

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. PRODUZIONE SUD ED ISOLE

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

Opera di scavalco ramo 12

Relazione di calcolo impalcato

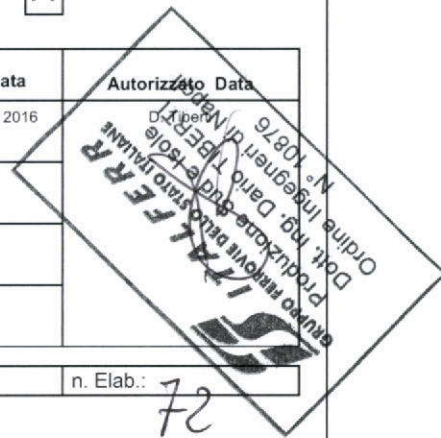
SCALA:

-
---

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    PROGR.    REV.

N7D2    01    D    78    CL    OC0200    002    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione esecutiva	A. Ingletti	apr 2016	G. Giustino	apr 2016	M. Davino	apr 2016		



File: N7D201D78CLOC0200002A.doc

Stampato dal Service  
 di plottaggio ITALFERR S.p.A.  
 ALBA s.r.l.

n. Elab.: 72





LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	2 di 75

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	7
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	8
5	UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA .....	10
6	ANALISI DEI CARICHI .....	12
6.1	PERMANENTI NON STRUTTURALI ( $G_{2k}$ ) .....	12
6.3	AZIONE DI FRENAMENTO ( $Q_3$ ) .....	15
6.4	AZIONE CENTRIFUGA ( $Q_4$ ) .....	15
6.5	AZIONE DEL VENTO ( $Q_5$ ) .....	15
6.6	AZIONE DEL SISMA ( $Q_6$ ) .....	18
6.7	RITIRO DEL CALCESTRUZZO ( $\epsilon_2$ ) .....	19
6.8	VARIAZIONE TERMICA ( $\epsilon_3$ ) .....	20
6.9	COEFFICIENTI VISCOSI ( $\epsilon_4$ ) .....	21
6.10	RESISTENZE PARASSITE DEI VINCOLI ( $Q_7$ ) .....	21
6.11	AZIONE SUI PARAPETTI. URTO DI UN VEICOLO IN SVIO ( $Q_8$ ) .....	22
7	COMBINAZIONI DI CARICO .....	23
8	ANALISI STRUTTURALE .....	26
8.3	LARGHEZZA EFFICACE DELLA SOLETTA .....	31
8.4	RISULTATI ANALISI STRUTTURALE .....	31
9	TRAVI CAP .....	35
9.1	CRITERI DI VERIFICA .....	35
9.2	TRAVE DI BORDO .....	36
9.2.1	Verifica tensionale in mezzeria ( $x=11.80 m$ ) .....	36



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	3 di 75

9.2.2	Verifica tensionale sezione corrente in appoggio ( $x=1.70\text{ m}$ ).....	40
9.2.3	Verifica tensionale sezione di testata ( $x=0\text{ m}$ ) .....	42
9.2.4	Verifica flessionale allo SLU ( $x=11.90$ ).....	46
9.2.5	Verifica a taglio allo SLU ( $x=0$ ).....	47
9.2.6	Verifica a fessurazione in mezzeria ( $x=11.90$ ).....	48
9.3	TRAVE CENTRALE.....	49
9.3.1	Verifica tensionale in mezzeria ( $x=11.90\text{ m}$ ).....	49
9.3.2	Verifica tensionale sezione corrente in appoggio ( $x=1.70\text{ m}$ ).....	51
9.3.3	Verifica tensionale sezione di testata ( $x=0\text{ m}$ ) .....	53
9.3.4	Verifica flessionale allo SLU ( $x=11.90$ ).....	56
9.3.5	Verifica taglio allo SLU ( $x=0$ ) .....	56
9.3.6	Verifica a fessurazione in mezzeria ( $x=11.90$ ) .....	57
9.3.7	Verifica armatura di connessione trave-soletta.....	58
9.4	VERIFICA DEFORMABILITÀ IMPALCATO.....	61
10	TRAVERSI.....	62
10.1	VERIFICA AGLI STATI LIMITE .....	63
10.2	VERIFICA A SOLLEVAMENTO DELL' IMPALCATO.....	66
11	SOLETTA .....	68
11.1	MODELLAZIONE AGLI E.F.....	68
11.2	INVILUPPO SOLLECITAZIONI .....	68
11.3	VERIFICHE ALLO SLU .....	69
11.4	VERIFICHE ALLO SLE.....	71
12	AZIONI SUGLI APPOGGI ED ESCURSIONI.....	73



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

**PROGETTO DEFINITIVO**

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	4 di 75

## 1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla progettazione della viabilità di accesso alla stazione AV Napoli-Afragola sulla linea AV Milano-Napoli tratta Roma-Napoli di cui alla lettera b) dell'articolo 6 dell'Accordo Procedimentale RFI- Comune di Afragola".

L'opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra fra quelle inserite nella categoria denominata "Opere civili minori".

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti all'opera.

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Nella presente relazione, in particolare, vengono descritte le verifiche agli Stati Limiti dell'impalcato da ponte di prima categoria presente alla progressiva **km 0+378.94**.

La struttura dell'impalcato si compone con **4 travi** a T prefabbricate in c.a.p. avente interasse di 1.75 m, e lunghezza di calcolo di 23.80 m. L'impalcato presenta **4 traversi** di calcestruzzo cementizio armato. Le travi hanno un'altezza di 1.40 m, larghezza alla superiore 1.75 m e larghezza alla inferiore 0.70 m. La soletta ha uno spessore costante di 25 cm. La larghezza totale dell'impalcato è di 9.00 m. Si riporta una sezione della struttura in esame:

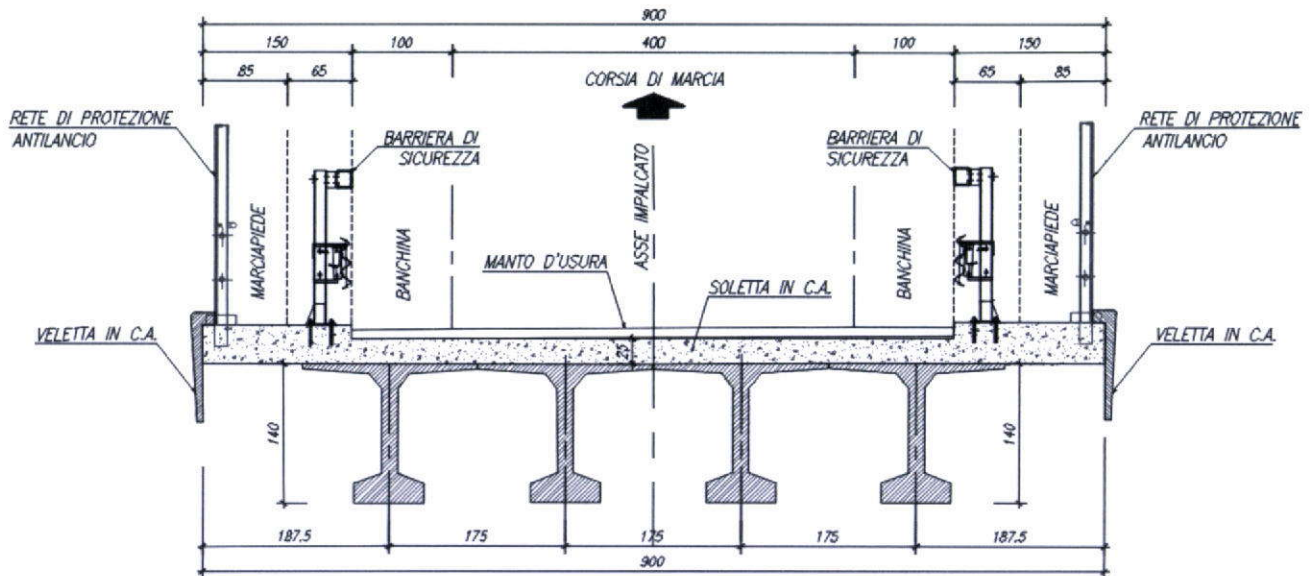


Figura 1: Sezione trasversale

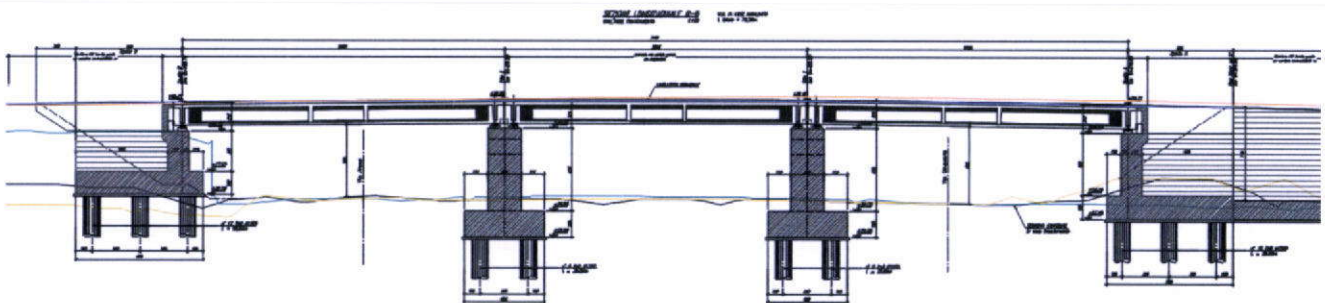


Figura 2: Profilo longitudinale



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	6 di 75

Lo schema dei vincoli prevede per ogni campata:

- **2 appoggi fissi** a rigidità variabile e 2 multidirezionali su un lato;
- **1 appoggio unidirezionale** (scorrevole in senso longitudinale) e **3 appoggi multidirezionali** sul lato opposto.

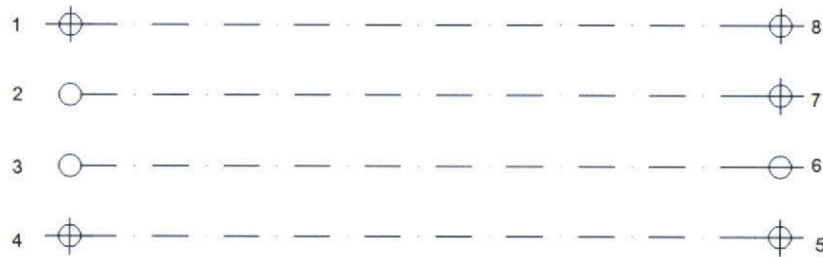
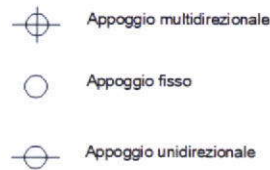


Figura 3: Schema appoggi



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	7 di 75

### 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Sono state prese a riferimento le seguenti Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento:

- ✓ *Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni» [1]*
- ✓ *Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008» [2]*
- ✓ *EC8 – Strutture in zone sismiche – parte 1 (generale ed edifici) e parte 2 (ponti).*
- ✓ *UNI EN 1992-1-1: EUROCODICE 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.*





LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	8 di 75

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

#### 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali sono ricavate con riferimento alle indicazioni contenute nei capitoli 4 e 11 del D.M. 14 gennaio 2008. Nelle tabelle che seguono sono indicate le principali caratteristiche e i riferimenti dei paragrafi del D.M. citato.

##### Soletta e traversi

$R_{ck} =$	<b>40</b>	Mpa	Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica del calcestruzzo a 28 gg
$f_{ck} =$	33	Mpa	Valore caratteristico della resistenza a compressione cilindrica del calcestruzzo a 28 gg
$f_{cm} =$	41	Mpa	Valore medio della resistenza a compressione cilindrica del calcestruzzo
$f_{ctm} =$	3.1	Mpa	Valore medio della resistenza a trazione assiale del calcestruzzo
$f_{ctm} =$	3.7	Mpa	Valore medio della resistenza a trazione per flessione del calcestruzzo
$f_{ctk,0,05} =$	2.17	Mpa	Valore caratteristico della resistenza a trazione assiale del calcestruzzo (frattile del 5%)
$f_{ctk,0,95} =$	4.0	Mpa	Valore caratteristico della resistenza a trazione assiale del calcestruzzo (frattile del 95%)
$E_{cm,t0} =$	33642.78	Mpa	Modulo di elasticità secante del calcestruzzo
$E_{cm,t\infty} =$	10384	Mpa	Modulo di elasticità secante del calcestruzzo atempo infinito
$\epsilon_{c1} =$	2.2	%	Deformazione di contrazione del calcestruzzo alla tensione di picco
$\epsilon_{cu1} =$	3.5	%	Deformazione ultima di contrazione del calcestruzzo
$\epsilon_{c2} =$	2.0	%	Deformazione di contrazione del calcestruzzo alla tensione di picco
$\epsilon_{cu2} =$	3.5	%	Deformazione ultima di contrazione del calcestruzzo
$n =$	2.00		
$\epsilon_{c3} =$	1.8	%	Deformazione di contrazione del calcestruzzo alla tensione di picco
$\epsilon_{cu3} =$	3.5	%	Deformazione ultima di contrazione del calcestruzzo

##### Trave prefabbricata in cap

$R_{ck} =$	<b>55</b>	Mpa	Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica del calcestruzzo a 28 gg
$f_{ck} =$	45	Mpa	Valore caratteristico della resistenza a compressione cilindrica del calcestruzzo a 28 gg
$f_{cm} =$	53	Mpa	Valore medio della resistenza a compressione cilindrica del calcestruzzo
$f_{ctm} =$	3.8	Mpa	Valore medio della resistenza a trazione assiale del calcestruzzo
$f_{ctm} =$	4.6	Mpa	Valore medio della resistenza a trazione per flessione del calcestruzzo
$f_{ctk,0,05} =$	2.66	Mpa	Valore caratteristico della resistenza a trazione assiale del calcestruzzo
$f_{ctk,0,95} =$	4.9	Mpa	Valore caratteristico della resistenza a trazione assiale del calcestruzzo
$E_{cm,t0} =$	36303.71	Mpa	Modulo di elasticità secante del calcestruzzo
$E_{cm,t\infty} =$	36304	Mpa	Modulo di elasticità secante del calcestruzzo atempo infinito

**PROGETTO DEFINITIVO**

Opera di scavalco Ramo 12

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	9 di 75

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

$j=$	3	gg	giorno "j" al taglio dei trefoli
$f_{cmj}=$	35	Mpa	Valore medio della resistenza a compressione cilindrica del calcestruzzo a "j" giorni
$f_{ckj}=$	29	Mpa	Valore caratteristico della resistenza a compressione cilindrica del calcestruzzo a "j" giorni
$f_{ctmj}=$	2.5	Mpa	Valore medio della resistenza a trazione assiale del calcestruzzo a "j" giorni
$E_{cmj}=$	32092.3	Mpa	Modulo di elasticità secante del calcestruzzo

**Verifiche agli SLU**

$a_{cc}=$	0.85		Coefficiente riduttivo di lunga durata
$\gamma_c=$	1.50		Coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo
$f_{cd}=$	25.56	Mpa	Resistenza di calcolo a Compressione del Calcestruzzo
$f_{ctk}=$	1.77	Mpa	Resistenza di calcolo a Trazione del Calcestruzzo

**Verifiche agli SLE**

$\sigma_{c,r}=$	27	Mpa	Massima tensione di compressione nel calcestruzzo per combinazione caratteristica (Rara)
$\sigma_{t,r}=$	0.62	Mpa	Massima tensione di trazione nel calcestruzzo per combinazione caratteristica (Rara)
$\sigma_{b,r}=$	2.03	Mpa	Massima tensione principale di trazione nella fibra baricentrica per combinazione caratteristica (Rara)
$\sigma_{c,qp}=$	20	Mpa	Massima tensione di compressione nel calcestruzzo per combinazione Quasi Permanente
$\sigma_{c,j}=$	20.45	Mpa	Massima tensione di compressione nel calcestruzzo al tiro dei trefoli
$\sigma_{t,j}=$	2.10	Mpa	Massima tensione di trazione nel calcestruzzo al tiro dei trefoli
$\sigma_t=$	3.17	Mpa	Massima tensione di trazione nel calcestruzzo in esercizio

