _{Ed}	=	0	0	kN	sforzo normale i calcolo

Materiali

Calcestruzzo					
R _{ck}	=	55	55	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	45.7	45.7	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
α_{cc}	=	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ_c	=	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
f _{cd}	=	25.87	25.87	MPa	resistenza di calcolo a compressione
Acciaio					
f _{yk}	=	450	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento
γ_s	=	1.15	1.15		coefficiente parziale di sicurezza
f _{yd}	=	391.30	391.30	MPa	tensione di snervamento di calcolo

Verifica capacità a taglio

Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

b _w	=	314	314	mm	larghezza minima sezione
d	=	1925	1925	mm	altezza utile
\emptyset_w	=	14	14	mm	diametro ferri long. tesi

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 47 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

n	=	25	25		numero
A _{sl}	=	3848	3848	mm ²	armatura longitudinale
A _c	=	1734000	1734000	mm ²	area sezione cls
k	=	1.32	1.32		
σ_{cp}	=	0.0000	0.0000	MPa	tensione media calcestruzzo $\leq 0.2f_{cd}$
ρ_1	=	0.00637	0.00637		rapporto geometrico di armatura longitudinale ≤ 0.02
V _{min}	=	0.360	0.360		
V_{Rd}	=	294.90	294.90	kN	taglio resistente
V _{Ed}	=	1472.88	764.83	kN	taglio di calcolo
FS		0.20	0.39		se > 1 verifica soddisfatta
		no	no		

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

\emptyset_w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	200.00	200.00	mm	passo staffe
n _{br}	=	4.0	4.0		numero bracci armatura trasversale
A _{sw}	=	452.39	452.39	mmq	area armatura trasversale posta nell'interasse s
b _w	=	314.00	314.00	mm	larghezza minima sezione
f _{cd}	=	25.87	25.87	MPa	
ν	=	0.5	0.5		coeff. di riduzione f _{cd}
f _{cd}	=	12.93	12.93	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
ω_{sw}	=	0.10897	0.10897		% meccanica di armatura trasversale
αc	=	1.00000	1.00000		
cot θ	=	1.000	1.000		valore di calcolo $1 \leq \cot\theta \leq 2,5$
V _{Rsd}	=	1533.4524	1533.4524	kN	Resistenza "taglio trazione"
V _{Rcd}	=	3518.1257	3518.1257	kN	Resistenza "taglio compressione"
V_{Rd}	=	3518.1257	3518.1257	kN	Resistenza a taglio
V _{Ed}	=	1472.88	764.83	kN	taglio di calcolo
FS	=	2.39	4.60		se > 1 verifica soddisfatta
		ok	ok		

Calcolo della Resistenza a Torsione

\emptyset_w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	200	200	mm	passo staffe
n _{br}	=	2	2		numero bracci armatura trasversale
A _s	=	226.19	226.19	mmq	area armatura trasversale posta nell'interasse s
A _{s/s}	=	1.13	1.13	mmq/mm	
ΣA_l	=	5001	5001	mmq	area complessiva barre longitudinali
A _c	=	1734000	1734000	mmq	area sezione
t	=	157	157	mm	spessore sezione cava
A	=	1930000	1930000	mmq	area racchiusa dalla fibra media
u _m	=	5800	5800	mm	perimetro medio del nucleo resistente
ω_{sw}	=	0.11	0.11		% meccanica di armatura trasversale
ω_{sl}	=	0.08	0.08		% meccanica di armatura longitudinale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 48 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

ν	=	0.5	0.5		coeff. di riduzione f_{cd}
f_{cd}	=	12.93	12.93	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
σ_{cp}	=	0.000	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo $\leq 0.2f_{cd}$
α_c	=	1.0000	1.0000		
$\cot\Theta$	=	1.00	1.00		Valore di calcolo ($0.4 \leq \cot\Theta \leq 2.5$)
T_{Rcd}	=	3919.18	3919.18	kNm	resistenza offerta dal calcestruzzo
T_{Rsd}	=	1708.26	1708.26	kNm	resistenza offerta dall'armatura trasversale
T_{Rld}	=	1302.36	1302.36	kNm	resistenza offerta dall'armatura longitudinale
T_{Rd}	=	1302.36	1302.36	kNm	Resistenza a torsione
T_{Sd}	=	244.69	340.98	kN	Torsione di calcolo
FS	=	5.32	3.82		
		ok	ok		

Verifica interazione Taglio - Torsione

Sollecitazioni

$\cot\Theta$	=	1.000	1.000		valore di calcolo
V_{Ed}	=	1472.88	764.83	kN	taglio di calcolo
T_{Ed}	=	244.69	340.98	kN	torsione di calcolo

Resistenze

V_{Rcd}	=	3518.13	3518.13	kN	Resistenza a taglio lato cls
T_{Rcd}	=	3919.18	3919.18	kNm	Resistenza a torsione lato cls

Verifica

$T_{Ed}/T_{Rcd} + V_{Ed}/V_{Rcd}$	=	0.48	0.30		se <1 verifica soddisfatta
		ok	ok		

7.2.4 Sezione SC-c (trave centrale)

Campata:	P05	P05
Trave:	TRAVE CENTRALE	TRAVE CENTRALE
Sezione:	SC (testata)	SC (testata)
COMB	$V_{Ed,max} - T_{Ed}$	$V_{Ed} - T_{Ed,max}$

Sollecitazioni

V_{Ed}	=	1614	718	kN	taglio di calcolo
T_{Ed}	=	56	353	kN	torsione di calcolo
N_{Ed}	=	0	0	kN	sforzo normale i calcolo

Materiali

Calcestruzzo

R_{ck}	=	55	55	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	45.7	45.7	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
α_{cc}	=	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ_c	=	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
f_{cd}	=	25.87	25.87	MPa	resistenza di calcolo a compressione

Acciaio

f_yk	=	450	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento
--------	---	-----	-----	-----	--

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo				Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 49 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.	
---	--	--	--	--	--

γ_s	=	1.15	1.15		coefficiente parziale di sicurezza
f_{yd}	=	391.30	391.30	MPa	tensione di snervamento di calcolo
Verifica capacità a taglio					
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio					
b_w	=	829.2	829.2	mm	larghezza minima sezione
d	=	1925	1925	mm	altezza utile
\emptyset_w	=	14	14	mm	diametro ferri long. tesi
n	=	24	24		numero
A_{sl}	=	3695	3695	mm^2	armatura longitudinale
A_c	=	1734000	1734000	mm^2	area sezione cls
k	=	1.32	1.32		
σ_{cp}	=	0.0000	0.0000	MPa	tensione media calcestruzzo $\leq 0,2f_{cd}$
ρ_1	=	0.00231	0.00231		rapporto geometrico di armatura longitudinale $\leq 0,02$
V_{min}	=	0.360	0.360		
V_{Rd}	=	573.97	573.97	kN	taglio resistente
V_{Ed}	=	1613.88	718.02	kN	taglio di calcolo
FS		0.36	0.80		se > 1 verifica soddisfatta
		no	no		
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio					
\emptyset_w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	90.00	$^\circ$	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	300.00	300.00	mm	passo staffe
n_{br}	=	4.0	4.0		numero bracci armatura trasversale
A_{sw}	=	452.39	452.39	mmq	area armatura trasversale posta nell'interasse s
b_w	=	829.20	829.20	mm	larghezza minima sezione
f_{cd}	=	25.87	25.87	MPa	
ν	=	0.5	0.5		coeff. di riduzione f_{cd}
f'_{cd}	=	12.93	12.93	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
ω_{sw}	=	0.02751	0.02751		% meccanica di armatura trasversale
αc	=	1.00000	1.00000		
$cot\Theta$	=	2.500	2.500		valore di calcolo $1 \leq \cot\Theta \leq 2,5$
V_{Rsd}	=	2555.7539	2555.7539	kN	Resistenza "taglio trazione"
V_{Rcd}	=	6407.2695	6407.2695	kN	Resistenza "taglio compressione"
V_{Rd}	=	2555.7539	2555.7539	kN	Resistenza a taglio
V_{Ed}	=	1613.88	718.02	kN	taglio di calcolo
FS	=	1.58	3.56		se > 1 verifica soddisfatta
		ok	ok		
Calcolo della Resistenza a Torsione					
\emptyset_w	=	14	14	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	90.00	$^\circ$	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	100	100	mm	passo staffe
n_{br}	=	2	2		numero bracci armatura trasversale
A_s	=	307.88	307.88	mmq	area armatura trasversale posta nell'interasse s
A_s/s	=	3.08	3.08	mmq/mm	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 50 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calculo_impalcato_DX.doc.
---	--

ΣA_l	=	9557	9557	mmq	area complessiva barre longitudinali
A_c	=	1734000	1734000	mmq	area sezione
u	=	5520	5520	mm	perimetro della sezione
t	=	314	314.1	mm	spessore sezione cava
Ω	=	1940000.00	1940000.00	mmq	area racchiusa dalla fibra media
u_m	=	4280	4280	mm	perimetro medio del nucleo resistente
ω_{sw}	=	0.15	0.15		% meccanica di armatura trasversale
ω_{sl}	=	0.11	0.11		% meccanica di armatura longitudinale
ν	=	0.5	0.5		coeff. di riduzione f_{cd}
f_{cd}	=	12.93	12.93	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
σ_{cp}	=	0.000	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo $\leq 0.2f_{cd}$
α_c	=	1.0000	1.0000		
$\cot\Theta$	=	2.50	2.50		Valore di calcolo ($0.4 \leq \cot\Theta \leq 2.5$)
T_{Rcd}	=	5436.03	5436.03	kNm	resistenza offerta dal calcestruzzo
T_{Rsd}	=	11685.91	11685.91	kNm	resistenza offerta dall'armatura trasversale
T_{Rld}	=	1356.04	1356.04	kNm	resistenza offerta dall'armatura longitudinale
T_{Rd}	=	1356.04	1356.04	kNm	Resistenza a torsione
T_{Sd}	=	56.12	352.65	kN	Torsione di caloclo
FS	=	24.16	3.85		
		ok	ok		

Verifica interazione Taglio - Torsione

Sollecitazioni					
$\cot\Theta$	=	2.500	2.500		valore di calcolo
V_{Ed}	=	1613.88	718.02	kN	taglio di caloclo
T_{Ed}	=	56.12	352.65	kN	torsione di caloclo
Reistenze					
V_{Rcd}	=	6407.27	6407.27	kN	Resistenza a taglio lato cls
T_{Rcd}	=	5436.03	5436.03	kNm	Resistenza a torsione lato cls
Verifica					
$T_{Ed}/T_{Rcd} + V_{Ed}/V_{Rcd}$	=	0.26	0.18		se < 1 verifica soddisfatta
		ok	ok		

7.2.5 Sezione SB-b (trave di bordo)

Campata:	P02-P03	P08-P09			
Trave:	TRAVE BORDO	TRAVE BORDO			
Sezione:	SB (filo riempimento)	SB (filo riempimento)			
COMB	$V_{Ed,max} - T_{Ed}$	$V_{Ed} - T_{Ed,max}$			
Sollecitazioni					
V_{Ed}	=	2096	2070	kN	taglio di caloclo
T_{Ed}	=	1047	1048	kN	torsione di caloclo
N_{Ed}	=	0	0	kN	sforzo normale i calcolo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENNICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 51 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
--	--

Materiali

Calcestruzzo

R _{ck}	=	55	55	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	45.7	45.7	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
α _{cc}	=	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ _c	=	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
f _{cd}	=	25.87	25.87	MPa	resistenza di calcolo a compressione
Acciaio					
f _{yk}	=	450	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento
γ _s	=	1.15	1.15		coefficiente parziale di sicurezza
f _{yd}	=	391.30	391.30	MPa	tensione di snervamento di calcolo

Verifica capacità a Taglio

Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

b _w	=	314	314	mm	larghezza minima sezione
d	=	1925	1925	mm	altezza utile
Ø _w	=	14	14	mm	diametro ferri long. tesi
n	=	25	25		numero
A _{sl}	=	3848	3848	mm ²	armatura longitudinale
A _c	=	1460327	1460327	mm ²	area sezione cls
k	=	1.32	1.32		
σ _{cp}	=	0.0000	0.0000	MPa	tensione media calcestruzzo <=0,2f _{cd}
ρ ₁	=	0.00637	0.00637		rapporto geometrico di armatura longitudinale <=0,02
V _{min}	=	0.360	0.360		
V_{Rd}	=	294.90	294.90	kN	taglio resistente
V _{Ed}	=	2096.01	2069.93	kN	taglio di calcolo
FS		0.14	0.14		se >1 verifica soddisfatta
		no	no		

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

Ø _w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	150.00	150.00	mm	passo staffe
n _{br}	=	4.0	4.0		numero bracci armatura trasversale
A _{sw}	=	452.39	452.39	mmq	area armatura trasversale posta nell'interasse s
b _w	=	314.00	314.00	mm	larghezza minima sezione
f _{cd}	=	25.87	25.87	MPa	
ν	=	0.5	0.5		coeff. di riduzione f _{cd}
f _{cd}	=	12.93	12.93	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
ω _{sw}	=	0.14529	0.14529		% meccanica di armatura trasversale
α C	=	1.00000	1.00000		
cotθ	=	1.200	1.200		valore di calcolo 1≤cotθ≤2,5
V _{Rsd}	=	2453.5238	2453.5238	kN	Resistenza "taglio trazione"
V _{Rcd}	=	3460.4515	3460.4515	kN	Resistenza "taglio compressione"
V_{Rd}	=	2453.5238	2453.5238	kN	Resistenza a taglio
V _{Ed}	=	2096.01	2069.93	kN	taglio di calcolo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 52 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

FS	=	1.17	1.19		se >1 verifica soddisfatta
Verifica capacità a Torsione					
\emptyset_w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	150	150	mm	passo staffe
n_{br}	=	2	2		numero bracci armatura trasversale
A_s	=	226.19	226.19	mmq	area armatura trasversale posta nell'interasse s
A_s/s	=	1.51	1.51	mmq/mm	
ΣA_l	=	5001	5001	mmq	area complessiva barre longitudinali
A_c	=	1734000	1734000	mmq	area sezione
t	=	157	157	mm	spessore sezione cava
Ω	=	1930000	1930000	mmq	area racchiusa dalla fibra media
u_m	=	5800	5800	mm	perimetro medio del nucleo resistente
ω_{sw}	=	0.15	0.15		% meccanica di armatura trasversale
ω_{sl}	=	0.08	0.08		% meccanica di armatura longitudinale
ν	=	0.5	0.5		coeff. di riduzione f_{cd}
f_{cd}	=	12.93	12.93	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
σ_{cp}	=	0.000	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo $\leq 0,2f_{cd}$
α_c	=	1.0000	1.0000		
$\cot\Theta$	=	1.20	1.20		Valore di calcolo ($0.4 \leq \cot\Theta \leq 2.5$)
T_{Rcd}	=	3854.93	3854.93	kNm	resistenza offerta dal calcestruzzo
T_{Rsd}	=	2733.22	2733.22	kNm	resistenza offerta dall'armatura trasversale
T_{Rld}	=	1085.39	1085.39	kNm	resistenza offerta dall'armatura longitudinale
T_{Rd}	=	1085.39	1085.39	kNm	Resistenza a torsione
T_{Sd}	=	1047.33	1048.29	kN	Torsione di caloclo
FS	=	1.04	1.04		
		ok	ok		
Verifica interazione Taglio - Torsione					
Sollecitazioni					
$\cot\Theta$	=	1.200	1.200		valore di calcolo
V_{Ed}	=	2096.01	2069.93	kN	taglio di caloclo
T_{Ed}	=	1047.33	1048.29	kN	torsione di caloclo
Resistenze					
V_{Rcd}	=	3460.45	3460.45	kN	Resistenza a taglio lato cls
T_{Rcd}	=	3854.93	3854.93	kNm	Resistenza a torsione lato cls
Verifica					
$T_{Ed}/T_{Rcd} + V_{Ed}/V_{Rcd}$	=	0.88	0.87		se <1 verifica soddisfatta
		ok	ok		

7.2.6 Sezione SD-b (trave di bordo)

Campata:	P05-P06	P08-P09
Trave:	TRAVE BORDO	TRAVE BORDO

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 53 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

Sezione:		SD (a 9m da testata)	SD (a 9m da testata)		
COMB		VEd,max - TEd	VEd - TEd,max		
Sollecitazioni					
V _{Ed}	=	928	687	kN	taglio di calcolo
T _{Ed}	=	685	946	kN	torsione di calcolo
N _{Ed}	=	0	0	kN	sforzo normale i calcolo
Materiali					
Calcestruzzo					
R _{ck}	=	55	55	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	45.7	45.7	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
α _{cc}	=	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ _c	=	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
f _{cd}	=	25.87	25.87	MPa	resistenza di calcolo a compressione
Acciaio					
f _{yk}	=	450	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento
γ _s	=	1.15	1.15		coefficiente parziale di sicurezza
f _{yd}	=	391.30	391.30	MPa	tensione di snervamento di calcolo
Verifica capacità a taglio					
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio					
b _w	=	314	314	mm	larghezza minima sezione
d	=	1925	1925	mm	altezza utile
Ø _w	=	14	14	mm	diametro ferri long. tesi
n	=	25	25		numero
A _{sl}	=	3848	3848	mm ²	armatura longitudinale
A _c	=	1734000	1734000	mm ²	area sezione cls
k	=	1.32	1.32		
σ _{cp}	=	0.0000	0.0000	MPa	tensione media calcestruzzo <=0,2f _{cd}
ρ ₁	=	0.00637	0.00637		rapporto geometrico di armatura longitudinale <=0,02
v _{min}	=	0.360	0.360		
V_{Rd}	=	294.90	294.90	kN	taglio resistente
V _{Ed}	=	927.8	687.26	kN	taglio di calcolo
FS		0.32	0.43		se >1 verifica soddisfatta
		no	no		
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio					
Ø _w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	400.00	400.00	mm	passo staffe
n _{br}	=	4.0	4.0		numero bracci armatura trasversale
A _{sw}	=	452.39	452.39	mmq	area armatura trasversale posta nell'interasse s
b _w	=	314.00	314.00	mm	larghezza minima sezione
f _{cd}	=	25.87	25.87	MPa	
ν	=	0.5	0.5		coeff. di riduzione f _{cd}
f _{cd}	=	12.93	12.93	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
ω _{sw}	=	0.05448	0.05448		% meccanica di armatura trasversale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo				Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 54 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--	--	--	--

α_c	=	1.00000	1.00000		
$cot\Theta$	=	1.235	1.235		valore di calcolo $1 \leq cot\Theta \leq 2,5$
V_{Rsd}	=	946.7679	946.7679	kN	Resistenza "taglio trazione"
V_{Rcd}	=	3441.2916	3441.2916	kN	Resistenza "taglio compressione"
V_{Rd}	=	946.7679	946.7679	kN	Resistenza a taglio
V_{Ed}	=	927.8	687.26	kN	taglio di calcolo
FS	=	1.02	1.38		se >1 verifica soddisfatta
		ok	ok		
Verifica capacità a Torsione					
\emptyset_w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	400	400	mm	passo staffe
n_{br}	=	2	2		numero bracci armatura trasversale
A_s	=	226.19	226.19	mmq	area armatura trasversale posta nell'interasse s
A_s/s	=	0.57	0.57	mmq/mm	
ΣA_l	=	5001	5001	mmq	area complessiva barre longitudinali
A_c	=	1734000	1734000	mmq	area sezione
t	=	157	157	mm	spessore sezione cava
A	=	1930000	1930000	mmq	area racchiusa dalla fibra media
u_m	=	5800	5800	mm	perimetro medio del nucleo resistente
ω_{sw}	=	0.05	0.05		% meccanica di armatura trasversale
ω_{sl}	=	0.08	0.08		% meccanica di armatura longitudinale
v	=	0.5	0.5		coeff. di riduzione f_{cd}
f_{cd}	=	12.93	12.93	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
σ_{cp}	=	0.000	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo $\leq 0.2 f_{cd}$
α_c	=	1.0000	1.0000		
$cot\Theta$	=	1.23	1.23		Valore di calcolo ($0.4 \leq cot\Theta \leq 2,5$)
T_{Rcd}	=	3833.59	3833.59	kNm	resistenza offerta dal calcestruzzo
T_{Rsd}	=	1054.70	1054.70	kNm	resistenza offerta dall'armatura trasversale
T_{Rld}	=	1054.70	1054.70	kNm	resistenza offerta dall'armatura longitudinale
T_{Rd}	=	1054.70	1054.70	kNm	Resistenza a torsione
T_{Sd}	=	685.38	946.43	kN	Torsione di calcolo
FS	=	1.54	1.11		
		ok	ok		
Verifica interazione Taglio - Torsione					
Sollecitazioni					
$cot\Theta$	=	1.235	1.235		valore di calcolo
V_{Ed}	=	927.8	687.26	kN	taglio di calcolo
T_{Ed}	=	685.38	946.43	kN	torsione di calcolo
Resistenze					
V_{Rcd}	=	3441.29	3441.29	kN	Resistenza a taglio lato cls
T_{Rcd}	=	3833.59	3833.59	kNm	Resistenza a torsione lato cls
Verifica					
$T_{Ed}/T_{Rcd} + V_{Ed}/V_{Rcd}$	=	0.45	0.45		se <1 verifica soddisfatta

