

Committente:



AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.P.A.

Via Camboara 26/A - Frazione Ponte Taro - 43015 NOCETO (PR)

Impresa Esecutrice:



AUTOSTRADA DELLA CISA A15

RACCORDO AUTOSTRADALE A15/A22

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-BRENNERO

RACCORDO AUTOSTRADALE FRA L' AUTOSTRADA DELLA CISA-FONTEVIVO (PR)

E L' AUTOSTRADA DEL BRENNERO-NOGAROLE ROCCA (VR). I LOTTO.

C.U.P. G61B04000060008

C.I.G. 307068161E

PROGETTO ESECUTIVO

AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.p.A.

Il Direttore TIBRE:

Il Responsabile del Procedimento:

Il Presidente:

IMPRESA ~~PIZZAROTTI~~ **PIZZAROTTI & C. S.p.A.**

Il Direttore Tecnico *Teoria* **Il Responsabile del Progetto**

Dot. Ing. Luca Bondanelli

Il Geologo:

PROGETTAZIONE DI:

Il Progettista:



Ing. Giovanni Piazza

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n. A-27296

A.T.I.:



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo, n. 392

Consulenza specialistica a cura di:

Progettista Responsabile Integrazione Prestazioni Specialistiche:
Impresa Pizzarotti & C. S.p.A.

Ing. Pietro Mazzoli

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 821

Titolo Elaborato:

Data Emissione Progetto:

**Asse Principale
Cavalcavia**

18/03/2014

Ponte svincolo A1 sul torrente Recchio (ramo E)

Scala:

Relazione tecnica e di calcolo - Impalcato

Identif. Elaborato:

N.RO IDENTIFICATIVO	CODICE COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	AMBITO	CAT OPERA	N OPERA	PARTI OP	TIPO DOC	N Progr. Doc.	REV.
	RAAA	1	E	V	AP	PV	03	G	RE	001	C
C	11/02/2015				REVISIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA A15		MAFFEI		PIAZZA		MAZZOLI
B	10/10/2014				REVISIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA RINA (l'indica le parti modificate con l'ultima rev.)		MAFFEI		PIAZZA		MAZZOLI
A	25/06/2014				RIEMMISSIONE PROGETTO ESECUTIVO		MAFFEI		PIAZZA		MAZZOLI
Rev.	Data				DESCRIZIONE REVISIONE		Redatto		Controllato		Approvato

SOMMARIO

1	GENERALITA'	3
1.1	Oggetto	3
1.2	Descrizione delle opere	3
1.3	Esecuzione del manufatto	4
2	NORMATIVA	5
2.1	Cemento armato e acciaio	5
2.2	Sismica	5
2.3	Carichi e sovraccarichi	5
2.4	Opere di sostegno e fondazioni	5
2.5	Ponti stradali	6
3	NORME TECNICHE	7
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	8
4.1	Calcestruzzi – Caratteristiche ai fini della durabilità	8
4.2	Calcestruzzi – parametri di calcolo	9
4.2.1	Calcestruzzo per soletta d'impalcato	9
4.2.2	Calcestruzzo per travi prefabbricate	9
4.3	Acciaio	10
4.3.1	Acciaio ordinario per armature c.a.	10
4.3.2	Acciaio armonico per travi prefabbricate	10
5	CALCOLI STATICI STRUTTURE D'IMPALCATO	11
5.1	Analisi soletta d'impalcato	11
5.1.1	Sollecitazioni	11
5.1.2	Verifiche	12
6	VERIFICA DI AUTOPORTANZA PEDALLE TRALICCIAE	15
7	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI	17
7.1	CALCOLO DIRETTO DELLE SOLLECITAZIONI	17
8	CONCLUSIONI	19
9	ALLEGATO 1 – IMPALCATO LC=29.66m	20

1 GENERALITA'

1.1 OGGETTO

La presente relazione è relativa al Progetto Esecutivo dei lavori per la realizzazione del "Raccordo autostradale A15/A22 Corridoio plurimodale Tirreno-Brennero Raccordo autostradale tra l'Autostrada della Cisa – Fontevivo (PR) e l'Autostrada del Brennero – Nogarole Rocca (VR) – I Lotto da Fontevivo (PR) all'autostazione "Tecasali – Terre Verdiane" e opere accessorie".

In particolare, sono illustrati i calcoli e le verifiche statiche relative all'impalcato del [Ponte Svincolo A1 sul Torrente Recchio \(ramo E\)](#).

La struttura è del tipo a travate rettilinee semplicemente appoggiate. In c.a.p. prefabbricate e precomprese in stabilimento con armature a fili aderenti.

E' previsto il getto in opera di collegamento dei trasversi e della soletta soprastante in cao.

La luce di calcolo è pari a **29,66 m**.

Le Azioni Variabili da Traffico sono state valutate con riferimento ad un Ponte di 1° Categoria ai sensi del DM 04/05/1990.

1.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE

La larghezza complessiva dell'impalcato è pari a **9,51 m**, costituito da **8,25 m** di piattaforma stradale fiancheggiata da due cordoli laterali di larghezza pari a **0,63 m**.

L'impalcato è costituito da **cinque** travi in c.a.p. a cassone (H = **1,30 m**), poste ad interasse **1,64 m** e solidarizzate dalla soletta di completamento in c.a. di spessore medio pari a **0,30 m**. In senso trasversale le travi sono collegate da trasversi di testata.

E' previsto che il getto della soletta avvenga su lamiera grecata.

Lo schema statico, con riferimento ai carichi verticali, è di travi appoggiate alle estremità.

Nella figura seguente è riportata la sezione rappresentativa dell'impalcato:

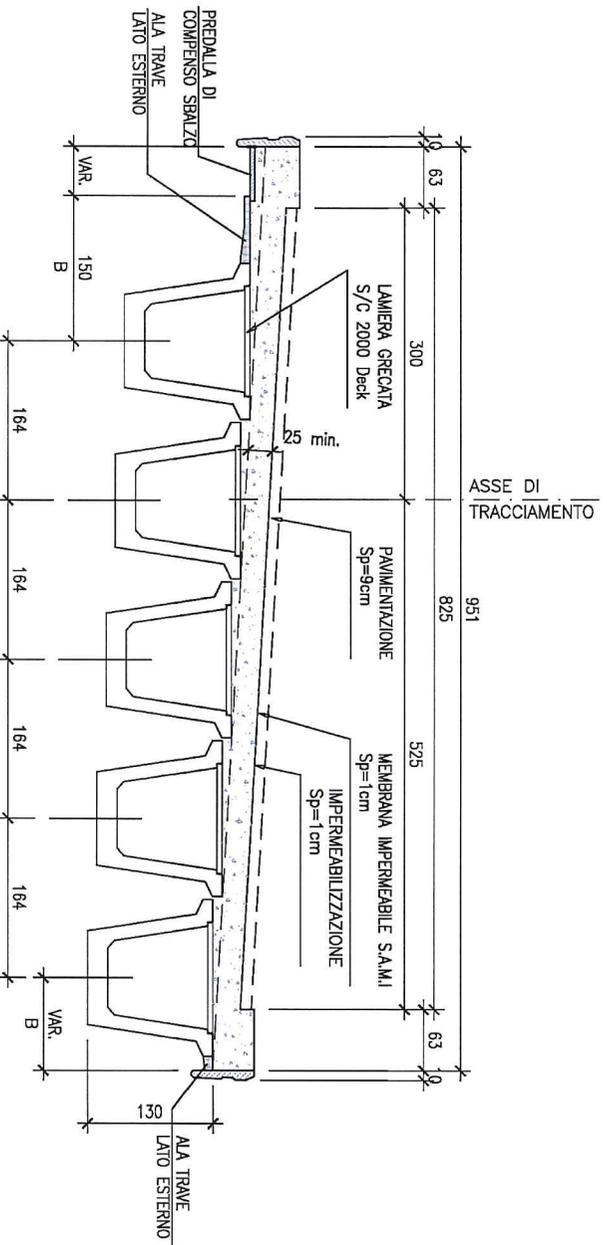


Figura 1 – Sezione trasversale corrente

Nella figura seguente è riportata la sezione longitudinale del ponte:

2 NORMATIVA

I calcoli sono stati svolti in ottemperanza alla normativa posta a base del progetto definitivo a base d'appalto, antecedente alla entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14/01/2008 e relative Istruzioni applicative.

2.1 CEMENTO ARMATO E ACCIAIO

- 1 - Legge 5-11-1974 n° 1086: "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica".
- 2 - D.M. 9-1-1996: "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche", per quanto riguarda le prescrizioni sui materiali.
- 3 - Circ. Ministeriale protocollo n° 252/DD.GG./STC del 15-10-1996: "Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato".
- 4 - CNR 10011/97: "Costruzioni di Acciaio – Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione".
- 5 - CNR 10016/2000: "Strutture composte di acciaio e calcestruzzo istruzioni per l'impiego nelle costruzioni".
- 6 - UNI EN 206-1:2001: "Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- 7 - UNI 11104: "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità, Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1".

2.2 SISMICA

- 8 - Ordinanza 20-3-2003 n. 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri pubblicata sul supplemento Ordinario G.U. n° 105 del 08/05/2003: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normativa tecnica per la costruzione in zona sismica – Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici".
- 9 – Dipartimento della Protezione Civile - Ufficio Servizio Sismico Nazionale 04/06/2003: "Nota esplicativa dell'Ordinanza 20 marzo 2003 n. 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri".
- 10 - Ordinanza 2-10-2003 n. 3316 della Presidenza del Consiglio dei Ministri: "Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003"

2.3 CARICHI E SOVRACCARICHI

- 11 - D.M. 16-1-1996: "Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- 12 – Circ. LL.PP. protocollo n. 156 AA.GG./STC del 4-7-1996: "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi di cui al D.M. 16-01-1996".

