



# 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:



## CAVALCAVIA

### Cavalcavia alla progressiva 4+226,00

### Relazione di Calcolo Impalcato

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12\_09 - E 1 3 0 C V 2 0 5 C V 0 3 F C L 0 1 8 A - Scala:

F																
E																
D																
C																
B																
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:





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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 1 di 54
	Nome file: CV03-F-CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

## INDICE

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ .....</b>	<b>2</b>
1.1	INTRODUZIONE .....	2
1.2	DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA.....	2
1.3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
1.4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	4
<b>2</b>	<b>IMPALCATO .....</b>	<b>5</b>
2.1	PREMESSA .....	5
2.2	CARATTERISTICHE GENERALI IMPALCATO.....	6
2.3	ANALISI DEI CARICHI.....	7
2.3.1	<i>Peso proprio travi prefabbricate (g1.1)</i> .....	7
2.3.2	<i>Peso proprio traversi di testata (g1.2)</i> .....	7
2.3.3	<i>Peso totale soletta (g1.3)</i> .....	7
2.3.4	<i>Peso pavimentazione e finiture-permanenti (g2)</i> .....	7
2.3.5	<i>Carico termico (ε3)</i> .....	7
2.3.6	<i>Carichi mobili (q1)</i> .....	7
2.3.7	<i>Incremento dinamico dei carichi mobili (q2)</i> .....	8
2.3.8	<i>Azione di frenatura / accelerazione (q3)</i> .....	8
2.3.9	<i>Azione del vento (q5)</i> .....	9
2.4	COMBINAZIONI DI CARICO .....	9
2.5	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....	10
2.5.1	<i>Calcolo delle sollecitazioni – peso proprio trave</i> .....	11
2.5.2	<i>Calcolo delle sollecitazioni - getto soletta e trasversi</i> .....	11
2.5.3	<i>Grigliato equivalente</i> .....	12
2.5.4	<i>Calcolo delle sollecitazioni</i> .....	13
2.6	VERIFICHE ALLO SLE DELLA SEZIONE IN CAP.....	14
2.6.1	<i>SEZIONE n. 1 (Mezzeria)</i> .....	21
2.6.2	<i>SEZIONE n. 2 (precompressione efficace <math>x = 0.6 m</math>)</i> .....	22
2.7	EFFETTI DEL RITIRO DIFFERENZIALE E DELLA VARIAZIONE TERMICA SOLETTA-TRAVE.....	23
2.8	VERIFICA ALLA FESSURAZIONE .....	25
2.9	VERIFICA A ROTTURA PER FLESSIONE ALLO SLU .....	25
2.9.1	<i>SEZIONE n.1 (mezzeria – trave centrale)</i> .....	25
2.9.2	<i>SEZIONE n.1 (mezzeria – trave di bordo)</i> .....	26
2.9.3	<i>SEZIONE n.3 (appoggio)</i> .....	27
2.10	VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE ALLO SLU .....	28
2.10.1	<i>SEZIONE n. 1 (mezzeria)</i> .....	28
2.10.2	<i>SEZIONE n. 2 (precompressione efficace <math>x = 0.6 m</math>)</i> .....	30
2.10.3	<i>SEZIONE n. 2a asse appoggio (filo trasverso)</i> .....	32
2.10.4	<i>SEZIONE n. 3 asse appoggio</i> .....	34
2.11	TRAVERSO.....	36
2.11.1	<i>Fase di esercizio</i> .....	36
2.11.2	<i>Fase di sollevamento</i> .....	36
2.11.3	<i>Verifica allo SLU</i> .....	37
2.11.4	<i>Verifica a Fessurazione</i> .....	42
2.12	SOLETTA.....	43
2.12.1	<i>Analisi dei carichi</i> .....	43
2.12.2	<i>Schema statico</i> .....	43
2.12.3	<i>Carichi permanenti</i> .....	43
2.12.4	<i>Azioni accidentali</i> .....	43
2.12.5	<i>Azioni termiche</i> .....	44
2.12.6	<i>Combinazioni di carico</i> .....	44
2.12.7	<i>Verifiche della sezione</i> .....	45
2.13	VERIFICA DELLE PREDALLES .....	50
2.14	GIUNTI.....	52

## 1 GENERALITÀ

### 1.1 Introduzione

Nella presente relazione si riportano l'analisi strutturale e le verifiche di sicurezza dell'impalcato del cavalcavia sull'asse principale in corrispondenza della progressiva di progetto pk 4+226.

### 1.2 Descrizione generale dell'opera

Il progetto prevede la costruzione di un impalcato con travi in c.a.p. avente una luce 29 m in semplice appoggio, oltre ai retro-trave lunghi 0,5 m.

La larghezza della piattaforma prevede, oltre ai 7.00 m della carreggiata stradale pavimentata, due marciapiedi della larghezza ciascuno di m 1.50, con una larghezza complessiva pari a 10.00 m.

La struttura principale dell'impalcato è prevista costituita da travi in c.a.p. prefabbricate in stabilimento con il sistema delle armature pretese. La loro sezione è a V con anima di spessore 14 cm e larghezza del bulbo inferiore pari a 96 cm. Non è prevista variazione della configurazione della sezione delle travi in prossimità degli appoggi, pertanto la sezione si mantiene costante per tutta la luce.

All'estradosso delle travi sono appoggiate delle dalles di 4 cm di spessore aventi la funzione di cassero a perdere per la realizzazione della soletta di spessore variabile da 25 a 34 cm; la stessa sarà collaborante con le travi sotto l'azione di carichi permanenti ed accidentali agenti dopo la maturazione della stessa.

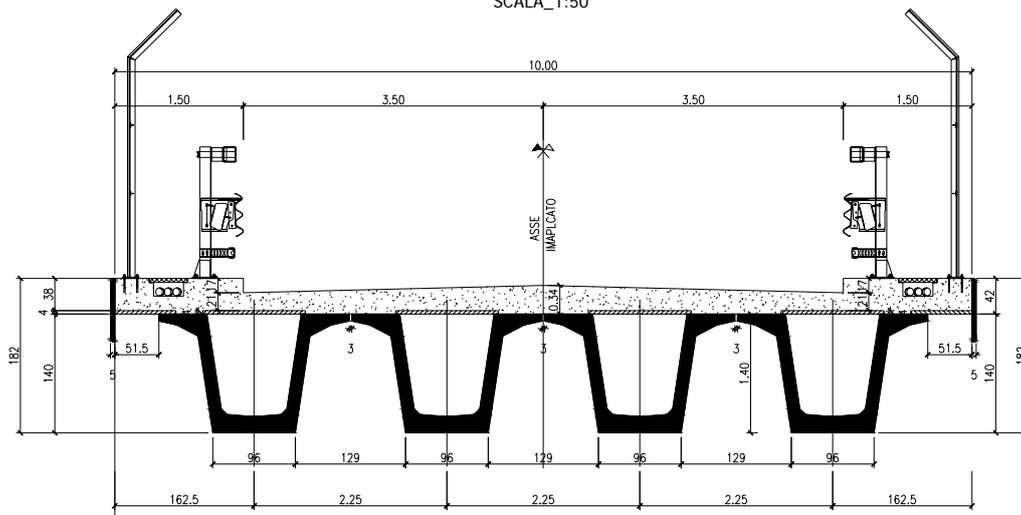
La soletta in cemento armato collaborante con le travi garantisce la ripartizione dei carichi a tutte le travi dell'impalcato in esame.

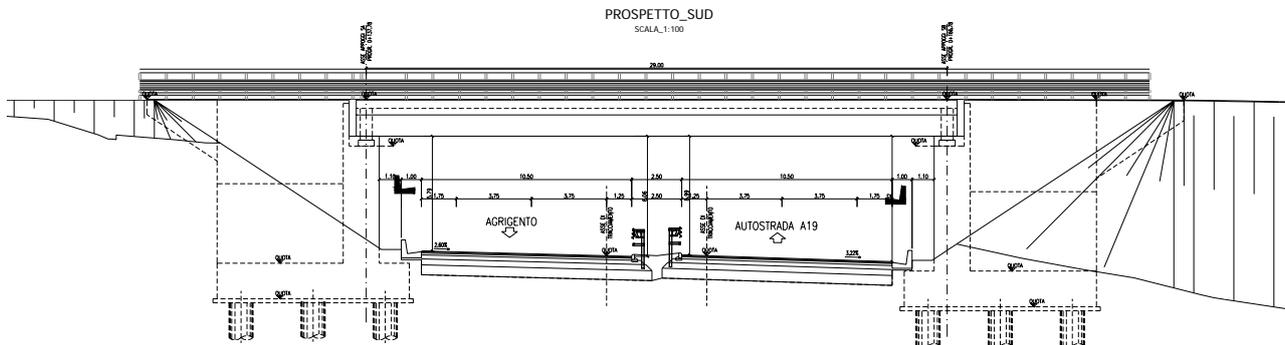
L'impalcato è irrigidito trasversalmente dai trasversi di testata aventi spessore pari a 0.60 m, completati in opera.

Gli apparecchi d'appoggio sono stati previsti a calotta sferica.

SEZIONE\_TRASVERSALE\_IMPALCATO  
SEZIONE\_SU\_TRASVERSO\_CORRENTE

SCALA\_1:50





### 1.3 Normativa di riferimento

I calcoli sono svolti in conformità alle normative vigenti con particolare riferimento a:

- D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 – “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” – pubblicato sul S.O. n. 30 alla G.U. 4 febbraio 2008, n.29
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 – Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- EUROCODICE 1 – UNI-ENV 1991-3 “Basi di calcolo ed azioni sulle strutture”;
- EUROCODICE 2 – UNI-ENV 1992 “Progettazione delle strutture in calcestruzzo”;
- EUROCODICE 7 – UNI-ENV 1997 “Progettazione geotecnica”;
- EUROCODICE 8 – UNI-ENV 1997 “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture”.
- CEB-FIP Code Modèle pour les structures en beton Bulletin d’Information n. 124/125 – F – Aprile 1978
- CEB Manual on “Structural effects of time dependent behaviour of concrete” – 1984.
- CNR 10024-86 – Analisi di strutture mediante elaboratore: Impostazione e redazione delle relazioni 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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 4 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

## 1.4 Caratteristiche dei materiali

### ACCIAIO PER C.A. B450C

$f_{y,nom}$	=	450	MPa	tensione nominale di snervamento
$f_{t,nom}$	=	540	MPa	tensione nominale di rottura
$f_{yk}$	$\geq$	$f_{y,nom}$		tensione caratteristica di snervamento
$f_{t,nom}$	$\geq$	$f_{t,nom}$		tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_k$	$\geq$	1.15		
$(f_t/f_y)_k$	$<$	1.35		
$\gamma_s$	=	1.15		coefficiente di sicurezza
$f_{yd}$	=	391	MPa	tensione di snervamento di calcolo
$\sigma_s$	=	360.0	MPa	massima tensione in esercizio

### CALCESTRUZZO TRAVI IN CAP IMPALCATO C45/55

$R_{ck}$	=	55	MPa	resistenza caratteristica cubica
$R_{ckj}$	=	45	MPa	resistenza caratteristica cubica a j giorni
$f_{ck}$	=	45	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ckj}$	=	37.35	MPa	resistenza caratteristica cilindrica a j giorni
$f_{cm}$	=	53	MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	=	3.90	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	=	5.07	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{cfm}$	=	4.68	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm}$	=	36283	MPa	modulo elastico istantaneo
$\gamma_c$	=	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	25.50	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	=	3.38	MPa	resistenza di calcolo a trazione
$\sigma_{ci}$	=	26.15	MPa	massima compressione iniziale
$\sigma_{ce,rara}$	=	27.00	MPa	massima compressione in esercizio per combinazione rara
$\sigma_{ce,qp}$	=	20.25	MPa	massima compressione in esercizio per combinazione quasi permanente
XD2				classe di esposizione
S4				classe di consistenza

### ACCIAIO TREFOLI PRECOMPRESSIONE

trefoli 0.6" standard

$f_{ptk}$	=	1860	MPa	resistenza caratteristica a rottura
$f_{pt(1)k}$	=	1670	MPa	resistenza caratteristica allo 1% di deformazione totale
$A_p$	=	139	mm <sup>2</sup>	area sezione nominale
$\sigma_{spi}$	=	1419.5	MPa	massima tensione 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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 5 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

$\sigma_{sp}$	=	1116	MPa	massima tensione in esercizio
$f_{p0}$	=	1440	MPa	tensione di tesatura

#### CALCESTRUZZO SOLETTA

$R_{ck}$	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$R_{ckj}$	=	33	MPa	resistenza caratteristica cubica a j giorni
$f_{ck}$	=	25.0	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ckj}$	=	27.56	MPa	resistenza caratteristica cilindrica a j giorni
$f_{cm}$	=	33.00	MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	=	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	=	3.33	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{cfm}$	=	3.08	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm}$	=	31476	MPa	modulo elastico istantaneo
$\gamma_c$	=	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	14.17	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	=	2.22	MPa	resistenza di calcolo a trazione
$\sigma_{ci}$	=	19.29	MPa	massima compressione iniziale
$\sigma_{ce,rara}$	=	15.00	MPa	massima compressione in esercizio per combinazione rara
$\sigma_{ce,qp}$	=	11.25	MPa	massima compressione in esercizio per combinazione quasi permanente
XC4				classe di esposizione

## 2 IMPALCATO

### 2.1 Premessa

Il progetto prevede la costruzione di un impalcato con travi in c.a.p. avente una luce 29 m in semplice appoggio, oltre ai retro-trave lunghi 0,5 m.

La larghezza della piattaforma prevede, oltre ai 7.00 m della carreggiata stradale pavimentata, due marciapiedi della larghezza ciascuno di m 1.50, con una larghezza complessiva pari a 10.00 m.

La struttura principale dell'impalcato è prevista costituita da travi in c.a.p. prefabbricate in stabilimento con il sistema delle armature pretese. La loro sezione è a V con anima di spessore 14 cm e larghezza del bulbo inferiore pari a 96 cm. Non è prevista variazione della configurazione della sezione delle travi in prossimità degli appoggi, pertanto la sezione si mantiene costante per tutta la luce.

All'estradosso delle travi sono appoggiate delle dalles di 4 cm di spessore aventi la funzione di cassero a perdere per la realizzazione della soletta di spessore variabile da 25 a 34 cm; la stessa sarà collaborante con le travi sotto l'azione di carichi permanenti ed accidentali agenti dopo la maturazione della stessa.

La soletta in cemento armato collaborante con le travi garantisce la ripartizione dei carichi a tutte le travi dell'impalcato in esame.

L'impalcato è irrigidito trasversalmente dai trasversi di testata aventi spessore pari a 0.60 m, completati in opera.

Gli apparecchi d'appoggio sono stati previsti a calotta sferica.

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 6 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

## 2.2 Caratteristiche generali impalcato

L'impalcato in oggetto ha le seguenti principali caratteristiche geometriche:

Luci di calcolo	= Trave 1: 29.00 m
	Trave 2: 29.00 m
	Trave 3: 29.00 m
	Trave 4: 29.00 m
Larghezza impalcato	= 10 m
Interasse travi	= 2.25 m
Numero travi	= 4
Spessore soletta	= 0.25 ÷ 0.34 m ( comprese predalles da 4 cm)

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 7 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

## 2.3 Analisi dei carichi

### 2.3.1 Peso proprio travi prefabbricate (g1.1)

Si riporta nel seguito il calcolo dei pesi di ciascuna trave:

Sezione corrente

$$g_{1.1} = 0.678 \text{ m}^2 * 25 \text{ kN/m}^3 = 16.95 \text{ kN/m}$$

### 2.3.2 Peso proprio traversi di testata (g1.2)

$$g_{1.2} = 1.53 \text{ m} * 0.60 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 = 22.95 \text{ kN/m}$$

### 2.3.3 Peso totale soletta (g1.3)

Le travi stesse vengono divise in varie porzioni e ad ogni tratto di trave viene assegnata una propria area di competenza, la quale, moltiplicata per la relativa altezza di soletta, fornisce il volume di soletta insistente sul tratto di trave.

Tale procedura è stata effettuata anche per la fase di calcolo in cui la soletta diventa collaborante con le travi, ma in tal caso, oltre a cambiare il peso insistente su ciascuna porzione di trave, ne cambiano anche le caratteristiche resistenti in termini di area della sezione, inerzia torsionale e le inerzie flessionali nei 2 assi principali.

### 2.3.4 Peso pavimentazione e finiture-permanenti (g2)

Per i marciapiedi e la pavimentazione vale lo stesso ragionamento effettuato per la soletta. Pertanto porzione per porzione verrà calcolato il volume di marciapiede e di pavimentazione insistente sul tratto di trave per ottenerne il peso. Per quanto riguarda invece il guard-rail e la barriera, esse assumono un peso costante pari a 1.5 kN/m ma provocano una azione torcente sulle travi di bordo che varia in quanto varia la loro distanza dall'asse della trave. Anche in questo caso si utilizza una discretizzazione e tale distanza, e quindi il relativo carico torcente, viene stabilito tratto per tratto.