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 55 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

ok

ok

7.2.7 Sezione SE-b (trave di bordo)

Campata:	P02-P03	P08-P09			
Trave:	TRAVE BORDO	TRAVE BORDO			
Sezione:	SE (a 3.225m da testata)	SE (a 3.225m da testata)			
COMB	VEd,max - TEd	VEd - TEd,max			
Sollecitazioni					
V _{Ed}	=	1452	1386	kN	taglio di calcolo
T _{Ed}	=	894	976	kN	torsione di calcolo
N _{Ed}	=	0	0	kN	sforzo normale i calcolo
Materiali					
Calcestruzzo					
R _{ck}	=	55	55	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	45.7	45.7	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
α_{cc}	=	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ_c	=	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
f _{cd}	=	25.87	25.87	MPa	resistenza di calcolo a compressione
Acciaio					
f _{yk}	=	450	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento
γ_s	=	1.15	1.15		coefficiente parziale di sicurezza
f _{yd}	=	391.30	391.30	MPa	tensione di snervamento di calcolo
Verifica capacità a taglio					
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio					
b _w	=	314	314	mm	larghezza minima sezione
d	=	1925	1925	mm	altezza utile
\emptyset_w	=	14	14	mm	diametro ferri long. tesi
n	=	25	25		numero
A _{sl}	=	3848	3848	mm ²	armatura longitudinale
A _c	=	1734000	1734000	mm ²	area sezione cls
k	=	1.32	1.32		
σ_{cp}	=	0.0000	0.0000	MPa	tensione media calcestruzzo <=0,2f _{cd}
ρ_1	=	0.00637	0.00637		rapporto geometrico di armatura longitudinale <=0,02
v _{min}	=	0.360	0.360		
V_{Rd}	=	294.90	294.90	kN	taglio resistente
V _{Ed}	=	1451.62	1385.74	kN	taglio di calcolo
FS		0.20	0.21		se >1 verifica soddisfatta
		no	no		
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio					
\emptyset_w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	200.00	200.00	mm	passo staffe

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 56 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calculo_impalcato_DX.doc.
---	--

n_{br}	=	4.0	4.0		numero bracci armatura trasversale
A_{sw}	=	452.39	452.39	mmq	area armatura trasversale posta nell'interasse s
b_w	=	314.00	314.00	mm	larghezza minima sezione
f_{cd}	=	25.87	25.87	MPa	
ν	=	0.5	0.5		coeff. di riduzione f_{cd}
f'_{cd}	=	12.93	12.93	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
ω_{sw}	=	0.10897	0.10897		% meccanica di armatura trasversale
α_c	=	1.00000	1.00000		
$\cot\Theta$	=	1.000	1.000		valore di calcolo $1 \leq \cot\Theta^* \leq 2,5$
V_{Rsd}	=	1533.4524	1533.4524	kN	Resistenza "taglio trazione"
V_{Rcd}	=	3518.1257	3518.1257	kN	Resistenza "taglio compressione"
V_{Rd}	=	3518.1257	3518.1257	kN	Resistenza a taglio
V_{Ed}	=	1451.62	1385.74	kN	taglio di caloclo
FS	=	2.42	2.54		se >1 verifica soddisfatta
		ok	ok		

Calcolo della Reisitenza a Torsione

\varnothing_w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	200	200	mm	passo staffe
n_{br}	=	2	2		numero bracci armatura trasversale
A_s	=	226.19	226.19	mmq	area armatura trasversale posta nell'interasse s
A_s/s	=	1.13	1.13	mmq/mm	
$\sum A_l$	=	5001	5001	mmq	area complessiva barre longitudinali
A_c	=	1734000	1734000	mmq	area sezione
t	=	157	157	mm	spessore sezione cava
A	=	1930000	1930000	mmq	area racchiusa dalla fibra media
u_m	=	5800	5800	mm	perimetro medio del nucleo resistente
ω_{sw}	=	0.11	0.11		% meccanica di armatura trasversale
ω_{sl}	=	0.08	0.08		% meccanica di armatura longitudinale
ν	=	0.5	0.5		coeff. di riduzione f_{cd}
f_{cd}	=	12.93	12.93	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
σ_{cp}	=	0.000	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo $\leq 0,2 f_{cd}$
α_c	=	1.0000	1.0000		
$\cot\Theta$	=	1.00	1.00		Valore di calcolo ($0.4 \leq \cot\Theta^* \leq 2,5$)
T_{Rcd}	=	3919.18	3919.18	kNm	resistenza offerta dal calcestruzzo
T_{Rsd}	=	1708.26	1708.26	kNm	resistenza offerta dall'armatura trasversale
T_{Rld}	=	1302.36	1302.36	kNm	resistenza offerta dall'armatura longitudinale
T_{Rd}	=	1302.36	1302.36	kNm	Resistenza a torsione
T_{Sd}	=	893.64	975.92	kN	Torsione di caloclo
FS	=	1.46	1.33		
		ok	ok		

Verifica interazione Taglio - Torsione

Sollecitazioni

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 57 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

cot Θ	=	1.000	1.000	valore di calcolo
V _{Ed}	=	1451.62	1385.74	kN taglio di calcolo
T _{Ed}	=	893.64	975.92	kN torsione di calcolo
Reistenze				
V _{Rcd}	=	3518.13	3518.13	kN Resistenza a taglio lato cls
T _{Rcd}	=	3919.18	3919.18	kNm Resistenza a torsione lato cls
Verifica				
T _{Ed} /T _{Rcd} +V _{Ed} /V _{Rcd}	=	0.64	0.64	se <1 verifica soddisfatta
		ok	ok	

7.2.8 Sezione SC-b (trave di bordo)

Campata:	P05	P09			
Trave:	TRAVE BORDO	TRAVE BORDO			
Sezione:	SC (testata)	SC (testata)			
COMB	VEd,max - TEd	VEd - TEd,max			
Sollecitazioni					
V _{Ed}	=	2244	1977	kN	taglio di calcolo
T _{Ed}	=	112	1377	kN	torsione di calcolo
N _{Ed}	=	0	0	kN	sforzo normale i calcolo
Materiali					
Calcestruzzo					
R _{ck}	=	55	55	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	45.7	45.7	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
α_{cc}	=	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ_c	=	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
f _{cd}	=	25.87	25.87	MPa	resistenza di calcolo a compressione
Acciaio					
f _{yk}	=	450	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento
γ_s	=	1.15	1.15		coefficiente parziale di sicurezza
f _{yd}	=	391.30	391.30	MPa	tensione di snervamento di calcolo
Verifica capacità a taglio					
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio					
b _w	=	829.2	829.2	mm	larghezza minima sezione
d	=	1925	1925	mm	altezza utile
\emptyset_w	=	14	14	mm	diametro ferri long. tesi
n	=	24	24		numero
A _{sl}	=	3695	3695	mm ²	armatura longitudinale
A _c	=	1734000	1734000	mm ²	area sezione cls
k	=	1.32	1.32		
σ_{cp}	=	0.0000	0.0000	MPa	tensione media calcestruzzo $\leq 0,2f_{cd}$
ρ_1	=	0.00231	0.00231		rapporto geometrico di armatura longitudinale $\leq 0,02$
v _{min}	=	0.360	0.360		
V_{Rd}	=	573.97	573.97	kN	taglio resistente

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 58 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

V _{Ed}	=	2244	1977.17	kN	taglio di calcolo
FS	=	0.26	0.29		se >1 verifica soddisfatta
	=	no	no		
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio					
Ø _w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	300.00	300.00	mm	passo staffe
n _{br}	=	4.0	4.0		numero bracci armatura trasversale
A _{sw}	=	452.39	452.39	mmq	area armatura trasversale posta nell'interasse s
b _w	=	829.20	829.20	mm	larghezza minima sezione
f _{cd}	=	25.87	25.87	MPa	
ν	=	0.5	0.5		coeff. di riduzione f _{cd}
f' _{cd}	=	12.93	12.93	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
ω _{sw}	=	0.02751	0.02751		% meccanica di armatura trasversale
α _c	=	1.00000	1.00000		
cotθ	=	2.200	2.200		valore di calcolo 1≤cotθ*≤2,5
V _{Rsd}	=	2249.0634	2249.0634	kN	Resistenza "taglio trazione"
V _{Rcd}	=	6999.7225	6999.7225	kN	Resistenza "taglio compressione"
V_{Rd}	=	2249.0634	2249.0634	kN	Resistenza a taglio
V _{Ed}	=	2244	1977.17	kN	taglio di calcolo
FS	=	1.00	1.14		se >1 verifica soddisfatta
	=	ok	ok		

Calcolo della Resistenza a Torsione

Ø _w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	100	100	mm	passo staffe
n _{br}	=	2	2		numero bracci armatura trasversale
A _s	=	226.19	226.19	mmq	area armatura trasversale posta nell'interasse s
A _s /s	=	2.26	2.26	mmq/mm	
ΣA _l	=	9557	9557	mmq	area complessiva barre longitudinali
A _c	=	1734000	1734000	mmq	area sezione
u	=	5520	5520	mm	perimetro della sezione
t	=	314	314.1	mm	spessore sezione cava
Ω	=	1940000.00	1940000.00	mmq	area racchiusa dalla fibra media
U _m	=	4280	4280	mm	perimetro medio del nucleo resistente
ω _{sw}	=	0.11	0.11		% meccanica di armatura trasversale
ω _{sl}	=	0.11	0.11		% meccanica di armatura longitudinale
ν	=	0.5	0.5		coeff. di riduzione f _{cd}
f' _{cd}	=	12.93	12.93	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
σ _{cp}	=	0.000	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo <=0,2f _{cd}
α _c	=	1.0000	1.0000		
cotθ	=	2.20	2.20		Valore di calcolo (0.4≤cotθ*≤2,5)
T _{Rcd}	=	5938.68	5938.68	kNm	resistenza offerta dal calcestruzzo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 59 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

T _{Rsd}	=	7555.30	7555.30	kNm	resistenza offerta dall'armatura trasversale
T _{Rld}	=	1540.95	1540.95	kNm	resistenza offerta dall'armatura longitudinale
T_{Rd}	=	1540.95	1540.95	kNm	Resistenza a torsione
T _{Sd}	=	111.52	1377.31	kN	Torsione di calcolo
FS	=	13.82	1.12		
		ok	ok		

Verifica interazione Taglio - Torsione

Sollecitazioni

cot Θ	=	2.200	2.200		valore di calcolo
V _{Ed}	=	2244	1977.17	kN	taglio di calcolo
T _{Ed}	=	111.52	1377.31	kN	torsione di calcolo

Resistenze

V _{Rcd}	=	6999.72	6999.72	kN	Resistenza a taglio lato cls
T _{Rcd}	=	5938.68	5938.68	kNm	Resistenza a torsione lato cls

Verifica

T _{Ed} /T _{Rcd} +V _{Ed} /V _{Rcd}	=	0.34	0.51		se <1 verifica soddisfatta
		ok	ok		

7.2.9 Verifica del trasferimento del taglio all' interfaccia cassoncino/nucleo gettato in opera

Si verifica che tutto il taglio a filo traverso possa essere trasferito alle travi mediante la resistenza a taglio di staffe di connessione disposte lungo il perimetro interno dei cassoncini. Si trascura il contributo dell'aderenza fra i due getti di calcestruzzo.

V _{Ed}	=	2244 kN	taglio massimo di progetto a filo trasverso
ϕ	=	12 mm	diametro barre
n _b	=	8	numero di bracci lungo il perimetro interno
n _f	=	14	numero di file a passo 100 mm
n _{tot}	=	112	numero totale
A _s	=	12666.9 mmq	area armatura trasversale
f _{yd}	=	391.3 MPa	tensione di snervamento di calcolo
f _{yd} /3 ^{1/2}	=	226	tensione ideale
V_{Rd}	=	2862 kN	resistenza offerta dall'armatura trasversale
V _{Rd} /V _{Ed}	=	1.28	se >1 verifica soddisfatta
		ok	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 60 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

7.3 Verifica della connessione trave soletta

La connessione trave-soletta è verificata a partire dal taglio massimo.

Da 0 a 3.2 m

Sollecitazioni

V_{Ed}	=	1662385.2 N	taglio massimo in testata
S_{sol}	=	3.87E+08 mm ³	momento statico della soletta
J_{yo}	=	8.39E+11 mm ⁴	momento di inerzia intera sezione
q_{Ed}	=	767 N/mm	scorrimento di calcolo
Calcolo resistenza			
ϕ_1	=	12 mm	diametro
n_{b1}	=	4	numero di bracci
A_{s1}	=	452 mmq	area armatura trasversali
s_1	=	75 mm	passo
A_{s1}/s_1	=	6.03	
ϕ_2	=	12 mm	diametro
n_{b2}	=	4	numero di bracci
A_{s2}	=	452 mmq	area armatura trasversali
s_2	=	150 mm	passo
A_{s2}/s_2	=	3.02	
f_{yd}	=	391.3 MPa	tensione di snervamento di calcolo
$f_{yd}/3^{1/2}$	=	226 MPa	tensione ideale
q_{Rd}	=	2044 N/mm	scorrimento resistente
q_{Rd}/q_{Ed}	=	2.66 ok	se >1 verifica soddisfatta

Da 3.2 a 9 m

Sollecitazioni

V_{Ed}	=	1074814.8 kN	taglio massimo in testata
S_{sol}	=	387375833 mm ³	momento statico della soletta
J_{yo}	=	8.39E+11 mm ⁴	momento di inerzia intera sezione
q_{Ed}	=	496 N/mm	scorrimento di calcolo
Calcolo resistenza			
ϕ_1	=	12 mm	diametro
n_{b1}	=	4	numero di bracci
A_{s1}	=	452 mmq	area armatura trasversali
s_1	=	100 mm	passo
A_{s1}/s_1	=	4.52	
ϕ_2	=	12 mm	diametro
n_{b2}	=	4	numero di bracci
A_{s2}	=	452 mmq	area armatura trasversali
s_2	=	200 mm	passo
A_{s2}/s_2	=	2.26	
f_{yd}	=	391.3 MPa	tensione di snervamento di calcolo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 <i>Progetto Esecutivo</i>	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 61 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

$f_{yd}/3^{1/2}$	=	226 MPa	tensione ideale
q_{Rd}	=	1533 N/mm	scorrimento resistente
q_{Rd}/q_{Ed}	=	3.09 ok	se >1 verifica soddisfatta

7.4 S.L.E. rara - limitazione delle tensioni

Si riportano nei paragrafi successivi le tensioni nelle fibre più sollecitate della trave, della soletta, delle armature di precompressione ed ordinaria; sono indicate anche le sollecitazioni agenti nelle varie fasi sulle sezioni verificate. Le tensioni sono state calcolate nell'ipotesi di calcestruzzo reagente e laddove, in soletta, sono state riscontrate trazioni del calcestruzzo, evenienza che si verifica nelle vicinanze degli assi pila, si è fatta una seconda verifica semplificata, trascurando tutto il contributo della soletta; tale verifica si ritiene soddisfatta se al lembo superiore teso di trave compaiono compressioni o trazioni modeste inferiori alla resistenza stessa a trazione del calcestruzzo.

Le perdite di precompressione sono state introdotte in termini di sollecitazioni equivalenti.

I limiti tensionali per le combinazioni rara sono:

Combinazione rara (fondamentale)

$\sigma_c = 27.4$ MPa massima compressione in esercizio cap
 $\sigma_c = 19.9$ MPa massima compressione in esercizio cao
 $\sigma_p = 1336$ MPa massima trazione in esercizio trefoli
 $\sigma_s = 360$ MPa massima trazione in esercizio armatura lenta

Mentre al taglio trefoli:

al taglio trefoli (tensioni iniziali)

$\sigma_{ci} = 26.1$ MPa massima compressione iniziale cap
 $\sigma_{cti} = 1.79$ MPa massima trazione iniziale cap
 $\sigma_{ci} = 23.2$ MPa massima compressione iniziale cao
 $\sigma_{pi} = 1488$ MPa massima trazione iniziale trefoli
 $\sigma_{si} = 360$ MPa massima trazione iniziale armatura lenta

Nei paragrafi successivi si riportano le verifiche di sicurezza delle sezioni più significative della trave e indicate nel seguente modo:

SA-c: sezione di mezzeria trave centrale
 SB-c: sezione a $x=1.5m$ (filo riempimento) trave centrale
 SD-c: sezione a 9.0m dalla testata della trave centrale

SA-b: sezione di mezzeria trave di bordo
 SB-b: sezione a $x=1.5m$ (filo riempimento) trave di bordo
 SD-b: sezione a 9.0m dalla testata della trave di bordo

Inoltre con:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 62 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

SF1, SF2, SF3, SF4 si sono indicate le caratteristiche geometriche delle sezioni calcolate nelle varie fasi e riportate nel paragrafo 2.3.3 Caratteristiche geometriche delle sezioni

7.4.1 Verifiche Sezione SA-c

Caratteristiche precompressione						
id_cavo	n. trefoli	area singolo trefolo	area trefoli	distanza da intradosso	presoll.	precompressione iniziale
						σ _{pi} MPa
						N _{pi} kN
1	12	139.0	1668	50	1350	2252
2	8	139.0	1112	100	1350	1501
3	6	139.0	834	150	1350	1126
4	4	139.0	556	200	1350	751
5	4	139.0	556	250	1350	751
6	4	139.0	556	300	1350	751
7	4	139.0	556	450	1350	751
8	2	139.0	278	500.2	1350	375
9	2	139.0	278	600.2	1350	375
10	4	139.0	556	800	1350	751
11	4	139.0	556	1000	1350	751
12	4	139.0	556	1300	1350	751
13	2	139.0	278	1750	1350	375
TOT	60		8340.0	420.01		11259

Simbologia e unità di misura

- N_k = kN valore caratteristico sforzo normale
- M_k = kNm valore caratteristico momento flettente
- Ψ₀ = coefficiente per combinazione rara
- Ψ₁ = coefficiente per combinazione frequente
- Ψ₂ = coefficiente per combinazione quasi permanente
- σ_{cs} = MPa tensione estradosso soletta
- σ_{ci} = MPa tensione intradosso soletta
- σ_s = MPa tensione estradosso trave prefabbricata
- σ_i = MPa tensione intradosso trave prefabbricata
- σ_{eq} = MPa tensione a livello trefolo equivalente
- σ_{cp} = MPa tensione media nel calcestruzzo
- σ_{ps} = MPa tensione nel trefolo superiore
- σ_{pi} = MPa tensione nel trefolo inferiore
- σ_{ss} = MPa tensione nell'armatura lenta superiore

Calcolo Delle Tensioni Nelle Condizioni Elementari Di Carico

	coazione al netto delle cadute istantanee (isostatico)	coazione al netto delle cadute istantanee (isostatico)	coazione al netto delle cadute istantanee (iperstatico)	peso proprio trave (isostatico)	peso proprio trave (isostatico)	peso proprio trave (iperstatico)	peso soletta (isostatico)
Azione							

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX
	Pagina 63
	Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.