2.4 OPERE DI SOSTEGNO E FONDAZIONI

- 13 - D.M. 11-3-1988: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, ed i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- 14 - Circ. LL.PP. 24-9-1988 n° 30483: "Istruzioni relative alle Norme Tecniche del D.M. 11.3.88" citato al punto 13.
- 15 – Eurocodice 7 UNI ENV 1977-1, Aprile 1997
- 16 – Eurocodice 7 preEN 1977-1, Gennaio 2004

2.5 PONTI STRADALI

17 - D.M. 4-5-1990: "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione e il collaudo dei ponti stradali".

18 - Circ. Min. LL.PP. n° 34233 del 25-2-1991: "Istruzioni relative alla Normativa tecnica dei ponti stradali".

3 NORME TECNICHE

I calcoli e le verifiche di resistenza relative alle sezioni più sollecitate vengono condotte nel rispetto del metodo degli stati limite secondo quanto previsto nella Sezione II del D.M. 09-01-1996.

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Di seguito si riepilogano le caratteristiche di resistenza considerate in sede di calcolo:

4.1 CALCESTRUZZI – CARATTERISTICHE AI FINI DELLA DURABILITÀ

Al fine di valutare le caratteristiche vincolanti delle miscele di calcestruzzo nei confronti della durabilità viene fatto riferimento alla norma EN 206-1 ed alla norma UNI 11104.

Di seguito, per ciascun elemento viene riportata la classe di esposizione che risulta vincolante ai fini delle caratteristiche della miscela. Inoltre, sono riportati la classe di resistenza, la classe di contenuto in cloruri, la dimensione massima degli aggregati, la classe di consistenza ed il copriferro nominale delle armature:

Calcestruzzo per travi prefabbricate *:

Classe di esposizione	XC4+XD3+XF4
Classe di resistenza caratteristica a compressione	C45/55
Classe di resistenza caratteristica al taglio dei trefoli	50 MPa
Classe di contenuto in cloruri	0.20
Dimensione nominale max aggregati	20/25 mm
Classe di consistenza	S4/S5
Rapporto A/C	0.45
Contenuto minimo di cemento	360
Copriferro nominale	55 mm

Calcestruzzo per soletta impalcato (getti in opera) **:

Classe di esposizione	XC4+XD3+XF4
Classe di resistenza caratteristica a compressione	C35/45
Classe di contenuto in cloruri	0.20
Dimensione nominale max aggregati	25 mm
Classe di consistenza	S4/S5
Rapporto A/C	0.45
Contenuto minimo di cemento	360
Copriferro nominale	60 mm

***Calcestruzzi confezionati con additivi tali da garantire un ritiro igrometrico inferiore a 90 µmetro.*

4.2 CALCESTRUZZI – PARAMETRI DI CALCOLO

4.2.1 CALCESTRUZZO PER SOLETTA D'IMPALCATO

Resistenza a compressione caratteristica cubica	Rck	Mpa	45
Resistenza a compressione caratteristica cilindrica	fck	Mpa	37.35
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk}=0.70 \times 0.27 \times (Rck^2)^{1/3}$	Mpa	2.39
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	$f_{ctfk}=1.2 \times f_{ctk}$	Mpa	2.87
Modulo elastico	$E_c=5700 \times (Rck)^{1/2}$	Mpa	38237

STATI LIMITE ULTIMI

coefficiente γ_c	Var	unità	1.60
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd}=f_{ck}/\gamma_c$	Mpa	23.34
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd}=f_{ctk}/\gamma_c$	Mpa	1.49

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

oc max - gruppi a,b - combinazione di carico rara	ocmax=0.60fck	Mpa	22.41
oc max - gruppi a,b - combinazione di carico q;perm	ocmax=0.45fck	Mpa	16.81

ANCORAGGIO DELLE BARRE

Tensione tangenziale ultima di aderenza - acc. A.d.	$f_{bd}=2.25 \cdot f_{ctk}/\gamma_c$	Mpa	3.36
---	--------------------------------------	-----	------

Per le verifiche a fessurazione si considerano:

- condizioni di ambiente "aggressivo",

La tabella seguente riepiloga il valore limite di apertura delle fessure previsto dalle [17] per le combinazioni di carico Fill ed FIII, il coefficiente maggiorativo previsto dalle [2] in relazione al rapporto tra copriferro realmente adottato e copriferro minimo di normativa ed infine il valore di apertura limite di progetto considerato:

Membratura	Ambiente	Combinazione	Wk,lim [mm]	c / cmin	Wk,lim [mm]
					Wk,lim [mm]
Soletta – getti in opera	Aggressivo	Fill	0.20	60 / 20 = 3 > 1.5	0.20 x 1.5 = 0.30
		FIII	0.10		0.10 x 1.5 = 0.15
		FIII	0.10		0.10 x 1.5 = 0.15

4.2.2 CALCESTRUZZO PER TRAVI PREFABBRICATE

In ottemperanza alla normativa di riferimento, le tensioni normali di **esercizio** non devono superare i seguenti valori:

Tensione ammissibile a compressione ($0.5 \times f_{ck} = 0.5 \times 0.83 \times R_{ck}$)	= 22.83 MPa
Tensione ammissibile a trazione ($0.03 \times f_{ck} = 0.03 \times 0.83 \times R_{ck}$)	= -1.37 MPa
Tensione ammissibile a trazione (con armatura sussidiaria) ($0.07 \times f_{ck} = 0.07 \times 0.83 \times R_{ck}$)	= -3.20 MPa

In ottemperanza alla normativa di riferimento, le tensioni normali **al taglio dei trefoli** non devono superare i seguenti valori:

Tensione ammissibile a compressione ($0.6 \times f_{ck} = 0.6 \times 0.83 \times R_{ck}$)

= 24.90 MPa

Tensione ammissibile a trazione ($0.05 \times f_{ck} = 0.05 \times 0.83 \times R_{ck}$)

= -2.08 MPa

Tensione ammissibile a trazione (con armatura sussidiaria) ($0.1 \times f_{ck} = 0.1 \times 0.83 \times R_{ck}$)

= -4.15 MPa

4.3 ACCIAIO

4.3.1 ACCIAIO ORDINARIO PER ARMATURE C.A.

Tipo di acciaio

B450C

Ai fini del calcolo in accordo al quadro normativo di riferimento per le analisi e le verifiche statiche si considerano le tensioni di calcolo indicate dal DM96 per acciaio FeB44K ($\phi \leq 26$ mm) e per acciaio FeB38K ($\phi > 26$ mm):

Per armature di diametro $\phi \leq 26$ mm:

Tensione caratteristica di snervamento

f_{yk}

Mpa

430

Modulo elastico

E_s

Mpa

206000

STATI LIMITE ULTIMI

Var

unità

coefficiente γ_s

γ_s

1.15

Resistenza di calcolo

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

Mpa

373.9

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Var

unità

σ_y max - combinazione di carico rara

σ_y max=0.70 f_{yk}

Mpa

301

Per armature di diametro $\phi > 26$ mm:

Tensione caratteristica di snervamento

f_{yk}

Mpa

375

Modulo elastico

E_s

Mpa

206000

STATI LIMITE ULTIMI

Var

unità

coefficiente γ_s

γ_s

1.15

Resistenza di calcolo

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

Mpa

326.1

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Var

unità

σ_y max - combinazione di carico rara

σ_y max=0.70 f_{yk}

Mpa

262.5

4.3.2 ACCIAIO ARMONICO PER TRAVI PREFABBRICATE

Tensione caratteristica di rottura

f_{pk}

1860 MPa

Tensione caratteristica all'1% di deformazione

$f_{p(1)k}$

1670 MPa

Tensione iniziale di tesatura al martinetto

σ_{spi}

1420 MPa

5 CALCOLI STATICI STRUTTURE D'IMPALCATO

Il calcolo dell'impalcato è stato effettuato con il software PONTI 2001 prodotto da Sigmascsoft.

Il programma risolve il problema strutturale della determinazione delle sollecitazioni nei vari elementi con il metodo di Massonet. Per la valutazione dell'evolvere dello stato tensionale delle travi prefabbricate e degli altri elementi strutturali nel tempo vengono fissate delle fasi di costruzione dell'impalcato. Ciò permette di controllare la rispondenza delle verifiche anche delle fasi transitorie, che possono essere più limitative delle verifiche di esercizio.

Un'ipotesi fondamentale nello svolgimento dei calcoli è quella della conservazione delle sezioni piane per tutti gli elementi strutturali verificati. Da ciò ne consegue che è sufficiente verificare le tensioni dei materiali nei punti più distanti dall'asse baricentrico, risultando le tensioni nei punti intermedi contenute tra la massima ad un lembo e la minima all'altro.

In allegato 1 si riporta il tabulato prodotto dal programma utilizzato.

Oltre alle verifiche di resistenza sono anche riportate le verifiche a rottura delle travi prefabbricate.

Inoltre, sono effettuate anche le verifiche di deformabilità.

Come è possibile evincere tutte le verifiche forniscono esito positivo.