### 2.3.5 Carico termico (ε3)

L'impalcato si considera soggetto ad un gradiente termico tra estradosso ed intradosso di  $\pm 5^\circ\text{C}$ . Ai soli fini della valutazione degli spostamenti si considera un carico termico uniforme di  $\pm 25^\circ\text{C}$ .

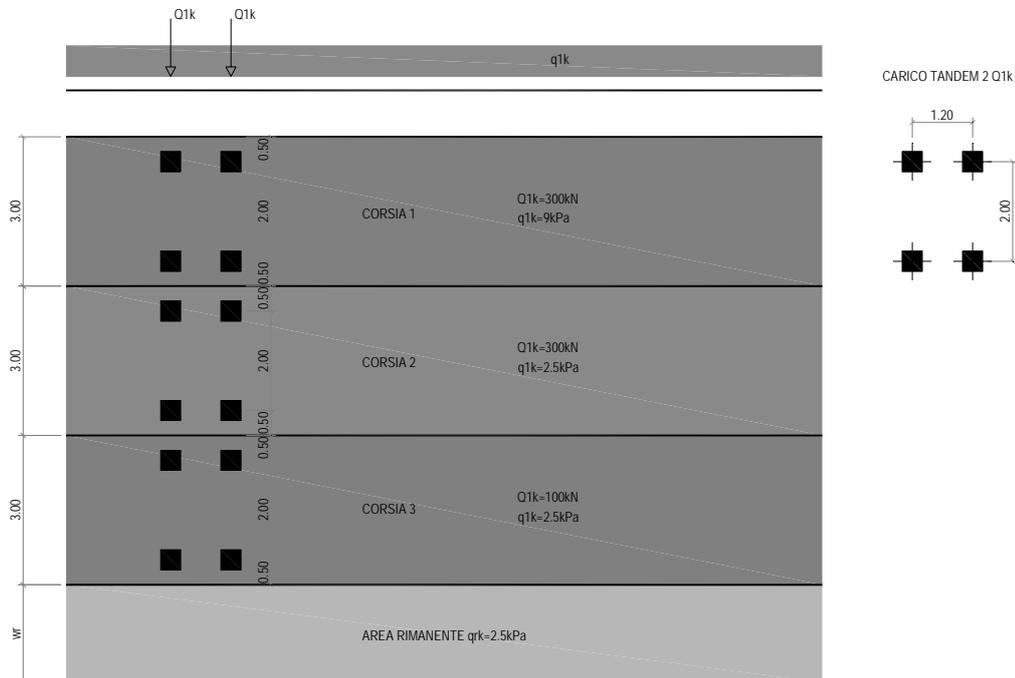
### 2.3.6 Carichi mobili (q1)

In considerazione della larghezza della carreggiata stradale, si considerano n. 2 corsie di carico, ciascuna avente larghezza convenzionale pari a 3.0 m. Ciascuna delle due corsie si considera percorsa dallo schema di carico 1 costituito da:

- due assi di carico  $Q_{1k}$ , ciascuno dei quali di intensità pari a 300 kN, di ingombro trasversale pari a 3.00 m e con interasse delle ruote pari a 1.20 m in senso longitudinale e a 2.00 m in senso trasversale;
- un carico  $q_{1k}$ , da 9 kPa, uniformemente distribuito su una larghezza trasversale di 3.0 m.

w	=	7 m	larghezza carreggiata
n <sub>l</sub>	=	2 m	numero corsie convenzionali
w <sub>l</sub>	=	3 m	larghezza corsie convenzionali
w <sub>r</sub>	=	1 m	larghezza della zona rimanente

		<i>corsia 1</i>	<i>corsia 2</i>		
$Q_{1k}$	=	<b>300</b>	<b>200</b>	[kN]	carico su singolo asse (carico tandem=2Q1k)
$q_{1k}$	=	<b>9</b>	<b>2.5</b>	[kPa]	carico uniformemente distribuito
$b_{1k}$	=	<b>3</b>	<b>3</b>	[m]	larghezza impronta carico q1k
$q_{1k,l}$	=	<b>27</b>	<b>7.5</b>	[kN/m]	intensità carico q1k lineare
$q_{nk}$	=	<b>2.50</b>		[kPa]	



**Figura 2.1 - Schema di carico 1.**

In aggiunta allo schema di carico 1 è stato considerato agente sul marciapiede dell'impalcato, lo schema di carico 4, rappresentativo della folla compatta.

schema di carico 4 (folla compatta)

$$q_{fk} = 5.00 \text{ [kPa]} \quad \text{folla compatta}$$

Le stese dei carichi mobili sono state poste sull'impalcato nelle posizioni tali da produrre le sollecitazioni e le deformazioni più gravose, sia sull'impalcato che sulle spalle. 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. Infatti, il programma di calcolo "SAP 2000" 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).

### 2.3.7 Incremento dinamico dei carichi mobili (q2)

Tutti i carichi mobili prima definiti sono comprensivi degli effetti dinamici riferiti ad una pavimentazione di media rugosità. Solo per la valutazione di effetti locali, in corrispondenza di discontinuità strutturali (zone di giunto), verranno considerati incrementi dinamici addizionali.

### 2.3.8 Azione di frenatura / accelerazione (q3)

Di seguito si riporta il dettaglio del calcolo dell'azione di frenamento o accelerazione. Tale azione è stata schematizzata nel modello di calcolo impiegato per l'analisi del viadotto come un carico lineare uniformemente ripartito.

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 9 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

$Q_{1k}$	=	<b>300.00</b>	[kN]	singolo asse Q1k
$q_{1k}$	=	<b>9.00</b>	[kN]	carico uniformemente distribuito
L	=	<b>30,00</b>	[m]	lunghezza del viadotto
n	=	<b>4</b>		numero travi impalcato
$q_3$	=	<b>360.00</b>	[kN]	forza di frenatura (accelerazione) sull'intero viadotto
$q_3$	=	<b>12.00</b>	[kN/m]	azione di frenatura per unità di lunghezza

### 2.3.9 Azione del vento ( $q_5$ )

L'azione del vento trasversale si traduce in una forza orizzontale che agisce sul piano dell'impalcato, ed in un'azione torcente dovuta all'eccentricità di tale forza rispetto al piano orizzontale baricentrico dell'impalcato stesso. In condizioni di ponte carico l'azione del vento agisce ad una quota di 3.0 m rispetto al piano stradale. Tuttavia, considerata la presenza della rete di protezione, a vantaggio di sicurezza, anche a ponte scarico, si assume la stessa quota per detta azione. L'azione del vento è stata calcolata assumendo una pressione di riferimento di 2.5 kPa. Pur essendo il profilo ad altezza variabile, per il calcolo della superficie di spinta si è fatto riferimento all'altezza massima dell'impalcato.

$q_{ref}$	=	<b>2.5</b>	[kPa]	pressione di riferimento
$H_{imp}$	=	<b>1.82</b>	[m]	altezza impalcato
$H_{barriera}$	=	<b>3.00</b>	[m]	altezza barriera
$H_{vento}$	=	<b>4.82</b>	[m]	altezza superficie di spinta
$q_5$	=	<b>12.05</b>	[kN/m]	azione del vento su impalcato
$Y_G$	=	<b>1.06</b>	[m]	distanza intradosso baricentro impalcato
e	=	<b>1.35</b>	[m]	eccentricità dell'azione del vento
$M(q_5)$	=	<b>16.27</b>	[kNm./m]	azione torcente
$d_b$	=	<b>2.25</b>	[m]	Interasse travi
$q_{5,v1}$	=	<b>2.17</b>	[kN/m]	azione verticale su travi di bordo
$q_{5,v2}$	=	<b>0.72</b>	[kN/m]	azione verticale su travi interne
$q_{5,h}$	=	<b>3.01</b>	[kN/m]	azione orizzontale su ciascuna trave

## 2.4 Combinazioni di carico

Ai fini della determinazione delle sollecitazioni più gravose sugli elementi del cavalcavia, sono state considerate n. 19 combinazioni di carico, di cui n. 7 di natura statica (combinazioni tipo SLU) e n. 12 di tipo sismico (combinazioni tipo SLV). I coefficienti di combinazione dei carichi elementari sono riportati nella seguente tabella, nella quale si è indicato con:

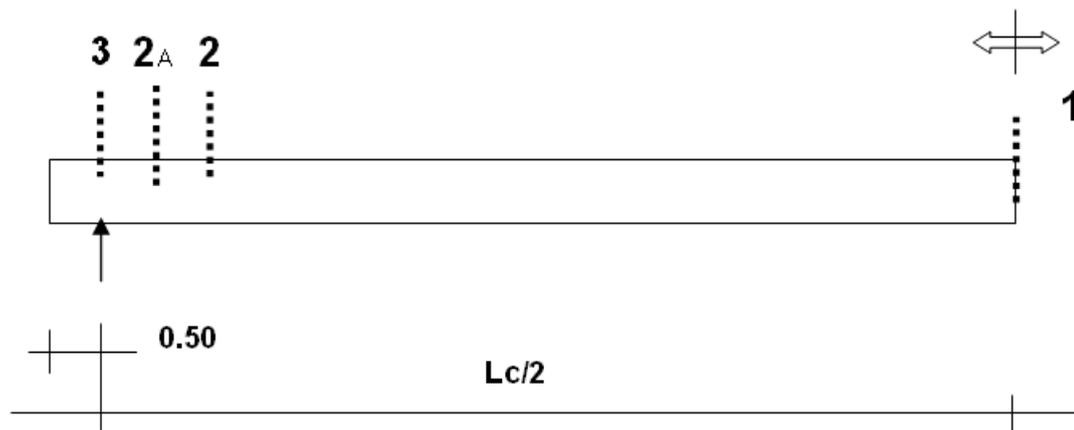
g1	=	peso proprio
g2	=	permanenti portati
e3	=	carico termico differenziale
q1.1	=	carico mobile (massima azione verticale)
q1.2	=	carico mobile (massima momento trasversale)
q3	=	azione di frenatura/accelerazione
q5	=	azione del vento (su impalcato e pile)

**Tabella 2.1 – Matrice dei coefficienti di combinazione dei carichi.**

	SLU-1	SLU-2	SLU-3	SLU-4
<b>g1</b>	1.35	1.35	1.35	1.35
<b>g2</b>	1.35	1.35	1.35	1.35
<b>e3</b>	0.72	0.72	-0.72	-0.72
<b>q1</b>	1.35	1.35	1.35	1.35
<b>q5</b>	0.9	-0.9	-0.9	0.9

## 2.5 Calcolo delle sollecitazioni

Per il calcolo delle massime sollecitazioni si fa riferimento ad un grigliato piano equivalente descritto nel seguito. Vengono calcolate le sollecitazioni nelle sezioni di mezzeria, di appoggio, a filo appoggio e a precompressione efficace assumendo una lunghezza pari a 70 diametri da inizio trave come indicato nella figura seguente.



Le verifiche a pressoflessione allo SLU e allo SLE sono state condotte sulle sezioni 1 e 3, mentre a taglio e torsione su tutte e 4 le sezioni per la trave più sollecitata.

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 11 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

### 2.5.1 Calcolo delle sollecitazioni – peso proprio trave

Sulla base dei carichi agenti sulla trave prefabbricata in semplice appoggio determinati ai precedenti paragrafi, si ottengono le sollecitazioni riportate nella tabella seguente:

TRAVE 1		
<b>Luce di calcolo</b>	29.00 m	
<b>Sbalzo</b>	0.50 m	
<b>Carico</b>	g1.1	
<b>Sezione</b>	X dall'asse di appoggio [m]	<b>M</b> [kNm]
1	14.5	1779.8
2	0.60	141.8
3	0.00	-2.12

### 2.5.2 Calcolo delle sollecitazioni - getto soletta e trasversi

Il peso del getto della soletta, con spessore variabile 30-35 cm, e il peso dei trasversi si aggiunge al precedente peso proprio della trave. In questa fase il calcestruzzo di tali elementi non ha ancora fatto presa e quindi la sezione reagente rimane ancora quella della sola trave prefabbricata. Come detto precedentemente, essendo la larghezza e l'altezza della soletta variabile lungo la trave, ogni trave viene discretizzata in 8 tratti. Si ottiene quindi, per la trave 1 più sollecitata:

TRAVE 1		
<b>Luce di calcolo</b>	29.00 m	
<b>Sbalzo</b>	0.50 m	
<b>Carico</b>	g1.2 + g1.3	
<b>Sezione</b>	X dall'asse di appoggio [m]	<b>M</b> [kNm]
1	14.5	1335,0
2	0.60	91.2
3	0.00	-1.31

### 2.5.3 Grigliato equivalente

Le sollecitazioni dovute ai carichi permanenti, ai carichi mobili, all'azione del vento vengono dedotte dalla risoluzione di un grigliato piano equivalente all'impalcato in oggetto.

Il grigliato è costituito in sostanza dalle travi prefabbricate con la soletta omogeneizzata e da aste ad esse ortogonali costituite da strisce di soletta. La soletta dell'impalcato si considera omogeneizzata con un coefficiente pari a:  $E_{cm\text{soletta}} / E_{cm\text{trave}} = 0.89$ . Inoltre tale soletta, essendo variabile, collabora in modo diverso per ogni tratto di trave e pertanto per ciascuno di essi si avranno caratteristiche della sezione (in termini di Area, Inerzia flessionale e Inerzia torsionale) diverse.

La risoluzione del grigliato è stata effettuata con l'aiuto di un programma di calcolo automatico basato sul metodo degli elementi finiti - SAP 2000.

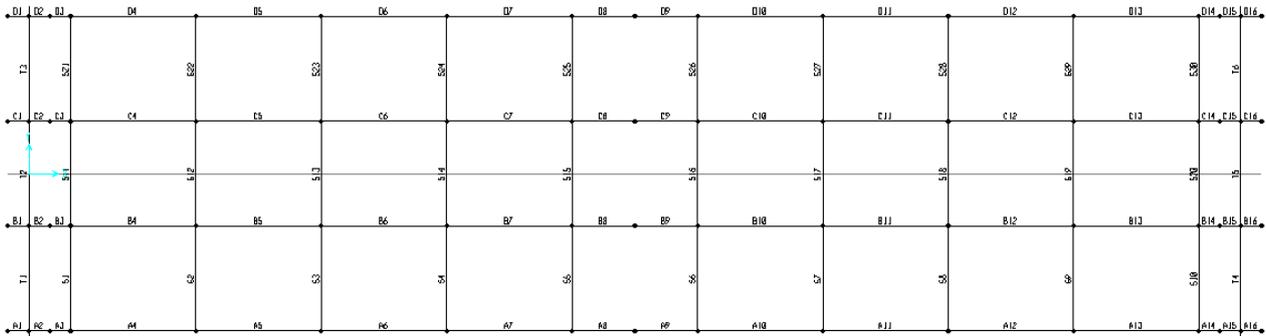


Figura 2.2 - Modello di calcolo con numerazione delle aste.

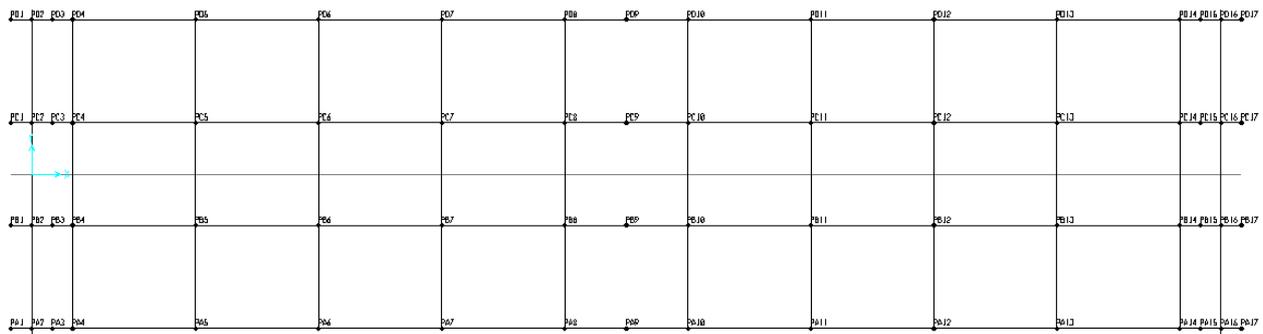


Figura 2.3 - Modello di calcolo con numerazione dei nodi.

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 13 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

#### 2.5.4 Calcolo delle sollecitazioni

Segue il calcolo delle massime sollecitazioni dovute alle singole azioni, ottenuto applicando i carichi che seguono sul grigliato di aste equivalente all'impalcato in oggetto.