Fase	SF1	SF3	SF3	SF1	SF3	SF3	SF1
N _k	10186.4	10186.4	8982.2	0.0	0.0	0.5	0.0
M _k	-4299.2	-8497.5	-4882.4	1975.87	1975.9	1358.7	3098.87
Ψ ₀	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₁	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₂	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
σ _{cs}	0.0	-1.6	1.0	0.0	1.9	1.3	0.0
σ _{ci}	0.0	0.9	2.5	0.0	1.3	0.9	0.0
σ _s	-0.6	0.9	2.5	5.5	1.3	0.9	8.6
σ _i	21.9	19.1	12.9	-4.8	-3.0	-2.0	-7.6
σ _{eq}	16.6	14.9	10.5	-2.4	-2.0	-1.3	-3.8
σ _{cp}	11.35	6.41	5.65	0.00	0.00	0.00	0.00
σ _{ps}	0.13	20.21	40.27	36.47	16.99	11.69	57.19
σ _{pi}	148.69	270.76	184.23	-31.81	-41.27	-28.37	-49.89
σ _{ss}	0.00	-5.58	25.45	0.00	22.99	15.81	0.00

Azione	peso soletta (isostatico)	peso soletta (iperstatico)	permanenti portati	ritiro isostatico + ritiro locale	ritiro iperstatico	carichi mobili max	carichi mobili min
--------	------------------------------	-------------------------------	--------------------	-----------------------------------	--------------------	-----------------------	-----------------------

Fase	SF3	SF3	SF3	SF3	SF3	SF4	SF4
N _k	0.0	0.0	0.0	1583	474.9	0.0	0.0
M _k	3098.9	1440.0	528.4	1061.6	-844.7	3301.8	-530.9
Ψ ₀	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₁	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75
Ψ ₂	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
σ _{cs}	2.9	1.4	0.5	-0.5	-0.5	3.4	-0.5
σ _{ci}	2.0	0.9	0.3	-0.8	-0.3	2.3	-0.4
σ _s	2.0	0.9	0.3	1.7	-0.3	2.3	-0.4
σ _i	-4.6	-2.2	-0.8	-0.6	1.6	-5.6	0.9
σ _{eq}	-3.1	-1.4	-0.5	-0.1	1.1	-3.8	0.6
σ _{cp}	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	0.00	0.00
σ _{ps}	26.65	12.38	4.54	23.62	-2.91	10.72	-1.72
σ _{pi}	-64.72	-30.07	-11.04	-7.68	21.99	-28.21	4.54
σ _{ss}	36.05	16.75	6.15	26.84	-5.48	14.73	-2.37

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III						
	Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX						
	Pagina 64						
	Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcat_dx.doc.						

Azione	vento	termico MAX	termico MIN	cadute differite a tempo infinito	ridistribuzione coazione al netto cadute istantanee e differite	ridistribuzione peso proprio trave	ridistribuzione peso soletta
Fase							
N _k	0.0	-45.3	59.0	-1391.5	-	-	-
M _k	-7.2	651.5	-329.9	1160.8	-	-	-
Ψ ₀	0.60	0.60	0.60	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₁	0.00	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₂	0.00	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
σ _{cs}	0.0	0.6	-0.3	0.2	-1.2	2.5	3.8
σ _{ci}	0.0	0.4	-0.2	-0.1	1.9	1.7	2.6
σ _s	0.0	0.4	-0.2	-0.1	1.5	4.7	5.9
σ _i	0.0	-1.1	0.6	-2.6	36.1	-6.5	-8.9
σ _{eq}	0.0	-0.8	0.4	-2.0	28.0	-3.9	-5.4
σ _{cp}	0.00	-0.03	0.04	-0.88	14.8	0.0	0.0
σ _{ps}	-0.02	1.96	-0.86	-2.76	36.2	42.1	56.5
σ _{pi}	0.06	-5.73	3.03	-36.99	424.2	-71.5	-102.5
σ _{ss}	-0.03	2.75	-1.26	0.76	4.5	30.2	46.3

SLE - Verifica del Livello Tensionale

	verifica al taglio trefoli	verifica a fine fase 2 a t=infinito	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + min termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (min mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (min mobili + min termico)	
Combinazione RARA (Fondamentale)							
σ _{cs}	0.0	4.68	8.43	7.87	4.51	3.96	MPa tensione estradossa soletta
σ _{ci}	0.0	5.26	7.78	7.42	5.14	4.78	MPa tensione intradossa soletta
σ _s	4.9	13.81	16.33	15.97	13.69	13.33	MPa tensione estradossa
σ _i	17.0	18.25	11.95	13.00	18.48	19.53	MPa tensione intradossa
σ _{eq}	14.2	17.22	12.97	13.69	17.36	18.08	MPa tensione a livello trefolo equivalente
σ _{cp}	11.4	15.22	15.20	15.24	15.20	15.24	MPa tensione media nel calcestruzzo
σ _{ps}	-1184.8	-1064.09	-1052.21	-1053.90	-1064.65	-1066.34	MPa tensione nel trefolo superiore
σ _{pi}	-1104.5	-1004.95	-1036.56	-1031.31	-1003.81	-998.56	MPa tensione nel trefolo inferiore
σ _{ss}	0.0	109.23	125.58	123.18	108.49	106.08	MPa tensione nell'armatura lenta superiore
check1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	check compressione cap
check2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	check trazione cap
check3	OK	OK	OK	OK	OK	OK	check trefoli

Le perdite di precompressione per ritiro, viscosità e rilassamento sono calcolate nelle tabelle seguenti a partire dalla tensione al netto delle perdite elastiche

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 65 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

Cadute di tensione istantanee

Cadute per deformazione elastica

N_{pi}	=	11259.00	kN	sforzo di precompressione iniziale
M_{pi}	=	-4751.94	m	momento coattivo iniziale
σ_{eq}	=	18.37	a	tensione nel cls a quota trefolo equivalente
$\Delta\sigma_{el}$	=	128.61	a	caduta di tensione per deformazione elastica
ΔN_{el}	=	1072.6	kN	caduta di precompressione per deformazione elastica
f	=	0.095		frazione caduta di precompressione

Cadute di tensione differite nel tempo

t	=	1440	ore	istante in cui vengono valutate le cadute di tensione
$t=\infty$	=	438000	ore	tempo infinito (inserire numero sufficientemente grande)

Cadute per ritiro

$\varepsilon_{cs}(t)$	=	0.00014		deformazione per ritiro a tempo t
$\varepsilon_{cs}(\infty)$	=	0.00035		deformazione totale per ritiro a tempo infinito
$\Delta\sigma_{s,t}$	=	26.60	a	perdita per ritiro a tempo t
$\Delta\sigma_{s,inf}$	=	66.50	a	perdita per ritiro a tempo infinito

Cadute per viscosità

$\varphi(t, t_0)$	=	0.89		coefficiente di viscosità al tempo t e applicazione del carico al tempo t_0
$\varphi(\infty, t_0)$	=	1.7900		coefficiente di viscosità a tempo infinito e applicazione del carico al tempo t_0
N_p	=	10186	kN	precompressione iniziale con cadute istantanee scontate
M_p	=	-8921.80	m	momento coattivo
M_g	=	3200	m	momento flettente (prodotto dai carichi permanenti)
σ_{eq}	=	14.18	a	tensione calcestruzzo a livello cavo risultante
$\Delta\sigma_{c,t}$	=	65.87	a	perdita di tensione per viscosità al tempo t
$\Delta\sigma_{c,inf}$	=	132.47	a	perdita di tensione per viscosità a tempo infinito

Cadute per rilassamento

clp	=	2		classe dell'acciaio da precompresso (1=fili o trefoli a rilassamento ordinario; =2 fili o trefoli a basso rilassamento, =3 barre)
ρ_{1000}	=	2.5	%	perdita per rilassamento a 1000 ore dopo la messa in tensione (=8%, 2.5%, 4% ripetutivamente per acciaio di classe 1, 2 , 3)
σ_{pm0}	=	1221	a	valore assoluto della precompressione iniziale al netto delle cadute istantanee
P_{m0}	=	10186	kN	precompressione iniziale al netto delle cadute istantanee
M_{pm0}	=	-8922	m	momento coattivo di precompressione
M_g	=	3200	m	momento flettente (prodotto dai carichi permanenti)
σ_{eq}	=	14.18	a	tensione nel calcestruzzo a livello del cavo equivalente
μ	=	0.657		rapporto tra tensione di precompressione iniziale (al netto delle cadute istantanee) e tensione di rottura
t	=	1440	ore	tempo dopo la messa in tensione (istante in cui vengono valutate le cadute di tensione)
$\Delta\sigma_{pr}(t)$	=	8.72	a	caduta di tensione per rilassamento al tempo t
$\Delta\sigma_{pr}(\infty)$	=	37.99	a	caduta di tensione per rilassamento a tempo $t=\infty$

Interazione tra le cadute di tensione per effetti differiti

$\varepsilon_{cs}(\infty)$	=	0.00035		deformazione totale per ritiro a tempo infinito
----------------------------	---	---------	--	---

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 66 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

$\Delta\sigma_{pr}(\infty)$	= 37.99	MP	a caduta di tensione per rilassamento a tempo t=infinito
$\sigma_{c,qp}$	= 14.18	MP	a tensione nel cls a quota livello del trefolo equivalente prodotto dai carichi permanenti
A_p	= 8340	m ²	area totale cavi precompressione
A_c	= 847168	m ²	area sezione trave
	325000000	m	
J_c	= 000	m ⁴	momento d'inerzia trave
Z_{cp}	= 0.876	m	distanza fra baricentro sezione cls e baricentro cavi
$\Delta\sigma_{p,c+s+r}(t)$	= 87.8	MP	a cadute di tensioni totali a tempo t
$\Delta\sigma_{p,c+s+r}(\infty)$	= 166.85	MP	a cadute di tensioni totali a tempo infinito

7.4.2 Verifiche Sezione SB-c

Caratteristiche precompressione

id_cavo	n. trefoli	area	distanza da	presoll.	precompressione	
		singolo			iniziale	
	np	A_{pt}	A_p	Y_p	σ_{pi}	N_{pi}
		mm ²	mm ²	mm	MPa	kN
1	8	139.0	1112	50	1350	1501
2	6	139.0	834	100	1350	1126
3	0	139.0	0	150	1350	0
4	0	139.0	0	200	1350	0
5	0	139.0	0	250	1350	0
6	2	139.0	278	300	1350	375
7	2	139.0	278	450	1350	375
8	2	139.0	278	500.2	1350	375
9	2	139.0	278	600.2	1350	375
10	4	139.0	556	800	1350	751
11	4	139.0	556	1000	1350	751
12	4	139.0	556	1300	1350	751
13	2	139.0	278	1750	1350	375
	36		5004.0	572.24		6755

Calcolo Delle Tensioni Nelle Condizioni Elementari Di Carico

Azione	coazione al netto delle cadute istantanee (isostatico)	coazione al netto delle cadute istantanee (isostatico)	coazione al netto delle cadute istantanee (iperstatico)	peso proprio trave (isostatico)	peso proprio trave (isostatico)	peso proprio trave (iperstatico)	peso soletta (isostatico)
--------	--	--	---	---------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	---------------------------

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENNICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX
	Pagina 67
	Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.

Fase	SF1	SF3	SF3	SF1	SF3	SF3	SF1
N _k	6428.5	6428.5	5091.4	0.0	0.0	0.5	0.0
M _k	-1830.0	-4584.1	6450.3	426.3	426.3	-1364.8	699.6
Ψ ₀	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₁	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₂	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
σ _{cs}	0.0	-0.3	9.6	0.0	0.4	-1.3	0.0
σ _{ci}	0.0	1.2	7.5	0.0	0.3	-0.9	0.0
σ _s	2.2	1.2	7.5	1.2	0.3	-0.9	2.0
σ _i	12.0	11.7	-7.2	-1.1	-0.7	2.2	-1.8
σ _{eq}	8.9	8.3	-2.6	-0.4	-0.4	1.2	-0.6
σ _{cp}	7.33	4.16	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00
σ _{ps}	17.20	21.16	103.48	7.94	3.67	-11.74	13.04
σ _{pi}	82.11	165.44	-99.54	-7.18	-9.75	31.22	-11.78
σ _{ss}	0.00	6.30	124.38	0.00	5.05	-16.16	0.00

Azione	peso soletta (isostatico)	peso soletta (iperstatico)	permanenti portati	ritiro isostatico + ritiro locale	ritiro iperstatico	carichi mobili max	carichi mobili min
--------	------------------------------	-------------------------------	--------------------	-----------------------------------	--------------------	-----------------------	-----------------------

Fase	SF3	SF3	SF3	SF3	SF3	SF4	SF4
N _k	0.0	0.0	0.0	1583	511.2	0.0	0.0
M _k	699.6	-1384.7	-507.7	1012.4	-2201.7	644.9	-2228.7
Ψ ₀	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₁	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75
Ψ ₂	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
σ _{cs}	0.7	-1.3	-0.5	-0.5	-1.8	0.7	-2.3
σ _{ci}	0.5	-0.9	-0.3	-0.8	-1.1	0.4	-1.5
σ _s	0.5	-0.9	-0.3	1.7	-1.1	0.4	-1.5
σ _i	-1.1	2.3	0.8	-0.6	3.9	-1.1	3.9
σ _{eq}	-0.6	1.3	0.5	0.1	2.3	-0.6	2.2
σ _{cp}	0.00	0.00	0.00	1.02	0.33	0.00	0.00
σ _{ps}	6.02	-11.91	-4.37	23.63	-14.12	2.09	-7.24
σ _{pi}	-16.00	31.67	11.61	-8.24	55.18	-5.69	19.65
σ _{ss}	8.29	-16.40	-6.01	26.91	-21.26	2.90	-10.01

<p>CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19</p> <p>Progetto Esecutivo</p>	<p>Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 68</p> <p>Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.</p>
--	---

Azione	vento	termico MAX	termico MIN	cadute differite a tempo infinito	ridistribuzione coazione al netto cadute istantanee e differite	ridistribuzione peso proprio trave	ridistribuzione peso soletta
Fase	SF4	SF4	SF4	SF3			
N _k	0.0	-81.7	106.6	-678.9	-	-	-
M _k	12.6	1537.2	-769.8	484.1	-	-	-
Ψ ₀	0.60	0.60	0.60	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₁	0.00	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₂	0.00	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
σ _{cs}	0.0	1.5	-0.7	0.0	3.6	-0.2	-0.1
σ _{ci}	0.0	1.0	-0.5	-0.1	4.2	-0.1	-0.1
σ _s	0.0	1.0	-0.5	-0.1	5.4	0.5	0.7
σ _i	0.0	-2.8	1.4	-1.2	15.2	-0.3	-0.5
σ _{eq}	0.0	-1.6	0.8	-0.9	12.1	0.0	-0.1
σ _{cp}	0.00	-0.06	0.07	-0.44	9.5	0.0	0.0
σ _{ps}	0.04	4.70	-2.12	-2.23	72.8	2.6	3.8
σ _{pi}	-0.11	-13.85	7.17	-17.47	169.3	0.6	-1.3
σ _{ss}	0.06	6.61	-3.08	-0.67	57.1	-2.3	-1.7

SLE - Verifica del Livello Tensionale

	verifica al taglio trefoli	verifica a fine fase 2 a t=infinito	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + min termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (min mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (min mobili + min termico)		
Combinazione RARA (Fondamentale)								
σ_{cs}	0.0	0.49	2.08	0.73	-0.88	-2.23	MPa	tensione estradotto soletta
σ_{ci}	0.0	1.60	2.65	1.78	0.67	-0.21	MPa	tensione intradosso soletta
σ_s	3.4	6.74	7.79	6.91	5.81	4.93	MPa	tensione estradotto
σ_i	10.9	17.38	14.58	17.09	19.63	22.14	MPa	tensione intradosso
σ_{eq}	8.5	14.00	12.42	13.85	15.23	16.67	MPa	tensione a livello trefolo equivalente
σ_{cp}	7.3	10.40	10.37	10.45	10.37	10.45	MPa	tensione media nel calcestruzzo
σ_{ps}	-1259.5	-1202.52	-1197.58	-1201.68	-1206.92	-1211.01	MPa	tensione nel trefolo superiore
σ_{pi}	-1209.7	-1074.90	-1088.97	-1076.36	-1063.63	-1051.02	MPa	tensione nel trefolo inferiore
σ_{ss}	0.0	52.06	58.96	53.14	46.05	40.24	MPa	tensione nell'armatura lenta superiore
check1	OK	OK	OK	OK	OK	OK		check compressione cap
check2	OK	OK	OK	OK	OK	OK		check trazione cap
check3	OK	OK	OK	OK	OK	OK		check trefoli

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 69 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

Le perdite di precompressione per ritiro, viscosità e rilassamento sono calcolate nelle tabelle seguenti a partire dalla tensione al netto delle perdite elastiche.

Cadute di tensione istantanee

Cadute per deformazione elastica

N_{pi}	=	6755.40	kN	sforzo di precompressione iniziale
M_{pi}	=	-1923.04	m	momento coattivo iniziale
σ_{eq}	=	9.33	Pa	tensione nel cls a quota trefolo equivalente
$\Delta\sigma_{el}$	=	65.33	Pa	caduta di tensione per deformazione elastica
ΔN_{el}	=	326.9	kN	caduta di precompressione per deformazione elastica
f	=	0.048		frazione caduta di precompressione

Cadute di tensione differite nel tempo

t	=	1440	ore	istante in cui vengono valutate le cadute di tensione
$t=\infty$	=	438000	ore	tempo infinito (inserire numero sufficientemente grande)

Cadute per ritiro

$\epsilon_{cs}(t)$	=	0.00014		deformazione per ritiro a tempo t
$\epsilon_{cs}(\infty)$	=	0.00035		deformazione totale per ritiro a tempo infinito
$\Delta\sigma_{s,t}$	=	26.60	M	perdita per ritiro a tempo t
$\Delta\sigma_{s,\infty}$	=	66.50	M	perdita per ritiro a tempo infinito

Cadute per viscosità

$\varphi(t, t_0)$	=	0.89		coefficiente di viscosità al tempo t e applicazione del carico al tempo t_0
$\varphi(\infty, t_0)$	=	1.7900		coefficiente di viscosità a tempo infinito e applicazione del carico al tempo t_0
N_p	=	6428	kN	precompressione iniziale con cadute istantanee scontate
M_p	=	-4651.81	m	momento coattivo
M_g	=	3200	m	momento flettente (prodotto dai carichi permanenti)
σ_{eq}	=	5.99	Pa	tensione calcestruzzo a livello cavo risultante
$\Delta\sigma_{c,t}$	=	27.80	M	perdita di tensione per viscosità al tempo t
$\Delta\sigma_{c,\infty}$	=	55.91	M	perdita di tensione per viscosità a tempo infinito

Cadute per rilassamento

clp	=	2		classe dell'acciaio da precompresso (1=fili o trefoli a rilassamento ordinario; =2 fili o trefoli a basso rilassamento, =3 barre)
ρ_{1000}	=	2.5	%	perdita per rilassamento a 1000 ore dopo la messa in tensione (=8%, 2.5%, 4% ripetutivamente per acciaio di classe 1, 2 , 3)
σ_{pm0}	=	1285	Pa	valore assoluto della precompressione iniziale al netto delle cadute istantanee
P_{m0}	=	6428	kN	precompressione iniziale al netto delle cadute istantanee
M_{pm0}	=	-4652	m	momento coattivo di precompressione
M_g	=	3200	m	momento flettente (prodotto dai carichi permanenti)
σ_{eq}	=	5.99	Pa	tensione nel calcestruzzo a livello del cavo equivalente
μ	=	0.691		rapporto tra tensione di precompressione iniziale (al netto delle cadute istantanee) e tensione di rottura
t	=	1440	ore	tempo dopo la messa in tensione (istante in cui vengono valutate le cadute di tensione)
$\Delta\sigma_{pr}(t)$	=	12.38	M	caduta di tensione per rilassamento al tempo t
$\Delta\sigma_{pr}(\infty)$	=	46.63	M	caduta di tensione per rilassamento a tempo $t=\infty$

Interazione tra le cadute di tensione per effetti differiti

<p>CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRICENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"</p> <p>AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19</p> <p>Progetto Esecutivo</p>	<p>Opera: Viadotto Arenella III</p> <p>Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX</p> <p>Pagina 70</p> <p>Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.</p>
---	---

$\varepsilon_{cs}(\infty)$	=	0.00035	deformazione totale per ritiro a tempo infinito
$\Delta\sigma_{pr}(\infty)$	=	46.63	M Pa caduta di tensione per rilassamento a tempo t=infinito
$\sigma_{c,QP}$	=	5.99	M Pa tensione nel cls a quota livello del trefolo equivalente prodotto dai carichi permanenti
A_p	=	5004	m ² area totale cavi precompressione
A_c	=	847168	m ² area sezione trave
J_c	=	325000000000	m ⁴ momento d'inerzia trave
Z_{cp}	=	0.724	m distanza fra baricentro sezione cls e baricentro cavi
$\Delta\sigma_{p,c+s+r}(t)$	=	60.4	M Pa cadute di tensioni totali a tempo t
$\Delta\sigma_{p,c+s+r}(\infty)$	=	135.67	M Pa cadute di tensioni totali a tempo infinito

7.4.3 Verifiche Sezione SD-c

Caratteristiche precompressione

id_cavo	n. trefoli	area singolo trefolo		distanza da intradosso	presoll.	precompressione iniziale
		np	A _{pt} mm ²	A _p mm ²	Y _p mm	σ _{pi} MPa
1	8	139.0	1112	50	1350	1501
2	6	139.0	834	100	1350	1126
3	6	139.0	834	150	1350	1126
4	4	139.0	556	200	1350	751
5	4	139.0	556	250	1350	751
6	2	139.0	278	300	1350	375
7	2	139.0	278	450	1350	375
8	2	139.0	278	500.2	1350	375
9	2	139.0	278	600.2	1350	375
10	4	139.0	556	800	1350	751
11	4	139.0	556	1000	1350	751
12	4	139.0	556	1300	1350	751
13	2	139.0	278	1750	1350	375
TOT	50		6950.0	466.02		9383

Calcolo Delle Tensioni Nelle Condizioni Elementari Di Carico

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX
	Pagina 71
	Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.