5.1 ANALISI SOLETTA D'IMPALCATO

5.1.1 SOLLECITAZIONI

Secondo quanto riportato nell'Allegato 1, le sollecitazioni agenti sulla soletta sono le seguenti:

	Momento massimo	Momento minimo
effetto locale perm.	239.2031	-159.4688
effetto globale acc.	2275.0000	-1412.9629
	2486.6497	-2184.2518
M totale (Kgcm/cm)	5000.8528	-3756.6835

Di seguito si riportano le sollecitazioni combinate secondo il DM96 per le verifiche allo SLU e allo SLE, riferite a una sezione di profondità unitaria.

Fil: Le sollecitazioni sono ottenute tramite la seguente: $M = M_{perm} + M_{acc}$

Momento positivo per le verifiche alle SLE – Combinazioni Fil $M+SLE_{Fil} = 50.01$ kNm

Momento negativo per le verifiche alle SLE – Combinazioni Fil $M-SLE_{Fil} = -37.57$ kNm

FilI: Le sollecitazioni sono ottenute tramite la seguente: $M = M_{perm} + 0.7 M_{acc}$

Momento positivo per le verifiche alle SLE – Combinazioni FilI $M+SLE_{FilI} = 35.72$ kNm

Momento negativo per le verifiche alle SLE – Combinazioni FilI $M-SLE_{FilI} = -26.77$ kNm

FilII: Le sollecitazioni sono ottenute tramite la seguente: $M = 1.5 M_{perm} + 1.5 M_{acc}$

Momento positivo per le verifiche alle SLU $M+slu = 75.02$ kNm

Momento negativo per le verifiche alle SLU

M-SLU = -56.36 KNm

5.12 VERIFICHE

In via cautelativa si considera una sezione di altezza pari a 25cm.

L'armatura è costituita da barre $\phi 20/20$ in intradosso e in estradosso.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: soletta_B100-sp25_rev1
(Percorso File: Y:\PROGRAMMI\Pizzarotti\VIABRA\PE\Rel\PV - Ponti_Viadotti\PV_03\PV03_Impalcatto\SEZ-CA\soletta_B100-sp25_rev1.sez)

Descrizione Sezione:

Stati Limite Ultimi

Metodo di calcolo resistenza:

Sezione generica

Tipologia sezione:

A sforzo Norm. costante

Percorso sollecitazione:

Moderat. aggressive

Condizioni Ambientali:

Zona non classificata sismica

Riferimento sforzi assegnati:

Asi x,y principali d'inerzia

Riferimento alla similità:

Zona non classificata sismica

Posizione sezione nell'asta:

In prossimità dell'attacco a nodo

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: Rck450
 Resist. compr. di calcolo fcd : 198.39 daN/cm²
 Resist. trazz. di calcolo fctd: 14.90 daN/cm²
 Modulo Elastico Normale Ec : 3823676 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resist. media a trazione fctm: 34.20 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.I.E. : 15.0
 Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite) :
 Sc Limite : 224.10 daN/cm²
 Apert. Pess.Limite : 0.200 mm
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite) :
 Sc Limite : 168.08 daN/cm²
 Apert. Pess.Limite : 0.100 mm

ACCIAIO - Tipo: FeB44k
 Resist. caratt. snervam. Fyk: 4300.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura ftk: 5400.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo fyd: 3739.1 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo ftd: 3739.1 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo Epu: 0.020
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm²
 Coeff. Aderenza ist. $\beta_1*\beta_2$: 1.00 daN/cm²
 Coeff. Aderenza diff. $\beta_1*\beta_2$: 0.50 daN/cm²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1
 Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: Rck450

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	25.00
3	50.00	25.00
4	50.00	0.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, 0
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, 0
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	-40.00	8.20	20
2	40.00	8.20	20
3	-40.00	16.80	20
4	40.00	16.80	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N.Barra In. Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.
 N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.
 N.Barre Numero di barre generate eguidist. inserite tra la barra iniz. e fin.
 Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø, mm
1	1	2	3	20
2	3	4	3	20

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in dan applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Coppia concentrata in danm applicata all'asse x princ. d'inertzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Coppia concentrata in danm applicata all'asse y princ. d'inertzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [dan] parall. all'asse princ.d'inertzia y
 Vx Componente del Taglio [dan] parall. all'asse princ.d'inertzia x

N. Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	7502	0	0	0
2	0	-5636	0	0	0

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

N Sforzo normale in dan applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Coppia concentrata in danm applicata all'asse x princ. d'inertzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
 My Coppia concentrata in danm applicata all'asse y princ. d'inertzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	0	5001	0
2	0	-3757	0

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

N Sforzo normale in dan applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Coppia concentrata in danm applicata all'asse x princ. d'inertzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
 My Coppia concentrata in danm applicata all'asse y princ. d'inertzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	0	3572	0
2	0	-2677	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
 Inferferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combn. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [in dan] (positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [in danm] riferito all'asse x princ. d'inertzia
 My Momento flettente assegnato [in danm] riferito all'asse y princ. d'inertzia
 N ult Sforzo normale ultimo [in dan] nella sezione (positivo se di compress.)
 Mx ult Momento flettente ultimo [in danm] riferito all'asse x princ. d'inertzia
 My ult Momento flettente ultimo [in danm] riferito all'asse y princ. d'inertzia
 Ms.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult./Mx ult./My ult) e (N/Mx/My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

N. Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Ms.Sic.
1	S	0	7502	0	0	10582	0	1.411
2	S	0	-5636	0	0	-10582	0	1.878

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
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrip. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrip. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ec min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xc min Ascissa in cm della barra corrip. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc min Ordinata in cm della barra corrip. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xf max Ascissa in cm della barra corrip. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yf max Ordinata in cm della barra corrip. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N. Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00268	-50.0	25.0	-0.00123	-40.0	16.8	-0.00620	-40.0	8.2
2	0.00350	-0.00268	-50.0	0.0	-0.00123	-40.0	8.2	-0.00620	40.0	16.8

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

	a	b	c	X/d	C.Rid.
a	Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro ax+by+c=0 nel rif. X,Y,O gen.				
b	Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro ax+by+c=0 nel rif. X,Y,O gen.				
c	Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro ax+by+c=0 nel rif. X,Y,O gen.				
X/d	Rap. di duttilità a rottura in presenza di sola fless. (travi)				
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in trav. continue				
N. Comb.	a	b	c	X/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000577172	-0.010929300	0.361	1.000
2	0.000000000	-0.000577172	0.003500000	0.361	1.000

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = comb.in. non verificata
 Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [dan/cm²]
 Xc max Ascissa in cm della fibra corisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Xc max Ordinata in cm della fibra corisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [dan/cm²]
 Xf min Ascissa in cm della barra corisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Yf min Ordinata in cm della barra corisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di conglomerato [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
 K3 Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
 Ap.fess. Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	103.6	-50.0	25.0	-2112	20.0	8.2	900	218	0.125	0.279
2	S	77.8	50.0	0.0	-1586	20.0	16.8	900	218	0.125	0.144

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	74.0	-50.0	25.0	-1508	20.0	8.2	900	218	0.125	0.122
2	S	55.4	0.0	0.0	-1130	20.0	16.8	900	218	0.125	0.084

I fattori di sicurezza allo SLU sono maggiori di 1 e i valori di apertura delle fessure sono inferiori ai limiti prescritti dalla normativa.

6 VERIFICA DI AUTOPORTANZA PREDALLE TRALICCIAE

In corrispondenza degli sbalzi, il sostegno del getto della soletta è sostenuto da predalle di larghezza pari a 2.40 m, armate ciascuna con 6 trallicci di tipo HD Baustrada 8/10/6 h=165 mm.

La lunghezza dello sbalzo massimo è pari a 69 cm.

In fase di calcolo è stato considerato un sovraccarico accidentale di 1.0 kN/m2.

Di seguito si riportano le verifiche di auto portanza svolte.

DATI GEOMETRICI SOLETTA IN.C.A.

	Var	unità
Altezza complessiva soletta alla estremità inc. sbalzo	hss1	mm
Altezza complessiva soletta alla estremità libera sbalzo	hss2	mm
Luce dello sbalzo	ls	mm
Inclinazione dell'intradosso	inci	0,000
Lunghezza dell'asola	Lasol	450
Estensione del getto di prima fase dall'incastro	Lg1	0

DATI GEOMETRICI PREDALLE

	Var	unità
n. trallicci per dalla	nt	6
altezza traliccio all'incastro	ht	165

Sezione corrente

Armatura superiore trallicci	n	φ	A	At	dl	l
Armatura inferiore trallicci	1	10	mmq	mmq	mm	mm4
Armatura inferiore nella dalla	2	8	79	471	190	2945
	0	0	101	603	34	2413
					0	0
spessore lastra		mm	50			
larghezza lastra		mm	2400			
coefficiente di omogeneizzazione			10			
Area calcestruzzo omog. all'acciaio		mm2	12000			

Caratteristiche geometrico-inerziali

Area totale	Var	unità	13074
Momento statico rispetto al lembo inferiore	At	mm2	410044
Y baricentro rispetto al lembo inferiore	Mstat	mm3	31
Momento d'inerzia dalla tralicciata	Yg	mm	14854461
	Il	mm4	

Sezione assolata d'estremità

Armatura superiore trallicci	n	φ	A	At	dl	l
Armatura inferiore trallicci	1	10	mmq	mmq	mm	mm4
Armatura inferiore nella dalla	2	8	79	471	190	2945
	0	0	101	603	34	2413
					0	0

spessore lastra		mm	50
larghezza lastra		mm	0
coefficiente di omogeneizzazione			10
Area calcestruzzo omog. all'acciaio		mm2	0