**Acciaio armonico da precompressione**

$f_{ptk}=$	1860	Mpa	Tensione Caratteristica di Rottura
$f_{p1k}=$	1674	Mpa	Tensione Caratteristica di Snervamento
$\sigma_{pi}=$	1395	Mpa	Tensione massima ammissibile nell'armatura al tiro
$\sigma_{pi}=$	1339	MPa	Tensione massima ammissibile nell'armatura in esercizio



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

**PROGETTO DEFINITIVO**

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	10 di 75

## 5 UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA

Si utilizza il Sistema Internazionale (SI):

### unità di misura principali

<b>N</b>	(Newton)	unità di forza
<b>m</b>	(metro)	unità di lunghezza
<b>kg</b>	(kilogrammo-massa)	unità di massa
<b>s</b>	(secondo)	unità di tempo

### unità di misura derivate

<b>kN</b>	(kiloNewton)	$10^3$ N
<b>MN</b>	(megaNewton)	$10^6$ N
<b>kgf</b>	(kilogrammo-forza)	$1 \text{ kgf} = 9.81 \text{ N}$
<b>cm</b>	(centimetro)	$10^{-2}$ m
<b>mm</b>	(millimetro)	$10^{-3}$ m
<b>Pa</b>	(Pascal)	$1 \text{ N/m}^2$
<b>kPa</b>	(kiloPascal)	$10^3 \text{ N/m}^2$
<b>MPa</b>	(megaPascal)	$10^6 \text{ N/m}^2$
<b>N/m<sup>3</sup></b>	(peso specifico)	
<b>g</b>	(accelerazione di gravità)	$\sim 9.81 \text{ m/s}^2$

### corrispondenze notevoli

$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \text{ MPa} \sim 10 \text{ kgf/cm}^2$$

$$1 \text{ kN/m}^3 \sim 100 \text{ kgf/m}^3$$

Si utilizzano i seguenti principali simboli con le relative unità di misura normalmente adottate:

$\gamma$  (gamma) peso dell'unità di volume (kN/m<sup>3</sup>)



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	11 di 75

$\sigma$	(sigma)	tensione normale	(N/mm <sup>2</sup> )
$\tau$	(tau)	tensione tangenziale	(N/mm <sup>2</sup> )
$\epsilon$	(epsilon)	deformazione	(m/m - adimensionale)
$\varphi$	(fi)	angolo di resistenza	(° sessagesimali)



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	12 di 75

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

## 6 ANALISI DEI CARICHI

Si riporta nel seguito l'analisi dei carichi considerata nel calcolo delle sollecitazioni sulle strutture in oggetto. I carichi gravitazionali permanenti non strutturali sono stati ripartiti sulla soletta trasversale di larghezza 1 m modellata ad ogni ml.

### 6.1 Pesi propri ( $G_{1,k}$ )

Il peso dei differenti elementi strutturali viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato per l'analisi strutturale. Nella modellazione è stato considerato uno spessore costante di 32 cm della soletta.

### 6.1 Permanenti non strutturali ( $G_{2k}$ )

Sono stati considerati i seguenti carichi permanenti sulla soletta:

- **Pavimentazione**, con un peso specifico di 3 kN/m<sup>2</sup>;
- **Veletta ca**, con un peso di 2.50 kN/ml;
- **Barriera antilancio**, con un peso di 1.00 kN/ml;
- **Impianti**, con un peso di 1.00 kN/ml;
- **Barriera di sicurezza H4**, con un peso di 2.5 kN/ml;
- **Cordoli laterali**, con uno spessore di 30 cm ed un peso specifico di 25 kN/m<sup>3</sup>

### 6.2 Carichi mobili ( $Q_1$ )

Le azioni da traffico, comprensive degli effetti dinamici, sono definite dagli schemi di carico di seguito elencati (D. Min. 14/01/2008).

#### Schema 1

Utilizzato sia per le verifiche globali che per quelle locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Esso è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem (applicati su impronte di

pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m) e da carichi uniformemente distribuiti secondo le seguenti colonne di carico:

- 1° colonna:  $Q_{1k}$ : 2 assi 300 kN disposti a distanza di 1,20 m  
 $q_{1k}$ : carico uniforme ripartito  $\rightarrow 9,00 \text{ kN/m}^2$
- 2° colonna:  $Q_{2k}$ : 2 assi 200 kN disposti a distanza di 1,20 m  
 $q_{2k}$ : carico uniforme ripartito  $\rightarrow 2,50 \text{ kN/m}^2$
- 3° colonna:  $Q_{3k}$ : 2 assi 100 kN disposti a distanza di 1,20 m  
 $q_{3k}$ : carico uniforme ripartito  $\rightarrow 2,50 \text{ kN/m}^2$
- altre colonne:  $q_{ik}$ : carico uniforme ripartito  $\rightarrow 2,50 \text{ kN/m}^2$

In senso trasversale i carichi  $Q_{ik}$  e  $q_{ik}$  sono distribuiti su corsie convenzionali di larghezza pari a 3,00 m in modo tale da ottenere la distribuzione trasversale più gravosa.

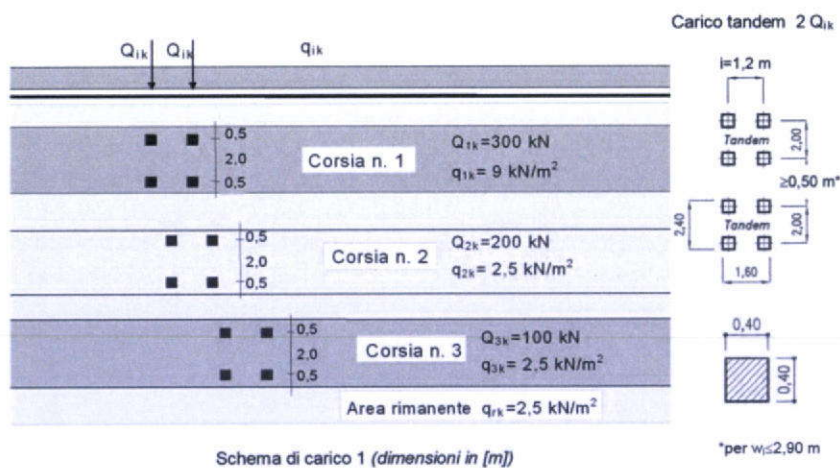


Figura 4: Rappresentazione schema di carico 1

Per la disposizione dei carichi mobili e delle corsie sulla carreggiata si fa riferimento alle linee d'influenza, in modo da ottenere i valori massimi e minimi delle caratteristiche di sollecitazione in tutte le sezioni d'impalcato.

	LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Opera di scavalco Ramo 12 RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA N7D2	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO OC 02 00 002	REV. A	FOGLIO 14 di 75

## Schema 2

Utilizzato per le sole verifiche locali. Esso è costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare (di larghezza 0,60 m ed altezza 0,35 m) e con asse longitudinale posto nella posizione più gravosa.

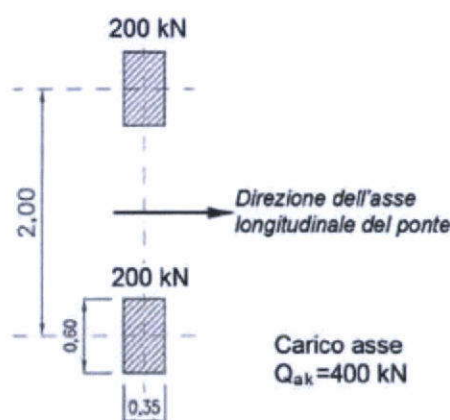


Figura 5: Rappresentazione schema di carico 2

## Schema 5

Utilizzato sia per le verifiche globali che per quelle locali. Esso è costituito dalla folla compatta, agente con intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici, di  $5,00 \text{ kN/m}^2$ . Il valore di combinazione è  $2,50 \text{ kN/m}^2$ . Il carico della folla è applicato su tutte le zone significative della superficie d'influenza, inclusa l'area occupata dai guardrail.

La disposizione delle corsie nella carreggiata è scelta in modo da ottenere la situazione più gravosa. I modelli di calcolo sono poi applicati longitudinalmente come suggerito dalle linee di influenza in modo da ottenere l'effetto più sfavorevole nelle sezioni di verifica considerate. Nello specifico sono state individuate 2 colonne di carico di larghezza 3 m.

	LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO PROCEDIMENTALE RFI – COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Opera di scavalco Ramo 12 RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA N7D2	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO OC 02 00 002	REV. A	FOGLIO 15 di 75

### 6.3 Azione di frenamento ( $Q_3$ )

La forza di frenamento o accelerazione è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1 e per i ponti di 1<sup>a</sup> categoria è uguale a:

$$180 \text{ kN} \leq Q_3 = 0,6 \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0,10 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ kN}$$

$$Q_3 = 0,6 \cdot (2 \cdot 300) + 0,10 \cdot 9,00 \cdot 3,00 \cdot 23,8 = 423,18 \text{ kN}$$

Tale azione è applicata all'impalcato a quota pavimentazione, e trasferita alla sola spalla fissa SA.

### 6.4 Azione centrifuga ( $Q_4$ )

La geometria in pianta dell'impalcato non presenta tratti in curva, pertanto l'azione centrifuga è nulla.

### 6.5 Azione del vento ( $Q_5$ )

L'azione del vento, in accordo con le prescrizioni di Normativa, è stata analizzata mediante un'azione statica equivalente utilizzando le seguenti espressioni:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

In funzione della regione su cui sorge l'opera (Campania) si assume che la zona geografica di riferimento sia la "zona 3" e si calcola:

- $V_{b,0} = 27 \text{ m/s}$ , parametro legato alla regione in cui sorge l'opera
- $a_0 = 500 \text{ m}$ , parametro legato alla regione in cui sorge l'opera
- $k = 0,020 \text{ 1/s}$ , parametro legato alla regione in cui sorge l'opera

da cui deriva, assumendo che l'altitudine sul livello del mare (in m) del sito ove sorge l'opera sia  $a_s < a_0$  e che il valore convenzionale di densità dell'aria sia  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ :

- $V_0 = 27 \text{ m/s}$ , valore caratteristico della velocità del vento
- $q_b = 0,46 \text{ KPa}$ , pressione cinetica di riferimento.

In relazione alla posizione geografica e topografica dell'opera, si adotta la classe di **rugosità D** ("Aree prive di ostacoli"). Da ciò discende:





LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	16 di 75

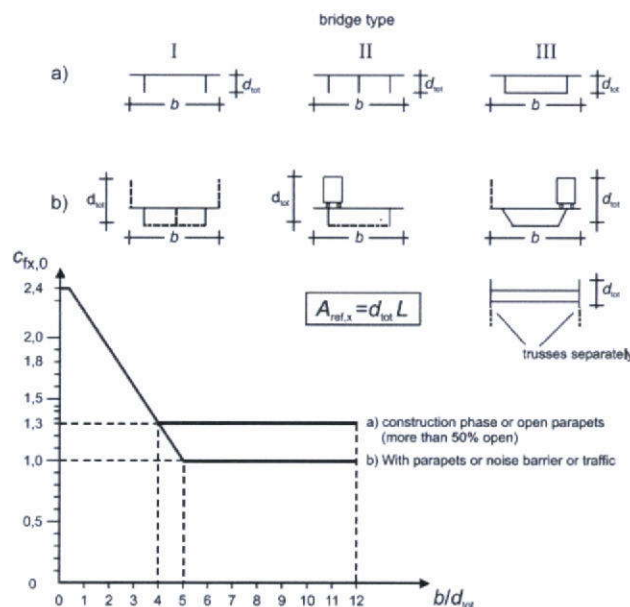
RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

- $k = 0.19$ , parametro per la definizione del coefficiente di esposizione
- $z_0 = 0.05$  m, parametro per la definizione del coefficiente di esposizione
- $z_{min} = 4$  m, parametro per la definizione del coefficiente di esposizione

da cui, assumendo come coefficiente di topografia pari a 1 ed una distanza media dell'impalcato dal suolo  $z = 10$  m, deriva un coefficiente di esposizione  $C_e = 2.3523$ .

La superficie dei carichi transitanti sul ponte esposta al vento è assimilata ad una parete rettangolare continua di altezza costante pari a 3,00 m, dalla pavimentazione stradale.

Il coefficiente di pressione è stato assimilato al coefficiente di forma  $C_f$  calcolato secondo le indicazioni dell' EC3, parte 1-4, al §8, di cui si riporta uno stralcio:



Nel caso specifico, essendo  $b = 14.20$  m (larghezza impalcato),  $d = 5.10$  m (ponte carico), si ha un coefficiente  $C_f = 1.70$ .

Pertanto l'azione del vento è valutabile come un carico orizzontale uniforme di  $q = 1.84$  KPa diretto ortogonalmente all'asse longitudinale del ponte, agente sulla proiezione, nel piano verticale, delle superfici direttamente investite dal vento.

Nell'assegnazione del carico è stata considerata l'eccentricità verticale da ponte carico rispetto al baricentro dell'impalcato, in modo tale da ottenere una sollecitazione flessionale ripartita con il metodo "tira e spingi" sulle travi in cap tramite la formulazione:

$$F_i = M_{sd} d_i / \sum d_i^2$$

dove:



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	17 di 75

- $d_i$  è la distanza dell' $i$ -esima trave dal baricentro dell'impalcato;
- $M_{sd}$  è la sollecitazione flessionale connessa all'azione del vento.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	18 di 75

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

## 6.6 Azione del sisma ( $Q_6$ )

Poichè la viabilità in oggetto rappresenterà la rete viaria principale di accesso alla Stazione AV Napoli Afragola per tutte le opere d'arte di progetto vengono utilizzati, a vantaggio di sicurezza, i seguenti valori:  $V_N=75$  anni e classe d'uso III a cui corrisponde un coefficiente d'uso  $C_U = 1.50$ . La vita di riferimento  $V_R$  è quindi pari a 112.5 anni. Tale valore di  $V_R$  risulta superiore a quanto previsto dalla normativa vigente per l'Asse Mediano (strada di categoria B). Per esso infatti si avrebbe:  $V_N = 50$  anni e  $c_u = 2.0$  da cui:  $V_R=100\text{anni} < 112.5$ .

L'azione sismica di progetto è definita per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV). Il periodo di ritorno di quest'ultima - in funzione della vita utile, della classe d'uso, del tipo di costruzione e dello stato limite di riferimento (prima definiti) - è di 1898 anni.

Essa, conformemente a quanto prescritto dalle Nuove Norme Tecniche, è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base del sito su cui l'opera insiste. Tale pericolosità sismica è descritta, in termini geografici e temporali:

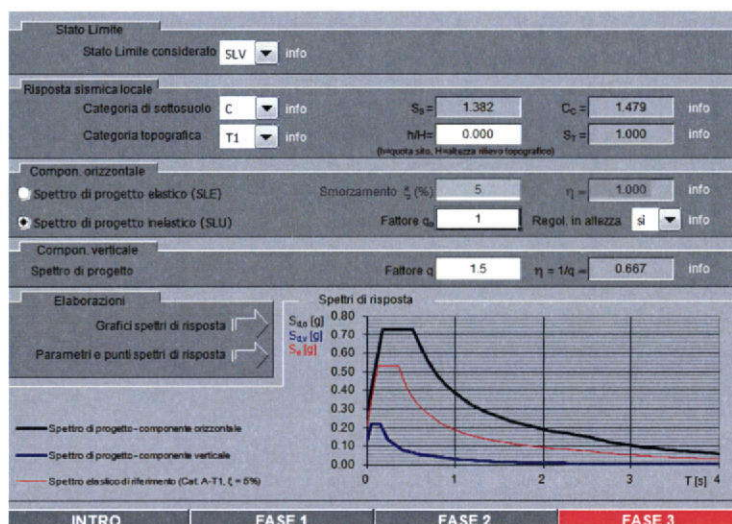
- attraverso i valori di accelerazione orizzontale di picco  $a_g$  (attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale) e le espressioni che definiscono le ordinate del relativo spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_e(T)$
- in corrispondenza del punto del reticolo che individua la posizione geografica dell'opera
- con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR.