Ψ_2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
σ_{cs}	0.0	-1.1	6.4	0.0	1.5	0.6	0.0
σ_{ci}	0.0	1.0	6.4	0.0	1.0	0.4	0.0
σ_s	0.5	1.0	6.4	4.3	1.0	0.4	6.7
σ_i	18.0	16.3	6.2	-3.8	-2.4	-1.0	-6.0
σ_{eq}	13.5	12.3	6.2	-1.7	-1.5	-0.6	-2.7
σ_{cp}	9.76	5.52	6.34	0.00	0.00	0.00	0.00
σ_{ps}	6.87	20.61	93.21	28.41	13.19	5.42	44.73
σ_{pi}	122.68	230.97	90.06	-25.15	-33.23	-13.63	-39.59
σ_{ss}	0.00	-1.05	93.54	0.00	17.97	7.38	0.00

Azione	peso soletta (isostatico)	peso soletta (iperstatico)	permanenti portati	ritiro isostatico + ritiro locale	ritiro iperstatico	carichi mobili max	carichi mobili min
--------	------------------------------	-------------------------------	--------------------	-----------------------------------	--------------------	-----------------------	-----------------------

Fase	SF3	SF3	SF3	SF3	SF3	SF4	SF4
N_k	0.0	0.0	0.0	1583	506.6	0.0	0.0
M_k	2413.2	653.9	242.1	1041.4	-1480.8	2511.7	-881.4
Ψ_0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ_1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75
Ψ_2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
σ_{cs}	2.3	0.6	0.2	-0.5	-1.1	2.6	-0.9
σ_{ci}	1.6	0.4	0.2	-0.8	-0.6	1.7	-0.6
σ_s	1.6	0.4	0.2	1.7	-0.6	1.7	-0.6
σ_i	-3.7	-1.0	-0.4	-0.6	2.6	-4.3	1.5
σ_{eq}	-2.4	-0.6	-0.2	0.0	1.8	-2.8	1.0
σ_{cp}	0.00	0.00	0.00	1.01	0.32	0.00	0.00
σ_{ps}	20.76	5.63	2.08	23.63	-8.05	8.16	-2.86
σ_{pi}	-52.31	-14.18	-5.25	-7.91	36.80	-21.75	7.63
σ_{ss}	28.28	7.66	2.84	26.87	-12.66	11.24	-3.94

Azione	vento	termico MAX	termico MIN	cadute differite a tempo infinito	ridistribuzione coazione al netto cadute istantanee e differite	ridistribuzione peso proprio trave	ridistribuzione peso soletta
--------	-------	-------------	-------------	-----------------------------------	---	------------------------------------	------------------------------

Fase SF4 SF4 SF4 SF3

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX
	Pagina 72
	Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcat_dx.doc.

N _k	0.0	-51.2	66.7	-1076.6	-	-	-
M _k	-5.6	1063.6	-532.0	862.3	-	-	-
Ψ ₀	0.60	0.60	0.60	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₁	0.00	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₂	0.00	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
σ _{cs}	0.0	1.1	-0.5	0.1	1.4	1.7	2.7
σ _{ci}	0.0	0.7	-0.3	-0.1	3.6	1.2	1.8
σ _s	0.0	0.7	-0.3	-0.1	3.8	3.5	4.5
σ _i	0.0	-1.9	1.0	-2.0	28.5	-4.9	-6.7
σ _{eq}	0.0	-1.2	0.6	-1.5	22.1	-2.7	-3.8
σ _{cp}	0.00	-0.03	0.05	-0.69	13.4	0.0	0.0
σ _{ps}	-0.02	3.27	-1.49	-2.56	61.6	31.1	41.6
σ _{pi}	0.05	-9.39	4.84	-28.67	333.6	-53.1	-76.4
σ _{ss}	-0.02	4.58	-2.14	0.13	36.4	21.3	33.0

SLE - Verifica del Livello Tensionale

	verifica al taglio trefoli	verifica a fine fase 2 a t=infinito	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + min termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (min mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (min mobili + min termico)	
Combinazione RARA (Fondamentale)							
σ _{cs}	0.0	4.63	7.83	6.90	4.36	3.42	MPa tensione estradosso soletta
σ _{ci}	0.0	5.12	7.27	6.66	4.93	4.32	MPa tensione intradosso soletta
σ _s	4.8	12.88	15.03	14.42	12.69	12.08	MPa tensione estradosso
σ _i	14.2	16.56	11.11	12.81	16.96	18.66	MPa tensione intradosso
σ _{eq}	11.8	15.61	12.12	13.22	15.86	16.96	MPa tensione a livello trefolo equivalente
σ _{cp}	9.8	14.00	13.98	14.03	13.98	14.03	MPa tensione media nel calcestruzzo
σ _{ps}	-1212.7	-1098.46	-1088.35	156.74	148.58	145.72	MPa tensione nel trefolo superiore
σ _{pi}	-1150.4	-1048.86	-1076.21	180.28	201.11	209.65	MPa tensione nel trefolo inferiore
σ _{ss}	0.0	107.87	121.84	117.81	106.66	102.63	MPa tensione nell'armatura lenta superiore
check1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	check compressione cap
check2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	check trazione cap
check3	OK	OK	OK	OK	OK	OK	check trefoli

Le perdite di precompressione per ritiro, viscosità e rilassamento sono calcolate nelle tabelle seguenti a partire dalla tensione al netto delle perdite elastiche.

Cadute di tensione istantanee

Cadute per deformazione elastica

N _{pi}	= 9382.50	kN	sforzo di precompressione iniziale
M _{pi}	= -3585.73	kNm	momento coattivo iniziale
σ _{eq}	= 14.58	MPa	tensione nel cls a quota trefolo equivalente
Δσ _{el}	= 102.05	MPa	caduta di tensione per deformazione elastica

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 73 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calculo_impalcato_DX.doc.
---	--

ΔN_{el}	= 709.3	kN	caduta di precompressione per deformazione elastica
f	= 0.076		frazione caduta di precompressione
Cadute di tensione differite nel tempo			
t	= 1440	ore	istante in cui vengono valutate le cadute di tensione
$t=\infty$	= 438000	ore	tempo infinito (inserire numero sufficientemente grande)
Cadute per ritiro			
$\varepsilon_{cs}(t)$	= 0.00014		deformazione per ritiro a tempo t
$\varepsilon_{cs}(\infty)$	= 0.00035		deformazione totale per ritiro a tempo infinito
$\Delta \sigma_{s,t}$	= 26.60	MPa	perdita per ritiro a tempo t
$\Delta \sigma_{s,\infty}$	= 66.50	MPa	perdita per ritiro a tempo infinito
Cadute per viscosità			
$\varphi(t, t_0)$	= 0.89		coefficiente di viscosità al tempo t e applicazione del carico al tempo t_0
$\varphi(\infty, t_0)$	= 1.7900		coefficiente di viscosità a tempo infinito e applicazione del carico al tempo t_0
N_p	= 8673	kN	precompressione iniziale con cadute istantanee scontate
M_p	= -7197.49	kNm	momento coattivo
M_g	= 3200	kNm	momento flettente (prodotto dai carichi permanenti)
σ_{eq}	= 10.74	MPa	tensione calcestruzzo a livello cavo risultante
$\Delta \sigma_{c,t}$	= 49.89	MPa	perdita di tensione per viscosità al tempo t
$\Delta \sigma_{c,\infty}$	= 100.35	MPa	perdita di tensione per viscosità a tempo infinito
Cadute per rilassamento			
clp	= 2		classe dell'acciaio da precompresso (1=fili o trefoli a rilassamento ordinario; =2 fili o trefoli a basso rilassamento, =3 barre)
ρ_{1000}	= 2.5	%	perdita per rilassamento a 1000 ore dopo la messa in tensione (=8%, 2.5%, 4% ripetutivamente per acciaio di classe 1, 2 , 3)
σ_{pm0}	= 1248	MPa	valore assoluto della precompressione iniziale al netto delle cadute istantanee
P_{m0}	= 8673	kN	precompressione iniziale al netto delle cadute istantanee
M_{pm0}	= -7197	kNm	momento coattivo di precompressione
M_g	= 3200	kNm	momento flettente (prodotto dai carichi permanenti)
σ_{eq}	= 10.74	MPa	tensione nel calcestruzzo a livello del cavo equivalente
μ	= 0.671		rapporto tra tensione di precompressione iniziale (al netto delle cadute istantanee) e tensione di rottura
t	= 1440	ore	tempo dopo la messa in tensione (istante in cui vengono valutate le cadute di tensione)
$\Delta \sigma_{pr}(t)$	= 10.10	MPa	caduta di tensione per rilassamento al tempo t
$\Delta \sigma_{pr}(\infty)$	= 41.42	MPa	caduta di tensione per rilassamento a tempo $t=\infty$
Interazione tra le cadute di tensione per effetti differiti			
$\varepsilon_{cs}(\infty)$	= 0.00035		deformazione totale per ritiro a tempo infinito
$\Delta \sigma_{pr}(\infty)$	= 41.42	MPa	caduta di tensione per rilassamento a tempo $t=\infty$
$\sigma_{c,QP}$	= 10.74	MPa	tensione nel cls a quota livello del trefolo equivalente prodotto dai carichi permanenti
A_p	= 6950	mm^2	area totale cavi precompressione
A_c	= 847168	mm^2	area sezione trave
J_c	= 325000000000	mm^4	momento d'inerzia trave
Z_{cp}	= 0.830	m	distanza fra baricentro sezione cls e baricentro cavi
$\Delta \sigma_{p,c+s+r}(t)$	= 76.6	MPa	cadute di tensioni totali a tempo t
$\Delta \sigma_{p,c+s+r}(\infty)$	= 154.91	MPa	cadute di tensioni totali a tempo infinito
f2	= 0.057		frazione caduta di precompressione al tempo t

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 74 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

7.4.4 Verifiche Sezione SA-b

Caratteristiche precompressione		area singolo trefolo	area trefoli	distanza da intradosso	presoll.	precompressione iniziale	
id_cavo	n. trefoli						
		np	A _{pt} mm ²	A _p mm ²	Y _p mm	σ _{pi} MPa	N _{pi} kN
1	12	139.0	1668	50	1350		2252
2	8	139.0	1112	100	1350		1501
3	6	139.0	834	150	1350		1126
4	4	139.0	556	200	1350		751
5	4	139.0	556	250	1350		751
6	4	139.0	556	300	1350		751
7	4	139.0	556	450	1350		751
8	2	139.0	278	500.2	1350		375
9	2	139.0	278	600.2	1350		375
10	4	139.0	556	800	1350		751
11	4	139.0	556	1000	1350		751
12	4	139.0	556	1300	1350		751
13	2	139.0	278	1750	1350		375
TOT	60		8340.0	420.01			11259

Calcolo Delle Tensioni Nelle Condizioni Elementari Di Carico

Azione	coazione al netto delle cadute istantanee (isostatico)	coazione al netto delle cadute istantanee (isostatico)	coazione al netto delle cadute istantanee (iperstatico)	peso proprio trave (isostatico)	peso proprio trave (isostatico)	peso proprio trave (iperstatico)	peso soletta (isostatico)
Fase	SF1	SF3	SF3	SF1	SF3	SF3	SF1
N _k	10186.4	10186.4	11389.4	0.0	0.0	0.6	0.0
M _k	-4299.2	-9656.8	5643.6	2126	2126.0	790.0	3331
Ψ ₀	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₁	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₂	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
σ _{cs}	0.0	-1.5	9.9	0.0	1.5	0.6	0.0
σ _{ci}	0.0	1.0	8.5	0.0	1.0	0.4	0.0
σ _s	-0.6	1.0	8.5	5.9	1.0	0.4	9.3
σ _i	21.9	19.0	-2.1	-5.2	-3.0	-1.1	-8.1
σ _{eq}	16.6	14.8	0.4	-2.6	-2.1	-0.8	-4.1
σ _{cp}	11.35	5.32	5.95	0.00	0.00	0.00	0.00
σ _{ps}	0.13	21.65	119.22	39.24	12.29	4.57	61.48
σ _{pi}	148.69	270.01	-25.93	-34.23	-42.39	-15.75	-53.63
σ _{ss}	0.00	-3.91	134.16	0.00	17.91	6.66	0.00

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX
	Pagina 75
	Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcat_dx.doc.

Azioni	peso soletta (isostatico)	peso soletta (iperstatico)	permanenti portati	ritiro isostatico + ritiro locale	ritiro iperstatico	carichi mobili max
--------	------------------------------	-------------------------------	--------------------	-----------------------------------	--------------------	-----------------------

Fasi	SF3	SF3	SF3	SF3	SF3	SF4
N _k	0.0	0.0	0.0	2399	-562.4	0.0
M _k	3331.0	952.5	463.7	1336.4	-2587.2	4054.7
Ψ ₀	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₁	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75
Ψ ₂	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
σ _{cs}	2.4	0.7	0.3	-0.3	-2.1	3.1
σ _{ci}	1.5	0.4	0.2	-0.7	-1.5	1.9
σ _s	1.5	0.4	0.2	1.9	-1.5	1.9
σ _i	-4.7	-1.4	-0.7	-0.6	3.4	-6.6
σ _{eq}	-3.3	-0.9	-0.5	-0.1	2.3	-4.6
σ _{cp}	0.00	0.00	0.00	1.25	-0.29	0.00
σ _{ps}	19.25	5.50	2.68	25.97	-19.23	8.81
σ _{pi}	-66.42	-18.99	-9.25	-8.40	47.31	-33.08
σ _{ss}	28.07	8.03	3.91	29.50	-26.08	13.12

Azioni	vento	termico MAX	termico MIN	cadute differite a tempo infinito	ridistribuzione cadute istantanee e differite	coazione al netto	ridistribuzione peso proprio trave	ridistribuzione peso soletta
--------	-------	-------------	-------------	-----------------------------------	---	-------------------	------------------------------------	------------------------------

Fasi	SF4	SF4	SF4	SF3				
N _k	0.0	-120.2	156.9	-1328.7	-	-	-	-
M _k	25.6	1604.0	-802.2	1259.7	-	-	-	-
Ψ ₀	0.60	0.60	0.60	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₁	0.00	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₂	0.00	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
σ _{cs}	0.0	1.2	-0.5	0.2	2.4	1.8	2.8	
σ _{ci}	0.0	0.7	-0.3	-0.1	4.4	1.1	1.8	
σ _s	0.0	0.7	-0.3	-0.1	4.0	4.3	5.4	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 76 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcat_dx.doc.
---	---

σ_i	0.0	-2.7	1.4	-2.5	30.1	-6.4	-8.7
σ_{eq}	0.0	-1.9	1.0	-1.9	24.0	-3.9	-5.4
σ_{cp}	0.00	-0.07	0.09	-0.69	13.8	0.0	0.0
σ_{ps}	0.06	3.13	-1.28	-2.82	69.1	35.7	46.6
σ_{pi}	-0.21	-13.44	7.00	-35.22	340.4	-68.2	-98.9
σ_{ss}	0.08	4.84	-2.14	0.51	49.4	21.0	33.0

SLE - Verifica del Livello Tensionale

	verifica al taglio trefoli	verifica a fine fase 2 a t=infinito	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + min termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (min mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (min mobili + min termico)	
Combinazione RARA (Fondamentale)							
σ_{cs}	0.0	5.03	8.84	7.83	5.05	4.04	MPa tensione estradosso soletta
σ_{ci}	0.0	5.17	7.52	6.93	5.17	4.58	MPa tensione intradosso soletta
σ_s	5.3	14.20	16.55	15.96	14.20	13.60	MPa tensione estradosso
σ_i	16.7	14.59	6.40	8.83	14.43	16.87	MPa tensione intradosso
σ_{eq}	14.0	14.50	8.77	10.49	14.38	16.11	MPa tensione a livello trefolo equivalente
σ_{cp}	11.4	14.11	14.07	14.17	14.07	14.17	MPa tensione media nel calcestruzzo
σ_{ps}	-1182.0	-1063.44	-1052.71	-1055.36	-1063.49	-1066.14	MPa tensione nel trefolo superiore
σ_{pi}	-1106.9	-1053.60	-1094.86	-1082.60	-1054.41	-1042.15	MPa tensione nel trefolo inferiore
σ_{ss}	0.0	111.17	127.24	123.06	111.19	107.01	MPa tensione nell'armatura lenta superiore
check1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	check compressione cap
check2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	check trazione cap
check3	OK	OK	OK	OK	OK	OK	check trefoli

Le perdite di precompressione per ritiro, viscosità e rilassamento sono calcolate nelle tabelle seguenti a partire dalla tensione al netto delle perdite elastiche.