Caratteristiche geometrico-inerziali

Area totale	Var	unità	1074
Momento statico rispetto al lembo inferiore	At	mm2	110044
Y baricentro rispetto al lembo inferiore	Mstat	mm3	102
Momento d'inerzia	Yg	mm	6443573
	Il	mm4	

CALCOLI STATICI
FASE 1 - POSA IN OPERA DALLE GETTO DI PRIMA FASE
ANALISI DEI CARICHI

	B	H	γ	p	fac	P	
	m	m	kN/mc	kN/mq		kN/m	
peso proprio dalla							
peso proprio getto di completamento (costante)	p1	2.40	0.05	25.0	1.40	4.20	
peso proprio getto di completamento (variabile)	p2	2.40	0.32	25.0	1.40	26.88	
peso mezzi d'opera	p3	2.40	0.00	25.0	1.40	0.00	
				1.00	1.50	3.60	
peso della vasetta prefabbricata ferma getto	P4	B (m) 2.40	H (m)	L (m)	p (kN/m) 1.30	fac 1.40	P (kN) 4.37

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE

Momento massimo all'incastro	Var	unità	4.87
Taglio massimo	Mmax	kNm	9.75
	Tmax	kN	

VERIFICA DI STABILITA' TRALICCIO ALLO SBALZO

altezza del traliccio all'incastro	Var	unità	0.156
Momento flettente	ht	m	4.87
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	Mmax	kNm	57.3
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	alp	deg	13.3
Storzo massimo nei correnti del traliccio	bet	deg	31.2
Storzo massimo nei correnti aggiuntivi	Nmax1	kN	0.0
	Nmax2	kN	
	Var	unità	cor traliccio
	nc		12
	f	mm	8
	A	mmq	50
	isup	m	0.0020
	L0	m	0.20
	be		1.00
	l		100
	om		2.53
	omax	Mpa	131.0
	Var	unità	superiori
	A	mmq	471
	omax	Mpa	66.3

Verifica dei correnti tesi

A correnti
 $omax = Nmax / A$ (Mpa)

VERIFICA DIAGONALI

altezza del traliccio	ht	m	0.156
n. diagonali	nd		12
Taglio massimo	Tmax	kN	9.75
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	57.3
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	13.3
Storzo massimo nelle diagonali	Nmax	kN	11.9
	f	mm	6.0
	A	mmq	28
	isup	m	0.0015
	L0	m	0.19
	be		0.90
	l		114
	om		3.31
	omax	Mpa	116.0

TENSIONI NEI MATERIALI AL TERMINE DELLA FASE 1/1

Caratteristiche della sollecitazione	Var	unità	4.01
Momento all'incastro	Msdal	kNm	

ARMATURE INFERIORI ALL'INCASTRO

Momento flettente	Mmax	kNm	4.01
Storzo massimo nei correnti	Nmax	kN	25.7
Tasso di esercizio nei correnti inferiori	Var	unità	inferiori
$omax = Nmax / A$ (Mpa)	omax	Mpa	42.7

VERIFICA CONNESSIONE PEDALLA - GETTI IN OPERA

Max taglio	Var	unità	149.37
Momento d'inerzia della sezione resistente	Vmax	kN	0.0042
Momento statico allestradosso della pedalla	Is	m ⁴	0.008
Forza di scorrimento al contatto getto-pedalla	Sx	m ³	679.4
n. staffe per mt	Fmax	kN	120.0
Forza di tranciamento sulla singola staffa	ns		5.7
Area resistente a taglio	Ftranc	kN	34.5
tensione di tranciamento	A	mmq	164.0
	fd max	Mpa	

7 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

Nel presente paragrafo è riportato un esempio numerico atto a confermare le ipotesi di calcolo assunte ed i risultati ottenuti.

7.1 CALCOLO DIRETTO DELLE SOLLECITAZIONI

Nel caso in esame sono stati confrontati i valori delle sollecitazioni di taglio all'appoggio e momento massimo in campata ricavate dal programma di calcolo sulla trave di verifica per effetto dei carichi permanenti (peso proprio trave, soletta, cordoli e pavimentazione).

L'analisi è effettuata con riferimento ai valori nominali dei carichi.

Peso proprio trave

La trave ha un peso pari a:

- 21.695 kN/m da $x=0$ a $x=1.5$ e da 28.16 a 29.66 L=3.0m
- 17.840 kN/m da $x=1.5$ a $x=1.8$ e da 27.86 a 28.16 L=0.6m
- 13.985 kN/m da $x=1.8$ a $x=27.86$ L=26.06 m

Con riferimento allo schema di trave appoggiata il taglio massimo è pari a:

$$T_{g1} = (21.695 \times 3 + 17.84 \times 0.6 + 13.985 \times 26.06) / 2 = 220.12 \text{ KN}$$

Con riferimento allo schema di trave appoggiata il momento massimo è pari a:

$$M_{g1} = 21.695 \times 1.5 \wedge 2 / 2 + 17.84 \times 0.3 \times (1.5 + 0.3 / 2) + (13.985 \times 26.06) \times 29.66 / 4 - (13.985 \times 26.06) \times 26.06 / 8 = 1578 \text{ kNm}$$

Tale valore è lo stesso che riportato dal software.

Peso proprio soletta

La soletta presenta spessore medio pari a 30cm. Il tratto di soletta che grava sulla trave di bordo ha estensione pari a 2.295m, pertanto il peso della soletta è pari a:

$$g_{sol} = 25 \times 0.3 \times 2.295 = 17.21 \text{ kN/m}$$

Con riferimento allo schema di trave appoggiata il taglio massimo è pari a:

$$T_{gsol} = 17.21 \times 29.66 / 2 = 255.2 \text{ KN}$$

Con riferimento allo schema di trave appoggiata il momento massimo è pari a:

$$M_{gsol} = 17.21 \times 29.66 \wedge 2 / 8 = 1893 \text{ kNm}$$

Tale valore è lo stesso che riportato dal software.

Peso pavimentazione e cordoli

La pavimentazione ha un peso per unità di superficie pari a 3kPa e si estende su tutta la pavimentazione, larga 8.25m. Considerando il carico uniformemente ripartito sulle 5 travi, si ha, sulla singola trave:

$$g_{pav} = 3 \times 8.25 / 5 = 4.95 \text{ kN/m}$$

I 2 cordoli sono alti 15cm e larghi 63cm ciascuno. Ipotizzando che gravino allo stesso modo sulle 5 travi si ha:

$$g_{cordoli} = 25 \times 0.15 \times 0.63 \times 2 / 5 = 0.945 \text{ kN/m}$$

Complessivamente si ha un carico pari a 5.895 kN/m.

Con riferimento allo schema di trave appoggiata il taglio massimo è pari a:

$$T_{pav+cordoli} = 5.895 \times 29.66 / 2 = 87.42 \text{ KN}$$

Con riferimento allo schema di trave appoggiata il momento massimo è pari a:

$$M_{pav+cordoli} = 5.895 \times 29.66 \wedge 2 / 8 = 648 \text{ kNm}$$

Tale valore è lo stesso che riportato dal software.



CODIFICA DOCUMENTO

RAAA1EVAPPV03GRE001C.doc

REV.
C

FOGLIO
18 di 51

In definitiva, pertanto, i risultati ottenuti dal programma di calcolo possono ritenersi validi.

8 CONCLUSIONI

La presente relazione riguarda l'impalcato del ponte PV03 - Ponte svincolo A1 sul torrente Recchio (ramo E).

La struttura è del tipo a travate rettilinee semplicemente appoggiate. in c.a.p. prefabbricate e precompresse in stabilimento con armature a fili aderenti.

Sono state effettuate l'analisi globale dell'impalcato per la determinazione delle sollecitazioni sulle travi prefabbricate e le relative verifiche, e l'analisi locale della soletta per la determinazione delle sollecitazioni e relative verifiche.

I calcoli e le relative verifiche statiche sono stati svolti in ottemperanza alla normativa posta a base del progetto definitivo a base d'appalto, antecedente alla entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14/01/2008 e relative Istruzioni applicative.