In particolare, la forma spettrale prevista dalla normativa è definita, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- $a_g$ , accelerazione orizzontale massima del terreno
- $F_0$ , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- $T_C^*$ , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	68	0.070	2.346	0.324
SLD	113	0.090	2.354	0.335
SLV	1068	0.214	2.471	0.354
SLC	2193	0.265	2.559	0.356

I suddetti parametri sono calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici. Si assume un fattore di struttura  $q=1$  poiché si impiegheranno le azioni sismiche per il dimensionamento degli apparecchi di appoggio.



I dati così ottenuti sono stati richiamati nel programma di calcolo per effettuare un'analisi modale.

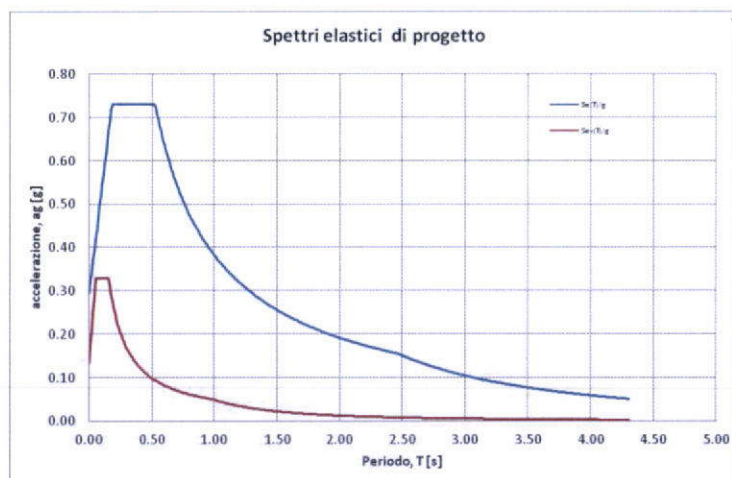


Figura 6 – Spettro di risposta elastico

## 6.7 Ritiro del calcestruzzo ( $\epsilon_2$ )

Gli effetti del ritiro del calcestruzzo sono valutati impiegando i coefficienti indicati al punto 11.2.10.6 delle NTC2008. Gli effetti del ritiro, così come quelli della viscosità, non vengono schematizzati all'interno del modello agli E.F, ma vengono considerati separatamente, così come spiegato in seguito.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	20 di 75

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

La deformazione totale da ritiro è data dalla somma della deformazione per ritiro da essiccamento e della deformazione da ritiro autogeno. Per la soletta, assumendo un'umidità relativa del 55% e una dimensione fittizia della trave pari a 466 mm, si ottiene un valore finale della deformazione da ritiro.

$$\varepsilon_{cs, trave} = -0.000369$$

#### Soletta in c.a.o.

$f_{ck} =$	<b>33</b>	Mpa	<i>Resistenza Caratteristica Cilindrica a Compressione</i>
UR=	<b>55</b>	%	<i>Umidità Relativa</i>
$\varepsilon_{co} =$	-0.438	‰	<i>Deformazione per Ritiro da Essiccamento</i>
$A_c =$	2.7	m <sup>2</sup>	<i>Area della Sezione in Conglomerato</i>
u=	11.6	m	<i>Perimetro della Sezione in Conglomerato esposto all'Aria</i>
$h_0 =$	466	mm	<i>Dimensione Fittizia pari al rapporto <math>2A_c/u</math></i>
$k_h =$	0.709		
$\varepsilon_{cd, \infty} =$	-0.311	‰	<i>Deformazione per Ritiro da Essiccamento (a Tempo infinito)</i>
$\varepsilon_{ca, \infty} =$	-0.058	‰	<i>Deformazione per Ritiro da Autogeno (a Tempo infinito)</i>
$\varepsilon_{cs} =$	<b>-0.369</b>	‰	<i>Deformazione per Ritiro Totale (a Tempo infinito)</i>

Per la trave prefabbricata, assumendo un'umidità relativa del 55% e una dimensione fittizia della trave pari a 144 mm, si ottiene un valore finale della deformazione da ritiro:

$$\varepsilon_{cs, trave} = -0.000488$$

#### Trave in c.a.p.

$f_{ck} =$	<b>45</b>	Mpa	<i>Resistenza Caratteristica Cilindrica a Compressione</i>
UR=	<b>55</b>	%	<i>Umidità Relativa</i>
$\varepsilon_{co} =$	-0.400	‰	<i>Deformazione per Ritiro da Essiccamento</i>
$A_c =$	0.5	m <sup>2</sup>	<i>Area della Sezione in Conglomerato</i>
u=	6.94	m	<i>Perimetro della Sezione in Conglomerato esposto all'Aria</i>
$h_0 =$	144	mm	<i>Dimensione Fittizia pari al rapporto <math>2A_c/u</math></i>
$k_h =$	1.000		
$\varepsilon_{cd, \infty} =$	-0.400	‰	<i>Deformazione per Ritiro da Essiccamento (a Tempo infinito)</i>
$\varepsilon_{ca, \infty} =$	-0.088	‰	<i>Deformazione per Ritiro da Autogeno (a Tempo infinito)</i>
$\varepsilon_{cs} =$	<b>-0.488</b>	‰	<i>Deformazione per Ritiro Totale (a Tempo infinito)</i>

Al momento del getto della soletta (fase2), la deformazione della trave per effetto del ritiro si considera scontata al 100%.

## 6.8 Variazione termica ( $\varepsilon_3$ )

A causa dell'isostaticità dello schema statico è stata trascurata la variazione uniforme di temperatura. Si è considerata una sola variazione termica differenziale di 5°C tra soletta e trave c.a.p.

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Opera di scavalco Ramo 12 RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA N7D2	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO OC 02 00 002	REV. A	FOGLIO 21 di 75

## 6.9 Coefficienti viscosi ( $\epsilon_4$ )

Gli effetti della viscosità del calcestruzzo sono valutati impiegando i coefficienti indicati nell'appendice B dell'UNI EN1992-1-1.

La deformazione viscosa del calcestruzzo al tempo infinito per una tensione costante applicata all'età  $t_0$  del calcestruzzo, è data da:

$$\epsilon_{cc}(\infty, t_0) = \phi(\infty, t_0) (\sigma_c / E_c)$$

Dove il coefficiente di viscosità al generico tempo  $t$  è calcolato con la seguente relazione

$$\phi(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_c(t, t_0)$$

Essendo

$\phi_0$  il coefficiente nominale di viscosità;

$\beta_c(t, t_0)$  è un coefficiente atto a descrivere l'evoluzione della viscosità nel tempo dopo l'applicazione del carico.

### Soletta

$h_0 =$	466	mm
$t_0 =$	28	giorni
$f_{ck} =$	33	Mpa
$f_{cm} =$	41	Mpa
UR =	55	%
$\phi(t_{\infty}, t_0) =$	1.885	

*Dimensione Fittizia pari al rapporto  $2A_s/u$   
 Età del calcestruzzo al Momento della messa in Carico  
 Resistenza Caratteristica Cilindrica a Compressione  
 Resistenza Media Cilindrica a Compressione (a 28 gg)  
 Umidità Relativa  
 Coefficiente di Viscosità a  $t = \infty$*

### Trave cap

$h_0 =$	144	mm
$t_0 =$	30	giorni
$f_{ck} =$	45	Mpa
$f_{cm} =$	53	Mpa
UR =	55	%
$\phi(t_{\infty}, t_0) =$	2.06	

*Dimensione Fittizia pari al rapporto  $2A_s/u$   
 Età del calcestruzzo al Momento della messa in Carico  
 Resistenza Caratteristica Cilindrica a Compressione  
 Resistenza Media Cilindrica a Compressione (a 28 gg)  
 Umidità Relativa  
 Coefficiente di Viscosità a  $t = \infty$*

## 6.10 Resistenze parassite dei vincoli ( $Q_7$ )

Si considerano le resistenze parassite nei vincoli in condizioni di spostamento relativo incipiente prodotto dalle variazioni di temperatura.

$$F_x \text{ (fisso)} = F_x \text{ (mobile)} = f \cdot (F_z G_{1,2} + F_z q) \quad \text{con } f = 0.05$$

L'azione in esame è stata considerata ai soli fini del calcolo delle azioni sugli apparecchi di appoggio.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	22 di 75

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

### 6.11 Azione sui parapetti. Urto di un veicolo in svio ( $Q_8$ )

Come indicato in §3.6.3.3.2 D. Min. 14/01/2008 nel progetto strutturale dei ponti si può tener in conto delle forze causate da collisioni eccezionali sugli elementi di sicurezza attraverso una forza orizzontale equivalente di 100 kN, considerata agente 1.00 m sopra il livello del piano di marcia. La forza è stata applicata su una linea lunga 0.50 m.