Cadute di tensione istantanee

Cadute per deformazione elastica

N_{pi}	= 11259.00	kN	sforzo di precompressione iniziale
M_{pi}	= -4751.94	m	momento coattivo iniziale
σ_{eq}	= 18.37	a	tensione nel cls a quota trefolo equivalente
$\Delta\sigma_{el}$	= 128.61	a	caduta di tensione per deformazione elastica
ΔN_{el}	= 1072.6	kN	caduta di precompressione per deformazione elastica
f	= 0.095		frazione caduta di precompressione

Cadute di tensione differite nel tempo

t	= 1440	ore	istante in cui vengono valutate le cadute di tensione
$t=\infty$	= 438000	ore	tempo infinito (inserire numero sufficientemente grande)

Cadute per ritiro

$\epsilon_{cs}(t)$	= 0.00014	deformazione per ritiro a tempo t
--------------------	-----------	-----------------------------------

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 77 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

$\varepsilon_{cs}(\infty)$	= 0.00035	MP	deformazione totale per ritiro a tempo infinito
$\Delta\sigma_{s,t}$	= 26.60	a	perdita per ritiro a tempo t
$\Delta\sigma_{s,inf}$	= 66.50	a	perdita per ritiro a tempo infinito
Cadute per viscosità			
$\varphi(t, t_0)$	= 0.89		coefficiente di viscosità al tempo t e applicazione del carico al tempo t_0
$\varphi(\infty, t_0)$	= 1.7900		coefficiente di viscosità a tempo infinito e applicazione del carico al tempo t_0
N_p	= 10186	kN	precompressione iniziale con cadute istantanee scontate
M_p	= -10001.79	m	momento coattivo
M_g	= 3200	m	momento flettente (prodotto dai carichi permanenti)
σ_{eq}	= 14.20	a	tensione calcestruzzo a livello cavo risultante
$\Delta\sigma_{c,t}$	= 65.94	a	perdita di tensione per viscosità al tempo t
$\Delta\sigma_{c,inf}$	= 132.63	a	perdita di tensione per viscosità a tempo infinito
Cadute per rilassamento			
clp	= 2		classe dell'acciaio da precompresso (1=fili o trefoli a rilassamento ordinario; =2 fili o trefoli a basso rilassamento, =3 barre)
ρ_{1000}	= 2.5	%	perdita per rilassamento a 1000 ore dopo la messa in tensione (=8%, 2.5%, 4% riepettivamente per acciaio di classe 1, 2 , 3)
σ_{pm0}	= 1221	MP	valore assoluto della precompressione iniziale al netto delle cadute istantanee
P_{m0}	= 10186	kN	precompressione iniziale al netto delle cadute istantanee
M_{pm0}	= -10002	m	momento coattivo di precompressione
M_g	= 3200	m	momento flettente (prodotto dai carichi permanenti)
σ_{eq}	= 14.20	a	tensione nel calcestruzzo a livello del cavo equivalente
μ	= 0.657		rapporto tra tensione di precompressione iniziale (al netto delle cadute istantanee) e tensione di rottura
t	= 1440	ore	tempo dopo la messa in tensione (istante in cui vengono valutate le cadute di tensione)
$\Delta\sigma_{pr}(t)$	= 8.72	a	caduta di tensione per rilassamento al tempo t
$\Delta\sigma_{pr}(\infty)$	= 37.99	a	caduta di tensione per rilassamento a tempo t=infinito
Interazione tra le cadute di tensione per effetti differiti			
$\varepsilon_{cs}(\infty)$	= 0.00035	MP	deformazione totale per ritiro a tempo infinito
$\Delta\sigma_{pr}(\infty)$	= 37.99	a	caduta di tensione per rilassamento a tempo t=infinito
$\sigma_{c,QP}$	= 14.20	a	tensione nel cls a quota livello del trefolo equivalente prodotto dai carichi permanenti
A_p	= 8340	m^2	area totale cavi precompressione
A_c	= 847168 325000000	m^2	area sezione trave
J_c	= 000	m^4	momento d'inerzia trave
Z_{cp}	= 0.982	m	distanza fra baricentro sezione cls e baricentro cavi
$\Delta\sigma_{p,c+s+r}(t)$	= 87.9	a	cadute di tensioni totali a tempo t
$\Delta\sigma_{p,c+s+r}(\infty)$	= 159.52	a	cadute di tensioni totali a tempo infinito

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 78 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

7.4.5 Verifiche Sezione SB-b

Caratteristiche precompressione

id_cavo	n. trefoli	area singolo trefolo		distanza da intradosso	presoll.	precompressione iniziale
		np	A _{pt} mm ²	A _p mm ²	Y _p mm	σ _{pi} MPa
1	8	139.0	1112	50	1350	1501
2	6	139.0	834	100	1350	1126
3	0	139.0	0	150	1350	0
4	0	139.0	0	200	1350	0
5	0	139.0	0	250	1350	0
6	2	139.0	278	300	1350	375
7	2	139.0	278	450	1350	375
8	2	139.0	278	500.2	1350	375
9	2	139.0	278	600.2	1350	375
10	4	139.0	556	800	1350	751
11	4	139.0	556	1000	1350	751
12	4	139.0	556	1300	1350	751
13	2	139.0	278	1750	1350	375
TOT	36		5004.0	572.24		6755

Calcolo Delle Tensioni Nelle Condizioni Elementari Di Carico

Azioni	coazione al netto delle cadute istantanee (isostatico)	coazione al netto delle cadute istantanee (isostatico)	coazione al netto delle cadute istantanee (iperstatico)	peso proprio trave (isostatico)	peso proprio trave (isostatico)	peso proprio trave (iperstatico)	peso soletta (isostatico)
Fase	SF1	SF3	SF3	SF1	SF3	SF3	SF1
N _k	6428.5	6428.5	7625.4	0.0	0.0	0.6	0.0
M _k	-1830.0	-5298.7	-5345.5	121.0	121.0	-17.6	206.0
Ψ ₀	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₁	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₂	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
σ _{cs}	0.0	-0.4	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0
σ _{ci}	0.0	1.1	1.7	0.0	0.1	0.0	0.0
σ _s	2.2	1.1	1.7	0.3	0.1	0.0	0.6
σ _i	12.0	11.7	12.4	-0.3	-0.2	0.0	-0.5
σ _{eq}	8.9	8.3	9.0	-0.1	-0.1	0.0	-0.2
σ _{cp}	7.33	3.44	4.08	0.00	0.00	0.00	0.00
σ _{ps}	17.20	19.69	28.74	2.25	0.69	-0.10	3.84
σ _{pi}	82.11	165.77	176.11	-2.04	-2.64	0.39	-3.47
σ _{ss}	0.00	4.65	13.57	0.00	1.04	-0.15	0.00

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX
	Pagina 79
	Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcat_dx.doc.

Azioni	peso soletta	peso soletta	permanenti portati	ritiro isostatico + ritiro locale	ritiro iperstatico	carichi mobili	carichi mobili
	(isostatico)	(iperstatico)				max	min

Fasi	SF3	SF3	SF3	SF3	SF3	SF4	SF4
N _k	0.0	0.0	0.0	2399	-561.4	0.0	0.0
M _k	206.0	43.1	11.1	1268.1	8.0	100.2	669.2
Ψ ₀	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₁	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75
Ψ ₂	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
σ _{cs}	0.1	0.0	0.0	-0.3	-0.3	0.1	0.5
σ _{ci}	0.1	0.0	0.0	-0.7	-0.3	0.0	0.3
σ _s	0.1	0.0	0.0	1.9	-0.3	0.0	0.3
σ _i	-0.3	-0.1	0.0	-0.7	-0.3	-0.2	-1.1
σ _{eq}	-0.2	0.0	0.0	0.1	-0.3	-0.1	-0.7
σ _{cp}	0.00	0.00	0.00	1.28	-0.30	0.00	0.00
σ _{ps}	1.18	0.25	0.06	25.96	-4.33	0.22	1.45
σ _{pi}	-4.50	-0.94	-0.24	-9.01	-4.55	-0.84	-5.63
σ _{ss}	1.77	0.37	0.09	29.55	-4.30	0.33	2.18

Azioni	vento	termico MAX	termico MIN	cadute differite a tempo infinito	ridistribuzione coazione al netto cadute istantanee e differite	ridistribuzione peso proprio trave	ridistribuzione peso soletta

Fasi	SF4	SF4	SF4	SF3			
N _k	0.0	-123.3	160.9	-658.5	-	-	-
M _k	3.6	2.6	-5.0	542.8	-	-	-
Ψ ₀	0.60	0.60	0.60	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₁	0.00	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₂	0.00	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
σ _{cs}	0.0	-0.1	0.1	0.0	-0.3	0.1	0.2
σ _{ci}	0.0	-0.1	0.1	-0.1	1.7	0.1	0.1
σ _s	0.0	-0.1	0.1	-0.1	2.9	0.2	0.3
σ _i	0.0	-0.1	0.1	-1.2	23.3	-0.3	-0.6
σ _{eq}	0.0	-0.1	0.1	-0.9	16.8	-0.2	-0.3
σ _{cp}	0.00	-0.07	0.09	-0.35	9.1	0.0	0.0

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 80 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcat_dx.doc.
---	---

σ_{ps}	0.01	-0.36	0.46	-2.02	40.8	1.9	2.8
σ_{pi}	-0.03	-0.39	0.52	-16.98	282.6	-3.6	-6.4
σ_{ss}	0.01	-0.36	0.46	-0.48	10.2	1.0	2.0

SLE - Verifica del Livello Tensionale

	verifica al taglio trefoli	verifica a fine fase 2 a t=infinito	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + min termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (min mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (min mobili + min termico)	
Combinazione RARA (Fondamentale)							
σ_{cs}	0.0	-0.66	-0.62	-0.53	-0.18	-0.09	MPa tensione estradosso soletta
σ_{ci}	0.0	0.82	0.83	0.92	1.10	1.19	MPa tensione intradosso soletta
σ_s	2.5	4.95	4.96	5.05	5.23	5.32	MPa tensione estradosso
σ_i	11.7	20.16	19.94	20.04	18.99	19.09	MPa tensione intradosso
σ_{eq}	8.8	15.32	15.18	15.28	14.61	14.71	MPa tensione a livello trefolo equivalente
σ_{cp}	7.3	9.72	9.68	9.78	9.68	9.78	MPa tensione media nel calcestruzzo
σ_{ps}	-1265.2	-1219.48	-1219.47	-1218.98	-1218.24	-1217.74	MPa tensione nel trefolo superiore
σ_{pi}	-1204.6	-1042.84	-1043.94	-1043.39	-1048.73	-1048.18	MPa tensione nel trefolo inferiore
σ_{ss}	0.0	38.04	38.16	38.65	40.02	40.51	MPa tensione nell'armatura lenta superiore
check1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	check compressione cap
check2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	check trazione cap
check3	OK	OK	OK	OK	OK	OK	check trefoli

Le perdite di precompressione per ritiro, viscosità e rilassamento sono calcolate nelle tabelle seguenti a partire dalla tensione al netto delle perdite elastiche.

Cadute di tensione istantanee

Cadute per deformazione elastica

N_{pi}	= 6755.40	kN	sforzo di precompressione iniziale
M_{pi}	= -1923.04	m MP	momento coattivo iniziale
σ_{eq}	= 9.33	a MP	tensione nel cls a quota trefolo equivalente
$\Delta\sigma_{el}$	= 65.33	a MP	caduta di tensione per deformazione elastica
ΔN_{el}	= 326.9	kN	caduta di precompressione per deformazione elastica
f	= 0.048		frazione caduta di precompressione

Cadute di tensione differite nel tempo

t	= 1440	ore	istante in cui vengono valutate le cadute di tensione
$t=\infty$	= 438000	ore	tempo infinito (inserire numero sufficientemente grande)

Cadute per ritiro

$\varepsilon_{cs}(t)$	= 0.00014		deformazione per ritiro a tempo t
$\varepsilon_{cs}(\infty)$	= 0.00035	MP	deformazione totale per ritiro a tempo infinito
$\Delta\sigma_{s,t}$	= 26.60	a MP	perdita per ritiro a tempo t
$\Delta\sigma_{s,inf}$	= 66.50	a MP	perdita per ritiro a tempo infinito

Cadute per viscosità

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 81 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

$\varphi(t, t_0)$	=	0.89	coefficiente di viscosità al tempo t e applicazione del carico al tempo t_0
$\varphi(\infty, t_0)$	=	1.7900	coefficiente di viscosità a tempo infinito e applicazione del carico al tempo t_0
N_p	=	6428	kN precompressione iniziale con cadute istantanee scontate
M_p	=	-5333.37	kN momento coattivo
M_g	=	3200	kN momento flettente (prodotto dai carichi permanenti)
σ_{eq}	=	5.94	MP a tensione calcestruzzo a livello cavo risultante
$\Delta\sigma_{c,t}$	=	27.58	MP a perdita di tensione per viscosità al tempo t
$\Delta\sigma_{c,inf}$	=	55.47	MP a perdita di tensione per viscosità a tempo infinito
Cadute per rilassamento			
clp	=	2	classe dell'acciaio da precompresso (1=fili o trefoli a rilassamento ordinario; =2 fili o trefoli a basso rilassamento, =3 barre)
ρ_{1000}	=	2.5	% perdita per rilassamento a 1000 ore dopo la messa in tensione (=8%, 2.5%, 4% ripetutivamente per acciaio di classe 1, 2 , 3)
σ_{pm0}	=	1285	MP a valore assoluto della precompressione iniziale al netto delle cadute istantanee
P_{m0}	=	6428	kN precompressione iniziale al netto delle cadute istantanee
M_{pm0}	=	-5333	kN momento coattivo di precompressione
M_g	=	3200	kN momento flettente (prodotto dai carichi permanenti)
σ_{eq}	=	5.94	MP a tensione nel calcestruzzo a livello del cavo equivalente rapporto tra tensione di precompressione iniziale (al netto delle cadute istantanee) e tensione di rottura
μ	=	0.691	
t	=	1440	ore tempo dopo la messa in tensione (istante in cui vengono valutate le cadute di tensione)
$\Delta\sigma_{pr}(t)$	=	12.38	MP a caduta di tensione per rilassamento al tempo t
$\Delta\sigma_{pr}(\infty)$	=	46.63	MP a caduta di tensione per rilassamento a tempo $t=\infty$
Interazione tra le cadute di tensione per effetti differiti			
$\varepsilon_{cs}(\infty)$	=	0.00035	deformazione totale per ritiro a tempo infinito
$\Delta\sigma_{pr}(\infty)$	=	46.63	MP a caduta di tensione per rilassamento a tempo $t=\infty$
$\sigma_{c,qp}$	=	5.94	MP a tensione nel cls a quota livello del trefolo equivalente prodotto dai carichi permanenti
A_p	=	5004	m ² area totale cavi precompressione
A_c	=	847168	m ² area sezione trave
J_c	=	325000000000	m ⁴ momento d'inerzia trave
Z_{cp}	=	0.830	m distanza fra baricentro sezione cls e baricentro cavi
$\Delta\sigma_{p,c+s+r}(t)$	=	60.2	MP a cadute di tensioni totali a tempo t
$\Delta\sigma_{p,c+s+r}(\infty)$	=	131.70	MP a cadute di tensioni totali a tempo infinito

7.4.6 Verifiche Sezione SD-b

Caratteristiche precompressione

id_cavo	n. trefoli	area singolo trefolo	area trefoli	distanza da intradosso	presoll.	precompressione iniziale
---------	------------	----------------------	--------------	------------------------	----------	--------------------------

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX
	Pagina 82
	Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.

	np	A _{pt} mm ²	A _p mm ²	Y _p mm	σ _{pi} MPa	N _{pi} kN
1	8	139.0	1112	50	1350	1501
2	6	139.0	834	100	1350	1126
3	6	139.0	834	150	1350	1126
4	4	139.0	556	200	1350	751
5	4	139.0	556	250	1350	751
6	2	139.0	278	300	1350	375
7	2	139.0	278	450	1350	375
8	2	139.0	278	500.2	1350	375
9	2	139.0	278	600.2	1350	375
10	4	139.0	556	800	1350	751
11	4	139.0	556	1000	1350	751
12	4	139.0	556	1300	1350	751
13	2	139.0	278	1750	1350	375
14	0	139.0	0	50	1350	0
15	0	139.0	0	50	1350	0
TOT	50		6950.0	466.02		9383

Calcolo Delle Tensioni Nelle Condizioni Elementari Di Carico

Azioni	coazione al netto delle cadute istantanee (isostatico)	coazione al netto delle cadute istantanee (isostatico)	coazione al netto delle cadute istantanee (iperstatico)	peso proprio trave (isostatico)	peso proprio trave (isostatico)	peso proprio trave (iperstatico)	peso soletta (isostatico)
Fasi	SF1	SF3	SF3	SF1	SF3	SF3	SF1
N _k	8673.2	8673.2	9698.6	0.0	0.0	0.8	0.0
M _k	-3314.7	-7924.9	-1481.2	1595.0	1595.0	1479.8	2509.0
Ψ ₀	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₁	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₂	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
σ _{cs}	0.0	-1.1	4.1	0.0	1.1	1.1	0.0
σ _{ci}	0.0	1.0	4.4	0.0	0.7	0.7	0.0
σ _s	0.5	1.0	4.4	4.5	0.7	0.7	7.0
σ _i	18.0	16.3	7.3	-4.0	-2.4	-2.2	-6.2
σ _{eq}	13.5	12.3	6.6	-1.8	-1.6	-1.4	-2.8
σ _{cp}	9.76	4.57	5.12	0.00	0.00	0.00	0.00
σ _{ps}	6.87	20.94	65.94	29.56	9.19	8.53	46.50
σ _{pi}	122.68	230.61	105.13	-26.17	-33.01	-30.62	-41.16
σ _{ss}	0.00	-0.65	61.91	0.00	13.54	12.56	0.00

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX
	Pagina 83
	Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcat_dx.doc.

Azioni	peso soletta	peso soletta	permanenti portati	ritiro isostatico + ritiro locale	ritiro iperstatico	carichi mobili	carichi mobili
	(isostatico)	(iperstatico)				max	min

Fasi	SF3	SF3	SF3	SF3	SF3	SF4	SF4
N _k	0.0	0.0	0.0	2399	-460.1	0.0	0.0
M _k	2509.0	1733.6	632.2	1308.3	-975.3	3868.2	-1097.4
Ψ ₀	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₁	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75
Ψ ₂	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
σ _{cs}	1.8	1.2	0.5	-0.3	-0.9	3.0	-0.8
σ _{ci}	1.1	0.8	0.3	-0.7	-0.7	1.8	-0.5
σ _s	1.1	0.8	0.3	1.9	-0.7	1.8	-0.5
σ _i	-3.7	-2.6	-0.9	-0.7	1.2	-6.4	1.8
σ _{eq}	-2.5	-1.7	-0.6	0.0	0.7	-4.2	1.2
σ _{cp}	0.00	0.00	0.00	1.27	-0.24	0.00	0.00
σ _{ps}	14.46	9.99	3.64	25.96	-9.15	8.40	-2.38
σ _{pi}	-51.92	-35.88	-13.08	-8.65	16.65	-31.97	9.07
σ _{ss}	21.29	14.71	5.37	29.53	-11.81	12.55	-3.56

Azioni	vento	termico	termico	cadute differite a	ridistribuzione coazione al netto	ridistribuzione peso	ridistribuzione peso
		MAX	MIN	tempo infinito	cadute istantanee e differite	proprio trave	soletta

Fasi	SF4	SF4	SF4	SF3			
N _k	0.0	-64.8	84.3	-1035.0	-	-	-
M _k	17.0	567.4	-292.1	945.7	-	-	-
Ψ ₀	0.60	0.60	0.60	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₁	0.00	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
Ψ ₂	0.00	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
σ _{cs}	0.0	0.4	-0.2	0.1	0.5	1.6	2.6
σ _{ci}	0.0	0.2	-0.1	-0.1	2.8	1.0	1.6
σ _s	0.0	0.2	-0.1	-0.1	3.1	3.4	4.3
σ _i	0.0	-1.0	0.5	-1.9	29.0	-5.5	-7.7
σ _{eq}	0.0	-0.7	0.4	-1.5	22.3	-3.2	-4.6
σ _{cp}	0.00	-0.04	0.05	-0.55	11.9	0.0	0.0
σ _{ps}	0.04	1.04	-0.39	-2.50	51.2	29.1	38.7

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX
	Pagina 84
	Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcat_dx.doc.

σ_{pi}	-0.14	-4.88	2.66	-27.52	339.5	-61.2	-89.9
σ_{ss}	0.06	1.65	-0.70	0.08	24.3	19.3	30.3

SLE - Verifica del Livello Tensionale

	verifica al taglio trefoli	verifica a fine fase 2 a t=infinito	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + min termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (min mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (min mobili + min termico)	
Combinazione RARA (Fondamentale)							
σ_{cs}	0.0	4.02	7.25	6.90	3.43	3.08	MPa tensione estradossa soletta
σ_{ci}	0.0	4.23	6.21	6.02	3.85	3.66	MPa tensione intradossa soletta
σ_s	5.0	12.19	14.17	13.97	11.81	11.62	MPa tensione estradossa
σ_i	14.0	13.44	6.49	7.38	14.64	15.54	MPa tensione intradossa
σ_{eq}	11.7	13.11	8.47	9.09	13.91	14.52	MPa tensione a livello trefolo equivalente
σ_{cp}	9.8	12.41	12.39	12.44	12.39	12.44	MPa tensione media nel calcestruzzo
σ_{ps}	-1211.5	-1110.95	-1101.91	-1102.76	-1112.69	-1113.54	MPa tensione nel trefolo superiore
σ_{pi}	-1151.4	-1092.08	-1127.06	-1122.54	-1086.02	-1081.50	MPa tensione nel trefolo inferiore
σ_{ss}	0.0	96.97	110.55	109.14	94.44	93.02	MPa tensione nell'armatura lenta superiore
check1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	check compressione cap
check2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	check trazione cap
check3	OK	OK	OK	OK	OK	OK	check trefoli

Le perdite di precompressione per ritiro, viscosità e rilassamento sono calcolate nelle tabelle seguenti a partire dalla tensione al netto delle perdite elastiche.