Di seguito sono riepilogati i risultati delle verifiche strutturali delle strutture analizzate:

Travi

Fattore di sicurezza a rottura:

1.793

Tensione massima di compressione nel cls al taglio dei trefoili

204.52 kg/cm²

Tensione massima di trazione nel cls al taglio dei trefoili

0 kg/cm²

Tensione massima di compressione nel cls in esercizio

194.00 kg/cm²

Tensione massima di trazione nel cls in esercizio

-30.96 kg/cm²

Soletta

Fattore di sicurezza allo SLU della soletta:

1.411

Massimo valore di apertura delle fessure per la soletta allo SLE-F:

0.279 mm

Massimo valore di apertura delle fessure per la soletta allo SLE-QP:

0.122 mm

Tensione massima di compressione nel cls allo SLE

103.6 kg/cm²

Tensione massima di trazione nell'acciaio allo SLE

2111.7 kg/cm²

9 ALLEGATO 1 – IMPALCATO LC=29.66m

Pag. 1

PIZZAROTTI - TIBRE - PV03

PV03_re2

pizzarotti_pv03

RELAZIONE DI CALCOLO DELL'IMPALCATO

SIGMAC - Calcolo impalcati stradali in c.a.p. - rel. 4.4 10/2005

SIGMAC SOFT s.n.c. - via della Croce Rossa 42 - Padova

PV03

Documento stampato il 11/02/2015

Archivio : ..\DATAENG\PROG7\PROB1

INDICE

Pag. 3	- Unita' di misura e convenzioni di segno Dati geometrici dell'impalcato
Pag. 4	- Modalita' di costruzione dell'impalcato Modalita' di costruzione delle travi
Pag. 5	- Sovraccarichi adottati e norme di calcolo
Pag. 6	- Caratteristiche dei materiali
Pag. 7	- Metodo ed ipotesi di calcolo Sistema di riferimento
Pag. 8	- Ripartizione trasversale dei carichi
Pag. 9	- Analisi dei carichi
Pag. 11	- Parametri di sollecitazione sulla trave prefabbricata
Pag. 12	- Parametri di sollecitazione sulla soletta

Pag. 2

Pag. 13	- Sezione della trave prefabbricata TIBRE_130
Pag. 14	- Armature di precompressione
Pag. 15	- Cadute di tensione
Pag. 17	- Calcolo delle tensioni nella trave prefabb.
Pag. 23	- Tensioni nella trave prefabbricata Tensioni nelle armature di precompressione
Pag. 24	- Verifica delle armature a taglio
Pag. 25	- Verifica a rottura per la sezione di mezzeria
Pag. 26	- Verifica delle deformazioni
Pag. 27	- Verifica della soletta
Pag. 28	- Indice analitico

PIZZAROTTI - TIBRE - PV03

PV03_re2

pizzarotti_pv03

UNITA' DI MISURA E CONVENZIONI DI SEGNO

Ove non sia diversamente specificato, le grandezze contenute nella presente relazione sono espresse nelle seguenti unita' di misura :

lunghezza : cm
forza : Kg

I diametri delle barre di armatura lenta sono sempre espressi in millimetri, i diametri dei trefoli di precompressione sono invece espressi in pollici (=25.4 mm) .

I carichi agenti sull'impalcato sono, come e' naturale assumere, positivi se diretti verso il basso.

Le tensioni sono positive se di compressione nel calcestruzzo, e positive se di trazione per quanto riguarda l'acciaio.

DATI GEOMETRICI IMPALCATO

Luce di calcolo	2966.000
Larghezza cordolo sinistro	63.000
Larghezza carreggiata	825.000
Larghezza cordolo destro	63.000
Larghezza fuori tutto	951.000
Tipo travi	TIBRE_130
Larghezza sezione	160.000
Lunghezza retrotrave	102.000
Lunghezza ringrosso	252.000
Lunghezza svasatura	30.000
Numero travi	5
Interasse travi	164.000
Eccentricita' travi-soletta	0.000
Spessore medio soletta	30.000
Spessore minimo soletta	25.000
Luce di calcolo soletta	135.000
Spessore medio cordoli	15.000
Spessore pavimentazione	10.000

MODALITA' DI COSTRUZIONE DELL'IMPALCATO

L'impalcato viene realizzato con travi prefabbricate in c.a.p. e getto in opera di traversi e soletta collaboranti.
Le travi sono autoportanti, non necessitano quindi di alcuna rompitratta o puntellamento provvisorio durante l'esecuzione dell'impalcato.
Si distinguono due fasi successive di lavoro:

Prima fase :

Le travi semplicemente appoggiate agli estremi resistono da sole al peso proprio ed a quello della soletta gettata in opera.

Seconda fase:

Il sistema misto travi precomprese e soletta gettata in opera, divenuto solido dopo la maturazione del calcestruzzo, resiste al peso delle sovrastrutture e dei carichi accidentali.

MODALITA' DI COSTRUZIONE DELLE TRAVI

Le travi vengono costruite in uno stabilimento di prefabbricazione e successivamente trasportate a pie' d'opera e varate. Il sistema di precompressione e' del tipo a fili aderenti.

I trefoli che costituiscono l'armatura di precompressione vengono tesati sino alla tensione s spi prevista nella presente relazione.

Disposta l'armatura lenta per gli sforzi di taglio (staffe), ultimata la tesatura e fissata la casseratura, si procede al getto del calcestruzzo.

La maturazione del calcestruzzo avviene con ciclo termico a vapore opportunamente tarato in funzione del mix-design e della resistenza Rckj che e' richiesta al momento del taglio dei trefoli.

Una volta raggiunta la resistenza Rckj si procede all'allentamento delle armature di precompressione ed allo stoccaggio del manufatto.

SOVRACCARICHI ADOTTATI E NORME DI CALCOLO

Nella stesura del calcolo sono rispettate le seguenti norme:

Normative sui ponti stradali :

- D.M. 04.05.1990 - Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo di ponti stradali.
- Circ. Min. LL.PP. 25.02.1991 - Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali.

Normative sulle strutture in c.a. e c.a.p. :

- Legge 05.11.1971 n.1086 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- D.M. 09.01.1996 e D.M. 14.02.1992 - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- Circ. Min. LL.PP. 04.07.1996 - Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.

Normative sulle costruzioni prefabbricate :

- D.M. 03.12.1987 - Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.
- Circ. Min. LL.PP. 16.03.1989 - Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.

Per la stesura della presente relazione si sono inoltre seguite le indicazioni contenute nel documento CNR 10024/84 - Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo per le travi prefabbricate:

Confezionato con proveniente da cava
e con inerte vagliato e lavato 400 kg/mc di cemento Portland.

Rck a tempo infinito >= 550.00 Kg/cm2

in esercizio s adm comp. = 209.00

(con arm. sussidiaria) s adm traz. = -16.50

s adm traz. = -33.00

Rckj al taglio trefoli >= 500.00 Kg/cm2

al taglio dei trefoli s adm comp. = 240.00

(con arm. sussidiaria) s adm traz. = -20.00

s adm traz. = -40.00

Calcestruzzo per il getto integrativo (soletta e traversi):

Rck a tempo infinito >= 450.00 Kg/cm2

in esercizio s adm comp. = 135.00

Acciaio per c.a.p.:

L'acciaio usato per la precompressione delle travi e' trefolo
da 6/10" stabilizzato.

carico a rottura fptk >= 18600.00 Kg/cm2

carico caratteristico all'1% fp(1)k >= 16700.00 Kg/cm2

alla tesatura s spi adm = 15030.00

carichi permanenti s sp adm = 11160.00

carichi mobili s sp adm = 12276.00

cadute di tensione per rilassamento

a 1000 ore (s spi = 0.75 fptk) = 2.20 %

cadute di tensione per rilassamento

a 5000 ore (s spi = 0.75 fptk) = 2.80 %

Acciaio FeB44K

Questo tipo di acciaio costituisce l'armatura per assorbire
gli sforzi di taglio nella trave, gli sforzi di aderenza tra
la trave prefabbricata e la soletta gettata in opera ed altri
sforzi locali di trazione nei manufatti.
Costituisce l'armatura della soletta e dei traversi.



CODIFICA DOCUMENTO
RAAA1EVAPPV03GRE001C.doc

REV.
C

FOGLIO
26 di 51

tensione di snervamento fyk	>=	4400.00	Kg/cm2
in esercizio	s s	adn =	2600.00
come arm. sussidiaria	s s	adn =	1800.00

METODO ED IPOTESI DI CALCOLO

L'impalcato viene realizzato con 5 travi in semplice appoggio collaboranti tra loro grazie all'azione della soletta. Esso si presenta quindi come una lastra appoggiata sui lati opposti e che presenta una forte ortotropia. Per la ricerca delle sollecitazioni nei vari elementi componenti l'impalcato si ricorre al metodo di Massonet che permette, mediante l'ausilio di opportuni coefficienti, di risolvere la ripartizione dei carichi e conoscere le sollecitazioni.

Il metodo di Massonet considera l'impalcato reale come una lastra rettangolare di larghezza teorica

$$2 \times B = n \times i$$

$n = n.travi$, $i = interasse\ travi$

e lunghezza pari alla luce di calcolo; tiene conto della differenza deformabilita' della lastra in senso longitudinale e in senso trasversale.

Non viene considerato nel calcolo l'effetto dei traversi di testata.

Le verifiche vengono condotte con il metodo delle Tensioni Ammissibili.

SISTEMA DI RIFERIMENTO

Si considera l'impalcato come un piano in cui un sistema di assi ortogonali x, Y individua ogni punto di esso.

L'asse x e' assunto longitudinalmente all'asse delle travi, l'asse Y ortogonalmente.

L'origine di questo sistema di riferimento e' posizionata sulla intersezione tra l'asse di simmetria delle travi prefabbricate e un asse degli appoggi (e' indifferente quale dei due assi appoggi viene assunto come origine x).

Le grandezze Y rappresentano percio' le eccentricita' dei carichi ed hanno segno negativo verso sinistra e positivo verso destra, guardando le sezioni nelle figure allegate.

Le grandezze x sono sempre positive; $x = 1483.00$ e' la mezzzeria dell'impalcato.

L'asse delle z , ortogonale al piano x, Y , ha lo zero sul fondo delle travi prefabbricate ed ha valori positivi verso l'alto.