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	23 di 75

## 7 COMBINAZIONI DI CARICO

In linea con quanto riportati nel quadro normativo vigente, le azioni descritte nei paragrafi precedenti, sono combinate nel modo seguente:

- combinazione fondamentale (SLU):

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

- combinazione sismica:

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

- combinazione eccezionale:

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

- combinazione Rara (SLE irreversibile):

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

- combinazione Frequente (SLE reversibile):

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

- combinazione Quasi Permanente (SLE per gli effetti a lungo termine):

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

Pertanto, considerando i seguenti valori caratteristici delle azioni dovute al traffico





LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 N7D2 01 D 78 CL OC 02 00 002 A 24 di 75

Carichi sulla carreggiata						Carichi su marciapiedi e piste ciclabili
Carichi verticali				Carichi orizzontali		Carichi verticali
Gruppo di azioni	Modello principale (Schema di carico 1, 2, 3, 4, 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura $q_3$	Forza centrifuga $q_4$	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5 kN/m <sup>2</sup>
2 a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2 b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 <sup>(*)</sup>						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m <sup>2</sup>
4 <sup>(**)</sup>			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m <sup>2</sup>			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m <sup>2</sup>
5 <sup>(***)</sup>	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

<sup>(\*)</sup> Ponti di 3° categoria  
<sup>(\*\*)</sup> Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)  
<sup>(\*\*\*)</sup> Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Considerando inoltre i seguenti coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni agli SLU

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Q1}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{E1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{E2}, \gamma_{E3}, \gamma_{E4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(4)</sup> 1,20 per effetti locali

e considerando infine i seguenti coefficienti per le azioni variabili



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 N7D2 01 D 78 CL OC 02 00 002 A 25 di 75

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente $\Psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\Psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\Psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
Vento $q_3$	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve $q_3$	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	$T_k$	0,6	0,6	0,5

Si ottengono le combinazioni più gravose riportate nella successiva tabella:

Criterio	n°	Tipologia	q1	q2	Schema 1	Schema 2	Schema 5	q3	q4	q5	q6	q7	q8	e1	e2	e3	e4
SLU_STR	1	Add	1.35	1.5	1.35	-	-	0	-	0.9	-	-	-	1.2	1	1.2	-
	2	Add	1.35	1.5	-	1.35	-	0	-	0.9	-	-	-	1.2	1.2	0.72	-
	3	Add	1.35	1.5	-	-	1.35	-	-	0.9	-	-	-	1.2	1.2	0.72	-
	4	Add	1.35	1.5	0.75	-	-	1.35	-	0.9	-	-	-	1.2	0.9	1.2	-
	5	Add	1.35	1.5	-	0.75	-	1.35	-	0.9	-	-	-	1.2	1	0	-
	6	Add	1.35	1.5	-	-	0.75	-	-	0.9	-	-	-	1.2	1	1	-
	7	Add	1.35	1.5	-	-	-	-	-	1.5	-	-	-	1.2	1	0	-
	8	Add	1.35	1.5	-	-	-	-	-	1.5	-	-	-	1.2	1.2	0	-
	9	Add	1.35	1.5	-	-	-	-	-	1.5	-	-	-	1.2	1	1.2	-
	10																
SLE_rara	11	Add	1	1	1	-	-	1	-	0.6	-	-	-	1	1	0.6	-
	12	Add	1	1	1	-	-	0	-	0.6	-	-	-	1	1	0	-
	13	Add	1	1	-	1	-	1	-	0.6	-	-	-	1	1	0	-
	14	Add	1	1	-	-	1	0	-	0.6	-	-	-	1	1	0.6	-
	15	Add	1	1	1	-	-	0.5	-	0.6	-	-	-	1	1	0.6	-
	16	Add	1	1	1	-	-	1	-	1	-	-	-	1	1	1	-
16																	
SLE_freq	16	Add	1	1	1	-	-	0	-	0.2	-	-	-	1	1	1	-
	17	Add	1	1	1	-	-	0	-	0	-	-	-	1	1	0.6	-
	18	Add	1	1	-	1	-	0	-	0	-	-	-	1	1	1	-
	19	Add	1	1	-	1	-	0	-	0	-	-	-	1	1	0.6	-
20																	
SLE_qp	21	Add	1	1	0	0	0	0	-	0	-	-	-	1	1	0	-
	22	Add	1	1	0	0	0	0	-	0	-	-	-	1	1	1	-
SLV	23																
	24	Add	1	1	0.2	-	-	0	-	0	1	-	-	1	1	0.5	-
	25	Add	1	1	-	0.2	-	0	-	0	1	-	-	1	1	0.5	-
26																	
Ad	27	Add	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	0	-

	<b>LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI</b> <b>VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA</b> <b>VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO</b> <b>PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Opera di scavalco Ramo 12 RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA N7D2	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO OC 02 00 002	REV. A	FOGLIO 26 di 75

## 8 ANALISI STRUTTURALE

Le analisi sono state condotte mediante l'ausilio del software di calcolo Sap2000 v\_17. Dal modello sono state dedotte, per le combinazioni di calcolo statiche e sismiche descritte in precedenza, le sollecitazioni complessive agenti sull'impalcato al fine di procedere con le verifiche di sicurezza previste dalle Normative di riferimento. Dallo stesso modello sono state poi ricavate le sollecitazioni agenti sulle sottostrutture necessarie ai fini delle verifiche geotecniche del sistema terreno-fondazione e delle verifiche strutturali, entrambe riportate nella specifica relazione di calcolo e pertanto non contenute nel presente documento.

### Assi comuni a tutti i modelli

x = asse longitudinale impalcato

y = asse trasversale impalcato

z = asse verticale impalcato

### 8.1 Modello di calcolo agli elementi finiti

Gli elementi strutturali dell'impalcato in cap sono stati modellati tramite elementi *beam*. Nel modello di calcolo agli elementi finiti i dispositivi di appoggio sono stati introdotti tramite vincoli esterni secondo lo schema d'appoggi definito in precedenza. Nel modello di calcolo agli E.F., in particolare, gli elementi trasversali, a meno dei 4 traversi, sono fittizi con lo scopo di pura costruzione della geometria dell'impalcato.

La determinazione delle componenti di sollecitazione e spostamento dovute ai carichi mobili, sia nella direzione longitudinale degli impalcati che in quella trasversale, per lo studio della statica locale della soletta, con il software di calcolo di cui sopra, prevede quanto segue:

- 1) Vengono stabilite le linee di transito rappresentative delle corsie di carico (n.1 ogni corsia di carico); tali linee sono posizionate in mezzeria del carico (mezzeria asse di carico);

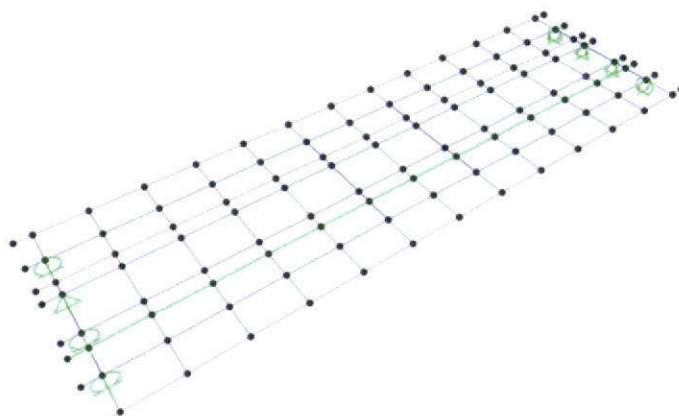


Figura 7 – Corsia di carico 1 per lo schema di carico 1

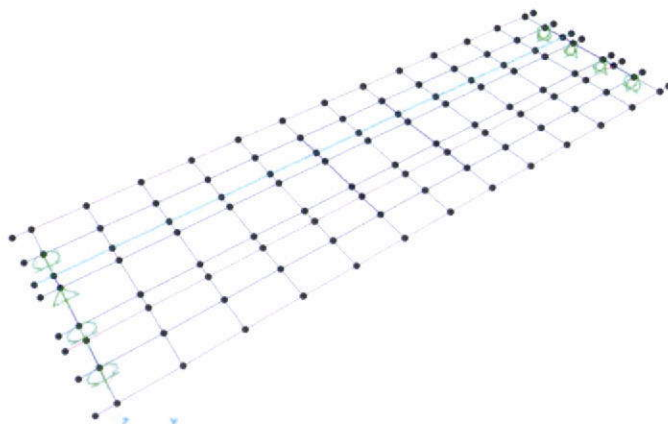


Figura 8 – Corsia di carico 2 per lo schema di carico 1

- 2) Il numero delle colonne di carico è quello compatibile con le larghezza della carreggiata (2 nello specifico);
- 3) Per queste linee di carico vengono studiate le linee di influenza delle componenti di sollecitazione e spostamento;