Cadute di tensione istantanee

Cadute per deformazione elastica

N_{pi}	= 9382.50	kN	sforzo di precompressione iniziale
M_{pi}	= -3585.73	m	momento coattivo iniziale
σ_{eq}	= 14.58	a	tensione nel cls a quota trefolo equivalente
$\Delta\sigma_{el}$	= 102.05	a	caduta di tensione per deformazione elastica
ΔN_{el}	= 709.3	kN	caduta di precompressione per deformazione elastica
f	= 0.076		frazione caduta di precompressione

Cadute di tensione differite nel tempo

t	= 1440	ore	istante in cui vengono valutate le cadute di tensione
$t=\infty$	= 438000	ore	tempo infinito (inserire numero sufficientemente grande)

Cadute per ritiro

$\epsilon_{cs}(t)$	= 0.00014		deformazione per ritiro a tempo t
$\epsilon_{cs}(\infty)$	= 0.00035	MP	deformazione totale per ritiro a tempo infinito
$\Delta\sigma_{s,t}$	= 26.60	a	perdita per ritiro a tempo t
$\Delta\sigma_{s,inf}$	= 66.50	a	perdita per ritiro a tempo infinito
Cadute per viscosità			
$\varphi(t, t_0)$	= 0.89		coefficiente di viscosità al tempo t e applicazione del carico al tempo t_0
$\varphi(\infty, t_0)$	= 1.7900		coefficiente di viscosità a tempo infinito e applicazione del carico al tempo t_0
N_p	= 8673	kN	precompressione iniziale con cadute istantanee scontate

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 85 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

M_p	=	-8117.05	kN	m	momento coattivo
M_g	=	3200	kN	m	momento flettente (prodotto dai carichi permanenti)
σ_{eq}	=	10.75	MP	a	tensione calcestruzzo a livello cavo risultante
$\Delta\sigma_{c,t}$	=	49.92	MP	a	perdita di tensione per viscosità al tempo t
$\Delta\sigma_{c,inf}$	=	100.40	MP	a	perdita di tensione per viscosità a tempo infinito
Cadute per rilassamento					
clp	=	2			classe dell'acciaio da precompresso (1=fili o trefoli a rilassamento ordinario; =2 fili o trefoli a basso rilassamento, =3 barre)
ρ_{1000}	=	2.5	%		perdita per rilassamento a 1000 ore dopo la messa in tensione (=8%, 2.5%, 4% ripetutivamente per acciaio di classe 1, 2 , 3)
σ_{pm0}	=	1248	MP	a	valore assoluto della precompressione iniziale al netto delle cadute istantanee
P_{m0}	=	8673	kN		precompressione iniziale al netto delle cadute istantanee
M_{pm0}	=	-8117	kN	m	momento coattivo di precompressione
M_g	=	3200	MP	m	momento flettente (prodotto dai carichi permanenti)
σ_{eq}	=	10.75	a		tensione nel calcestruzzo a livello del cavo equivalente
μ	=	0.671			rapporto tra tensione di precompressione iniziale (al netto delle cadute istantanee) e tensione di rottura
t	=	1440	ore		tempo dopo la messa in tensione (istante in cui vengono valutate le cadute di tensione)
$\Delta\sigma_{pr}(t)$	=	10.10	MP	a	caduta di tensione per rilassamento al tempo t
$\Delta\sigma_{pr}(\infty)$	=	41.42	MP	a	caduta di tensione per rilassamento a tempo t=infinito
Interazione tra le cadute di tensione per effetti differiti					
$\varepsilon_{cs}(\infty)$	=	0.00035			deformazione totale per ritiro a tempo infinito
$\Delta\sigma_{pr}(\infty)$	=	41.42	MP	a	caduta di tensione per rilassamento a tempo t=infinito
$\sigma_{c,QP}$	=	10.75	MP	a	tensione nel cls a quota livello del trefolo equivalente prodotto dai carichi permanenti
A_p	=	6950	m^2		area totale cavi precompressione
A_c	=	847168	m^2		area sezione trave
		325000000	m		
J_c	=	000	m^4		momento d'inerzia trave
z_{cp}	=	0.936	m		distanza fra baricentro sezione cls e baricentro cavi
$\Delta\sigma_{p,c+s+r}(t)$	=	76.7	MP	a	cadute di tensioni totali a tempo t
$\Delta\sigma_{p,c+s+r}(\infty)$	=	149.09	MP	a	cadute di tensioni totali a tempo infinito

7.5 S.L.E. – quasi permanente

Si riportano nei paragrafi successivi le tensioni nelle fibre più sollecitate della trave, della soletta, delle armature di precompressione ed ordinaria; sono indicate anche le sollecitazioni agenti nelle varie fasi sulle sezioni verificate. Le tensioni sono state calcolate nell'ipotesi di calcestruzzo reagente e laddove, in soletta, sono state riscontrate trazioni del calcestruzzo, evenienza che si verifica nelle vicinanze degli assi pila, si è fatta una seconda verifica semplificata, trascurando tutto il contributo della soletta; tale verifica si ritiene

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 <i>Progetto Esecutivo</i>	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 86 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

soddisfatta se al lembo superiore teso di trave compaiono compressioni o trazioni modeste inferiori alla resistenza stessa a trazione del calcestruzzo.

Le perdite di precompressione sono state introdotte in termini di sollecitazioni equivalenti.

I limiti tensionali per le combinazioni quasi permanente sono:

Combinazione quasi permanente

$\sigma_c = 20.5$ MPa massima compressione in esercizio cap
 $\sigma_c = 14.9$ MPa massima compressione in esercizio cao
 $\sigma_p = 1336$ MPa massima trazione in esercizio trefoli
 $\sigma_s = 360$ MPa massima trazione in esercizio armatura lenta

Mentre al taglio trefoli:

al taglio trefoli (tensioni iniziali)

$\sigma_{ci} = 26.1$ MPa massima compressione iniziale cap
 $\sigma_{cti} = 1.79$ MPa massima trazione iniziale cap
 $\sigma_{ci} = 23.2$ MPa massima compressione iniziale cao
 $\sigma_{pi} = 1488$ MPa massima trazione iniziale trefoli
 $\sigma_{si} = 360$ MPa massima trazione iniziale armatura lenta

Nei paragrafi successivi si riportano le verifiche di sicurezza delle sezioni più significative della trave e indicate nel seguente modo:

SA-c: sezione di mezzeria trave centrale
 SB-c: sezione a $x=1.5m$ (filo riempimento) trave centrale
 SD-c: sezione a $9.0m$ dalla testata della trave centrale

SA-b: sezione di mezzeria trave di bordo
 SB-b: sezione a $x=1.5m$ (filo riempimento) trave di bordo
 SD-b: sezione a $9.0m$ dalla testata della trave di bordo

Inoltre con:

SF1, SF2, SF3, SF4 si sono indicate le caratteristiche geometriche delle sezioni calcolate nelle varie fasi e riportate nel paragrafo 2.3.3 Caratteristiche geometriche delle sezioni

Il calcolo delle tensioni nelle condizioni elementari di carico e le caratteristiche della precompressione non vengono qui riportate in quanto sono le stesse di quelle calcolate per la combinazione rara e indicate nel paragrafo precedente (7.4 S.L.E. rara - limitazione delle tensioni).

7.5.1 Verifiche Sezione SA-c

SLE - Verifica del Livello Tensionale

verifica al taglio	verifica a fine fase 2 a t=infinity	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + min termico)
--------------------	-------------------------------------	--	--

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 87 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcat_dx.doc.
---	---

Combinazione QUASI PERMANENTE

σ_{cs}	0.00	4.68	5.00	5.00	MPa	tensione estradosso soletta
σ_{ci}	0.00	5.26	5.47	5.47	MPa	tensione intradosso soletta
σ_s	4.89	13.81	14.02	14.02	MPa	tensione estradosso
σ_i	17.03	18.25	17.68	17.68	MPa	tensione intradosso
σ_{eq}	14.20	17.22	16.83	16.83	MPa	tensione a livello trefolo equivalente
σ_{cp}	11.35	15.22	15.20	15.20	MPa	tensione media nel calcestruzzo
σ_{ps}	-1'184.79	-1'064.09	-1'063.11	-1'063.11	MPa	tensione nel trefolo superiore
σ_{pi}	-1'104.51	-1'004.95	-1'007.81	-1'007.81	MPa	tensione nel trefolo inferiore
σ_{ss}	0.00	109.23	110.60	110.60	MPa	tensione nell'armatura lenta superiore
check1	OK	OK	OK	OK		check compressione cap
check2	OK	OK	OK	OK		check trazione cap
check3	OK	OK	OK	OK		verifica trefoli

7.5.2 Verifiche Sezione SB-c

SLE - Verifica del Livello Tensionale

	verifica al taglio trefoli	verifica a fine fase 2 a t=infinity	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + min termico)		
Combinazione QUASI PERMANENTE						
σ_{cs}	0.00	0.49	1.25	1.25	MPa	tensione estradosso soletta
σ_{ci}	0.00	1.60	2.10	2.10	MPa	tensione intradosso soletta
σ_s	3.38	6.74	7.24	7.24	MPa	tensione estradosso
σ_i	10.91	17.38	16.00	16.00	MPa	tensione intradosso
σ_{eq}	8.52	14.00	13.22	13.22	MPa	tensione a livello trefolo equivalente
σ_{cp}	7.33	10.40	10.38	10.38	MPa	tensione media nel calcestruzzo
σ_{ps}	-1'259.53	-1'202.52	-1'200.17	-1'200.17	MPa	tensione nel trefolo superiore
σ_{pi}	-1'209.74	-1'074.90	-1'081.83	-1'081.83	MPa	tensione nel trefolo inferiore
σ_{ss}	0.00	52.06	55.36	55.36	MPa	tensione nell'armatura lenta superiore
check1	OK	OK	OK	OK		check compressione cap
check2	OK	OK	OK	OK		check trazione cap
check3	OK	OK	OK	OK		verifica trefoli

7.5.3 Verifiche Sezione SD-c

SLE - Verifica del Livello Tensionale

	verifica al taglio trefoli	verifica a fine fase 2 a t=infinity	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + min termico)		
Combinazione QUASI PERMANENTE						
σ_{cs}	0.00	4.63	5.16	5.16	MPa	tensione estradosso soletta

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo					Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 88 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--	--	--	--	--

σ_{ci}	0.00	5.12	5.47	5.47	MPa	tensione intradosso soletta
σ_s	4.78	12.88	13.23	13.23	MPa	tensione estradosso
σ_i	14.19	16.56	15.62	15.62	MPa	tensione intradosso
σ_{eq}	11.76	15.61	15.00	15.00	MPa	tensione a livello trefolo equivalente
σ_{cp}	9.76	14.00	13.98	13.98	MPa	tensione media nel calcestruzzo
σ_{ps}	-1'212.67	-1'098.46	-1'096.82	-1'096.82	MPa	tensione nel trefolo superiore
σ_{pi}	-1'150.41	-1'048.86	-1'053.55	-1'053.55	MPa	tensione nel trefolo inferiore
σ_{ss}	0.00	107.87	110.16	110.16	MPa	tensione nell'armatura lenta superiore
check1	OK	OK	OK	OK		check compressione cap
check2	OK	OK	OK	OK		check trazione cap
check3	OK	OK	OK	OK		verifica trefoli

7.5.4 Verifiche Sezione SA-b

SLE - Verifica del Livello Tensionale

	verifica al taglio trefoli	verifica a fine fase 2 a t=infinity	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + min termico)		
Combinazione QUASI PERMANENTE						
σ_{cs}	0.00	4.02	4.22	4.22	MPa	tensione estradosso soletta
σ_{ci}	0.00	4.23	4.35	4.35	MPa	tensione intradosso soletta
σ_s	4.95	12.19	12.30	12.30	MPa	tensione estradosso
σ_i	14.04	13.44	12.95	12.95	MPa	tensione intradosso
σ_{eq}	11.69	13.11	12.78	12.78	MPa	tensione a livello trefolo equivalente
σ_{cp}	9.76	12.41	12.39	12.39	MPa	tensione media nel calcestruzzo
σ_{ps}	-1211.52	-1110.95	-1110.43	-1110.43	MPa	tensione nel trefolo superiore
σ_{pi}	-1151.43	-1092.08	-1094.52	-1094.52	MPa	tensione nel trefolo inferiore
σ_{ss}	0.00	96.97	97.80	97.80	MPa	tensione nell'armatura lenta superiore
check1	OK	OK	OK	OK		check compressione cap
check2	OK	OK	OK	OK		check trazione cap
check3	OK	OK	OK	OK		verifica trefoli

7.5.5 Verifiche Sezione SB-b

SLE - Verifica del Livello Tensionale

	verifica al taglio trefoli	verifica a fine fase 2 a t=infinity	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + min termico)		
Combinazione QUASI PERMANENTE						
σ_{cs}	0.00	0.49	1.01	1.01	MPa	tensione estradosso soletta
σ_{ci}	0.00	1.53	1.84	1.84	MPa	tensione intradosso soletta
σ_s	2.87	6.07	6.38	6.38	MPa	tensione estradosso

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 89 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

σ_i	11.38	17.33	16.11	16.11	MPa	tensione intradosso
σ_{eq}	8.67	13.75	13.01	13.01	MPa	tensione a livello trefolo equivalente
σ_{cp}	7.33	9.72	9.69	9.69	MPa	tensione media nel calcestruzzo
σ_{ps}	-1'262.92	-1'207.67	-1'206.31	-1'206.31	MPa	tensione nel trefolo superiore
σ_{pi}	-1'206.67	-1'079.76	-1'085.92	-1'085.92	MPa	tensione nel trefolo inferiore
σ_{ss}	0.00	51.60	53.74	53.74	MPa	tensione nell'armatura lenta superiore
check1	OK	OK	OK	OK		check compressione cap
check2	OK	OK	OK	OK		check trazione cap
check3	OK	OK	OK	OK		verifica trefoli

7.5.6 Verifiche Sezione SD-b

SLE - Verifica del Livello Tensionale

	verifica al taglio trefoli	verifica a fine fase 2 a t=infinity	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + min termico)		
Combinazione QUASI PERMANENTE						
σ_{cs}	0.00	4.02	4.22	4.22	MPa	tensione estradosso soletta
σ_{ci}	0.00	4.23	4.35	4.35	MPa	tensione intradosso soletta
σ_s	4.95	12.19	12.30	12.30	MPa	tensione estradosso
σ_i	14.04	13.44	12.95	12.95	MPa	tensione intradosso
σ_{eq}	11.69	13.11	12.78	12.78	MPa	tensione a livello trefolo equivalente
σ_{cp}	9.76	12.41	12.39	12.39	MPa	tensione media nel calcestruzzo
σ_{ps}	-1211.52	-1110.95	-1110.43	-1110.43	MPa	tensione nel trefolo superiore
σ_{pi}	-1151.43	-1092.08	-1094.52	-1094.52	MPa	tensione nel trefolo inferiore
σ_{ss}	0.00	96.97	97.80	97.80	MPa	tensione nell'armatura lenta superiore
check1	OK	OK	OK	OK		check compressione cap
check2	OK	OK	OK	OK		check trazione cap
check3	OK	OK	OK	OK		verifica trefoli

7.6 S.L.E. – Frequent (limitazione ampiezza fessure)

Si riportano i risultati relativi alla sola combinazione frequente in quanto quelli relativi alla combinazione quasi permanente sono già stati riportati nei paragrafi precedenti.

7.6.1 Verifiche Sezione SA-c

	verifica al taglio trefoli	verifica a fine fase 2 a t=infinity	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + min termico)		
Combinazione FREQUENTE						
σ_{cs}	0.00	4.68	7.52	4.59	MPa	tensione estradosso soletta

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo						Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 90 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--	--	--	--	--	--

σ_{ci}	0.00	5.26	7.17	5.19	MPa	tensione intradosso soletta
σ_s	4.89	13.81	15.72	13.74	MPa	tensione estradosso
σ_i	17.03	18.25	13.46	18.36	MPa	tensione intradosso
σ_{eq}	14.20	17.22	13.99	17.28	MPa	tensione a livello trefolo equivalente
σ_{cp}	11.35	15.22	15.20	15.20	MPa	tensione media nel calcestruzzo
σ_{ps}	-1184.79	-1064.09	-1055.07	-1064.40	MPa	tensione nel trefolo superiore
σ_{pi}	-1104.51	-1004.95	-1028.97	-1004.41	MPa	tensione nel trefolo inferiore
σ_{ss}	0.00	109.23	121.65	108.82	MPa	tensione nell'armatura lenta superiore

La trave precompressa nella sezione in oggetto mantiene sempre uno stato di compressione, (sia per la combinazione frequente che per quella quasi permanente) anche in presenza di carichi da traffico e pertanto si ritiene soddisfatto sia lo stato limite di fessurazione che di decompressione.

7.6.2 Verifiche Sezione SB-c

	verifica al taglio trefoli	verifica a fine fase 2 a t=infinito	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + min termico)		
Combinazione FREQUENTE						
σ_{cs}	0.00	0.49	1.75	-0.47	MPa	tensione estradosso soletta
σ_{ci}	0.00	1.60	2.44	0.95	MPa	tensione intradosso soletta
σ_s	3.38	6.74	7.57	6.08	MPa	tensione estradosso
σ_i	10.91	17.38	15.15	18.94	MPa	tensione intradosso
σ_{eq}	8.52	14.00	12.74	14.85	MPa	tensione a livello trefolo equivalente
σ_{cp}	7.33	10.40	10.38	10.38	MPa	tensione media nel calcestruzzo
σ_{ps}	-1259.53	-1202.52	-1198.60	-1205.60	MPa	tensione nel trefolo superiore
σ_{pi}	-1209.74	-1074.90	-1086.09	-1067.09	MPa	tensione nel trefolo inferiore
σ_{ss}	0.00	52.06	57.54	47.86	MPa	tensione nell'armatura lenta superiore

La trave precompressa nella sezione in oggetto mantiene sempre uno stato di compressione, (sia per la combinazione frequente che per quella quasi permanente) anche in presenza di carichi da traffico e pertanto si ritiene soddisfatto sia lo stato limite di fessurazione che di decompressione.

7.6.3 Verifiche Sezione SD-c

	verifica al taglio trefoli	verifica a fine fase 2 a t=infinito	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + min termico)		
Combinazione FREQUENTE						
σ_{cs}	0.00	4.63	7.09	4.48	MPa	tensione estradosso soletta
σ_{ci}	0.00	5.12	6.77	5.02	MPa	tensione intradosso soletta
σ_s	4.78	12.88	14.53	12.77	MPa	tensione estradosso

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 91 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

σ_i	14.19	16.56	12.37	16.76	MPa	tensione intradosso
σ_{eq}	11.76	15.61	12.93	15.73	MPa	tensione a livello trefolo equivalente
σ_{cp}	9.76	14.00	13.98	13.98	MPa	tensione media nel calcestruzzo
σ_{ps}	-1212.67	-1098.46	-1090.70	-1098.97	MPa	tensione nel trefolo superiore
σ_{pi}	-1150.41	-1048.86	-1069.86	-1047.83	MPa	tensione nel trefolo inferiore
σ_{ss}	0.00	107.87	118.59	107.20	MPa	tensione nell'armatura lenta superiore

La trave precompressa nella sezione in oggetto mantiene sempre uno stato di compressione, (sia per la combinazione frequente che per quella quasi permanente) anche in presenza di carichi da traffico e pertanto si ritiene soddisfatto sia lo stato limite di fessurazione che di decompressione.