RIPARTIZIONE TRASVERSALE DEI CARICHI

Parametri di Massonnet :

Luce di calcolo travi principali L = 2966
 Interasse traversi Ll = 1
 Semlarghezza teorica impalcato B = 410
 Interasse travi B1 = 164

Trave :		Traverso :	
Ap =	10514	Ae =	25 cm2
Dp =	97	De =	13 cm
Jp =	32337799	Je =	1302 cm ⁴
Cp =	248789	Ce =	1302 cm ⁴

Larghezza soletta collaborante con trave = 164.00

Coeff. di omogen. cls soletta / cls trave = 1.000

Theta = 0.485 Radice alfa = 0.297

Si calcolano i coefficienti d'influenza della 1a trave che ha una eccentricita' y = 328.000 cm e che risulta essere la piu' sollecitata :

Y	-410	-308	-205	-103	0	103	205	308	410
K0	-1.10	-0.67	-0.22	0.26	0.81	1.44	2.16	2.94	3.73
K1	0.46	0.54	0.63	0.76	0.92	1.12	1.35	1.58	1.78
Kà	-0.64	-0.31	0.03	0.41	0.84	1.34	1.92	2.54	3.15

Si calcolano i coefficienti d'influenza del traverso nella sezione
 Y = 0.00 (Y=0 in asse travi).

àà -.1695 -.0903 -.0071 0.0865 0.1989 0.0865 -.0071 -.0903 -.1695

ANALISI DEI CARICHI

CARICHI PERMANENTI

Peso proprio trave (tratto in campata) 13.985 Kg/cm
(tratto d'estremita') 21.695 Kg/cm
Peso della soletta (1a fase) 17.212

Vengono considerati ripartiti in egual modo tra tutte le travi e distribuiti uniformemente lungo x :

Paviment. (0.030 Kg/cm2) (2a fase) 4.950 Kg/cm/trave
Peso dei cordoli (2a fase) 0.945

Viene considerato concentrato in direzione y e uniformemente distribuito in direzione x :

carico	Kg/cm	ecc. y	K Massonnet	æ Massonnet
Veletta sx	1.3000	-475.500	-0.852	-.21981
Veletta dx	1.3000	475.500	3.539	-.21981
GR+rete sx	2.5000	-445.000	-0.754	-.19635
GR+rete dx	2.5000	445.000	3.358	-.19635

CARICHI MOBILI

Si dispongono sull'impalcato delle colonne di carico formate, come previsto dalle norme citate a pag.5, da un carico convenzionale da 60 tonnellate (qla) posizionato di volta in volta nel modo piu' sfavorevole e, allineato con questo, un carico uniformemente ripartito pari a 3 tonnellate al metro (qlb) e posto ad una distanza di rispetto di 7.50 m dall'asse del carico da 60 Ton.

Di questi valori di carico vengono prese delle aliquote percentuali a seconda della categoria del ponte e della colonna a cui appartengono.

Tutti i carichi mobili vengono amplificati da un coefficiente di incremento dinamico determinato in base alla specifica verifica da eseguire.

Categoria ponte : 1 a

Disposizione carichi mobili per verificare la 1a trave :

	intensita'	eccentricita' K Massonnet	
colonna 1	q1a=100% q1b=100%	237.500	2.110
colonna 2	q1a= 50% q1b= 50%	-112.500	0.371

Coefficiente di incremento dinamico = 1.269

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

Disposizione carichi mobili per verifica traverso a M max
positivo :

	intensita'	eccentricita'	æ medio
colonna 1	q1a=100% q1b=100%	-0.500	0.08900

Disposizione carichi mobili per verifica traverso a M min
negativo :

	intensita'	eccentricita'	æ medio
colonna 1	q1a=100% q1b=100%	-237.500	-.03038
colonna 2	q1a= 50% q1b= 50%	237.500	-.03038
qle destra	0.0000	412.500	-.17139
qle sinistra	0.0000	-412.500	-.17139

Coefficiente di incremento dinamico = 1.400

Le colonne di carico vengono posizionate in direzione x a cavallo dell'ascissa del traverso verificato.

PARAMETRI DI SOLLECITAZIONE SULLA TRAVE PREFABBRICATA

Sezione x = (cm) 1483.00 0.00 490.00 790.00

Precompressione (Kg , Kgcm)

N iniziale 766090 0 574567 651176
M iniziale -30816630 0 -22696907 -25747514
DN taglio tr.-getto sol. -58900 0 -38125 -45226
DM taglio tr.-getto sol. 2369290 0 1506034 1788219
DN getto sol.-tempo inf. -69805 0 -53134 -57375
DM getto sol.-tempo inf. 6312544 0 4766033 5148358

Momento flettente (Kgcm)

Peso proprio travi 15483555 0 8588704 12125461
Peso soletta 18927631 0 10441447 14794488
Peso sovrastuttura 6482404 0 3576025 5066870
Carichi mobili 28864738 0 16850334 23253366
Carichi lineari aggiunt. 2199966 0 1213613 1719569

Taglio (Kg)

Peso proprio travi 0 22012 13887 9691
Peso soletta 0 25526 17092 11928
Peso sovrastuttura 0 8742 5854 4085
Carichi mobili 14413 45760 34728 28566
Carichi lineari aggiunt. 0 2967 1987 1386

Momento torcente (Kgcm)

Carichi mobili -12151 64567 64283 58825
Carichi lineari aggiunt. 0 75395 65461 50495

Per cio' che riguarda le sollecitazioni relative allo stato di coazione generato dal ritiro differenziale trave-soletta, si veda a pagina 16.

PARAMETRI DI SOLLECITAZIONE SULLA SOLETTA

Il momento massimo (che tende le fibre inferiori) dato dall'effetto locale dei carichi sulla soletta viene determinato usando uno schema semplificato di trave in semplice appoggio.

I carichi permanenti considerati sono il peso proprio della soletta, la pavimentazione.

La ricerca del massimo momento flettente generato dai carichi mobili viene condotta individuando il piu' gravoso tra i carichi: q1a (6 assi da 10t) e 1/2 q1a (3 assi da 10t)

come previsto dal D.M. 4 Maggio 1990 - punto 3.4.4.4
Ogni carico da 10t ha una impronta quadrata di lato 75.000 cm. L'impronta e' data dalla diffusione a 45 gradi del carico da 10 Ton (30x30 cm) fino a meta' spessore minimo della soletta. Il carico viene amplificato del fattore di incremento dinamico pari a 1.4 e ripartito longitudinalmente su una lunghezza di 150 cm, pari all'interasse tra i carichi da 10 Ton.

Il momento minimo dato dall'effetto locale viene invece valutato, con uno schema statico di trave perfettamente incastrata.

	Momento massimo	Momento minimo
effetto locale perm.	239.2031	-159.4688
acc.	2275.0000	-1412.9629
effetto globale	2486.6497	-2184.2518
	-----	-----
M totale (Kgcm/cm)	5000.8528	-3756.6835

TRAVE PREFABBRICATA TIBRE_130

Coeff. torsione (per calcolo Massonnet) = 248789.000
Area torsionale (per calcolo tensioni) = 5096.0000

Sezione larga 160.000 cm

Vertice n.	sezione di estremita'		sezione in campata	
	Y	Z	Y	Z
1	-48.000	0.000	-48.000	0.000
2	-65.000	112.500	-65.000	112.500
3	-80.000	119.805	-80.000	119.805
4	-80.000	120.000	-80.000	120.000
5	-80.000	130.000	-80.000	130.000
6	-80.000	130.000	-80.000	130.000
7	-39.300	130.000	-53.500	130.000
8	-23.900	28.000	-38.000	28.000
9	-15.900	21.000	-30.000	21.000
10	15.900	21.000	30.000	21.000
11	23.900	28.000	38.000	28.000
12	39.300	130.000	53.500	130.000
13	80.000	130.000	80.000	130.000
14	80.000	130.000	80.000	130.000
15	80.000	120.000	80.000	120.000
16	80.000	119.805	80.000	119.805
17	65.000	112.500	65.000	112.500
18	48.000	0.000	48.000	0.000

Sezione in campata	Spessore complessivo anime	=	28.000
	Area sezione di calcestruzzo	=	5593.922
	quota z baricentro	=	53.975
	J baricentrico	=	10279858.195
Sezione di estremita'	Spessore complessivo anime	=	56.000
	Area sezione di calcestruzzo	=	8677.922
	quota z baricentro	=	61.649
	J baricentrico	=	14260246.506

I disegni delle sezioni sono riportati nelle figure allegate.



CODIFICA DOCUMENTO
RAAA1EVAPPV03GRE001C.doc

REV.
C

FOGLIO
35 di 51

Larghezza soletta collaborante con trave = 229.50

Tensione iniziale di precompressione = 14200.00

CADUTE DI TENSIONE

RIASSAMENTO DELL'ACCIAIO DA PRECOMPRESSIONE

La caduta di tensione nell'acciaio da precompressione per rilassamento dell'acciaio stesso viene calcolata in base alla tensione iniziale di precompressione s_{spi} .
Viene seguito il metodo indicato dal D.M. 09.01.96 - punto 2.3.6., applicabile qualora si disponga di prove a lunga durata.

Tensione iniziale di precompressione = 14200.00

Operando con una tensione $s_{spi} = 0.75 \text{ fptk}$ si avrebbe una caduta di tensione percentuale pari a :
(D.M. 09.01.96 - punto 2.3.6 - C=3 con prove a lunga durata)

$$2.80 + 3.00 \times (2.80 - 2.20) = 4.60 \%$$

Con una tensione iniziale di precompressione pari a 0.763 fptk, ed adottando la legge di variazione parabolica che ha ordinata nulla e tangente orizzontale per $s_{spi}=0.5\text{fptk}$, si ha invece una caduta di -725.32 pari a 5.11 % di s_{spi} .