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	28 di 75

Vehicle name: L J Units: KN, m, C

Load Elevation:

Loads:

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Trailing Load	Infinite		9	
Leading Load	Infinite		9	300.
Fixed Length	1.2		9	300.
Trailing Load	Infinite		9	

Buttons: Add, Insert, Modify, Delete

Figura 9 – Corsia - Schema di carico 1

Vehicle name: L J Units: KN, m, C

Load Elevation:

Loads:

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite		2.5	200.
Leading Load	Infinite		2.5	200.
Fixed Length	1.2		2.5	200.
Trailing Load	Infinite		2.5	

Buttons: Add, Insert, Modify, Delete


Figura 10 – Corsia 2 - Schema di carico 1

4) Per trovare gli involuipi dei massimi e dei minimi delle componenti di sollecitazione e spostamento viene compilata una tabella di presenza del carico, assegnando 1 (carico presente) oppure zero (carico assente) per ogni corsia.

Si evidenzia che la posizione dei carichi mobili è automaticamente determinata dal programma di calcolo in modo da ottenere per lo specifico elemento considerato, le massime sollecitazioni flessionali taglianti ed assiali.

Contemporaneamente ai carichi mobili, si considera il carico folla ripartito sul marciapiede, con un valore di combinazione di  $2.50 \text{ kN/m}^2$ .

Vehicle name:  Units:

Load Elevation: 

Lloads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite		2.5	0.
Leading Load	Infinite		2.5	0.

Add Insert Modify Delete

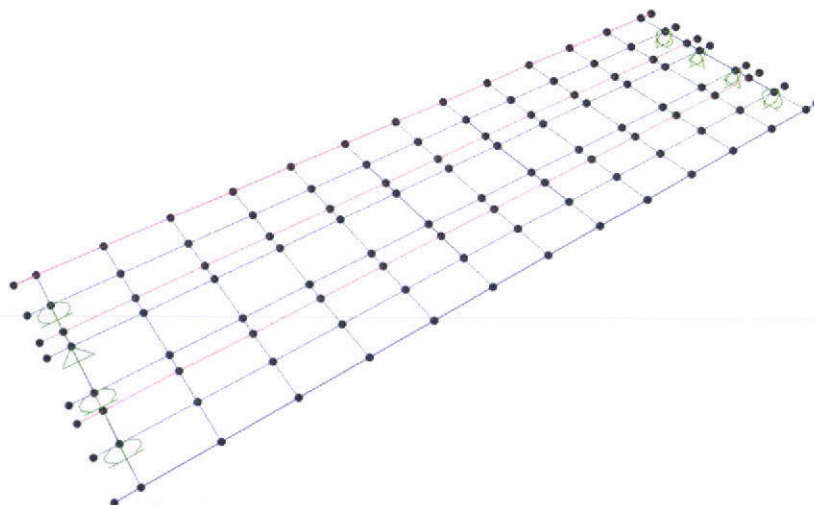


Figura 11 – Linee di carico per la folla compatta

## 8.2 Fasi di calcolo

I modelli studiati e le fasi di calcolo e di verifica considerano le fasi di montaggio, maturazione e gli effetti differiti conseguenti alle varie età della struttura. Si distinguono le seguenti fasi di riferimento:

*fase 1.* Impalcato in fase di montaggio senza puntellamenti intermedi, in cui i carichi sono quelli di competenza del peso proprio della struttura in cap, più gli sforzi di precompressione delle travi in cap. Inoltre la trave in cap è soggetta al peso del getto della soletta.

La sezione resistente risulta solo quella delle travi in cap. In questa fase la luce di calcolo è pari a 25.00 m.

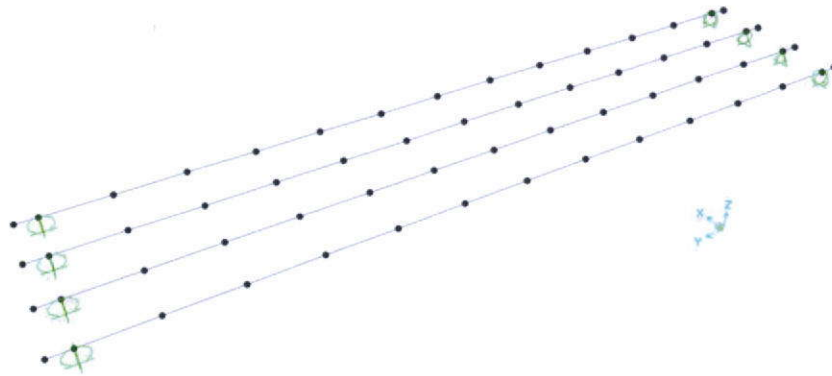


Figura 12 – Modello FEM per la prima fase di calcolo

*fase 2.* Impalcato in esercizio completo dei carichi permanenti. In questa fase la sezione resistente risulta composta, ovvero trave cap + soletta collaborante. Va specificato che in questa fase di calcolo la ripartizione dei carichi tiene conto del modulo di elasticità secante della soletta a tempo infinito.

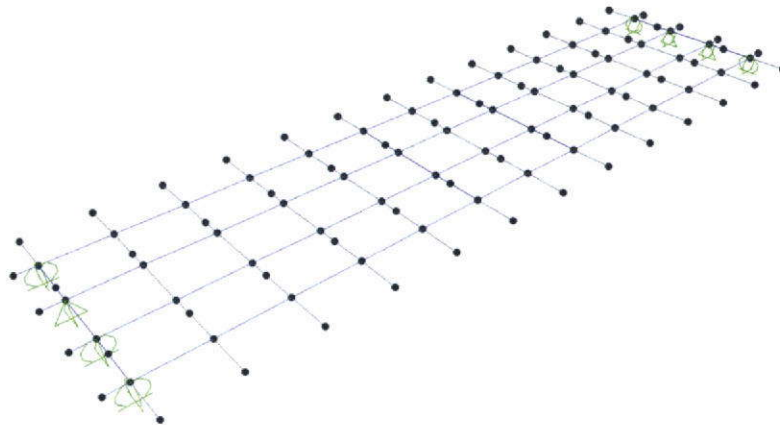


Figura 13 – Modello FEM per la seconda fase di calcolo

	LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Opera di scavalco Ramo 12  RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA N7D2	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO OC 02 00 002	REV. A	FOGLIO 31 di 75

*fase 3.* impalcato in esercizio per carichi di breve durata, quali quelli mobili, variazioni di temperatura, vento. Si considerano gli effetti differiti, quali ritiro e viscosità del calcestruzzo.