Per quanto riguarda le sollecitazioni flettenti:

TRAVE 1						
<b>Luce di calcolo</b>		29.00 m				
<b>Sbalzo</b>		0.50 m				
Sezione	X dall'asse di appoggio [m]	Momento flettente dovuto al carico				
		g1.1 [kNm]	g1.2 [kNm]	g2 [kNm]	q1 [kNm]	q5 [kNm]
1	14.5	1779.8	1335.0	1193.2	2667.3	15.8
2	0.60	141.8	91.2	89.9	370.4	4.5
3	0.00	-2.12	-1.31	-3.63	-190.10	1.19

#### TRAVE 1

Sezione n. 1			
caso di carico	M [kNm]	V [kN]	T [kN]
g1.1	1779.8	0	0
g1.2	1335.0	0	0
g2	1193.2	0	0
q1	2667.3	286.1	209.15
q5	15.80	0	14

Sezione n. 2			
caso di carico	M [kNm]	V [kN]	T [kN]
g1.1	141.80	235.6	0
g1.2	89.90	150.6	3.1
g2	6.20	141.5	19.4
q1	370.40	698.5	393.3
q5	4.50	5.5	43.4

Sezione n. 3			
caso di carico	M [kNm]	V [kN]	T [kN]
g1.1	-2.12	245.77	0
g1.2	-1.31	156.91	3.11
g2	-3.63	146.82	19.39
q1	-190.10	698.45	393.3
q5	1.19	4.20	43.4

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 14 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

## 2.6 Verifiche allo SLE della sezione in cap

### • Caratteristiche dell'armatura di precompressione

Cavi da trefoli 0.6" standard

$f_{ptk}$	=	<b>1860</b>	MPa	resistenza caratteristica a rottura
$f_{pt(1)k}$	=	<b>1670</b>	MPa	resistenza caratteristica a deformazione residua
$f_{p0}$	=	<b>1440</b>	MPa	tensione di tesatura
$A_p$	=	<b>139</b>	mm <sup>2</sup>	area sezione nominale

La precompressione agisce sulla sezione in calcestruzzo con trefoli omogeneizzati col moltiplicatore dell'area della loro sezione uguale a "Ea/Ec". I carichi successivi alla maturazione della soletta sollecitano l'insieme travi-solette la lunghezza delle quali è diminuita col coefficiente riduttivo  $n = 0.86$ .

Le cadute di tensione vengono calcolate con le seguenti relazioni:

#### – Acciaio

##### Rilassamento

Non disponendo di prove a lunga durata la caduta a tempo infinito può essere assunta come aliquota della tensione di tesatura:

$$\Delta\sigma_{r,inf} = 0.07 \sigma_{spi}$$

dove

$$\sigma_{spi} = f_{p0} = 1440 \text{ MPa}$$

La caduta di tensione per rilassamento risulta quindi calcolata in funzione delle cadute di tensione per ritiro e fluage e della caduta a tempo infinito:

$$\Delta\sigma_{pr} = \Delta\sigma_{r,inf} (1 - 2.5 * (\Delta\sigma_{AR} + \Delta\sigma_{af}) / \sigma_{spi}) \geq 0.04 \sigma_{spi} \rightarrow \Delta\sigma_{pr} = 56.16 \text{ MPa}$$

#### – Calcestruzzo

Ritiro:  $\Delta\sigma_{AR} = 0.3 * 10^{-3} * E_p = 0.0002 * 205000 = 50.4 \text{ MPa}$

Fluage:  $\Delta\sigma_{af} = -\Phi(t, \infty) \sigma_{eq} * E_p / E_c = 79.62$

dove:

- $\Phi(t, \infty)$  è il coefficiente di viscosità a tempo infinito
- $\sigma_{eq}$  è la tensione calcestruzzo a livello trefolo equivalente
- $E_p$  è il modulo di Young acciaio armonico
- $E_c$  è il modulo di Young trave prefabbricata

Per tener conto della durata dei fenomeni e dell'interferenza con le fasi costruttive, le cadute di tensione vengono suddivise in tre quote:

	ritiro	viscosità	rilassamento	
aliq1	<b>0.30</b>	<b>0.30</b>	<b>1.00</b>	dopo il getto della trave
aliq2	<b>0.30</b>	<b>0.30</b>	<b>0.00</b>	dopo il getto della soletta
aliq3	<b>0.40</b>	<b>0.40</b>	<b>0.00</b>	dopo l'applicazione dei variabili

Le verifiche nelle sezioni prese in esame si seguono ipotizzando le seguenti fasi:

##### *Fase 1*

- La sezione resistente è costituita dalla sola trave prefabbricata
- I carichi applicati sono costituiti dal peso proprio della trave prefabbricata
- Lo sforzo di precompressione ha il suo valore massimo

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 15 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

#### *Fase 1c*

- La sezione resistente è costituita dalla sola trave prefabbricata
- I carichi applicati si incrementano del peso della soletta
- Lo sforzo di precompressione si riduce per l'intervento della 1° quota di caduta di tensione

#### *Fase 2*

- La sezione resistente tiene conto della soletta gettata in opera
- I carichi applicati si incrementano del peso dei carichi permanenti portati
- Lo sforzo di precompressione si riduce per l'intervento della 2° quota di caduta di tensione

#### *Fase 3*

- La sezione resistente tiene conto della soletta gettata in opera
- I carichi applicati si incrementano per la presenza dei carichi accidentali
- Lo sforzo di precompressione si riduce per l'intervento della 3° quota di caduta di tensione

#### Convenzioni di segno:

- Tensioni di compressione
- + Tensioni di trazione

#### Significato dei simboli

- $-\sigma_{ss} = M / W_{ss}$  : Tensione normale al lembo superiore della soletta
- $-\sigma_{si} = M / W_{si}$  : Tensione normale al lembo inferiore della soletta
- $-\sigma_s = M / W_s$  : Tensione normale al lembo superiore della trave prefabbricata
- $-\sigma_i = M / W_i$  : Tensione normale al lembo inferiore della trave prefabbricata
- $-\sigma_{eq} = M / W_a$  : Tensione normale nel baricentro dell'armatura di precompressione

Nei tabulati che seguono sono riportate le caratteristiche geometriche ideali della trave e della trave+soletta in base al coefficiente di omogeneizzazione dell'acciaio assunto pari a  $n = E_a/E_c = 6$ , e al rapporto fra i moduli elastici della soletta e della trave pari a 0.86.

Nella sezione di appoggio si considera in cemento armato ordinario e quindi non viene applicato lo sforzo di precompressione, pertanto non ha senso il controllo delle tensioni in tale sezione.

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 16 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

## VERIFICA TRAVE IN C.A.P. A CASSONE CON TREFOLI ADERENTI

### Materiali

$R_{ck}$	=	<b>55</b>	MPa	resistenza caratteristica cubica
$R_{ckj}$	=	<b>45</b>	MPa	resistenza caratteristica cubica a j giorni
$f_{ck}$	=	<b>45</b>	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ckj}$	=	<b>37.35</b>	MPa	resistenza caratteristica cilindrica a j giorni
$f_{cm}$	=	<b>53.00</b>	MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	=	<b>3.80</b>	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	=	<b>2.66</b>	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{cfm}$	=	<b>4.55</b>	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$?_c$	=	<b>1.50</b>		coefficiente parziale di sicurezza
$?_{cc}$	=	<b>0.85</b>		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	<b>25.50</b>	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	=	<b>1.77</b>	MPa	resistenza di calcolo a trazione
$E_{cm}$	=	<b>36283</b>	MPa	modulo di Young trave prefabbricata
$E_p$	=	<b>205000</b>	MPa	modulo di Young acciaio armonico
$?_s$	=	<b>1.15</b>		coefficiente parziale acciaio
$f_{yk}$	=	<b>450.0</b>	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{yd}$	=	<b>391.3</b>	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
<b>Soletta</b>				
$f_{ck}$	=	<b>25</b>	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$E_{cm}$	=	<b>31476</b>	MPa	modulo di Young trave prefabbricata

### Geometrie sezione trave prefabbricata

$H$	=	<b>1.400</b>	m	altezza sezione
$A$	=	<b>0.678</b>	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
$J$	=	<b>0.1676</b>	m <sup>4</sup>	momento di inerzia
$Y_G$	=	<b>0.6877</b>	m	ordinata baricentro (distanza da intradosso)
$b_V$	=	<b>280</b>	mm	larghezza anima resistente a taglio
$b_T$	=	<b>140</b>	mm	larghezza anima resistente a torsione
$u$	=	<b>4.4</b>	m	perimetro della sezione in calcestruzzo esposto all'aria
$\Omega$	=	<b>1.5703</b>	m <sup>2</sup>	area racchiusa dalla linea media della sezione

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 17 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

### Geometrie soletta

$B_S$	=	<b>2.250</b>	m	larghezza soletta collaborante
$H_g$	=	<b>0.250</b>	m	altezza getto in opera (collaborante)
$H_d$	=	<b>0.000</b>	m	altezza dalla (non collaborante)
$H_S$	=	0.250	m	altezza totale soletta
n	=	<b>0.868</b>		coefficiente di omogeneizzazione soletta
$B_S$	=	1.952	m	larghezza di calcolo soletta

### Caratteristiche precompressione

id_cavo	n. cavi	n. trefoli per		lunghezza trefolo	area trefolo		distanza da intradosso	presoll.	precomp. iniziale
		cavo	n. trefoli		area trefolo singolo	area trefoli			
			np	Lp	$A_{pt}$	$A_p$	$Y_p$	$\sigma_{pi}$	$N_{pi}$
				m	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm	MPa	kN
1	12	1	12	30.0	139.0	1668	55	1445	2410
2	12	1	12	30.0	139.0	1668	105	1445	2410
3	12	1	12	30.0	139.0	1668	155	1445	2410
4	2	1	2	30.0	139.0	278	205	1445	402
5	2	1	2	30.0	139.0	278	255	1445	402
6	2	1	2	30.0	139.0	278	435	1445	402
7	4	1	4	30.0	139.0	556	1350	1445	803
8	0	1	0	30.0	139.0	0	0	1445	0
9	0	1	0	30.0	139.0	0	0	1445	0
10	0	1	0	30.0	139.0	0	0	1445	0
	46					6394.0			9239

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 18 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

#### Caratteristiche sezione omogeneizzata

	trave cls	trave+trefoli	trave+soletta		
n	-	6.00	-		coefficiente di omogeneizzazione
H	1.4000	1.4000	1.6500	m	altezza sezione
A	0.6780	0.7100	1.1979	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
Y <sub>G</sub>	0.6877	0.6696	1.0181	m	distanza da intradosso baricentro
J	0.1676	0.1748	0.3889	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione trasversale
Y <sub>eq</sub>	-	0.2385	0.2385	m	ordinata trefolo equivalente
W <sub>s</sub>	0.2353	0.2393	1.0182	m <sup>3</sup>	modulo di resistenza superiore trave
W <sub>i</sub>	0.2437	0.2610	0.3820	m <sup>3</sup>	modulo di resistenza inferiore trave
d	1.360	1.360	1.610	m	altezza utile
S <sub>1</sub>	<b>0.154</b>	0.154	<b>0.563</b>	m <sup>3</sup>	momento statico rispetto a baricentro di 1^ fase
S <sub>2</sub>	<b>0.055</b>	0.055	<b>0.292</b>	m <sup>3</sup>	momento statico rispetto a baricentro di 2^ fase

#### CADUTE DI TENSIONE

##### Cadute per deformazione elastica

##### PRE-TESE

tipo precompressione

##### ARMATURE PRE-TESE

a/na	1		attiva =1; non attiva=0
N <sub>pi</sub>	9239.33	kN	sforzo di precompressione iniziale
Δσ <sub>el</sub>	73.53	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 19 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

### Cadute di tensione differite nel tempo

#### Cadute per ritiro

$f_{ck}$	45	MPa	resistenza a compressione caratteristica cilindrica
$\epsilon_{ca}(\infty)$	0.0001		deformazione per ritiro autogeno a tempo infinito
$\beta_{as}(t)$	0.6594		
$\epsilon_{ca}(t)$	0.0001		deformazione per ritiro autogeno al tempo t considerato
$A_c$	0.678	m <sup>2</sup>	area della sezione in calcestruzzo
$u$	4.4	m	perimetro della sezione in calcestruzzo esposto all'aria
$h_o$	307	mm	dimensione fittizia della sezione
$k_h$	0.75		coefficiente dipendente dalla dimensione fittizia $h_o$
	<b>N</b>		cement class
$\alpha_{ds1}$	4.00		coefficient which depends on the type of cement
$\alpha_{ds2}$	0.12		coefficient which depends on the type of cement
RH	<b>80</b>	%	umidità relativa (80% per ambienti esterni)
$f_{cm}$	53	MPa	resistenza cilindrica media
$\epsilon_{cd,0}$	0.00022		deformazione da ritiro per essiccamento
$V_n$	<b>100</b>	anni	vita nominale dell'opera
$t_\infty$	34500	giorni	tempo "infinito"
$t_s$	<b>28</b>	giorni	età del calcestruzzo a maturazione completata
$\beta_{ds}(t,t_s)$	0.00		
$\epsilon_{cd}(t)$	0.00000		deformazione da ritiro per essiccamento
$t$	<b>29</b>	giorni	età del calcestruzzo al tempo t considerato
$\epsilon_{cs}(t)$	0.0001		deformazione totale per ritiro a tempo infinito
$\epsilon_{cs}(\infty)$	<b>0.0002</b>		deformazione totale per ritiro a tempo infinito
$\Delta\sigma_{s,inf}$	50.45	MPa	perdita per ritiro 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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 20 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

### Cadute per viscosità

$\alpha_1$	0.75		coefficiente dipendente dal cls
$\alpha_2$	0.92		coefficiente dipendente dal cls
$\alpha_3$	0.81		coefficiente dipendente dal cls
$\Phi_{RH}$	1.12		fattore che include gli effetti dell'umidità relativa sul coeff. di viscosità convenzionale
$\beta(f_{cm})$	2.31		fattore che include gli effetti della resistenza del cls sul coeff. di viscosità convenzionale
$t_0$	<b>28</b>	giorni	età del cls al momento del carico
$\beta(t_0)$	0.49		fattore che include gli effetti dell'età del cls sul coeff. di viscosità convenzionale
$\Phi_0$	1.27		coeff. di viscosità convenzionale
$\beta_h$	884		coeff. dipendente dall'umidità relativa
$\beta_c(t, t_0)$	0.13		coeff. che descrive l'andamento della viscosità nel tempo dopo il carico
$\Phi(t, t_0)$	0.17		coeff. di viscosità al tempo t e applicazione del carico al tempo $t_0$
$\Phi(\infty, t_0)$	<b>1.26</b>		coeff. di viscosità al tempo $\infty$ e applicazione del carico al tempo $t_0$
$N_p$	8510	kN	precompressione iniziale con cadute istantanee scontate
$M_p$	-3668.83	kNm	momento coattivo
$M_1$	<b>4308</b>	kNm	momento flettente (g1+g2)
$\sigma_{cv}$	-10.41	MPa	tensione calcestruzzo a livello cavo risultante
$\Delta\sigma_f$	<b>73.98</b>	MPa	perdita di tensione per viscosità

### Cadute per rilassamento

$\Delta\sigma_{pr}(t)$	13.67	MPa	valore assoluto persite per rilassamento
$\Delta\sigma_{pr}(\infty)$	<b>55.62</b>	MPa	valore assoluto persite per rilassamento a tempo infinito
$\sigma_{c,QP}$	10.41	MPa	tensione calcestruzzo a livello cavo risultante dovuto a peso proprio e carichi permanent
$\Delta\sigma_{p,c+s}$	105	MPa	
$A_p$	6394	mm <sup>2</sup>	area totale cavi precompressione
$Z_{cp}$	0.431	m	distanza fra baricentro sezione cls e baricentro cavi
$\Delta\sigma_{p,c+s+tr}(t)$	29.4	MPa	cadute di tensioni totali a tempo t
$\Delta\sigma_{p,c+s+tr}(\infty)$	<b>142.3</b>	MPa	cadute di tensioni totali a tempo infinito

<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  <b>Progetto Esecutivo</b></p>	<p>Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b></p>
	<p>Relazione di Calcolo Impalcato</p>
	<p>Pagina 21 di 54</p>
	<p>Nome file:  CV03-F-  CL018_A.00_relazione_impalcato.doc</p>