RITIRO DEL CALCESTRUZZO

L'accorciamento dovuto al ritiro viene assunto pari a :

$$\text{Eps cs} = 0.000250$$

e la conseguente caduta di tensione nell'acciaio da precompressione viene calcolata in base al modulo elastico dell'acciaio stesso :

$$\text{Delta ssp} = -(0.000250 \times 1900000) = -475.00$$

VISCOSITA' DEL CALCESTRUZZO

Il valore della deformazione lenta del calcestruzzo (viscosita') al fine del calcolo delle cadute di tensione nell'acciaio si assume, secondo le norme (D.M. 09.01.1996 - punto 3.2.7.2), pari a 2.00 volte la deformazione elastica.

RIPARTIZIONE PERCENTUALE DELLE CADUTE DI TENSIONE NELLE FASI :

	Rilass.	Ritiro	Viscosita'
Posa in tens. - taglio trefoli	41.40	25.50	0.00
Taglio trefoli - getto soletta	25.90	25.50	33.30
Getto soletta - tempo infinito	32.70	49.00	66.70

RITIRO DIFFERENZIALE TRAVE - SOLETTA

Quando si esegue il getto della soletta la trave in c.a.p. ha gia' subito una parte del ritiro, mentre la soletta deve ancora subirlo per intero.

Nasce cosi' uno stato di coazione per effetto del ritiro differenziale tra trave e soletta pari a :

$$Epsdiff = 0.0000500$$

Ponendo :

\dot{e} = distanza tra i baricentri di trave e soletta

K = Esoletta x Usoletta / Etrave x Utrave

$$1 \quad 1 \quad 1 \quad \dot{e}^2$$

$$- = \text{-----} + \text{-----} + \text{-----}$$

$$\dot{a} \quad Asol \times Esol \quad Atrave \times Etrave \quad (1+K) \times Utrave \times Etrave$$

si ha :

Forza di compressione sulla trave e di trazione sulla soletta:

$$Nepsdiff = \dot{a} \times Epsdiff = 5344.54$$

Momento flettente agente sulla trave prefabbricata:

$$Mepsdiff = Nepsdiff \times \dot{e} / (1 + K) = 463218.26$$

Momento flettente agente sulla soletta:

$$Msoldiff = Nepsdiff \times \dot{e} \times K / (1 + K) = 23268.25$$

PROCEDIMENTO DI CALCOLO DELLE TENSIONI NELLE SEZIONI PRECOMPRESSE

L'ipotesi alla base delle verifiche dello stato tensionale della trave e' quella di considerare attiva la precompressione a partire da una sezione posta ad una distanza dalla testata pari a 70 volte il diametro dei trefoli utilizzati; nel caso in esame tale lunghezza risulta pari a 107.00 , per cui sono state considerate precompresse tutte le sezioni con $x > 5.00$ (distanza dall'asse di appoggio). Nel tratto che va dall'asse di appoggio fino a questa ascissa le verifiche sono state condotte secondo la consueta teoria del cemento armato, parzializzando le sezioni.

I valori ottenuti dal calcolo sono tabellati a pagina 23.

Per valutare lo stato di sollecitazione della trave distingueremo le seguenti fasi :

Prima fase (sola trave)

- a) al manifestarsi della precompressione
- b) prima del getto della soletta
- c) dopo il getto della soletta

Seconda fase (trave + soletta)

- d) impalcato scarico
- e) impalcato carico

CALCOLO TENSIONI LONGITUDINALI

Prima fase (sola trave)

a) al manifestarsi della precompressione

In base a quanto esposto nel capitolo precedente, le cadute di tensione maturate al momento del taglio dei trefoli sono :

per rilassamento acciaio	-300.28
per ritiro calcestruzzo	-121.13

Sforzo iniziale di precompressione (al taglio dei trefoli) :

$N_{pi} = A_{sp} x ($	14200.00	-	421.41)
$M_{pi} = N_{pi} x (D_t - D_{sp})$			

N_{pi} e' costante lungo la trave, M_{pi} varia invece sezione per



CODIFICA DOCUMENTO

RAAA1EVAPPV03GRE001C.doc

REV.
C

FOGLIO
39 di 51

sezione al variare della posizione z del baricentro della
sezione omogeneizzata.

Subito dopo il taglio dei trefoli, si manifesta la precompressione nella trave che, inarcandosi, risulta sollecitata dallo sforzo di precompressione e dal peso proprio. Si calcolano le tensioni, comprensive dell'effetto della caduta istantanea per deformazione elastica :

s e all'estradosso della trave
s i all'intradosso della trave

b) prima del getto della soletta

Nello spazio di tempo che intercorre tra il taglio dei trefoli e il getto della soletta si sono verificate le ulteriori cadute di tensione nell'acciaio :

per rilassamento acciaio -187.86
per ritiro calcestruzzo -121.13

che saranno costanti lungo la trave e perciò le stesse per tutte le sezioni di verifica, mentre

per viscosità' $\Delta t_{ssp} = - (0.333x2.000x 6.00 x sc)$

dove sc e' la tensione nel calcestruzzo in corrispondenza del baricentro dell'armatura di precompressione.

Le cadute per viscosità' saranno perciò' :

sezione x	caduta per viscosità'
1483.00	-750.36
0.00	0.00
490.00	-605.28
790.00	-647.97

Si calcolano quindi i valori delle cadute di sforzo totale e momento di precompressione :

$\Delta t_{Mp} = \Delta t_{ssp}$
 $\Delta t_{Mp} = \Delta t_{Dsp}$

che sono riportati a pag. 11.

Con questi valori si ricavano le tensioni risultanti ai lembi della trave prima del getto della soletta :

s e all'estradosso della trave
s i all'intradosso della trave

c) dopo il getto della soletta

Il momento dovuto al getto della soletta provoca un ulteriore incremento delle tensioni nella trave prefabbricata :

s e all'estradosso della trave
s i all'intradosso della trave

Seconda fase (trave + soletta)

d) impalcato scarico

Le residue cadute di tensione nell'acciaio sono :

per rilassamento acciaio -237.18
per ritiro calcestruzzo -232.75

che saranno ancora costanti lungo la trave, mentre

per viscosita' Delta ssp = - (0.667x2.000x 6.00 x sc)

con sc tensione nel calcestruzzo in corrispondenza del bari-
centro dei trefoli.

Le cadute per viscosita' saranno percio' :

sezione x	caduta per viscosita'
1483.00	-785.55
0.00	0.00
490.00	-804.28
790.00	-744.09

Vengono calcolati i valori finali della precompressione :

Delta Np = Asp x Delta ssp

Delta Mp = Delta Np x (Dt-Dsp)

Le tensioni nella sezione resistente trave+soletta diventano:

s e all'estradosso della trave
s i all'intradosso della trave
s s al lembo superiore della soletta
s s al lembo inferiore della soletta

e) impalcato carico

Vengono sommate alle tensioni calcolate al punto d) le tensioni dovute alla sovrastruttura ed ai carichi mobili.
Si ottiene :

s e all'estradosso della trave
s i all'intradosso della trave
s s al lembo superiore della soletta
s s al lembo inferiore della soletta

CALCOLO DELLE TENSIONI PRINCIPALI E ARMATURE A TAGLIO

Le massime tensioni principali di trazione vengono cercate in corrispondenza alla quota $z = 112.500$ cm.

Prima fase (sola trave)

c) al getto della soletta

La tensione tangenziale nella trave alla quota z vale :

$$T \times S$$
$$t = \frac{M_t}{J \times b}$$

dove T e' il taglio, S il momento statico della parte superiore alla quota considerata rispetto al baricentro della sola trave, J il momento d'inerzia della sezione omogeneizzata della trave e b e' lo spessore dell'anima.

Seconda fase (trave + soletta)

e) impalcato carico

Con la stessa formula del punto c), riferita pero' al sistema trave + soletta, si calcola l'incremento della tensione tangenziale dovuto ai carichi applicati in questa fase :

$$T \times S$$
$$t = \frac{M_t}{J \times b}$$

dove T e' il taglio dato dai carichi applicati in 2a fase, S e J sono riferiti alla stessa quota z vista prima ma calcolati sulla sezione composta da trave + soletta.

A questo valore si somma l'effetto dovuto ai momenti torcenti:

$$t \text{ max torcente} = \frac{M_t}{2 \times \Omega \times s}$$

dove M_t e' il momento torcente dato dai carichi applicati in seconda fase, Ω e' l'area torsionale, cioè l'area racchiusa dal perimetro medio di trave e soletta e s e' lo spessore minimo delle pareti della sezione.

Con il valore di t totale e con quello della tensione normale sx alla stessa quota z, si valuta la massima tensione di trazione in tal punto (lo sforzo di precompressione sara' assunto intero o ridotto a 2/3, in modo da individuare la condizione piu'gravosa, D.M. 09.01.1996 - punto 3.2.9.) :

$$s \text{ min} = 1/2 [sx - \text{SQR}(sx^2 + 4 \text{ t}2)]$$

La trazione nelle staffe della trave data dalle tensioni tangenziali nell'anima della trave sara' percio' :

$$s \text{ min } x \text{ b } x \text{ i} \\ s \text{ staffe} = \text{-----} \\ A \text{ staffe}$$

i = interasse (passo) delle staffe
A staffe = area di una staffa a 4 bracci

La trazione nelle staffe dovuta invece allo sforzo di scorrimento tra trave e soletta e' data da :

$$t \text{ x } b \text{ x } i \\ s \text{ staffe} = \text{-----} \\ A \text{ staffe}$$

dove t e b sono ora riferiti all'asse di separazione trave-soletta.