7.6.4 Verifiche Sezione SA-b

	verifica al taglio trefoli	verifica a fine fase 2 a t=infinito	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + min termico)		
Combinazione FREQUENTE						
σ_{cs}	0.00	5.03	7.94	5.09	MPa	tensione estradosso soletta
σ_{ci}	0.00	5.17	6.96	5.20	MPa	tensione intradosso soletta
σ_s	5.31	14.20	15.99	14.23	MPa	tensione estradosso
σ_i	16.67	14.59	8.33	14.36	MPa	tensione intradosso
σ_{eq}	14.02	14.50	10.12	14.33	MPa	tensione a livello trefolo equivalente
σ_{cp}	11.35	14.11	14.08	14.08	MPa	tensione media nel calcestruzzo
σ_{ps}	-1182.02	-1063.44	-1055.26	-1063.34	MPa	tensione nel trefolo superiore
σ_{pi}	-1106.93	-1053.60	-1085.12	-1054.79	MPa	tensione nel trefolo inferiore
σ_{ss}	0.00	111.17	123.43	111.39	MPa	tensione nell'armatura lenta superiore

La trave precompressa nella sezione in oggetto mantiene sempre uno stato di compressione, (sia per la combinazione frequente che per quella quasi permanente) anche in presenza di carichi da traffico e pertanto si ritiene soddisfatto sia lo stato limite di fessurazione che di decompressione.

7.6.5 Verifiche Sezione SB-b

	verifica al taglio trefoli	verifica a fine fase 2 a t=infinito	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + min termico)		
Combinazione FREQUENTE						
σ_{cs}	0.00	-0.66	-0.64	0.00	MPa	tensione estradosso soletta
σ_{ci}	0.00	0.82	0.82	0.00	MPa	tensione intradosso soletta
σ_s	2.52	4.95	4.95	2.52	MPa	tensione estradosso
σ_i	11.69	20.16	19.99	11.69	MPa	tensione intradosso

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 92 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

σ_{eq}	8.78	15.32	15.21	8.78	MPa	tensione a livello trefolo equivalente
σ_{cp}	7.33	9.72	9.69	7.33	MPa	tensione media nel calcestruzzo
σ_{ps}	-1265.22	-1219.48	-1219.49	-1265.22	MPa	tensione nel trefolo superiore
σ_{pi}	-1204.60	-1042.84	-1043.67	-1204.60	MPa	tensione nel trefolo inferiore
σ_{ss}	0.00	38.04	38.11	0.00	MPa	tensione nell'armatura lenta superiore

In questo caso, in cui si riscontrano delle tensioni di trazione all' estradosso della soletta, nella combimazione frequente, si procede alla verifica dell'ampiezza di fessurazione per via indiretta, così come riportata nell'ultimo capoverso del punto 4.1.2.2.4.6 delle NTC, riferendosi ai limiti di tensione nell'acciaio d'armatura definiti nelle tabelle seguenti. La tensione σ_{ss} è quella nell'acciaio d'armatura prossimo al lembo tesio della sezione calcolata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente.

Per quanto riguardo le condizioni ambientali e la sensibilità delle armature sono state assunte:

- **condizioni ambientali aggressive;**
- **armature poco sensibili.**

Tabella 7.2: Tensioni di riferimento

		FREQUENTE
Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione		
σ_s		w2=0.30 mm
[MPa]		\emptyset
160		32
200		25
240		16
280		12
320		10
360		8
Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione		
σ_s		w2=0.30 mm
[MPa]		\emptyset
160		300
200		250
240		200
280		150
320		100
360		50

Dalla Tabella 7.2 la massima tensione ammissibile nelle barre di acciaio è pari a 240 MPa, superiore alla tensioni calcolate per la combinazione frequente, la verifica risulta quindi soddisfatta.

7.6.6 Verifiche Sezione SD-b

verifica al taglio trefoli	verifica a fine fase 2 a t=infinito	verifica a fine fase 3 a t=0 (max mobili + max termico)	verifica a fine fase 3 a t=0 a t=0 (max mobili + min termico)
----------------------------	-------------------------------------	---	--

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX
	Pagina 93
	Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.

Combinazione FREQUENTE

σ_{cs}	0.00	4.14	6.30	3.93	MPa	tensione estradosso soletta
σ_{ci}	0.00	4.37	5.70	4.23	MPa	tensione intradosso soletta
σ_s	5.52	12.59	13.92	12.45	MPa	tensione estradosso
σ_i	13.53	13.56	8.91	13.91	MPa	tensione intradosso
σ_{eq}	11.46	13.31	10.21	13.53	MPa	tensione a livello trefolo equivalente
σ_{cp}	9.76	12.61	12.58	12.58	MPa	tensione media nel calcestruzzo
σ_{ps}	-1207.74	-1107.06	-1101.00	-1107.73	MPa	tensione nel trefolo superiore
σ_{pi}	-1154.78	-1088.49	-1111.91	-1086.74	MPa	tensione nel trefolo inferiore
σ_{ss}	0.00	98.85	107.94	97.93	MPa	tensione nell'armatura lenta superiore

La trave precompressa nella sezione in oggetto mantiene sempre uno stato di compressione, anche in presenza di carichi da traffico e pertanto si ritiene soddisfatto sia lo stato limite di fessurazione che di decompressione.

8. VERIFICA DEI TRAVERSI

Per tutte le verifiche si è fatto riferimento ad una sezione rettangolare 1600x2050 mm, armata con 10φ26 sopra e sotto in corrispondenza degli apparecchi di appoggio e 10φ26 sopra con 10+10φ26 sotto in campata. A taglio e torsione sono presenti staffe φ14/150 a 6 braccia; si utilizzano 4 braccia a taglio e 2 a torsione. Nel tabulato che segue si riportano le verifiche a stato limite ultimo per flessione e le verifiche di esercizio per combinazioni rara e frequente.

8.1 Sezione in campata. Flessione SLU e SLE

		$A_{res,1}$ [cm ²]		$A_{res,1}$ [cm ²]	$A_{res,TOT}$ [cm ²]	M_{Ed} [cm ²]	M_{Rd} [cm ²]	FS
Arm-sup	10 φ 26	53.1	+	0 φ 0	0.0	53.1	7974	9523
Arm-inf	12 φ 26	58.4	+	12 φ 26	63.7	127.4		1.19

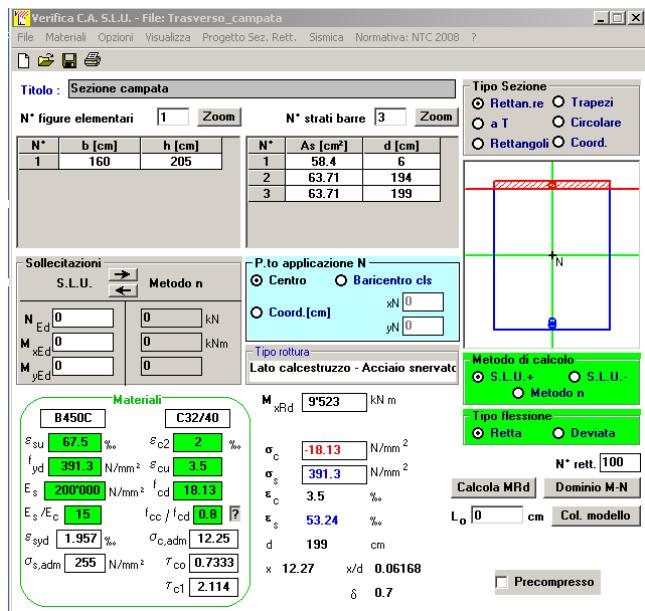


Figura 8.1: Momento resistente Sezione di campata trasverso

Le verifiche di fessurazione vengono condotte in relazione alle indicazioni riportate negli Eurocodici (in particolare si veda EN 1992-1-1 cap. 7.3) e riprese sia dalle NTC (cap. 4.1.2.2.4) che dalla Circolare n.617. È richiesto in particolare, laddove il momento agente superi quello di fessurazione, di verificare che la tensione nelle barre di armatura rientri in determinati limiti (dipendenti dal diametro e dalla spaziatura dei ferri) o in alternativa di controllare che l'ampiezza della fessura che si apre non superi un determinato valore (funzione dello stato limite, delle condizioni ambientali e del tipo di armatura).

Si riportano di seguito le tabelle per le combinazioni considerate (frequente e quasi permanente), ricordando che si opera con armature poco sensibili ed in condizioni ambientali aggressive (classe di esposizione XC4).

MATERIALI		comb.	comb.	MPa	resistenza caratteristica cubica
		FREQUENTE	QUASI PERM.		
Calcestruzzo					
R _{ck}	=	40	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	33.20	33.20	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	=	41.20	41.20	MPa	resistenza cilindrica media
f _{ctm}	=	3.10	3.10	MPa	resistenza media a trazione semplice
f _{ctk}	=	2.17	2.17	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f _{cfm}	=	3.72	3.72	MPa	resistenza media a trazione per flessione
γ_c	=	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f _{cd}	=	18.81	18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f _{ctd}	=	1.45	1.45	MPa	resistenza di calcolo a trazione
E _c	=	33643	33643	MPa	modulo di Young

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 95 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

Acciaio

E_s	=	206000	206000	MPa	modulo di Young acciaio
γ_s	=	1.15	1.15		coefficiente parziale acciaio
f_{yk}	=	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f_{yd}	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
n	=	15	15		coefficiente di omogeneizzazione

GEOMETRIA SEZIONE

B	=	1600	1600	mm	larghezza
H	=	2050	2050	mm	altezza
c'	=	60	60	mm	copriferro

ARMATURA

numero barre

n_1 (superiore)	=	10	10		numero barre strato 1
n_2	=				numero barre strato 2
n_3	=				numero barre strato 3
n_4	=				numero barre strato 4
n_5	=				numero barre strato 5
n_6	=				numero barre strato 6
n_7	=	12	12		numero barre strato 7
n_8 (inferiore)	=	12	12		numero barre strato 8

diametro barre

\varnothing_1	=	26	26	mm	diametro barre strato 1
\varnothing_2	=			mm	diametro barra strato 2
\varnothing_3	=			mm	diametro barra strato 3
\varnothing_4	=			mm	diametro barra strato 4
\varnothing_5	=			mm	diametro barra strato 5
\varnothing_6	=			mm	diametro barra strato 6
\varnothing_7	=	26	26	mm	diametro barra strato 7
\varnothing_8	=	26	26	mm	diametro barra strato 8

ordinate barre

y_1	=	1990	1990	mm	ordinata barre strato 1
y_2	=			mm	ordinata barre strato 2
y_3	=			mm	ordinata barre strato 3
y_4	=			mm	ordinata barre strato 4
y_5	=			mm	ordinata barre strato 5
y_6	=			mm	ordinata barre strato 6
y_7	=	110	110	mm	ordinata barre strato 7
y_8	=	60	60	mm	ordinata barre strato 8

area barre

A_{s1}	=	5309	5309	mm^2	area barre strato 1
A_{s2}	=	0	0	mm^2	area barre strato 2
A_{s3}	=	0	0	mm^2	area barre strato 3
A_{s4}	=	0	0	mm^2	area barre strato 4
A_{s5}	=	0	0	mm^2	area barre strato 5
A_{s6}	=	0	0	mm^2	area barre strato 6
A_{s7}	=	6371	6371	mm^2	area barre strato 7
A_{s8}	=	6371	6371	mm^2	area barre strato 8

SOLLECITAZIONI

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 96 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	--

M	=	5368	3624	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	kN	sforzo normale (>0 compressione)

VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI

cs	=	1	1		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice		
an	=	540.8	540.8	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	=	1509	1509	mm	ordinata asse neutro
A	=	1135985	1135985	mm ²	area sezione reagente
J	=	490571007675	490571007675	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	mm ³	momento statico sezione reagente
σ _c	=	-5.92	-3.99	MPa	tensione calcestruzzo
σ _s	=	237.88	160.59	MPa	tensione massima acciaio

VERIFICA A FESSURAZIONE

seziona tesa

M _{fess}	=	3600.9	3600.9	kNm	momento di fessurazione
FS=M _{fess} /M _{Sd}	=	0.7	1.0		check ok se >1
α _e	=	6.123	6.123	MPa	rapporto tra i moduli elasticci
d	=	1965	1965	mm	altezza utile della sezione
h _{c,eff}	=	213	213	mm	altezza area efficace calcestruzzo tesio
A _{c,eff}	=	340000	340000	mm ²	area efficace calcestruzzo tesio
A _s	=	12742	12742	mm ²	area di armatura tesa
ρ _{eff}	=	0.0375	0.0375		
k _t	=	0.4	0.4		(=0.6 per carichi di breve durata; =0.4 per carichi di lunga durata)
ε _{sm}	=	0.00096	0.00058		deformazione unitaria media delle barre
Ø	=	26	26		diametro equivalente delle barre tese
k ₁	=	0.8	0.8		(=0.8 per barre ad aderenza migliorata; =1.6 per barre lisce)
ε ₁	=	0.000491	0.000331		deformazione massima di trazione
ε ₂	=	0.0	0.0		deformazione minima di trazione
k ₂	=	0.5	0.5		fattore di forma diagramma delle deformazioni
k ₃	=	3.4	3.4		(posto dalle NTC pari a 3.4)
k ₄	=	0.425	0.425		(posto dalle NTC pari a 0.425)
c	=	47	47	mm	ricoprimento armatura
s	=	150	150	mm	distanza tra le barre
Δ _{s,max}	=	277.7	277.7	mm	distanza massima tra le fessure
w _d	=	0.266	0.162	mm	apertura di calcolo delle fessure
w _{max}	=	0.30	0.20	mm	valore limite ampiezza fessure
FS	=	1.13	1.24		check ok se >1
		ok	ok		

8.2 Sezione in appoggio. Flessione SLU e SLE

Arm-sup	10	Φ	26	A _{res,TOT} [cm ²]	M _{Ed} [cm ²]	M _{Rd} [cm ²]	FS
				53.1	-3126	-4058	1.30

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 97 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calculo_impalcato_DX.doc.
--	--

Arm-inf

12

Φ

26

63.7

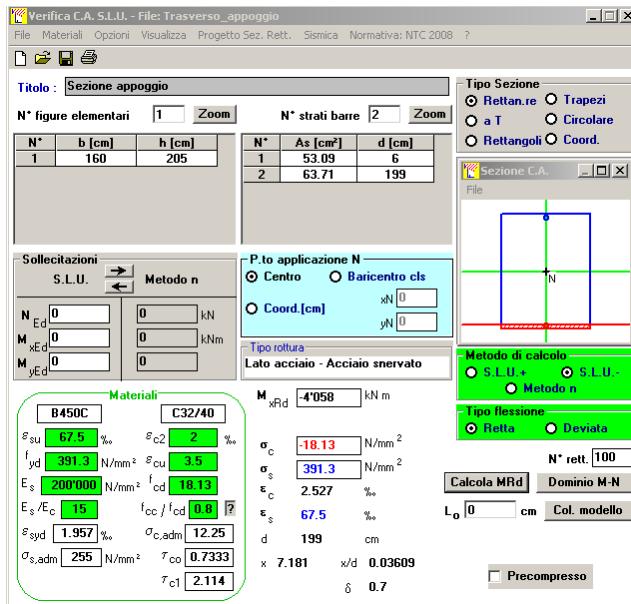


Figura 8.2: Momento resistente Sezione di appoggio trasverso

Le verifiche di fessurazione vengono condotte in relazione alle indicazioni riportate negli Eurocodici (in particolare si veda EN 1992-1-1 cap. 7.3) e riprese sia dalle NTC (cap. 4.1.2.2.4) che dalla Circolare n.617. È richiesto in particolare, laddove il momento agente superi quello di fessurazione, di verificare che la tensione nelle barre di armatura rientri in determinati limiti (dipendenti dal diametro e dalla spaziatura dei ferri) o in alternativa di controllare che l'ampiezza della fessura che si apre non superi un determinato valore (funzione dello stato limite, delle condizioni ambientali e del tipo di armatura).

Si riportano di seguito le tabelle per le combinazioni considerate (frequente e quasi permanente), ricordando che si opera con armature poco sensibili ed in condizioni ambientali aggressive (classe di esposizione XC4).

MATERIALI	FREQUENTE	QUASI PERM.		MPa	resistenza caratteristica cubica
		comb.	comb.		
Calcestruzzo	=	40	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
R _{ck}	=	40	40	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	=	41.20	41.20	MPa	resistenza cilindrica media
f _{csm}	=	3.10	3.10	MPa	resistenza media a trazione semplice
f _{csk}	=	2.17	2.17	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f _{cfm}	=	3.72	3.72	MPa	resistenza media a trazione per flessione
γ _c	=	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α _{cc}	=	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f _{cd}	=	18.81	18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f _{ctd}	=	1.45	1.45	MPa	resistenza di calcolo a trazione
E _c	=	33643	33643	MPa	modulo di Young
Acciaio					
E _s	=	206000	206000	MPa	modulo di Young acciaio
γ _s	=	1.15	1.15		coefficiente parziale acciaio
f _{yk}	=	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo				Opera: Viadotto Arenella III
				Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX
				Pagina 98
				Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.

f_{yd} = 391.3 391.3 MPa tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
n = 15 15 coefficiente di omogeneizzazione

GEOMETRIA SEZIONE

B	=	1600	1600	mm	larghezza
H	=	2050	2050	mm	altezza
c'	=	60	60	mm	copriferro
ARMATURA					
numero barre					
n1 (superiore)	=	12	12		numero barre strato 1
n2	=				numero barre strato 2
n3	=				numero barre strato 3
n4	=				numero barre strato 4
n5	=				numero barre strato 5
n6	=				numero barre strato 6
n7	=				numero barre strato 7
n8 (inferiore)	=	10	10		numero barre strato 8
diametro barre					
$\varnothing 1$	=	26	26	mm	diametro barre strato 1
$\varnothing 2$	=			mm	diametro barra strato 2
$\varnothing 3$	=			mm	diametro barra strato 3
$\varnothing 4$	=			mm	diametro barra strato 4
$\varnothing 5$	=			mm	diametro barra strato 5
$\varnothing 6$	=			mm	diametro barra strato 6
$\varnothing 7$	=			mm	diametro barra strato 7
$\varnothing 8$	=	26	26	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre					
y1	=	1990	1990	mm	ordinata barre strato 1
y2	=			mm	ordinata barre strato 2
y3	=			mm	ordinata barre strato 3
y4	=			mm	ordinata barre strato 4
y5	=			mm	ordinata barre strato 5
y6	=			mm	ordinata barre strato 6
y7	=			mm	ordinata barre strato 7
y8	=	60	60	mm	ordinata barre strato 8
area barre					
A_{s1}	=	6371	6371	mm^2	area barre strato 1
A_{s2}	=	0	0	mm^2	area barre strato 2
A_{s3}	=	0	0	mm^2	area barre strato 3
A_{s4}	=	0	0	mm^2	area barre strato 4
A_{s5}	=	0	0	mm^2	area barre strato 5
A_{s6}	=	0	0	mm^2	area barre strato 6
A_{s7}	=	0	0	mm^2	area barre strato 7
A_{s8}	=	5309	5309	mm^2	area barre strato 8

SOLLECITAZIONI

M	=	1918.8	784.3	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	kN	sforzo normale (>0 compressione)

VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI

cs	=	1	1		
----	---	---	---	--	--

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 99 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calculo_impalcato_DX.doc.
---	--

cs	=	flessione semplice	flessione semplice			
an	=	356.6	356.6	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)	
Y _n	=	1693	1693	mm	ordinata asse neutro	
A	=	745781	745781	mm ²	area sezione reagente	
J	=	245069509088	245069509088	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente	
S	=	0	0	mm ³	momento statico sezione reagente	
σ _c	=	-2.79	-1.14	MPa	tensione calcestruzzo	
σ _s	=	191.83	78.41	MPa	tensione massima acciaio	

VERIFICA A FESSURAZIONE

sezione tesa

M _{fess}	=	3290.7	3290.7	kNm	momento di fessurazione
FS=M _{fess} /M _{Sd}	=	1.7	4.2		check ok se >1
α _e	=	6.123	6.123	MPa	rapporto tra i moduli elastici
d	=	1990	1990	mm	
h _{c,eff}	=	150	150	mm	
A _{c,eff}	=	240000	240000	mm ²	area efficace calcestruzzo tes
A _s	=	5309	5309	mm ²	area di armatura tesa
ρ _{eff}	=	0.0221	0.0221		
k _t	=	0.4	0.4		(=0.6 per carichi di breve durata; =0.4 per carichi di lunga durata)
ε _{sm}	=	0.00062	0.00023		deformazione unitaria media delle barre
Ø	=	26	26		diametro equivalente delle barre tese
k ₁	=	0.8	0.8		(=0.8 per barre ad aderenza migliorata; =1.6 per barre lisce)
ε ₁	=	0.000394	0.000161		deformazione massima di trazione
ε ₂	=	0.0	0.0		deformazione minima di trazione
k ₂	=	0.5	0.5		fattore di forma diagramma delle deformazioni
k ₃	=	3.4	3.4		(posto dalle NTC pari a 3.4)
k ₄	=	0.425	0.425		(posto dalle NTC pari a 0.425)
c	=	47	47	mm	ricoprimento armatura
s	=	150	150	mm	distanza tra le barre
Δ _{s,max}	=	359.6	359.6	mm	distanza massima tra le fessure
w _d	=	0.224	0.082	mm	apertura di calcolo delle fessure
w _{max}	=	0.30	0.20	mm	valore limite ampiezza fessure
FS	=	1.34	2.44		check ok se >1
		ok	ok		

8.3 Taglio e Torsione

A taglio e torsione sono presenti staffe φ14/150 a 6 braccia; si utilizzano 4 braccia a taglio e 2 a torsione.