### 2.6.1 SEZIONE n. 1 (Mezzeria)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
	coazione (P)	cadute istantanee (-P)	aliquota cadute 1	aliquota cadute 2	aliquota cadute 3	peso proprio travi (g1.1)	peso soletta + trasversi (g1.2)	indurimento cls + permanenti portati (g2)	carico mobile (q1)	vento (q5)	azione termica (e3)		
N <sub>k</sub>	-9239.3	470.1	594.4	238.7	318.3	0.0	0.0	0.0	0.0	-26.5	0.0	kN	valore caratteristico sforzo
M <sub>k</sub>	-3983.5	202.7	256.3	186.1	248.1	1779.8	1335.0	1193.2	2667.3	15.8	0.0	kNm	valore caratteristico momer
V <sub>k</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	286.1	0.0	0.0	kN	valore caratteristico taglio
T <sub>k</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.4	14.0	0.0	kNm	valore caratteristico torsioni
ψ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35	1.35	1.35	1.35	1.50	1.20		coefficiente parziale
ψ <sub>0</sub>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	0.60		coefficiente per combinazi
ψ <sub>1</sub>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.20	0.60		coefficiente per combinazio
ψ <sub>2</sub>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.50		coefficiente per combinazio
V <sub>d</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	386.3	0.0	0.0	kN	taglio di calcolo
σ <sub>ss</sub>	0.00	0.00	0.00	-0.1	-0.1	0.00	0.00	-1.94	-4.33	-0.05	0.00	MPa	tensione estradosso soletta
σ <sub>si</sub>	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	-1.17	-2.62	-0.04	0.00	MPa	tensione intradosso soletta
σ <sub>s</sub>	3.63	-0.18	-0.23	0.0	0.0	-7.44	-5.58	-1.17	-2.62	-0.04	0.00	MPa	tensione estradosso trave p
σ <sub>i</sub>	-28.28	1.44	1.82	0.7	0.9	6.82	5.12	3.12	6.98	0.02	0.00	MPa	tensione intradosso trave p
σ <sub>eq</sub>	-22.84	1.16	1.47	0.6	0.8	4.39	3.29	2.39	5.35	0.01	0.00	MPa	tensione a livello trefolo eq

	FASE 1a 1+2+6	FASE 1b 1+2+6+3	FASE 2a 1+2+6+3+7	FASE 2b 1+2+6+3+7+ 4	FASE 3a 1+2+6+3+7+ 4+8	FASE 3b 1+2+6+3+7+4 +8+9+10	FASE 3c 1+2+6+3+7 +4+8+9+10 +11	FASE 3d 1+2+6+3+7+4+8+ 9+10+11+5		
<b>Combinazione RARA</b>										
σ <sub>ss</sub>	0.00	0.00	0.00	-0.10	-2.04	-6.40	-6.40	-6.54	MPa	tensione estradosso soletta
σ <sub>si</sub>	0.00	0.00	0.00	0.02	-1.16	-3.80	-3.80	-3.78	MPa	tensione intradosso soletta
σ <sub>s</sub>	-3.99	-4.22	-9.80	-9.79	-10.96	-13.60	-13.60	-13.58	MPa	tensione estradosso
σ <sub>i</sub>	-20.02	-18.20	-13.08	-12.40	-9.27	-2.28	-2.28	-1.37	MPa	tensione intradosso
σ <sub>eq</sub>	-17.29	-15.82	-12.53	-11.95	-9.56	-4.21	-4.21	-3.45	MPa	tensione a livello trefolo equivalente
<b>Combinazione FREQUENTE</b>										
σ <sub>ss</sub>	0.00	0.00	0.00	-0.10	-2.04	-5.30	-5.30	-5.44	MPa	tensione estradosso soletta
σ <sub>si</sub>	0.00	0.00	0.00	0.02	-1.16	-3.13	-3.13	-3.11	MPa	tensione intradosso soletta
σ <sub>s</sub>	-3.99	-4.22	-9.80	-9.79	-10.96	-12.93	-12.93	-12.91	MPa	tensione estradosso
σ <sub>i</sub>	-20.02	-18.20	-13.08	-12.40	-9.27	-4.03	-4.03	-3.12	MPa	tensione intradosso
σ <sub>eq</sub>	-17.29	-15.82	-12.53	-11.95	-9.56	-5.55	-5.55	-4.79	MPa	tensione a livello trefolo equivalente
<b>Combinazione QUASI PERMANENTE</b>										
σ <sub>ss</sub>	0.00	0.00	0.00	-0.10	-2.04	-2.04	-2.04	-2.18	MPa	tensione estradosso soletta
σ <sub>si</sub>	0.00	0.00	0.00	0.02	-1.16	-1.16	-1.16	-1.13	MPa	tensione intradosso soletta
σ <sub>s</sub>	-3.99	-4.22	-9.80	-9.79	-10.96	-10.96	-10.96	-10.94	MPa	tensione estradosso
σ <sub>i</sub>	-20.02	-18.20	-13.08	-12.40	-9.27	-9.27	-9.27	-8.36	MPa	tensione intradosso
σ <sub>eq</sub>	-17.29	-15.82	-12.53	-11.95	-9.56	-9.56	-9.56	-8.80	MPa	tensione a livello trefolo equivalente

Si nota come le tensioni siano ovunque di compressione e come vengano rispettati i limiti di normativa:

- Combinazione rara:  $\sigma_{i-sima} \leq 0.60 \cdot f_{ck}$
- Combinazione quasi permanente:  $\sigma_{i-sima} \leq 0.45 \cdot f_{ck}$

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 22 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

### 2.6.2 SEZIONE n. 2 (precompressione efficace $x = 0.6$ m)

Per controllare le eccessive pretensioni nelle fasi iniziali di costruzione dove le sollecitazioni sono basse, si decide di inguainare 18 cavi presenti nelle tre file del bulbo inferiore della trave per una lunghezza di 9 m per la fila distante 55 mm dall'estradosso, 6 m per quella a 105 mm e 2 m per quella a 155 mm. Pertanto i cavi che forniscono gli sforzi di precompressione diminuiscono.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
	coazione (P)	cadute istantanee (-P)	aliquota cadute 1	aliquota cadute 2	aliquota cadute 3	peso proprio travi (g1.1)	peso soletta + trasversi (g1.2)	indurimento ds + permanenti portati (g2)	carico mobile (q1)	vento (q5)	azione termica (e3)			
$N_k$	-5623.9	177.3	385.5	149.3	199.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	0.0	kN	valore cara	
$M_k$	-2035.8	64.2	139.6	106.0	141.3	141.8	91.2	89.9	370.4	4.5	0.0	kNm	valore cara	
$V_k$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	235.6	150.6	141.5	698.5	5.5	0.0	kN	valore cara	
$T_k$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	19.4	300.3	43.4	0.0	kNm	valore cara	
$\gamma$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35	1.35	1.35	1.35	1.50	1.20		coefficiente	
$\psi_0$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	0.60		coefficiente	
$\psi_1$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.20	0.60		coefficiente	
$\psi_2$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.50		coefficiente	
$V_{di}$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	318.1	203.3	191.0	942.9	5.0	0.0	kN	taglio di cal	
$\sigma_{ss}$	0.00	0.00	0.00	0.0	-0.1	0.00	0.00	-0.15	-0.60	0.00	0.00	MPa	tensione es	
$\sigma_{si}$	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	-0.09	-0.36	0.00	0.00	MPa	tensione int	
$\sigma_s$	0.35	-0.01	-0.02	0.0	0.0	-0.59	-0.38	-0.09	-0.36	0.00	0.00	MPa	tensione es	
$\sigma_i$	-15.99	0.50	1.10	0.4	0.5	0.55	0.36	0.24	1.00	0.02	0.00	MPa	tensione int	
$\sigma_{eq}$	-12.29	0.39	0.84	0.3	0.4	0.29	0.19	0.17	0.69	0.01	0.00	MPa	tensione a	
			FASE 1a 1+2+6	FASE 1b 1+2+6+3	FASE 2a 1+2+6+3+7	FASE 2b 1+2+6+3+7+ 4	FASE 3a 1+2+6+3+7+ 4+8	FASE 3b 1+2+6+3+7+4 +8+9+10	FASE 3c 1+2+6+3+7+4 +8+9+10+11	FASE 3d 1+2+6+3+7+4+ 8+9+10+11+5				
<b>Combinazione RARA</b>														
$\sigma_{ss}$	0.00	0.00	0.00	-0.05	-0.19	-0.80	-0.80	-0.86	MPa	tensione estradosso soletta				
$\sigma_{si}$	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.07	-0.43	-0.43	-0.40	MPa	tensione intradosso soletta				
$\sigma_s$	-0.24	-0.27	-0.65	-0.62	-0.71	-1.07	-1.07	-1.04	MPa	tensione estradosso				
$\sigma_i$	-14.94	-13.84	-13.48	-13.07	-12.83	-11.83	-11.83	-11.28	MPa	tensione intradosso				
$\sigma_{eq}$	-11.61	-10.77	-10.58	-10.25	-10.09	-9.39	-9.39	-8.96	MPa	tensione a livello trefolo equivalente				
<b>Combinazione FREQUENTE</b>														
$\sigma_{ss}$	0.00	0.00	0.00	-0.05	-0.19	-0.65	-0.65	-0.71	MPa	tensione estradosso soletta				
$\sigma_{si}$	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.07	-0.34	-0.34	-0.31	MPa	tensione intradosso soletta				
$\sigma_s$	-0.24	-0.27	-0.65	-0.62	-0.71	-0.98	-0.98	-0.95	MPa	tensione estradosso				
$\sigma_i$	-14.94	-13.84	-13.48	-13.07	-12.83	-12.08	-12.08	-11.53	MPa	tensione intradosso				
$\sigma_{eq}$	-11.61	-10.77	-10.58	-10.25	-10.09	-9.57	-9.57	-9.14	MPa	tensione a livello trefolo equivalente				
<b>Combinazione QUASI PERMANENTE</b>														
$\sigma_{ss}$	0.00	0.00	0.00	-0.05	-0.19	-0.19	-0.19	-0.26	MPa	tensione estradosso soletta				
$\sigma_{si}$	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.07	-0.07	-0.07	-0.03	MPa	tensione intradosso soletta				
$\sigma_s$	-0.24	-0.27	-0.65	-0.62	-0.71	-0.71	-0.71	-0.68	MPa	tensione estradosso				
$\sigma_i$	-14.94	-13.84	-13.48	-13.07	-12.83	-12.83	-12.83	-12.28	MPa	tensione intradosso				
$\sigma_{eq}$	-11.61	-10.77	-10.58	-10.25	-10.09	-10.09	-10.09	-9.66	MPa	tensione a livello trefolo equivalente				

Si nota come le tensioni siano di compressione, e rispettano le seguenti limitazioni di normativa:

- Combinazione rara:  $\sigma_{i-sima} \leq 0.60 \cdot f_{ck}$
- Combinazione quasi permanente:  $\sigma_{i-sima} \leq 0.45 \cdot f_{ck}$

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 23 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

## 2.7 Effetti del ritiro differenziale e della variazione termica soletta-trave

Per il calcolo degli effetti dovuti al ritiro si tiene conto di una deformazione pari al 3‰, ridotto di un'aliquota del 40%, dovuto al ritiro residuo della trave. Pertanto si assume una  $\varepsilon_r = 0.00018$ . Invece per il calcolo della variazione termica si assume un gradiente termico di  $\pm 10^\circ\text{C}$  e quindi una  $\varepsilon_t = 0.0001$ .

$H_{sol}$	=	0.25	m	altezza soletta
$L_{sol}$	=	2.25	m	larghezza soletta
$H_t$	=	1.40	m	altezza trave
$Y_G$	=	1.018	m	quota baricentro trave
$A_{om}$	=	1.198	m	area trave omogeneizzata
$J$	=	0.389	m <sup>4</sup>	inerzia trave omogeneizzata
$W_i$	=	0.3820	m <sup>3</sup>	modulo di resistenza inferiore trave
$W_s$	=	1.0182	m <sup>3</sup>	modulo di resistenza superiore trave
$Y_{eq}$	=	0.2385	m	quota trefolo equivalente
$\varphi$	=	<b>0.00018</b>		deformazione dovuta al ritiro e viscosità differenziale soletta-trave
$\varphi_t$	=	<b>0.0001</b>		deformazione dovuta al gradiente termico soletta-trave
$\square$	=	<b>2</b>		
$d_{gg}$	=	0.507	m	distanza tra baricentro soletta e baricentro trave
$E_{csol}$	=	<b>31476</b>	MPa	Modulo elastico soletta
$N_{cr}$	=	-1062.3	kN	Sforzo Normale supplementare dovuto ritiro
$N_{ct}$	=	-1770.5	kN	Sforzo Normale supplementare dovuto alle dilatazioni termiche
$N_{tot}$	=	-2832.8	kN	Sforzo Normale supplementare totale
$M_{cr}$	=	1436.1	kNm	Momento flettente supplementare

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 24 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

	FASE 3c	Effetti differenziali	FASE 4
<b>Combinazione RARA</b>			
$\square_{ss}$	-6.54	-4.70	-11.24
$\square_{si}$	-3.78	-3.78	-7.55
$\square_s$	-13.58	-3.78	-17.35
$\square_i$	-1.37	1.39	0.03
$\square_{eq}$	-3.45	0.51	-2.93
<b>Combinazione FREQUENTE</b>			
$\square_{ss}$	-5.44	-4.70	-10.14
$\square_{si}$	-3.11	-3.78	-6.88
$\square_s$	-12.91	-3.78	-16.68
$\square_i$	-3.12	1.39	-1.72
$\square_{eq}$	-4.79	0.51	-4.27
<b>Combinazione QUASI PERMANENTE</b>			
$\square_{ss}$	-2.18	-4.70	-6.88
$\square_{si}$	-1.13	-3.78	-4.91
$\square_s$	-10.94	-3.78	-14.71
$\square_i$	-8.36	1.39	-6.97
$\square_{eq}$	-8.80	0.51	-8.28

Si procede quindi al calcolo delle staffe di cucitura necessarie

$V_{Ed}$	=	<b>1660.3</b>	kN	Taglio massimo di progetto
$S^*$	=	0.28516	m <sup>3</sup>	momento statico della soletta rispetto baricentro omogeno
$F_s$	=	1217.4	kN/m	forza di scorrimento
$f_{yd}$	=	391.3	MPa	tensione snervamento di calcolo
$f_{yd,a}$	=	225.9	MPa	tensione snervamento di calcolo per il taglio
$A_{st,p}$	=	5388	mm <sup>2</sup> /m	area staffe di calcolo per metro lineare
$\varnothing_s$	=	<b>16</b>	mm	diametro ferri longitudinali
$n_b$	=	<b>4</b>		numero bracci
$s$	=	<b>125</b>	mm	passo
$n_f$	=	8		numero ferri per metro lineare
$A_{st}$	=	6'434	mm <sup>2</sup> /m	area staffe effettiva per metro lineare
		OK		

## 2.8 Verifica alla fessurazione

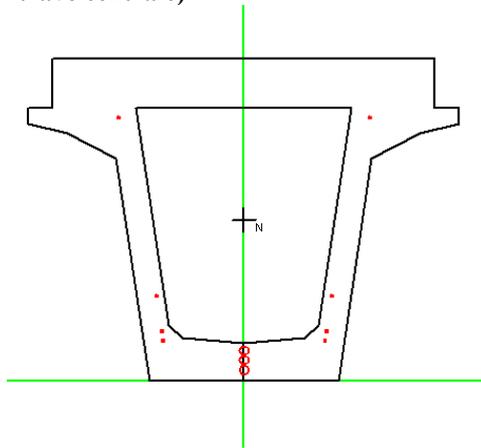
Per le verifiche a fessurazione, considerando condizioni ambientali aggressive ed una armatura sensibile (siamo in presenza di cavi precompressi), la normativa prevede una totale decompressione della sezione per la combinazione quasi permanente dello SLE e una apertura delle fessure  $\leq w_1 = 0.2$  mm per la combinazione frequente dello SLE.

Come si nota dalle tabelle su indicate, la sezione in ogni punto della trave e per ogni combinazione di carico risulta sempre decompressa, pertanto entrambe le verifiche risultano soddisfatte.