Lo sforzo di scorrimento alla superficie di separazione trave-soletta dato dai carichi di seconda fase viene inoltre confrontato con quello generato dal ritiro differenziale trave-soletta. Per eseguire la verifica delle staffe di collegamento tra trave e soletta viene preso il piu' gravoso dei due scorrimenti.

L'interasse delle staffe lungo la trave prefabbricata viene progettato, sezione per sezione, tenendo conto degli sforzi di scorrimento valutati a questi due livelli. Verso gli appoggi risulta piu' restrittivo lo sforzo nell'anima della trave.

Nelle tabelle che seguono sono riportati i valori delle tensioni ottenuti con il procedimento appena descritto.

TENSIONI NELLA TRAVE PREFABBRICATA

Legenda :

se s cls al bordo superiore trave prefabbricata
 si s cls al bordo inferiore trave prefabbricata
 ss (sup) s cls al bordo superiore della soletta
 ss (inf) s cls al bordo inferiore della soletta
 t t cls al lembo superiore anima trave
 smin s di massima trazione nel calcestruzzo

Sezione a	1483.00	0.00	490.00	790.00
se a)	19.30		-3.88	12.53
si	204.52		168.73	178.45
se b)	26.45		0.54	17.79
si	183.05		154.72	161.93
se c)	163.67		76.69	125.48
si	91.63		103.13	89.42
se d)	167.01		80.22	128.96
si	68.17		84.72	69.79
ss (sup)	3.86		2.88	3.11
ss (inf)	-2.39		-2.22	-2.27
se e)	194.00		95.74	150.52
si	-30.96		26.36	-10.57
ss (sup)	59.95		35.45	48.20
ss (inf)	24.60		13.29	19.29
t c)	0.00	7.30	6.25	4.35
t T e)	4.15	14.24	18.54	14.17
t Mt e)	0.09	0.49	0.91	0.77
smin e)	-0.11		-4.17	-1.71

TENSIONI NELLE ARMATURE DI PRECOMPRESSIONE

sez. x	quota z	fase A	fase B	fase C	Fase D	fase E
1483.00	31.00	12816.5	11866.7	12088.1	10752.6	11167.0
	6.00	12602.8	11510.7	11995.8	10777.7	11337.6
490.00	31.00	13013.2	12194.4	12321.2	11081.9	11326.3
	6.00	12814.0	11862.6	12136.8	10863.3	11193.0
790.00	31.00	12945.3	12081.4	12258.5	11009.6	11345.9
	6.00	12753.9	11762.4	12147.5	10960.6	11414.5

VERIFICA DELLE ARMATURE A TAGLIO

Staffe \bar{l} 10 a 4 bracci.

Sezione x = 1483.00 (sezione di mezzeria)

Sforzo di scorrimento alla superficie di separazione
trave-soletta : $t \times b =$ 112.172 Kg/cm

Sforzo di scorrimento massimo nell'anima della trave
prefabbricata : $s_{min} \times b =$ -3.062 Kg/cm

Verifica : $s \text{ max staffe (passo } 30.000) =$ 1071.16 Kg/cm2

Sezione x = 0.00 (sezione all'appoggio)

Sforzo di scorrimento alla superficie di separazione
trave-soletta : $t \times b =$ 415.875 Kg/cm

Sforzo di scorrimento massimo nell'anima della trave
prefabbricata : $t \times b =$ 797.340 Kg/cm

Verifica : $s \text{ max staffe (passo } 10.000) =$ 2538.01 Kg/cm2

Sezione x = 490.00

Sforzo di scorrimento alla superficie di separazione
trave-soletta : $t \times b =$ 351.025 Kg/cm

Sforzo di scorrimento massimo nell'anima della trave
prefabbricata : $s_{min} \times b =$ -116.893 Kg/cm

Verifica : $s \text{ max staffe (passo } 20.000) =$ 2234.70 Kg/cm2

Sezione x = 790.00

Sforzo di scorrimento alla superficie di separazione
trave-soletta : $t \times b =$ 281.413 Kg/cm

Sforzo di scorrimento massimo nell'anima della trave
prefabbricata : $s_{min} \times b =$ -47.839 Kg/cm

Verifica : $s \text{ max staffe (passo } 20.000) =$ 1791.53 Kg/cm2

VERIFICA A ROTTURA PER LA SEZIONE DI MEZZERIA

Sezione di mezzeria x = 1483.00 cm

Calcolo armatura sussidiaria :

Posizione asse neutro = 17.894 cm dal bordo inf.
Baricentro parte soggetta a trazione = 9.028 cm
Area parte soggetta a trazione = 1766.165 cm2
Sforzo totale di trazione = -27094 Kg
Area di acciaio necessaria (s= 1800.00) = 15.052 cm2

Verifica a rottura :

Numero trefoli inferiori considerati = 40
Armatura sussidiaria considerata = 15.05 cm2 z= 8.50 cm

Momento totale = 71958293
Momento di rottura = 129015524
Sicurezza a rottura = 1.793

VERIFICA ARMATURA LONGITUDINALE ALL'APPOGGIO

Si verifica lo stato tensionale dell'armatura longitudinale inferiore all'appoggio che garantisce il funzionamento del modello a traliccio in quella zona del manufatto, soggetta alla forza concentrata rappresentata dalla reazione dell'appoggio.
La verifica viene eseguita nelle ipotesi che lo sforzo longitudinale inferiore sia pari al taglio e che tale sforzo sia mitigato dalla presenza dello sforzo di compressione longitudinale esercitato dai trefoli attivi (non inguainati).
Per valutare la compressione data dai trefoli si ipotizza una legge lineare di trasferimento del carico dai trefoli al calcestruzzo, a partire dalla testata della trave. Si adotta prudenzialmente un coefficiente riduttivo per tale compressione pari a 0.7

Taglio totale = 105007.08
Numero di trefoli attivi = 28
Tensione trefoli attivi = 8674.55
Compressione totale = 337613.47

La compressione totale indotta dai trefoli risulta maggiore del taglio totale, per cui l'armatura longitudinale inferiore non è necessaria, in quanto lavorerebbe in compressione.

VERIFICA DELLE DEFORMAZIONI

Per il calcolo delle frecce in mezzeria della trave prefabbricata si ritiene opportuno ridurre l'effetto della viscosita' del calcestruzzo moltiplicandolo per il coefficiente 0.5000

Al taglio dei trefoli

azioni considerate :
- Precompressione
- Peso proprio trave

Modulo di elasticita' cls = 250000.00 Kg/cm2
J trave = 10761972.5803 cm4
f1 (freccia in mezzeria trave) = -7.3574 cm (1/ 403 L)

Dopo il getto eseguito in opera

azioni considerate :
- Viscosita' 1a fase =
= 0.333 x 2.000 x f1 x 0.500
- Peso soletta

Modulo di elasticita' cls = 300000.00 Kg/cm2
J trave = 10761972.5803 cm4
f2 (freccia dopo getto in opera) = -4.2125 cm (1/ 704 L)

A impalcato scarico

ulteriori azioni considerate :
- Viscosita' 2a fase =
= 0.667 x 2.000 x f2 x 0.500
- Peso pavimentazione
- Peso dei cordoli
- Ritiro diff.trave-soletta

Modulo di elasticita' cls = 350000.00 Kg/cm2
J trave + soletta = 38702262.9425 cm4
f3 (freccia a impalcato scarico) = -4.2712 cm (1/ 694 L)

Carichi mobili

Modulo di elasticita' cls = 350000.00 Kg/cm2
J trave + soletta = 38702262.9425 cm4
freccia dovuta ai carichi mobili = 1.7544 cm (1/ 1691 L)

VERIFICA DELLA SOLETTA

La verifica della soletta per le sollecitazioni calcolate a pagina 12 viene eseguita su una sezione rettangolare aventi le seguenti caratteristiche :

altezza = 25.000 cm
base = 100.000 cm

armatura superiore : 4 $\bar{1}$ 20
distanza asse barre superiori - lembo sez. = 8.200
armatura inferiore : 4 $\bar{1}$ 20
distanza asse barre inferiori - lembo sez. = 8.200

Verifica : M max sa = 2567.11 SC = 111.98
M min sa = 1928.43 SC = 84.12

INDICE ANALITICO

ARGOMENTO	pagina
Armatura a taglio	6, 21, 24
Acciaio FeB44K	6
Acciaio per c.a.p.	6, 14, 15
Armatura di precompressione	14
Armatura sussidiaria	6, 25
Cadute di tensione	15, 16, 17, 18, 19
Calcestruzzo	6
Carichi, permanenti, mobili	9, 10
Coefficienti di omogeneizzazione	14
Deformazioni	26
Fluage del calcestruzzo	vedi Viscosita'
Freccie	vedi Deformazioni
Guaine per annullamento trefoli	14
Luce di calcolo	3
Marciapiedi	3
Materiali, caratteristiche	6
Momenti	vedi Sollecitazioni
Normative	5
Parametri di sollecitazione	11, 12
Rilassamento dell'acciaio	6, 15, 17, 18, 19
Ritiro del calcestruzzo	6, 15, 17, 18, 19
Ritiro differenziale trave-soletta	16, 19
Sezioni di verifica	14
Sistema di riferimento	7
Soletta	3, 6, 27
Staffe	vedi Armatura a taglio
Tagli	vedi Sollecitazioni
Tensioni	23, 24, 27, 27
Trasporto e stoccaggio	27
Travi prefabbricate	4, 6, 13
Unita' di misura	3
Verifiche	23, 24, 25, 26, 27, 27
Viscosita' del calcestruzzo	15, 17, 18, 19