Traverso	P08	P08	P02	P01	
Sollecitazioni	VEd,max - TE _d	VEd,max - TE _d	VEd - TE _{d,max}	VEd - TE _{d,max}	
V _{Ed}	= 5132	4267	2684	3090	kN taglio di caloclo
T _{Ed}	= 37	185	2283	2293	kN torsione di caloclo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo						Opera: Viadotto Arenella III
						Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX
						Pagina 100
						Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcat_dx.doc.

N _{Ed}	=	0	0	0	0	kN	sforzo normale i calcolo
Materiali							
Calcestruzzo							
R _{ck}	=	40	40	40	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	33.2	33.2	33.2	33.2	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
α _{cc}	=	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo
γ _c	=	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
f _{cd}	=	18.81	18.81	18.81	18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione
Acciaio							
f _{yk}	=	450	450	450	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento
γ _s	=	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente parziale di sicurezza
f _{yd}	=	391.30	391.30	391.30	391.30	MPa	tensione di snervamento di calcolo
Verifica capacità a taglio							
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio							
b _w	=	1600	1600	1600	1600	mm	larghezza minima sezione
d	=	1930	1930	1930	1930	mm	altezza utile
Ø _w	=	14	14	14	14	mm	diametro ferri long. tesi
n	=	24	24	24	24		numero
A _{sl}	=	3695	3695	3695	3695	mm ²	armatura longitudinale
A _c	=	3280000	3280000	3280000	3280000	mm ²	area sezione cls
k	=	1.32	1.32	1.32	1.32		
σ _{cp}	=	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	MPa	tensione media calcestruzzo <=0,2f _{cd}
ρ ₁	=	0.00120	0.00120	0.00120	0.00120		rapporto geometrico di armatura long.
V _{min}	=	0.307	0.307	0.307	0.307		
V_{Rd}	=	946.49	946.49	946.49	946.49	kN	taglio resistente
V _{Ed}	=	5131.51	4267	2683.665	3089.8437	kN	taglio di caloclo
FS		0.18	0.22	0.35	0.31		se >1 verifica soddisfatta
		no	no	no	no		
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio							
Ø _w	=	14	14	14	14	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	90.00	90.00	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	150.00	150.00	150.00	150.00	mm	passo staffe
n _{br}	=	4.0	4.0	4.0	4.0		numero bracci armatura trasversale
A _{sw}	=	615.75	615.75	615.75	615.75	mmq	area armatura trasversale
b _w	=	1600.00	1600.00	1600.00	1600.00	mm	larghezza minima sezione
f _{cd}	=	18.81	18.81	18.81	18.81	MPa	
ν	=	0.5	0.5	0.5	0.5		coeff. di riduzione f _{cd}
f _{cd}	=	9.41	9.41	9.41	9.41	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
ω _{sw}	=	0.05336	0.05336	0.05336	0.05336		% meccanica di armatura trasversale
α _C	=	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000		
cotθ	=	2.50	2.50	1.20	1.20		check 1≤cotθ*≤2,5
V _{Rsd}	=	6975.4011	6975.4011	3348.1925	3348.1925	kN	Resistenza "taglio trazione"
V _{Rcd}	=	9014.8303	9014.8303	12857.2170	12857.2170	kN	Resistenza "taglio compressione"
V_{Rd}	=	6975.4011	6975.4011	3348.1925	3348.1925	kN	Resistenza a taglio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo							Opera: Viadotto Arenella III
							Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX
							Pagina 101
							Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.

V _{Ed}	=	5131.51	4267	2683.665	3089.8437	kN	taglio di calcolo
FS	=	1.36	1.63	1.25	1.08		se >1 verifica soddisfatta
Calcolo della Reisitenza a Torsione							
Ø _w	=	14	14	14	14	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	90.00	90.00	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	150	150	150	150	mm	passo staffe
n _{br}	=	2	2	2	2		numero bracci armatura trasversale
A _s	=	307.88	307.88	307.88	307.88	mmq	area armatura trasversale
A _s /s	=	2.05	2.05	2.05	2.05	mmq/mm	
ΣA _l	=	13804	13804	13804	13804	mmq	area complessiva barre longitudinali
A _c	=	3.28E+06	3.28E+06	3.28E+06	3.28E+06	mmq	area sezione
u	=	7300.00	7300.00	7300.00	7300.00	mm	perimetro della sezione
t	=	449	449	449.3	449.3	mm	spessore sezione cava
Ω	=	1.84E+06	1.84E+06	1.84E+06	1.84E+06	mmq	area racchiusa dalla fibra media
u _m	=	5503	5503	5503	5503	mm	perimetro medio del nucleo resistente
ω _{sw}	=	0.10	0.10	0.10	0.10		% meccanica di armatura trasversale
ω _{sl}	=	0.12	0.12	0.12	0.12		% meccanica di armatura longitudinale
ν	=	0.5	0.5	0.5	0.5		coeff. di riduzione f _{cd}
f _{cd}	=	9.41	9.41	9.41	9.41	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
σ _{cp}	=	0.000	0.000	0.000	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo <=0,2f _{cd}
α _C	=	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		
cotθ	=	2.50	2.50	1.20	1.20		Valore di calcolo (0.4≤cotθ≤2,5)
T _{Rcd}	=	5368.85	5368.85	7657.21	7657.21	kNm	resistenza offerta dal calcestruzzo
T _{Rsd}	=	7396.59	7396.59	3550.36	3550.36	kNm	resistenza offerta dall'armatura trasversale
T _{Rld}	=	1446.43	1446.43	3013.40	3013.40	kNm	resistenza offerta dall'armatura longitudinale
T_{Rd}	=	1446.43	1446.43	3013.40	3013.40	kNm	Resistenza a torsione
T _{Sd}	=	37.06	185.182	2282.826	2292.5966	kN	Torsione di calcolo
FS	=	39.03	7.81	1.32	1.31		
		ok	ok	ok	ok		
Verifica interazione Taglio - Torsione							
Sollecitazioni							
cotθ	=	2.500	2.500	1.200	1.200		valore di calcolo
V _{Ed}	=	5131.51	4267	2683.665	3089.8437	kN	taglio di calcolo
T _{Ed}	=	37.06	185.182	2282.826	2292.5966	kN	torsione di calcolo
Reistenze							
V _{Rcd}	=	9014.83	9014.83	12857.22	12857.22	kN	Resistenza a taglio lato cls
T _{Rcd}	=	5368.85	5368.85	7657.21	7657.21	kNm	Resistenza a torsione lato cls
Verifica							
T _{Ed} /T _{Rcd} +V _{Ed} /V _{Rcd}	=	0.58	0.51	0.51	0.54		se <1 verifica soddisfatta
		ok	ok	ok	ok		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 <i>Progetto Esecutivo</i>	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 102 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
--	---

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 <i>Progetto Esecutivo</i>	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 103 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	---

9. VERIFICA TRASVERSALE DELLA SOLETTA

9.1 Modello locale e condizioni di carico

Per il calcolo statico della soletta è stato redatto un modello numerico considerando una porzione di impalcato lungo 10 m, ed una larghezza totale rappresentativa della prima campata, con larghezza di 13.50 m. All'interfaccia soletta-travi principali viene introdotto un vincolo di cerniera.

I carichi introdotti nel modello sono:

- il peso proprio della soletta (PP)
- i permanenti portati (PERM)
- i carichi da traffico dello schema LM1 ed LM2, posizionati in base alle superfici di influenza che determinano i momenti flettenti massimi e minimi in mezzeria dei vari campi centrali ed in prossimità dello sbalzo.

Le suddette condizioni di carico elementari sono state combinate con i coefficienti riportati nei paragrafi precedenti, per il calcolo delle sollecitazioni di progetto di Stato limite ultimo e di esercizio.

E' stato redatto anche un secondo modello locale relativo alla zona di soletta a sbalzo posta in prossimità della spalla A, dove in corrispondenza del traverso la parte a sbalzo presenta una profondità maggiore.

La sezione trasversale verificata è una striscia di larghezza unitaria e di altezza 250 mm. Si utilizzano 2 tipologie di armatura:

- | | |
|--------------------------|--|
| φ20/200 sup, φ20/200 inf | armatura corrente. (TIPO 1) |
| φ20/100 sup, φ20/200 inf | per 5 m dal filo traverso della spalla A. (TIPO 2) |

9.2 Sollecitazioni di calcolo allo SLU e allo SLE

Le sollecitazioni, agenti nelle sezioni in asse alle travi longitudinali ed in mezzeria, sono riassunte nella tabella seguente.

		Impalc. Corrente	Zona spalla	
		My / Sy	My / Sy	
SLU	App., Mmax	86.64	200	kNm
	Mezz., Mmin	-32.59		kNm
	Mezz., Mmax	22.26		kNm
	App., Vmax	261	329	kN
	Mezz., Vmax	226		kN
SLE c.	App., Mmax	64.18	148.4	kNm
	Mezz., Mmin	-24.14		kNm
	Mezz., Mmax	16.36		kNm
SLE f.	App., Mmax	52.66	119.1	kNm
	Mezz., Mmin	-17.72		kNm
	Mezz., Mmax	12.02		kNm

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 104 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcat_dx.doc.
---	--

9.3 Verifiche a SLU e SLE per flessione. Armatura TIPO 1.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: Soletta_Corrente

(Percorso File: C:\LUSAS145\Projects\Favarella\modelli\Soletta_Corrente.sez)

Descrizione Sezione:	Soletta corrente
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO -	Classe: C32/40	
	Resis. compr. di calcolo fcd :	188.00 daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd' :	94.00 daN/cm ²
	Def.unit. max resistenza ec2 :	0.0020
	Def.unit. ultima ecu :	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz. :	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec :	336430 daN/cm ²
	Coef. di Poisson :	0.20
	Resis. media a trazione fctm:	31.00 daN/cm ²
	Coef. Omogen. S.L.E. :	15.0
Combinazioni Rare in Esercizio		
	Sc Limite :	199.20 daN/cm ²
	Apert.Fess.Limite :	Non prevista
Combinazioni Frequenti in Esercizio		
	Sc Limite :	199.20 daN/cm ²
	Apert.Fess.Limite :	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo: B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	3913.0 daN/cm ²
	Resist. ultima di calcolo ftd:	3913.0 daN/cm ²
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
	Coef. Aderenza ist. B1*B2 :	1.00 daN/cm ²
	Coef. Aderenza diff. B1*B2 :	0.50 daN/cm ²
	Comb.Rare Sf Limite :	3600.0 daN/cm ²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0 cm
Altezza:	25.0 cm
Barre inferiori :	: 5020 (15.7 cm ²)
Barre superiori :	: 5020 (15.7 cm ²)
Coprifero barre inf.(dal baric. barre) :	: 6.0 cm
Coprifero barre sup.(dal baric. barre) :	: 3.5 cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
<hr/>	
N.Comb.	N Mx Vy MT
-----	-----
1	0 -8664 10 0
2	0 3259 10 0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNA

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 105 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	---

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N.Comb.	N	Mx
1	0	-6418
2	0	2414

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNA

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N.Comb.	N	Mx
1	0	-5266
2	0	1772

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.5 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 13.5 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 1.7 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
 N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
 Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult) e (N,Mx)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 Yneutro Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue
 Area efficace barre inf. (per presenza di torsione)= 15.7 cm²
 Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 15.7 cm²

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	0	-8664	18	-12558	1.449	5.2	0.24	0.74
2	S	0	3259	-28	10626	3.261	21.3	0.19	0.70

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
 Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Yc max	ef min	Yf min	ef max	Yf max
1	0.00350	-0.00373	0.0	-0.00055	6.0	-0.01102	21.5
2	0.00350	-0.00668	25.0	0.00017	21.5	-0.01455	6.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 106 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcat_dx.doc.
---	--

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 Sc max Massima tensione di compress. (+) nel conglomer. in fase fessurata ([daN/cm²])
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sc min Minima tensione di compress. (+) nel conglomer. in fase fessurata ([daN/cm²])
 Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm²]
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Dw Eff. Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
 Ac eff. Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
 Af eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace (verifica fess.)
 D barre Distanza media in cm tra le barre tese efficaci (verifica fess.)

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	80.4	0.0	0.0	0.0	-2201	6.0	17.5	870	15.7	22.0
2	S	33.2	25.0	0.0	25.0	-933	21.5	20.0	919	15.7	22.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 ScI_{max} Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm²]
 ScI_{min} Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm²]
 Sc Eff Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [daN/cm²]
 K3 Coeff. di normativa = 0,25 (Scmin + ScEff)/(2 Scmin)
 Beta12 Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2
 Eps Deformazione unitaria media tra le fessure
 Srm Distanza media in mm tra le fessure
 Ap.fess. Apertura delle fessure in mm = 1,7*Eps*Srm

N.Comb.	Ver	ScI _{max}	ScI _{min}	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.
1	S	51.2	-49.6	0.0	0.125	1.0	0.000671	149	0.170
2	S	18.7	-19.3	0.0	0.125	1.0	0.000187	203	0.064

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	65.9	0.0	0.0	0.0	-1806	6.0	8.7	870	15.7	22.0
2	S	24.4	25.0	0.0	25.0	-685	21.5	9.2	919	15.7	22.0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	ScI _{max}	ScI _{min}	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.
1	S	42.0	-40.7	-11.9	0.162	0.5	0.000641	166	0.180
2	S	13.7	-14.1	-3.9	0.159	0.5	0.000137	219	0.051

9.4 Verifiche a SLU e SLE per flessione. Armatura TIPO 2.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: SolettaSpalla

(Percorso File: C:\LUSAS145\Projects\Favarella\modelli\solettaSpalla.sez)

Descrizione Sezione: Soletta prima campata. Sbalzo.
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Tipologia sezione: Sezione predefinita
 Forma della sezione: Rettangolare
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Poco aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica
 Posizione sezione nell'asta: In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C32/40
 Resis. compr. di calcolo fcd : 188.00 daN/cm²

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 107 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	---

Resis. compr. ridotta fcd' : 94.00 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec : 336430 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione fctm: 31.00 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
 Combinazioni Rare in Esercizio
 Sc Limite : 199.20 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista
 Combinazioni Frequenti in Esercizio
 Sc Limite : 199.20 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura ftk: 4500.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo ftd: 3913.0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
 Coeff. Aderenza ist. B1*B2 : 1.00 daN/cm²
 Coeff. Aderenza diff. B1*B2 : 0.50 daN/cm²
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0 cm
Altezza:	25.0 cm
Barre inferiori :	5Ø20 (15.7 cm ²)
Barre superiori :	10Ø20 (31.4 cm ²)
Coprifero barre inf.(dal baric. barre) :	6.5 cm
Coprifero barre sup.(dal baric. barre) :	3.5 cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione			
N.Comb.	N	Mx	Vy	MT
-----	-----	-----	-----	-----
1	0	-20000	10	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione	
N.Comb.	N	Mx
-----	-----	-----
1	0	-14837

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione	
N.Comb.	N	Mx
-----	-----	-----
1	0	-11910

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 108 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	---

RISULTATI DEL CALCOLO

Coprifero netto minimo barre longitudinali: 2.5 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.3 cm
 Coprifero netto minimo staffe: 1.7 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult) e (N,Mx)
Yneutro	Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
x/d	Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.
C.Rid.	Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi) Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue Area efficace barre inf. (per presenza di torsione)= 15.7 cm ² Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 31.4 cm ²

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	0	-20000	19	-22287	1.114	7.3	0.34	0.86

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Yc max	ef min	Yf min	ef max	Yf max
1	0.00350	-0.00164	0.0	0.00038	6.5	-0.00681	21.5

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress. (+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/cm ²])
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress. (+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/cm ²])
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm ²]
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
Af eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace (verifica fess.)
D barre	Distanza media in cm tra le barre tese efficaci (verifica fess.)

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	147.2	0.0	0.0	0.0	-2654	6.5	17.5	762	31.4	9.7

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
ScI _{max}	Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm ²]
ScI _{min}	Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm ²]
Sc Eff	Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [daN/cm ²]
K3	Coeff. di normativa = 0,25 (Sc _{min} + Sc _{Eff})/(2 Sc _{min})
Beta12	Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2
Eps	Deformazione unitaria media tra le fessure
Srm	Distanza media in mm tra le fessure
Ap.fess.	Apertura delle fessure in mm = 1,7*Eps*Srm

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX
	Pagina 109
	Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcat_dx.doc.

N.Comb.	Ver	ScI _{max}	ScI _{min}	Sc Eff	K3	Beta ₁₂	Eps	Srm	Ap.Fess.
1	S	113.9	-98.9	0.0	0.125	1.0	0.001196	94	0.190

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw	Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	118.1	0.0	0.0	0.0	-2130	6.5	7.6	762	31.4	9.7	

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	ScI _{max}	ScI _{min}	Sc Eff	K3	Beta ₁₂	Eps	Srm	Ap.Fess.
1	S	91.4	-79.4	-27.3	0.168	0.5	0.000984	102	0.170

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 DAL KM 44+000 ALLO SVINCOLO CON L'A19 <i>Progetto Esecutivo</i>	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di Calcolo Impalcato - Carreggiata DX Pagina 110 Nome file: VI15-F- CL003_C.00_relazione_calcolo_impalcato_DX.doc.
---	---

9.5 Verifica a taglio

La verifica a taglio è riportata nei paragrafi seguenti.

$$\begin{aligned}
 V_{sd} &= 329.00 \text{ kN} \\
 f_{yd} &= 391.3 \text{ N/mm}^2 \\
 f_{ck} &= 33.2 \text{ N/mm}^2 \quad \text{C32/40} \\
 f_{cd} &= 18.81 \text{ N/mm}^2 \\
 f'_{cd} &= 9.41 \text{ N/mm}^2 \\
 \cot \theta &= 2.50 \quad 1 \leq \cot \theta \leq 2.5 \\
 d &= 160 \text{ mm} \quad \text{altezza utile minima} \\
 b_c &= 1000 \text{ mm} \quad \text{Base sezione} \\
 \phi_w &= 8 \text{ mm} \\
 \alpha &= 45 \\
 n \text{ bracci} &= 5 \\
 s &= 92.5 \text{ mm} \\
 A_{sw} &= 251 \text{ mm}^2 \\
 A_{sw}/s &= 2.717 \text{ mm}^2/\text{mm} \\
 \alpha_c &= 1 \text{ membrature non compresse} \\
 \phi_l &= 20 \text{ mm} \\
 n \text{ ferri long. tesi} &= 5 \\
 A_{sl} &= 1570.8 \text{ mm}^2 \\
 \rho_l = A_{sl} / (b_w d) &= 0.010 \\
 k = 1 + (200/d)^{1/2} &= 2.00 \\
 \sigma_{cp} &= 0 \text{ N/mm}^2 \\
 v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} &= 0.57 \text{ N/mm}^2 \\
 V_{Rdmin} = (v_{min} + 0.15 \sigma_{cp}) b_w d &= 91.26 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$V_{Rd} = \{ 0.18 k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + \sigma_{cp} \} b_w d \geq V_{Rdmin} \quad 183.99 \text{ kN}$$

$$V_{Rcd} = 0.9 d b_w \alpha_c f'_{cd} (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \theta) = \quad 653.93 \text{ kN}$$

$$V_{Rsd} = 0.9 d A_{sw} / s f_{yd} (\cot \alpha + \cot \theta) \sin \alpha = \quad 378.90 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) = \quad 378.90 \text{ kN}$$