## 2.9 Verifica a rottura per flessione allo SLU

La verifica a rottura è stata condotta con il software VCA-SLU

### 2.9.1 SEZIONE n.1 (mezzeria – trave centrale)



Verifica C.A. S.L.U. - File: SLU-trave CENTR\_dx\_mezzeria\_fase3

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:** \_\_\_\_\_

N° Vertici:  Zoom N° barre:  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	-48,19	0
3	-65,3	114
4	-90	127
5	-110	131,8
6	-110	140

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. Metodo n  
 N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  kNm  
 M<sub>yEd</sub>  kNm

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

**Tipo rottura**  
 Lato acciaio - Cavo snervato

**Materiali**  
 B450C  C45/55  
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $E_s$   N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$   ‰  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   ‰  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$   ‰  
 $\tau_{c1}$   ‰

**M<sub>xRd</sub>**  kN m  
 $\sigma_c$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 $\delta$

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sezione C.A.**  
 File

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

**Armatura Precompressione**  
 N° cavi  Zoom

N°	As [cm <sup>2</sup> ]	x [cm]	y [cm]	$\sigma_{sc}$ [MPa]
1	16,68	0	5,5	1445
2	16,68	0	10,5	1445
3	16,68	0	15,5	1445
4	1,39	41,4	20,5	1445
5	1,39	-41,4	20,5	1445
6	1,39	42,1	25,5	1445

**Tipo cavo**  
  
 $\epsilon_{su}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$    
 $\epsilon_{syd}$   ‰  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm<sup>2</sup>

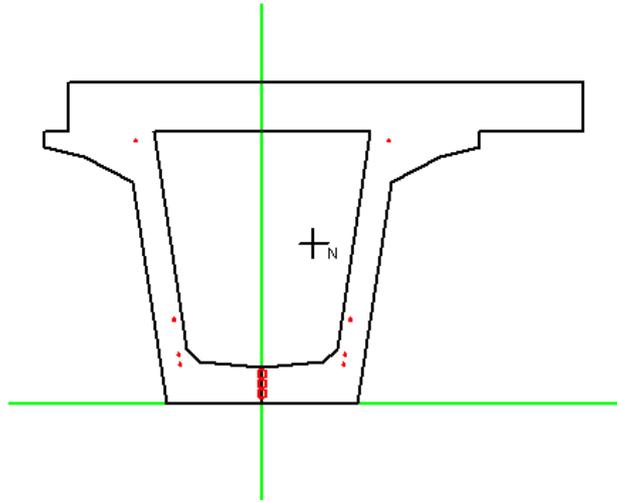
$\sigma_{sp}$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_{sp}$   ‰ compressa predef.

**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
 L<sub>0</sub>  cm **Col. modello**

Precompresso

Il momento ultimo della trave risulta:  $M_{Rd} = 12301 \text{ kNm} > M_{Ed} = 9007 \text{ kNm}$ .

### 2.9.2 SEZIONE n.1 (mezzeria – trave di bordo)



Verifica C.A. S.L.U. - File: SLU-trave CENTR\_dx\_bordo\_fase3

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez, Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:** \_\_\_\_\_

**N° Vertici** 24 **Zoom** **N° barre** 0 **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	-48,19	0
3	-65,3	114
4	-90	127
5	-110	131,8
6	-110	140

**Tipologia Sezione:**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Armatura Precompressione**  
**N° cavi** 11 **Zoom**

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]	σ <sub>sp</sub> [MPa]
1	16,68	0	5,5	1445
2	16,68	0	10,5	1445
3	16,68	0	15,5	1445
4	1,39	41,4	20,5	1445
5	1,39	-41,4	20,5	1445
6	1,39	42,1	25,5	1445

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. Metodo n

**N<sub>Ed</sub>** 0 **M<sub>Ed</sub>** 9350 **M<sub>yEd</sub>** 0

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Materiali**  
**B450C** **C45/55**  
 ε<sub>su</sub> 10 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 25,5 ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
 ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 16 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,9333  
 τ<sub>cl</sub> 2,543

**M<sub>Rd</sub>** 12.465 kNm  
 σ<sub>c</sub> -24,76 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> N/mm²  
 ε<sub>c</sub> 1,659 ‰  
 ε<sub>s</sub> ‰  
 d 159,5 cm  
 x 22,7 x/d 0,1423  
 δ 0,7

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipologia flessione**  
 Retta  Deviata

**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
 L<sub>o</sub> 0 cm **Col. modello**

Precompresso

**Sezione C.A.**  
 File

**Sezione C.A. (Zoomed):** Shows a detailed view of the T-beam cross-section with a red shaded area representing the reinforcement layout.

**Armatura Precompressione (Zoomed):** Shows a detailed view of the tendon layout with a green shaded area.

**Tipologia cavo** trefolo

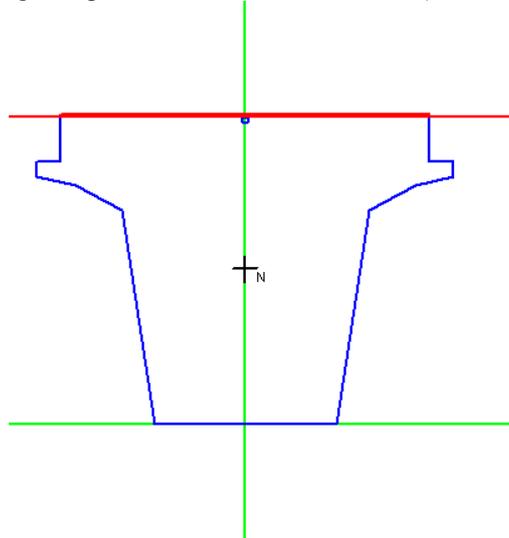
ε<sub>su</sub> 10 ‰  
 f<sub>yd</sub> 1.478 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 6  
 ε<sub>syd</sub> 7,39 ‰  
 σ<sub>s,adm</sub> 1540 N/mm²

σ<sub>sp</sub> 1.478 N/mm²  
 ε<sub>sp</sub> 17,23 ‰ compresa predef.

Il momento ultimo della trave risulta:  $M_{Rd} = 12465 \text{ kNm} > M_{Ed} = 9350 \text{ kNm}$ .

### 2.9.3 SEZIONE n.3 (appoggio)

Essendo la sezione considerata in cemento armato ordinario, si sceglie di disporre 10 Ø 16 a lembo superiore della soletta, distribuiti uniformemente lungo lo spessore di soletta collaborante (Ø12/ 30 cm).



Verifica C.A. S.L.U. - File: momneto ultimo appoggio

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : **momento ultimo appoggio**

N° Vertici  Zoom N° barre  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	-48,19	0
3	-65,3	114
4	-90	127
5	-110	131,8
6	-110	140

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	11,31	0	162

Tipologia Sezione:  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Tipologia rottura:  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Tipologia flessione:  
 Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd

o  cm

Precompresso

**Materiali**

$\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   ‰  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   ‰  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$   ‰  
 $\tau_{c1}$   ‰

M<sub>xRd</sub>  kN m

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 $\delta$

Il momento ultimo della trave risulta:  $M_{Rd} = -2528 \text{ kNm} > M_{Ed} = -257.01 \text{ kNm}$ .

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 28 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

## 2.10 Verifica a taglio e torsione allo SLU

### 2.10.1 SEZIONE n. 1 (mezzeria)

$\sigma_{G1}$	-12,47	0,61	0,82	0,4	0,5	0,00	0,00	1,00	2,41	-0,01	0,00	MPa	tensione nel baricentro di 1ª fase
$\sigma_{G2}$	-3,84	0,19	0,25	0,20	0,27	-3,62	-2,33	0,00	0,00	-0,02	0,00	MPa	tensione nel baricentro di 2ª fase
$\sigma_{cp}$	-12,47	0,61	0,82	0,20	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,00	MPa	tensione media nel calcestruzzo
$T_{G1}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	MPa	tensione tangenziale nel baricentro di 1ª fase
$T_{G2}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,67	0,00	0,00	MPa	tensione tangenziale nel baricentro di 2ª fase

#### Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

$\sigma_{cp}$	11.07	MPa	tensione media nel calcestruzzo (>0 compressione)
$V_{Ed}$	386.3	kN	taglio di calcolo agente
$V_{Rd}$	1505.0	kN	taglio resistente in assenza di armatura specifica
check	3.90		se >1 verifica soddisfatta

#### Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

$\varnothing_w$	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
$\alpha$	90.0	°	inclinazione armatura
s	400	mm	interasse armature a taglio
$n_{br}$	4.0		numero bracci armatura trasversale
$A_{sw}$	452.39	mm <sup>2</sup>	area armatura trasversale posta nell'interasse s
$f_{cd}$	12.75	MPa	resistenza ridotta ( $f'_{cd} = 0.5 f_{cd}$ )
$\alpha_c$	1.25		coefficiente maggiorativo in presenza di compressione
$ctg\theta^*$	3.01		$ctg\theta^* / V_{Rsd} = V_{Rcd}$
$ctg\theta$	1.80		deve essere: $1 \leq \theta \leq 2.5$
$\theta$	29	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
$V_{Rsd}$	1154.3	kN	taglio resistente armatura (taglio trazione)
$V_{Rcd}$	2745.1	kN	taglio resistente calcestruzzo (taglio compressione)
$V_{Rd}$	1154.3	kN	taglio resistente sezione
check	2.99		se >1 verifica soddisfatta
$\sigma_G$	6.0		tensione normale sulla corda baricentrica
$T_G$	1.04	MPa	tensione tangenziale sulla corda baricentrica
$\sigma_I$	6.20	MPa	tensione principale di trazione
$\sigma_{II}$	-0.17	MPa	tensione principale di compressione
$ctg\theta_I$	0.17		
check	0.09		se <1 verifica soddisfatta

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 29 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

### Verifica a torsione

$\Omega$	1.5703	m <sup>2</sup>	area racchiusa dalla linea media della sezione
t	140	mm	spessore dell'anima della sezione cava
$\varnothing_s$	12	mm	diametro staffe per torsione
s	400	mm	interasse staffe a torsione
n <sub>br</sub>	2		numero bracci staffe
A <sub>s</sub>	226.19	mm <sup>2</sup>	area staffe
$\varnothing_l$	12	mm	diametro ferri longitudinali
n <sub>l</sub>	24		numero ferri longitudinali
A <sub>l</sub>	5'328.14	mm <sup>2</sup>	area ferri longitudinali
u <sub>m</sub>	5.3	m	perimetro medio del nucleo resistente

### Valori Massimi per progetto armatura

T <sub>Ed</sub>	295.0		momento torcente di calcolo
T <sub>Rcd</sub>	2379.9	kNm	resistenza di calcolo calcestruzzo
T <sub>Rsd</sub>	1250.9	kNm	resistenza di calcolo staffe
T <sub>Rld</sub>	686.4	kNm	resistenza di calcolo ferri longitudinali
T <sub>Rd</sub>	686.4	kNm	momento torcente resistente
check	2.33		se >1 verifica soddisfatta

### Valori di combinazione dove il Taglio è massimo

T <sub>Ed</sub>	295.0	kNm	momento torcente di calcolo
T <sub>Rcd</sub>	2379.9	kNm	resistenza di calcolo calcestruzzo
T <sub>Rsd</sub>	1250.9	kNm	resistenza di calcolo staffe
T <sub>Rld</sub>	686.4	kNm	resistenza di calcolo ferri longitudinali
T <sub>Rd</sub>	686.4	kNm	momento torcente resistente
check	2.33		se >1 verifica soddisfatta

### Verifica a taglio-torsione

check	0.26		se <1 verifica soddisfatta
-------	------	--	----------------------------

Nella verifica a Torsione l'area dei ferri longitudinali comprende sia l'armatura della soletta che è riportata sopra che quella del trasverso computata direttamente.

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 30 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

## 2.10.2 SEZIONE n. 2 (precompressione efficace $x = 0.6$ m)

$\sigma_{G1}$	-7,50	0,22	0,53	0,2	0,3	0,00	0,00	0,08	0,34	0,01	0,00	MPa	tensione nel baricentro di 1ª fase
$\sigma_{G2}$	-2,82	0,08	0,20	0,12	0,16	-0,29	-0,19	0,00	0,00	0,01	0,00	MPa	tensione nel baricentro di 2ª fase
$\sigma_{cp}$	-7,50	0,22	0,53	0,12	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	MPa	tensione media nel calcestruzzo
$T_{G1}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,47	0,94	1,51	7,45	0,04	0,00	MPa	tensione tangenziale nel baricentro di 1ª fase
$T_{G2}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	0,37	0,84	4,15	0,02	0,00	MPa	tensione tangenziale nel baricentro di 2ª fase

### Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

$\sigma_{cp}$	6.96	MPa	tensione media nel calcestruzzo (>0 compressione)
$V_{Ed}$	1660.3	kN	taglio di calcolo agente
$V_{Rd}$	1240.7	kN	taglio resistente in assenza di armatura specifica
check	0.75		se >1 verifica soddisfatta

E' prevista armatura a taglio

### Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

$\varnothing_w$	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
$\alpha$	90.0	°	inclinazione armatura
s	100	mm	interasse armature a taglio
$n_{br}$	4.0		numero bracci armatura trasversale
$A_{sw}$	452.39	mm <sup>2</sup>	area armatura trasversale posta nell'interasse s
$f'_{cd}$	12.75	MPa	resistenza ridotta ( $f'_{cd} = 0.5 f_{cd}$ )
$\alpha_c$	1.25		coefficiente maggiorativo in presenza di compressione
$ctg\theta^*$	1.23		$ctg\theta^* / V_{Rsd} = V_{Rcd}$
$ctg\theta$	1.80		deve essere: $1 \leq \theta \leq 2.5$
$\theta$	29	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
$V_{Rsd}$	4617.1	kN	taglio resistente armatura (taglio trazione)
$V_{Rcd}$	2745.1	kN	taglio resistente calcestruzzo (taglio compressione)
$V_{Rd}$	2745.1	kN	taglio resistente sezione
check	1.65		se >1 verifica soddisfatta
$\sigma_G$	9.3		tensione normale sulla corda baricentrica
$T_G$	3.70	MPa	tensione tangenziale sulla corda baricentrica
$\sigma_I$	10.60	MPa	tensione principale di trazione
$\sigma_{II}$	-1.29	MPa	tensione principale di compressione
$ctg\theta_I$	0.35		
check	0.19		se <1 verifica soddisfatta

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 31 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

### Verifica a torsione

$\Omega$	1.5703	m <sup>2</sup>	area racchiusa dalla linea media della sezione
t	140	mm	spessore dell'anima della sezione cava
$\varnothing_s$	12	mm	diametro staffe per torsione
s	100	mm	interasse staffe a torsione
n <sub>br</sub>	2		numero bracci staffe
A <sub>s</sub>	226.19	mm <sup>2</sup>	area staffe
$\varnothing_l$	12	mm	diametro ferri longitudinali
n <sub>l</sub>	26		numero ferri longitudinali
A <sub>l</sub>	7'319.91	mm <sup>2</sup>	area ferri longitudinali
u <sub>m</sub>	5.3	m	perimetro medio del nucleo resistente

### Valori Massimi per progetto armatura

T <sub>Ed</sub>	600.4		momento torcente di calcolo
T <sub>Rcd</sub>	2379.9	kNm	resistenza di calcolo calcestruzzo
T <sub>Rsd</sub>	5003.6	kNm	resistenza di calcolo staffe
T <sub>Rld</sub>	942.9	kNm	resistenza di calcolo ferri longitudinali
T <sub>Rd</sub>	942.9	kNm	momento torcente resistente
check	1.57		se >1 verifica soddisfatta

### Valori di combinazione dove il Taglio è massimo

T <sub>Ed</sub>	600.4	kNm	momento torcente di calcolo
T <sub>Rcd</sub>	2379.9	kNm	resistenza di calcolo calcestruzzo
T <sub>Rsd</sub>	5003.6	kNm	resistenza di calcolo staffe
T <sub>Rld</sub>	942.9	kNm	resistenza di calcolo ferri longitudinali
T <sub>Rd</sub>	942.9	kNm	momento torcente resistente
check	1.57		se >1 verifica soddisfatta

### Verifica a taglio-torsione

check	0.86		se <1 verifica soddisfatta
-------	------	--	----------------------------

Nella verifica a Torsione l'area dei ferri longitudinali comprende sia l'armatura della soletta che è riportata sopra che quella del trasverso computata direttamente.

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 32 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

### 2.10.3 SEZIONE n. 2a asse appoggio (filo trasverso)

#### Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

$\sigma_{cp}$	<b>0</b>	MPa	tensione media di compressione nella sezione
k	2.0		
$v_{min}$	0.66		
$\rho_1$	0.0054		rapporto geometrico armatura longitudinale
$V_{Ed}$	<b>1673.8</b>	kN	Taglio di calcolo
$V_{Rd1}$	318.4		
$V_{Rd2}$	303.2		
<b><math>V_{Rd}</math></b>	318.4	kN	resistenza a taglio
check	0.19		se >1 verifica soddisfatta

#### Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

$\theta$	29.1	°	angolo inclinazione bielle compresse
ctg $\theta$	<b>1.80</b>		deve essere: $1 \leq \theta \leq 2.5$
$\alpha_c$	1.00		
$\alpha$	90	°	angolo inclinazione armatura trasversale
s	<b>100</b>	mm	passo staffe
$\varnothing_{st}$	<b>12</b>	mm	diametro staffe
$n_{br}$	<b>2.0</b>		numero bracci
$A_{sw}$	226.19	mm <sup>2</sup>	armatura staffe
$V_{Rsd}$	2330.0	kN	resistenza a taglio lato acciaio
$V_{Rcd}$	2224.4	kN	resistenza a taglio lato cls
<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2224.4</b>	kN	resistenza a taglio
check	1.33		se >1 verifica soddisfatta

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 33 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

### Verifica a torsione

W	<b>1.5703</b>	m <sup>2</sup>	area racchiusa dalla linea media della sezione
t	140.0	mm	spessore dell'anima della sezione cava
Ø <sub>s</sub>	<b>12</b>	mm	diametro staffe per torsione
s	<b>100</b>	mm	interasse staffe a torsione
n <sub>br</sub>	<b>2</b>		numero bracci staffe
A <sub>s</sub>	226.19	mm <sup>2</sup>	area staffe
Ø <sub>l</sub>	<b>12</b>	mm	diametro ferri longitudinali
n <sub>l</sub>	<b>26</b>		numero ferri longitudinali
A <sub>l</sub>	7'319.91	mm <sup>2</sup>	area ferri longitudinali
u <sub>m</sub>	<b>5.32</b>	m	perimetro medio del nucleo resistente

### Valori Massimi per progetto armatura

T <sub>Ed</sub>	<b>571.8</b>		momento torcente di calcolo
T <sub>Rcd</sub>	2379.9	kNm	resistenza di calcolo calcestruzzo
T <sub>Rsd</sub>	5003.5	kNm	resistenza di calcolo staffe
T <sub>Rld</sub>	939.4	kNm	resistenza di calcolo ferri longitudinali
T <sub>Rd</sub>	939.4	kNm	momento torcente resistente
check	1.64		se >1 verifica soddisfatta

### Valori di combinazione dove il Taglio è massimo

T <sub>Ed</sub>	<b>571.8</b>	kNm	momento torcente di calcolo
T <sub>Rcd</sub>	2379.9	kNm	resistenza di calcolo calcestruzzo
T <sub>Rsd</sub>	5003.5	kNm	resistenza di calcolo staffe
T <sub>Rld</sub>	939.4	kNm	resistenza di calcolo ferri longitudinali
T <sub>Rd</sub>	939.4	kNm	momento torcente resistente
check	1.64		se >1 verifica soddisfatta

### Verifica a taglio-torsione

check	0.99		se <1 verifica soddisfatta
-------	------	--	----------------------------

Nella verifica a Torsione l'area dei ferri longitudinali comprende sia l'armatura della soletta che è riportata sopra che quella del trasverso computata direttamente.

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 34 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

#### 2.10.4 SEZIONE n. 3 asse appoggio

##### Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

$\sigma_{cp}$	<b>0</b>	MPa	tensione media di compressione nella sezione
k	2.0		
$v_{min}$	0.66		
$\rho_1$	0.0016		rapporto geometrico armatura longitudinale
$V_{Ed}$	<b>1688.5</b>	kN	Taglio di calcolo
$V_{Rd1}$	719.6		
$V_{Rd2}$	1030.5		
$V_{Rd}$	1030.5	kN	resistenza a taglio
check	0.61		se >1 verifica soddisfatta

E' prevista armatura a taglio

##### Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

$\theta$	29.1	°	angolo inclinazione bielle compresse
$ctg\theta$	<b>1.80</b>		deve essere: $1 \leq \theta \leq 2.5$
$\alpha_c$	1.00		
$\alpha$	90	°	angolo inclinazione armatura trasversale
s	<b>100</b>	mm	passo staffe
$\varnothing_{st}$	<b>12</b>	mm	diametro staffe
$n_{br}$	<b>2.0</b>		numero bracci
$A_{sw}$	226.19	mm <sup>2</sup>	armatura staffe
$V_{Rsd}$	2308.5	kN	resistenza a taglio lato acciaio
$V_{Rcd}$	7559.1	kN	resistenza a taglio lato cls
$V_{Rd}$	<b>2308.5</b>	kN	resistenza a taglio
check	1.37		se >1 verifica soddisfatta

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 35 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

### Verifica a torsione

W	<b>1.5703</b>	m <sup>2</sup>	area racchiusa dalla linea media della sezione
t	140.0	mm	spessore dell'anima della sezione cava
Ø <sub>s</sub>	<b>12</b>	mm	diametro staffe per torsione
s	<b>100</b>	mm	interasse staffe a torsione
n <sub>br</sub>	<b>2</b>		numero bracci staffe
A <sub>s</sub>	226.19	mm <sup>2</sup>	area staffe
Ø <sub>l</sub>	<b>12</b>	mm	diametro ferri longitudinali
n <sub>l</sub>	<b>26</b>		numero ferri longitudinali
A <sub>l</sub>	7'319.91	mm <sup>2</sup>	area ferri longitudinali
u <sub>m</sub>	<b>5.32</b>	m	perimetro medio del nucleo resistente

### Valori Massimi per progetto armatura

T <sub>Ed</sub>	<b>571.8</b>		momento torcente di calcolo
T <sub>Rcd</sub>	2379.9	kNm	resistenza di calcolo calcestruzzo
T <sub>Rsd</sub>	5003.5	kNm	resistenza di calcolo staffe
T <sub>Rld</sub>	939.4	kNm	resistenza di calcolo ferri longitudinali
T <sub>Rd</sub>	939.4	kNm	momento torcente resistente
check	1.64		se >1 verifica soddisfatta

### Valori di combinazione dove il Taglio è massimo

T <sub>Ed</sub>	<b>571.8</b>	kNm	momento torcente di calcolo
T <sub>Rcd</sub>	2379.9	kNm	resistenza di calcolo calcestruzzo
T <sub>Rsd</sub>	5003.5	kNm	resistenza di calcolo staffe
T <sub>Rld</sub>	939.4	kNm	resistenza di calcolo ferri longitudinali
T <sub>Rd</sub>	939.4	kNm	momento torcente resistente
check	1.64		se >1 verifica soddisfatta

### Verifica a taglio-torsione

check	0.46		se <1 verifica soddisfatta
-------	------	--	----------------------------

Nella verifica a Torsione l'area dei ferri longitudinali comprende sia l'armatura della soletta che è riportata sopra che quella del trasverso computata direttamente.

## 2.11 Traverso

### 2.11.1 Fase di esercizio

Nella fase di esercizio risultano, dal tabulato del grigliato, le seguenti sollecitazioni massime:

$$M^+ = +973.2 \text{ kNm}$$

$$M^- = -1061.2 \text{ kNm}$$

$$V = 810.2 \text{ kNm}$$

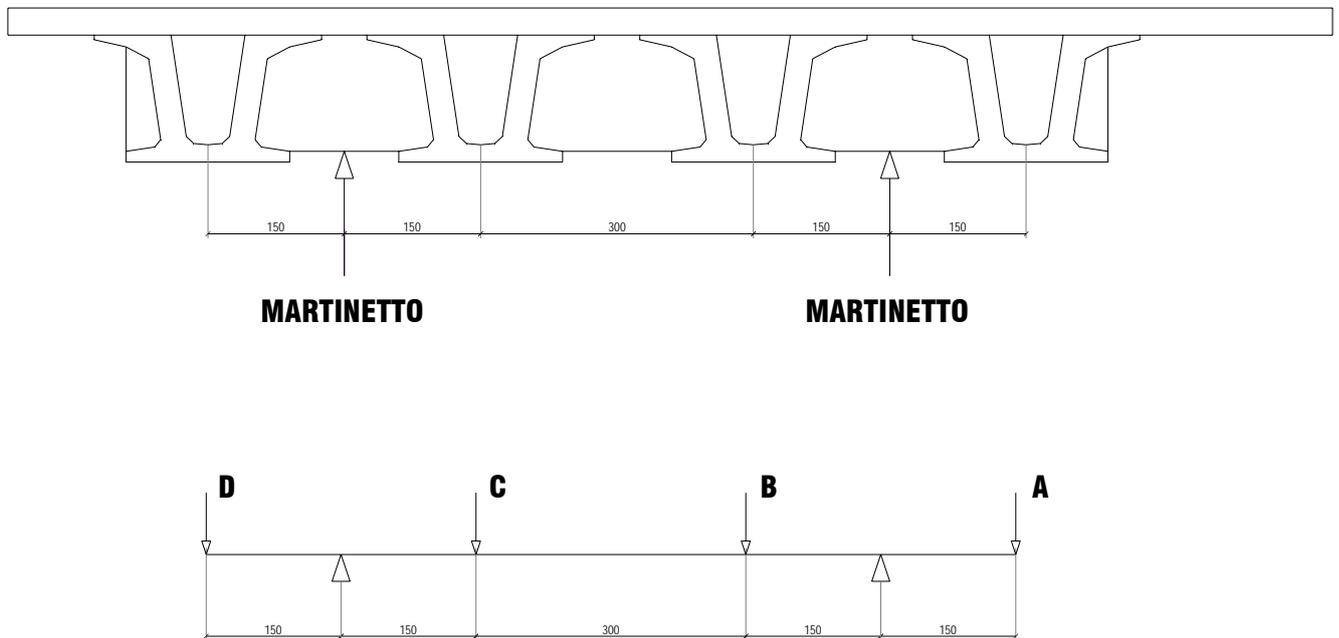
$$T = 188.3 \text{ kNm}$$

### 2.11.2 Fase di sollevamento

Il sollevamento avverrà tramite n° 2 martinetti posizionati al di sotto dei trasversi:

Di seguito si riportano i diagrammi del momento e del taglio dovuti al sollevamento dell'impalcato.

Ai fini del calcolo delle massime sollecitazioni si considerano applicati al trasverso i carichi permanenti derivanti dall'impalcato ovvero le reazioni delle singole travi dovute ai carichi portati:



Risolvendo la trave continua si ottengono le seguenti sollecitazioni massime per le quali nel seguito sono riportate le verifiche delle sezioni.

Trave	Reazione trave [kN]
A	653.37

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 37 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

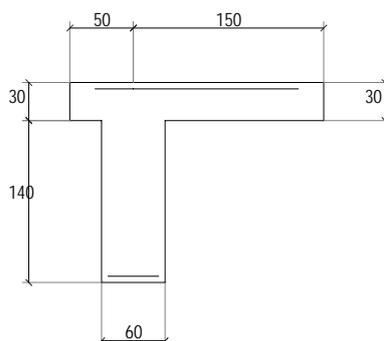
B	551.72
C	551.72
D	653.37

$R1_{max}$	1719.79	kN
$R2_{max}$	1719.79	kN
$M_{max}$	-119.78	kNm
$M_{min}$	-1009.60	kNm
$V_{max}$	806.33	kN

### 2.11.3 Verifica allo SLU

- Verifica di rottura a flessione

Ai fini delle verifiche oltre alla sezione netta di traverso, va considerata parte della soletta collaborante fino a una distanza dall'asse pari a 5 volte lo spessore della soletta e quindi di 150 cm.



Si decide di disporre armatura lenta:

- 4 Ø 24 + 11 Ø 14 a lembo superiore
- 4 Ø 24 a lembo inferiore

Come precedentemente fatto per le travi, la verifica allo SLU viene effettuata mediante il software VCA-SLU. Ne seguono quindi la verifica del traverso a momento negativo e a momento positivo.

**Verifica C.A. S.L.U. - File: Trasverso**

Titolo: **Trasverso**

N° Vertici: 8    N° barre: 3

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
4	0	170	1	18,10	50	155
5	200	170	2	18,10	50	30
6	200	140	3	16,93	100	155
7	80	140				
8	80	0				

Sollecitazioni: S.L.U.    Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 kN  
 M<sub>Ed</sub>: -1009,60 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro    Baricentro cls

Coord.[cm]: xN 0, yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>: -2,046 kNm

Materiali: B450C, C25/30

σ<sub>su</sub>: 67,5 ‰    ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
 f<sub>yd</sub>: 391,3 N/mm²    ε<sub>cu</sub>: 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm²    f<sub>cd</sub>: 14,17 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15    f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0,8  
 ε<sub>syd</sub>: 1,957 ‰    σ<sub>c,adm</sub>: 9,75 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm²    τ<sub>co</sub>: 0,6    τ<sub>c1</sub>: 1,829

σ<sub>c</sub>: -14,17 N/mm²  
 σ<sub>s</sub>: 391,3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub>: 3,5 ‰  
 ε<sub>s</sub>: 18,87 ‰  
 d: 155 cm  
 x: 24,26    x/d: 0,1565    δ: 0,7

Metodo di calcolo: S.L.U.+    Metodo n

Tipo flessione: Retta    Deviata

N° rett.: 100

Calcola MRd    Dominio M-N

L<sub>0</sub>: 0 cm    Col. modello

Precompresso

Il momento ultimo negativo del traverso risulta:  $M_{Rd} = -2046 \text{ kNm} > M_{Ed} = -1009.6 \text{ kNm}$ .

**Verifica C.A. S.L.U. - File: Trasverso max**

Titolo: **Trasverso**

N° Vertici: 8    N° barre: 3

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
4	0	170	1	18,10	50	155
5	200	170	2	18,10	50	30
6	200	140	3	16,93	100	155
7	80	140				
8	80	0				

Sollecitazioni: S.L.U.    Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 kN  
 M<sub>Ed</sub>: -119,78 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro    Baricentro cls

Coord.[cm]: xN 0, yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>: 1,118 kNm

Materiali: B450C, C25/30

σ<sub>su</sub>: 67,5 ‰    ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
 f<sub>yd</sub>: 391,3 N/mm²    ε<sub>cu</sub>: 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm²    f<sub>cd</sub>: 14,17 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15    f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0,8  
 ε<sub>syd</sub>: 1,957 ‰    σ<sub>c,adm</sub>: 9,75 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm²    τ<sub>co</sub>: 0,6    τ<sub>c1</sub>: 1,829

σ<sub>c</sub>: -14,17 N/mm²  
 σ<sub>s</sub>: 391,3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub>: 3,5 ‰  
 ε<sub>s</sub>: 50,91 ‰  
 d: 140 cm  
 x: 9,006    x/d: 0,06433    δ: 0,7

Metodo di calcolo: S.L.U.+    S.L.U.-    Metodo n

Tipo flessione: Retta    Deviata

N° rett.: 100

Calcola MRd    Dominio M-N

L<sub>0</sub>: 0 cm    Col. modello

Precompresso

Il momento ultimo positivo del traverso risulta:  $M_{Rd} = 1118 \text{ kNm} > M_{Ed} = -119,78 \text{ kNm}$ .

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 39 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

- Verifica taglio e torsione

$f_{ck}$	<b>25</b>	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cd}$	<b>14</b>	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f'_{cd}$	7.08	MPa	resistenza a compressione ridotta d'anima
$\gamma_c$	<b>1.50</b>		coefficiente parziale di sicurezza
$b_w$	<b>0.600</b>	m	larghezza minima sezione
$c$	<b>0.040</b>	m	copriferro
$H$	<b>1.400</b>	m	altezza totale sezione
$d$	1.360	m	altezza utile sezione
$f_{yd}$	<b>391.3</b>	MPa	tensione di snervamento di calcolo
$\varnothing_{l1}$	<b>24</b>	mm	diametro ferri lembo inferiore
$n_{l1}$	<b>4</b>		numero ferri lembo inferiore
$A_{s1}$	1'809.56	mm <sup>2</sup>	armatura lembo inferiore
$\varnothing_{l2}$	<b>24</b>	mm	diametro ferri lembo superiore
$n_{l2}$	<b>4</b>		numero ferri lembo superiore
$A_{s2}$	1'809.56	mm <sup>2</sup>	armatura lembo superiore
$A_{s,t}$	3'619.11	mm <sup>2</sup>	armatura longitudinale

**Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio**

$\sigma_{cp}$	<b>0</b>	MPa	tensione media di compressione nella sezione
$k$	2.0		
$v_{min}$	0.49		
$\rho_1$	0.0044		rapporto geometrico armatura longitudinale
$V_{Ed}$	<b>807.0</b>	kN	Taglio di calcolo
$V_{Rd1}$	436.7		
$V_{Rd2}$	403.9		
$V_{Rd}$	436.7	kN	resistenza a taglio
check	0.54		se >1 verifica soddisfatta

E' prevista armatura a Taglio

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 40 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

### Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

$\theta$	21.8	°	angolo inclinazione bielle compresse
$\text{ctg}\theta$	<b>2.50</b>		deve essere: $1? \theta ?2.5$
$\alpha_c$	1.00		
$\alpha$	90	°	angolo inclinazione armatura trasversale
s	<b>100</b>	mm	passo staffe
$\varnothing_{st}$	<b>12</b>	mm	diametro staffe
$n_{br}$	<b>2.0</b>		numero bracci
$A_{sw}$	226.19	mm <sup>2</sup>	armatura staffe
$V_{Rsd}$	2708.4	kN	resistenza a taglio lato acciaio
$V_{Rcd}$	1793.8	kN	resistenza a taglio lato cls
$V_{Rd}$	<b>1793.8</b>	kN	resistenza a taglio
check	2.22		se >1 verifica soddisfatta

### Verifica a torsione

W	<b>1.29</b>	m <sup>2</sup>	area racchiusa dalla linea media della sezione
t	600.0	mm	spessore dell'anima della sezione cava
Ø <sub>s</sub>	<b>14</b>	mm	diametro staffe per torsione
s	<b>100</b>	mm	interasse staffe a torsione
n <sub>br</sub>	<b>2</b>		numero bracci staffe
A <sub>s</sub>	307.88	mm <sup>2</sup>	area staffe
Ø <sub>l</sub>	<b>12</b>	mm	diametro ferri longitudinali
n <sub>l</sub>	<b>27</b>		numero ferri longitudinali
A <sub>l</sub>	3'053.63	mm <sup>2</sup>	area ferri longitudinali
u <sub>m</sub>	<b>7.4</b>	m	perimetro medio del nucleo resistente

### Valori Massimi per progetto armatura

T <sub>Ed</sub>	<b>91.0</b>		momento torcente di calcolo
T <sub>Rcd</sub>	3781.0	kNm	resistenza di calcolo calcestruzzo
T <sub>Rsd</sub>	7770.4	kNm	resistenza di calcolo staffe
T <sub>Rld</sub>	166.6	kNm	resistenza di calcolo ferri longitudinali
T <sub>Rd</sub>	166.6	kNm	momento torcente resistente
check	1.83		se >1 verifica soddisfatta

### Valori di combinazione dove il Taglio è massimo

T <sub>Ed</sub>	<b>91.0</b>	kNm	momento torcente di calcolo
T <sub>Rcd</sub>	3781.0	kNm	resistenza di calcolo calcestruzzo
T <sub>Rsd</sub>	7770.4	kNm	resistenza di calcolo staffe
T <sub>Rld</sub>	166.6	kNm	resistenza di calcolo ferri longitudinali
T <sub>Rd</sub>	166.6	kNm	momento torcente resistente
check	1.83		se >1 verifica soddisfatta

### Verifica a taglio-torsione

check	0.47		se <1 verifica soddisfatta
-------	------	--	----------------------------

## 2.11.4 Verifica a Fessurazione

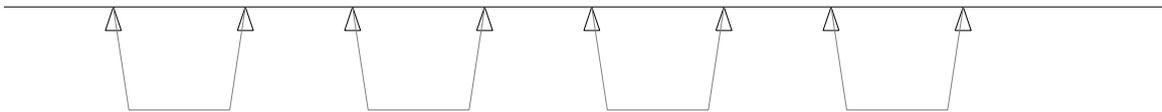
condizioni ambientali	<b>aggressive</b>		
armature	<b>poco sensibili</b>		
<b>Combinazione</b>	frequente	quasi permanente	
<b>Materiali</b>			
Rck	= 40	40	MPa resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	= 33,20	33,20	MPa resistenza caratteristica cilindrica
f <sub>tdm</sub>	= 41,20	41,20	MPa resistenza cilindrica media
f <sub>tdm</sub>	= 3,10	3,10	MPa resistenza media a trazione semplice
f <sub>tdm</sub>	= 3,72	3,72	MPa resistenza media a trazione per flessione
σ <sub>1</sub>	= 2,58	2,58	MPa tensione limite di apertura delle fessure
n	= 15	15	coefficiente di omogeneizzazione armature (compressione)
n'	= 0,001	0,001	coefficiente di omogeneizzazione armature (tensione)
<b>Geometria</b>			
B	= 600	600	mm base sezione
H	= 1400,0	1400,0	mm altezza sezione
<b>Armatura</b>			
n <sub>ts</sub>	= 4	4	n° tendini zona tesa
n <sub>cs</sub>	= 11	11	
Ø <sub>ts</sub>	= 26	26	mm diametro tendini armatura tesa
Ø <sub>ts</sub>	= 14	14	mm diametro tendini armatura tesa
Ø <sub>teq</sub>	= 19	19	mm diametro equivalente tendini armatura tesa
d <sub>sup</sub>	= 30	30	mm copriferro superiore
d <sub>1</sub>	= 1370,0	1370,0	mm distanza dell'armatura tesa dal lembo compresso
A <sub>s1</sub>	= 2123	2123	mm <sup>2</sup> area armatura tesa
n <sub>cs</sub>	= 4	4	n° tendini zona compressa
n <sub>cs</sub>	= 0	0	
Ø <sub>cs</sub>	= 26	26	mm diametro tendini armatura compressa
Ø <sub>cs</sub>	= 0	0	mm diametro tendini armatura compressa
Ø <sub>ceq</sub>	= 26	26	mm diametro equivalente tendini armatura compressa
d <sub>inf</sub>	= 30	30	mm copriferro inferiore
d <sub>2</sub>	= 30	30	mm distanza dell'armatura compressa dal lembo compresso
A <sub>s2</sub>	= 1692	1692	mm <sup>2</sup> area armatura compressa
<b>Sollecitazioni</b>			
M	= 635,7	635,7	kNm momento flettente
N	= 0,0	0,0	KN sforzo normale
e	= 0	0	mm eccentricità
<b>Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione</b>			
A <sub>ca</sub>	= 840000	840000	mm <sup>2</sup> area calcestruzzo
A <sub>s</sub>	= 3815	3815	mm <sup>2</sup> area armatura
A <sub>d</sub>	= 9,0E+05	9,0E+05	mm <sup>2</sup> area sezione ideale
d <sub>0</sub>	= 705	705	mm distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J <sub>d</sub>	= 1,6E+11	1,6E+11	mm <sup>4</sup> momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ <sub>cl</sub>	= 426,1	426,1	mm raggio giratore di inerzia della sezione
Y <sub>max,c</sub>	= 962,4	962,4	mm distanza del punto di nocciolo superiore dall'asse baricentrico
<b>Caratteristiche sezione interamente reagente a tensione</b>			
A <sub>ca,t</sub>	= 840	840	mm <sup>2</sup> area calcestruzzo
A <sub>s</sub>	= 3815	3815	mm <sup>2</sup> area armatura
A <sub>d,t</sub>	= 5,8E+04	5,8E+04	mm <sup>2</sup> area sezione ideale
d <sub>0,t</sub>	= 774	774	mm distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J <sub>d,t</sub>	= 2,6E+10	2,6E+10	mm <sup>4</sup> momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ <sub>cl,t</sub>	= 662,7	662,7	mm raggio giratore di inerzia della sezione
Y <sub>max,t</sub>	= 1341,6	1341,6	mm distanza del punto di nocciolo inferiore dall'asse baricentrico
<b>Sezione</b>	parzializ	parzializ	
<b>Caratteristiche sezione parzializzata</b>			
Y <sub>ts</sub>	= 301	301	mm distanza asse neutro da lembo compresso
J <sub>ts</sub>	= 4,4E+10	4,4E+10	mm <sup>4</sup> momento d'inerzia sezione parzializzata
S <sub>ts</sub>	= 0	0	mm <sup>3</sup> momento statico sezione parzializzata
I(Y <sub>ts</sub> )=0	= -	-	
<b>Tensioni nei materiali</b>			
σ <sub>2</sub>	= -4,38	-4,38	MPa tensione di compressione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ <sub>s</sub>	= 233,3	233,3	MPa tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
<b>Controllo della fessurazione</b>			
M <sub>lim</sub>	= 605	605	kNm momento di fessurazione
M <sub>lim</sub> / M	= 0,95	0,95	check1
<b>Verifica a fessurazione senza il calcolo diretto</b>			
w <sub>max</sub>	= 0,30	0,30	mm crack limit width
σ <sub>1a</sub>	= 32	32	mm σ <sub>1</sub> 160 MPa diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione
	= 26	26	mm σ <sub>1</sub> 200 MPa
	= 16	16	mm σ <sub>1</sub> 240 MPa
	= 12	12	mm σ <sub>1</sub> 280 MPa
	= 10	10	mm σ <sub>1</sub> 320 MPa
	= 8	8	mm σ <sub>1</sub> 360 MPa
a	= 300	300	mm σ <sub>1</sub> 160 MPa spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione
	= 250	250	mm σ <sub>1</sub> 200 MPa
	= 200	200	mm σ <sub>1</sub> 240 MPa
	= 15	15	mm σ <sub>1</sub> 280 MPa
	= 100	100	mm σ <sub>1</sub> 320 MPa
	= 50	50	mm σ <sub>1</sub> 360 MPa
Ø <sub>max</sub>	= 14	14	mm diametro massimo delle barre di armatura tesa
σ <sub>1a1</sub>	= 240	240	MPa limite di tensione max nell'acciaio dovuta al diametro dei ferri
sp <sub>u</sub>	= 36	135	mm spaziatura delle barre superiori
sp <sub>l</sub>	= 135	36	mm spaziatura delle barre inferiori
sp	= 36	36	mm spaziatura massima delle barre
σ <sub>1a2</sub>	= 240	240	MPa limite di tensione max nell'acciaio dovuta alla spaziatura dei ferri
σ <sub>1a3</sub>	= 240	240	MPa limite di tensione max nell'acciaio
σ <sub>1a3</sub> / σ <sub>1a</sub>	= 1,03	1,03	check2
<b>'apertura delle fessure</b>			
c	= -	-	mm ricoprimento armatura
h <sub>ts,eff</sub>	= -	-	mm altezza dell'area di cls teso attorno all'armatura compressa
h <sub>cs,eff</sub>	= -	-	mm altezza dell'area di cls teso attorno all'armatura tesa
A <sub>cs,eff</sub>	= -	-	mm <sup>2</sup> effective tension area
ρ <sub>ts</sub>	= -	-	rapporto A <sub>s</sub> /A <sub>cs,eff</sub>
k <sub>1</sub>	= -	-	fattore che tiene conto della durata di applicazione dei carichi (0,6 per carichi di breve durata; 0,4 per carichi di lunga durata)
E <sub>s</sub>	= 210000	210000	MPa modulo di elasticità dell'acciaio
d'	= -	-	mm
k <sub>2</sub>	= -	-	coeff che tiene conto delle proprietà di aderenza dell'armatura (0,8 per barre ad aderenza migliorata - 1,6 per barre con superficie liscia)
E <sub>2</sub>	= -	-	mm massima deformazione di trazione all'estremità della sezione considerata, calcolata per sezione fessurata
E <sub>1</sub>	= -	-	mm minima deformazione di trazione all'estremità della sezione considerata, calcolata per sezione fessurata
k <sub>3</sub>	= -	-	coeff che tiene conto della distribuzione delle deformazioni (0,5 per flessione - 1,0 per trazione)
k <sub>4</sub>	= -	-	
Δ <sub>max1</sub>	= -	-	mm limite superiore per il calcolo della distanza massima tra le fessure [ d' < 5(c+h/2) ]
Δ <sub>max2</sub>	= -	-	mm limite superiore per il calcolo della distanza massima tra le fessure [ d' > 5(c+h/2) ]
Δ <sub>lim</sub>	= -	-	mm distanza massima tra le fessure
E <sub>eff</sub> -E <sub>cm</sub>	= -	-	mm differenza tra la deformazione media nell'armatura tesa e quella nel cls nella zona fessurata
w <sub>l</sub>	= -	-	mm ampiezza delle fessure (valore caratteristico)
w <sub>d</sub>	= -	-	mm ampiezza delle fessure (valore di calcolo)
	OK	OK	check3

## 2.12 Soletta

### 2.12.1 Analisi dei carichi

La soletta dell'impalcato ha uno spessore di 30 cm ed è sostenuta, nella fase di getto, da dalles dello spessore di 4 cm. La soletta dell'impalcato ha uno spessore di 30 cm ed è sostenuta, nella fase di getto, da dalles dello spessore di 4 cm. Per il calcolo delle sollecitazioni si fa riferimento ad una striscia di larghezza unitaria assumendo uno schema di trave appoggiata in corrispondenza delle ali delle travi prefabbricate.

### 2.12.2 Schema statico



### 2.12.3 Carichi permanenti

Peso proprio =  $1.00 \text{ m} * 0.325 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 = 8.125 \text{ kN/m}$

Pavimentazione =  $1.00 \text{ m} * 0.12 \text{ m} * 24 \text{ kN/m}^3 = 2.88 \text{ kN/m}$  applicati su 7.0 m

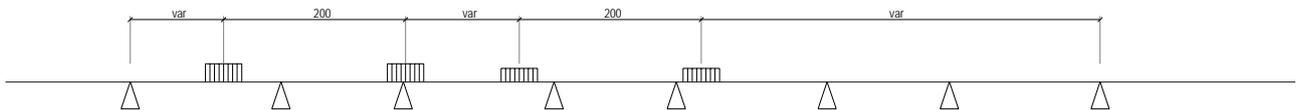
Guard rail =  $1.00 \text{ m} * 1.0 \text{ kN/m} = 1.0 \text{ kN}$

Barriera =  $1.00 \text{ m} * 1.5 \text{ kN/m} = 1.5 \text{ kN}$

### 2.12.4 Azioni accidentali

#### o Schema 1: Carico Q1 e Q2

Si considerano due assi tandem con ciascuno due impronte di carico da 150 kN per Q1 e da 100 kN per Q2, distanti 2 m che si muovono trasversalmente al viadotto nella parte pavimentata da 8.00 m.



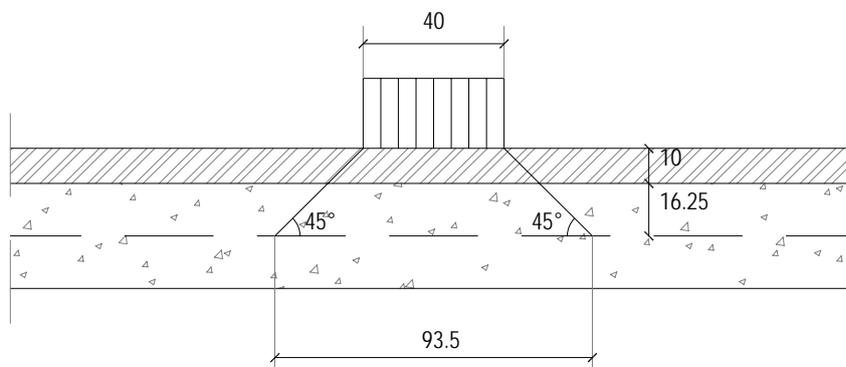
Per l'impronta di carico della normativa (40 cm x 40 cm) si considera una ripartizione a  $45^\circ$  nella pavimentazione e nella soletta fino all'asse della stessa:  $b = 40 + 2 * (12 + 29.5/2) = 93.5 \text{ cm}$ ;

si ottiene pertanto:

$$Q1 = (300/2) / 0.935 = 160.4 \text{ kN}$$

$$Q2 = (200/2) / 0.935 = 107.2 \text{ kN}$$

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 44 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc



○ Schema 2: Carico Qa

Si considerano due impronte di carico da 200 kN, distanti 2 m che si muovono trasversalmente al viadotto nella parte pavimentata da 8.00 m. L'impronta di carico in questo caso è invece di 60 cm x 35 cm ed ogni impronta può essere considerata singolarmente se sfavorevole.

Allo stesso modo per quanto fatto per lo Schema 1 si diffonde il carico a 45° sia in senso trasversale che longitudinale, pertanto si calcola:

$$b = 60 + 2 * (12 + 29.5) = 113.5 \text{ cm}$$

○ Carichi della folla compatta

Si considera il carico della folla  $q_f$ :  $q = 2.5 \text{ kN/m}$  per una larghezza del carico pari a  $B = 1.25 \text{ m}$  quando viene applicato insieme al carico da traffico dello Schema 1, mentre  $q = 5 \text{ kN/m}$  quando viene applicato non considerando altri carichi accidentali.

### 2.12.5 Azioni termiche

Si considera, tra intradosso ed estradosso della soletta, una variazione termica lineare di  $\pm 10 \text{ °C}$ .

### 2.12.6 Combinazioni di carico

Si esaminano per la ricerca delle massime sollecitazioni le seguenti combinazioni dei carichi suddetti:

Combinazione 1: permanenti + folla + Q1 + Q2 + var.termica positiva

Combinazione 2: permanenti + folla + Q1 + Q2 + var.termica negativa

Combinazione 3: permanenti + Qa + var.termica positiva

Combinazione 4: permanenti + Qa + var.termica negativa

Combinazione 5: permanenti + folla compatta

### 2.12.7 Verifiche della sezione

Alle sollecitazioni calcolate con lo schema di trave continua si sommano le sollecitazioni derivanti dal calcolo del grigliato che tiene conto della deformazione dello stesso impalcato sotto l'azione dei carichi mobili:

Si ottengono tali sollecitazioni massime allo SLU per la sezione corrente:

$$\begin{aligned} M^+ &= 38.66 \text{ kNm} \\ M^- &= -39.49 \text{ kNm} \\ V &= 192.30 \text{ kN} \end{aligned}$$

e quella in appoggio:

$$\begin{aligned} M^+ &= 522.5 \text{ kNm} \\ M^- &= -217.5 \text{ kNm} \\ V &= 483.9 \text{ kN} \end{aligned}$$

Ai fini del calcolo, la sezione della soletta è pari a 100 cm x 29.5 cm (32.5 cm di spessore soletta al netto dei 3 cm di spessore delle dalles). Si sceglie di armare la trave con 4 Ø 14 sia a lembo superiore che inferiore. Nella sezione corrente, mentre in asse spalla per  $M^-$  5 Ø 16+5 Ø 16 al lembo superiore e 5 Ø 16 al lembo inferiore e per  $M^+$  5 Ø 16 al lembo superiore e 5 Ø 22 + 5 Ø 26 al lembo inferiore.

### Verifiche a flessione allo SLU:

**Titolo:** soletta

**N° figure elementari:** 1 **N° strati barre:** 4

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	12.72	11
			2	20.11	27.5
			3	3.08	3
			4	3.08	27

**Sollecitazioni S.L.U. Metodo n**

N<sub>Ed</sub> 4.29 kN  
 M<sub>xEd</sub> 38.7 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 kNm

**P.to applicazione N**  
 Centro  
 Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**

B450C C32/40

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  18.13 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  12.25 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0.7333  
 $\tau_{c1}$  2.114

**Metodo di calcolo:** S.L.U. + Metodo n  
**Tipo flessione:** Fletta  
 N° rett. 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
 Precompresso

**Calcoli:** M<sub>xRd</sub> 248 kNm  
 $\sigma_c$  -18.13 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  8.781 ‰  
 d 27.5 cm  
 $x$  7.837  $x/d$  0.285  
 $\delta$  0.7962

Il momento ultimo positivo della soletta risulta:  $M_{Rd} = 248 \text{ kNm} > M_{Ed} = 38.7 \text{ kNm}$ .

Verifica C.A. S.L.U. - File: soletta\_corrente\_M-

Titolo: soletta

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	12,72	11
			2	20,11	27,5
			3	3,08	3
			4	3,08	27

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 4,29 kN  
 M<sub>xEd</sub>: -39,5 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls  
 Coord. [cm]: xN 0, yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>: -117,7 kNm

σ<sub>c</sub>: -18,13 N/mm²  
 σ<sub>s</sub>: 391,3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub>: 3,5 ‰  
 ε<sub>s</sub>: 28,92 ‰  
 d: 27 cm  
 x: 2,915 x/d: 0,108  
 δ: 0,7

Materiali: B450C C32/40

ε<sub>su</sub>: 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
 f<sub>yd</sub>: 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub>: 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub>: 18,13 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0,8  
 ε<sub>syd</sub>: 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 12,25 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm² τ<sub>co</sub>: 0,7333  
 τ<sub>c1</sub>: 2,114

Tipo Sezione: Rettan.re Trapezi  
 a T Circolare  
 Rettangoli Coord.

Sezione C.A. File

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Precompresso

Il momento ultimo negativo della soletta risulta:  $M_{Rd} = 117 \text{ kNm} > M_{Ed} = 39.9 \text{ kNm}$ .

Verifica C.A. S.L.U. - File: soletta\_appoggio\_M+

Titolo: soletta

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 5 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	12,72	11
			2	20,11	27,5
			3	10,05	3
			4	19,01	27
			5	26,55	27

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 522,5 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls  
 Coord. [cm]: xN 0, yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>: 553,2 kNm

σ<sub>c</sub>: -18,13 N/mm²  
 σ<sub>s</sub>: 391,3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub>: 3,5 ‰  
 ε<sub>s</sub>: 3,551 ‰  
 d: 27,5 cm  
 x: 13,65 x/d: 0,4964  
 δ: 1

Materiali: B450C C32/40

ε<sub>su</sub>: 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
 f<sub>yd</sub>: 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub>: 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub>: 18,13 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0,8  
 ε<sub>syd</sub>: 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 12,25 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm² τ<sub>co</sub>: 0,7333  
 τ<sub>c1</sub>: 2,114

Tipo Sezione: Rettan.re Trapezi  
 a T Circolare  
 Rettangoli Coord.

Sezione C.A. File

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Precompresso

momento ultimo positivo della soletta risulta:  $M_{Rd} = 553 \text{ kNm} > M_{Ed} = 522 \text{ kNm}$

**Verifica C.A. S.L.U. - File: soletta\_appoggio\_M**

Titolo: **soletta**

N° figure elementari: **1** Zoom      N° strati barre: **5** Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	12,72	11
2	20,11	27,5
3	10,05	3
4	10,05	27
5	10,05	3

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 kN  
 M<sub>xEd</sub>: -217,5 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls  
 Coord. [cm]: xN 0, yN 0

Materiali: **B450C** C32/40

ε<sub>su</sub>: 67,5 ‰      ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
 f<sub>yd</sub>: 391,3 N/mm²      ε<sub>cu</sub>: 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm²      f<sub>cd</sub>: 18,13 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15      f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0,8  
 ε<sub>syd</sub>: 1,957 ‰      σ<sub>c,adm</sub>: 12,25 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm²      τ<sub>co</sub>: 0,7333      τ<sub>cl</sub>: 2,114

P.to rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>: -278,9 kNm  
 σ<sub>c</sub>: -18,13 N/mm²  
 σ<sub>s</sub>: 391,3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub>: 3,5 ‰  
 ε<sub>s</sub>: 20,21 ‰  
 d: 27 cm  
 x: 3,986      x/d: 0,1476      δ: 0,7

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n  
 Tipo flessione: Retta Deviata  
 N° rett.: 100  
 Calcola M<sub>Rd</sub>      Dominio M-N  
 L<sub>0</sub>: 0 cm      Col. modello  
 Precompresso

momento ultimo negativo della soletta risulta:  $M_{Rd} = 278 \text{ kNm} > M_{Ed} = 217.5 \text{ kNm}$

### Verifiche a taglio allo SLU:

		elementi non armati a taglio			
		SEZIONE CORRENTE	SEZIONE ASSE-APPOGGIO		
		Max	App	Mez	
V <sub>Ed</sub>	=	156,2	483,9	154,4	kN
b <sub>w</sub>	=	1000	1000	1000	mm
h	=	340	340	340	mm
c	=	3	3	3	mm
d	=	337	337	337	mm
k	=	1,77	1,77	1,77	
A <sub>sl,sup</sub>	=	307,9	2010,6	1005,3	mm <sup>2</sup>
A <sub>sl,inf</sub>	=	328,0	1005,3	4555,3	mm <sup>2</sup>
A <sub>c</sub>	=	340000	340000	340000	mm <sup>2</sup>
N <sub>Ed</sub>	=	-4,3	3,3	0,0	kN
σ <sub>cp</sub>	=	-0,013	0,010	0,000	MPa
ρ <sub>1</sub>	=	0,002	0,009	0,017	
v <sub>min</sub>	=	0,475	0,475	0,475	
V <sub>rd</sub>	=	159,5		271,9	kN
		<b>OK</b>	<b>NO</b>	<b>OK</b>	

taglio di calcolo  
 larghezza minima sezione  
 altezza della sezione  
 copriferro  
 altezza utile della sezione  
 armatura longitudinale superiore  
 armatura longitudinale inferiore  
 area della sezione di calcestruzzo  
 sforzo assiale di calcolo  
 tensione media di compressione nella sezione  
 rapporto geometrico di armatura longitudinale  
 taglio resistente

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: **Cavalcavia alla pk  
 4+226**

Relazione di Calcolo Impalcato

Pagina 48 di 54

Nome file:  
 CV03-F-  
 CL018\_A.00\_relazione\_impalcato.doc

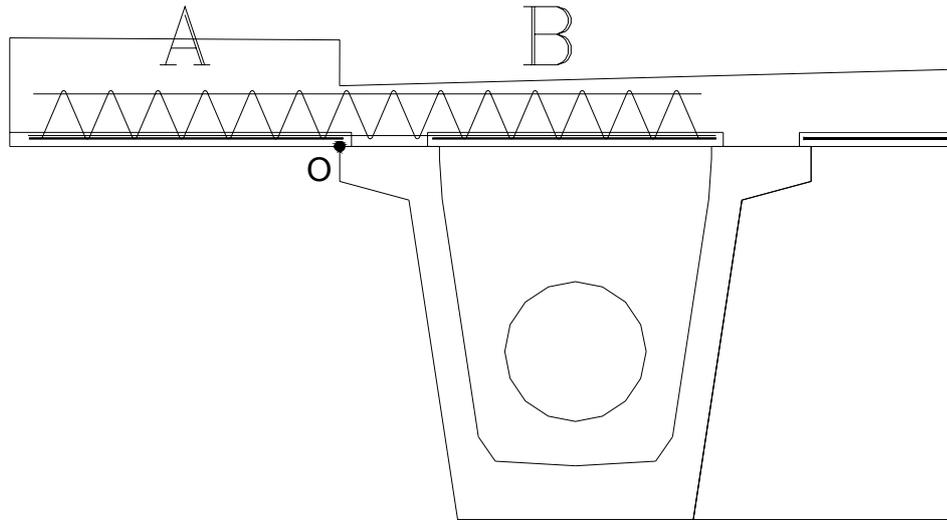
**elementi armati a taglio**

		SEZIONE CORRENTE		SEZIONE ASSE SPALLA			
		App	Mez	App	Mez		
$V_{Ed}$	=	192,30	0	483,9	154,4	kN	taglio di calcolo
$p$	=	400	400	400	400	mm	passo staffe in direzione longitudinale
$n$	=	2,5	2,5	2,5	2,5		numero bracci
$\phi$	=	12	12	12	12		diametro dell'armatura a taglio
$A_{sw}$	=	282,7	282,7	282,7	282,7	mm <sup>2</sup>	area resistente dell'armatura a taglio
$s$	=	200	200	150	200	mm	passo staffe in direzione trasversale
$b_w$	=	1000	0	1000	1000	mm	larghezza minima sezione
$d$	=	337	0	337	337	mm	altezza utile della sezione
$\alpha$	=	1,57	1,57	1,57	1,57		angolo di inclinazione armatura trasversale
$\cot(\alpha)$	=	2,50	2,50	2,50	2,50		
$\sigma_{cp}$	=	-0,013	0,000	0,010	0,000	MPa	tensione media di compressione nella sezione
$\alpha_c$	=	0,999	1,000	1,001	1,000		
$V_{Rsd}$	=	419,46	0,00	559,28	419,46	kN	resistenza taglio trazione
$V_{Rcd}$	=	983,15	0,00	984,32	983,81	kN	resistenza taglio compressione
$V_{Rd}$	=	419,46		559,28		kN	resistenza a taglio
		<b>OK</b>	NO	<b>OK</b>	OK		



## 2.13 Verifica delle predalles

Il getto delle solette è effettuato su predalles. Queste sono costituite da tralici di tondini d'acciaio solidali con lastre di calcestruzzo (spessore 4 cm).



Si definiscono due tipologie di traliccio, composto da barre  $\varnothing 14/14/10$  e da  $\varnothing 10/10/10$  (corrente sup./inf. e diagonale).

I tralici sono alti 22.0 cm ed hanno un passo longitudinale di 40 cm. I diagonali sono disposti ad una distanza di 20 cm. L'altezza efficace tra i correnti (da asse ad asse) è pari a 206 cm (per la prima tipologia) e 210 cm (per la seconda tipologia).

**campata    sbalzo**

**Geometria**

$\square_{cis}$	=	<b>25</b>	<b>25</b>	kN/m <sup>2</sup>	peso specifico c.a.
$h_t$	=	<b>205</b>	<b>205</b>	mm	altezza del traliccio
$\varnothing_{sup}$	=	<b>12</b>	<b>12</b>	mm	diametro dei correnti superiori del traliccio
$\varnothing_{inf}$	=	<b>12</b>	<b>12</b>	mm	diametro dei correnti inferiori del traliccio
$\varnothing_{diag}$	=	<b>8</b>	<b>8</b>	mm	diametro dei diagonali
$h_{ic}$	=	193	193	mm	altezza di calcolo del traliccio
$d_{inf}$	=	<b>118</b>	<b>118</b>	mm	distanza tra i correnti inferiori
$i_t$	=	<b>400</b>	<b>400</b>	mm	interasse trasversale dei tralicci
$i_l$	=	<b>185</b>	<b>185</b>	mm	interasse longitudinale
$h_p$	=	<b>50</b>	<b>50</b>	mm	altezza del fondello delle predalle
$\square$	=	64	64	°	angolo longitudinale dei diagonali
$\square$	=	16	16	°	angolo trasversale dei diagonali
$h_{getto}$	=	<b>340</b>	<b>250</b>	mm	altezza del getto di calcestruzzo
$L_c$	=	<b>1,16</b>	<b>0,57</b>	m	luce di calcolo delle predalle
$\varnothing_{int}$	=	<b>0</b>	<b>0</b>	mm	diametro dell'armatura integrativa delle predalle
$i$	=	<b>100</b>	<b>100</b>	mm	interasse dell'armatura integrativa
$H_{sol}$	=	390	300	mm	altezza totale della soletta
$A_{sup}$	=	113	113	mm <sup>2</sup>	area dei correnti superiori del traliccio
$A_{inf}$	=	226	226	mm <sup>2</sup>	area dei correnti inferiori del traliccio
$A_{int}$	=	0,0	0,0	mm <sup>2</sup>	area dell'armatura integrativa delle predalle
$A_{diag}$	=	101	101	mm <sup>2</sup>	area dei diagonali

**Carichi e sollecitazioni**

$g_1$	=	1,25	1,25	kPa	peso proprio delle predalle
$g_2$	=	8,50	6,25	kPa	peso del getto di calcestruzzo
$g$	=	9,75	7,50	kPa	totale carico permanente
$q$	=	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	kPa	carico variabile
$\square_g$	=	<b>1,35</b>	<b>1,35</b>		coefficiente di combinazione dei carichi permanenti
$\square_q$	=	<b>1,50</b>	<b>1,50</b>		coefficiente di combinazione dei carichi variabili
$p_d$	=	14,7	11,6	kPa	carico totale di calcolo
$M_d$	=	2,4	1,9	kNm/m	momento flettente di calcolo
$V_d$	=	8,5	6,6	kN/m	taglio di calcolo

**Verifica del corrente teso**

$N_t$	=	12,7	9,7	kN/m	sforzo di trazione nel corrente teso
$\square$	=	<b>22,4</b>	<b>34,2</b>	MPa	tensione massima nel corrente teso

**Verifica del corrente compresso**

$N_c$	=	12,7	9,7	kN/m	sforzo normale nel corrente compresso
$\varnothing_c$	=	12	12	mm	diametro del corrente compresso
$\square$	=	3,0	3,0	mm	giratore d'inerzia
$L_o$	=	185	185	mm	lunghezza libera d'inflessione
$\square$	=	61,7	61,7		snellezza
$\square$	=	<b>1,27</b>	<b>1,27</b>		coefficiente $\omega$
$\square\square$	=	<b>56,9</b>	<b>21,7</b>	MPa	tensione massima

**Verifica delle aste diagonali**

$N_{diag}$	=	9,39	7,30	kN/m	sforzo nei diagonali
$\square$	=	2,0	2,0	mm	giratore d'inerzia
$L_o$	=	222,0	222,0	mm	lunghezza libera d'inflessione
$\square$	=	111,0	111,0		snellezza
$\square$	=	<b>2,56</b>	<b>2,56</b>		coefficiente $\omega$
$\square\square$	=	<b>95,6</b>	<b>74,4</b>	MPa	tensione massima

**Riepilogo**

$\square_{max}$	=	95,6	74,4	MPa	tensione massima
$f_{yd}$	=	<b>391,3</b>	<b>392,3</b>	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
		<b>OK</b>	<b>OK</b>		

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 52 di 54
	Nome file: CV03-F- CL018_A.00_relazione_impalcato.doc

## 2.14 Giunti

La dilatazione dell'impalcato è la somma della dilatazione dovuta a ritiro, della dilatazione dovuta alla variazione termica e dello spostamento indotto dalla spalla soggetta all'azione sismica.

$$\Delta_{TOT} = \Delta_c + \Delta_{rit} + \Delta_{\Delta T}$$

### SPOSTAMENTI

T	0,126	1/s <sup>2</sup>	periodo Spalla
S <sub>e</sub> (T)	0,185	m	Accelerazione spettrale in T
S <sub>D<sub>e</sub></sub> = d <sub>E<sub>e</sub></sub>	0,007	m	Spostamento Spettrale
μ <sub>d</sub>	1		fattore μ <sub>d</sub>
d <sub>E6</sub>	0,007	m	Spostamento dovuto all'azione sismica
d <sub>E2</sub>	0,005	m	Spostamento dovuto al ritiro
d <sub>E3</sub>	0,003	m	Spostamento dovuto alla dilatazione termica
d <sub>E,tot</sub>	0,014	m	Spostamento totale

Si ha quindi  $\Delta_{TOT} = 14 \text{ mm}$

Pertanto l'escursione del giunto vale  $2 * \Delta_{TOT} = 28 \text{ mm}$ .

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: **Cavalcavia alla pk  
4+226**

Relazione di Calcolo Impalcato

Pagina 53 di 54

Nome file:  
CV03-F-  
CL018\_A.00\_relazione\_impalcato.doc