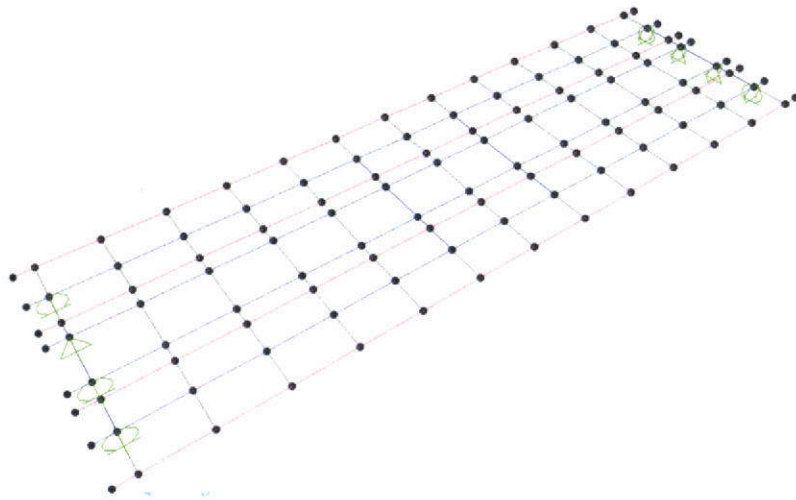


Figura 14 – Modello FEM per la terza fase di calcolo

### 8.3 Larghezza efficace della soletta

Per la trave di verifica (trave di bordo) si adotta una larghezza collaborante  $b = i = 1.75\text{m}$ , essendo “i” l’interasse delle travi, trascurando quindi, in favore di sicurezza, la parte di soletta a sbalzo.

### 8.4 Risultati analisi strutturale

Di seguito si riportano le sollecitazioni più significative sugli elementi strutturali per le diverse fasi di calcolo:

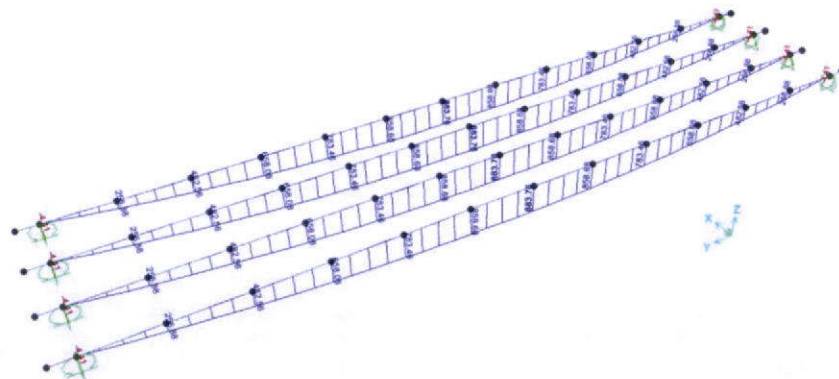




Figura 15 – Sollecitazione flessionale per peso trave  $G_1$  [kNm]

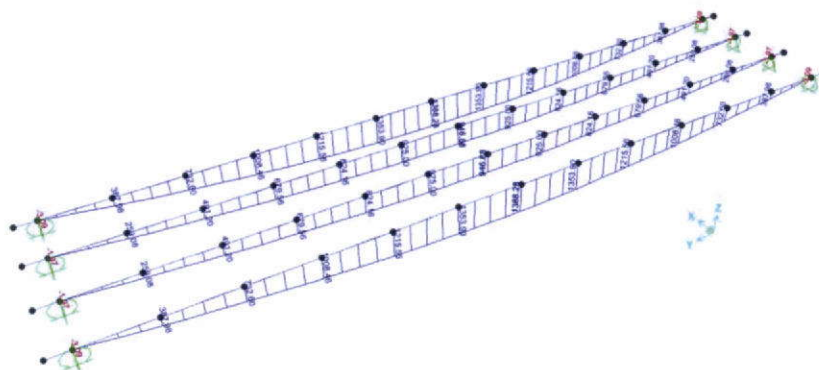


Figura 16 – Sollecitazione flessionale per getto soletta  $G_1$  [kNm]

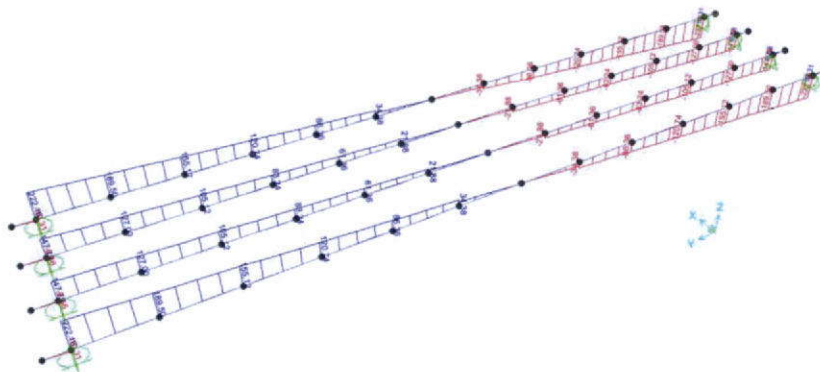


Figura 17 – Sollecitazione tagliante per getto soletta  $G_1$  [kN]

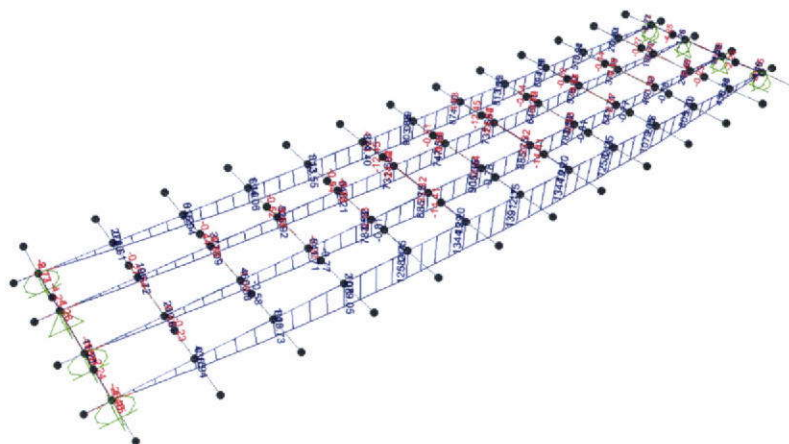


Figura 18 – Sollecitazione flessionale per permanenti non strutturali  $G_2$  [kNm]

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	33 di 75

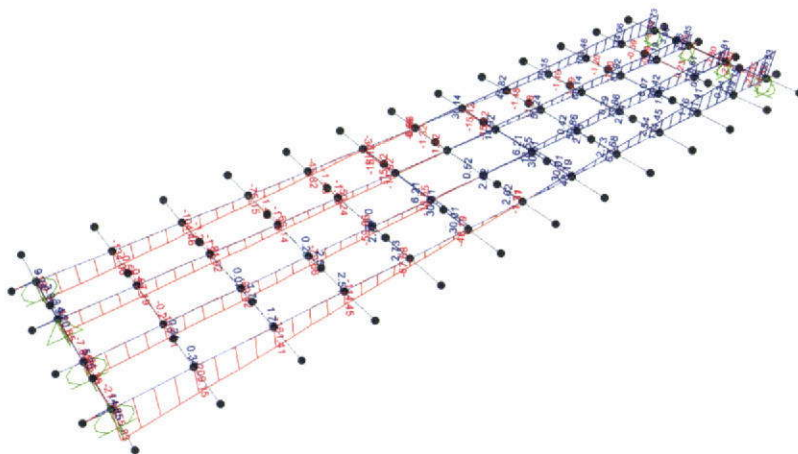


Figura 19 – Sollecitazione tagliante per permanenti non strutturali  $G_2$  [kN]

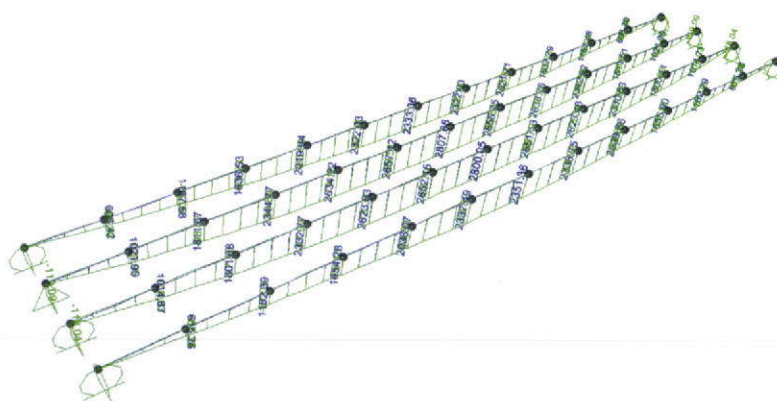


Figura 20 – Sollecitazione flessionale per carichi mobili  $q_1$  [kNm]

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NTD2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	34 di 75

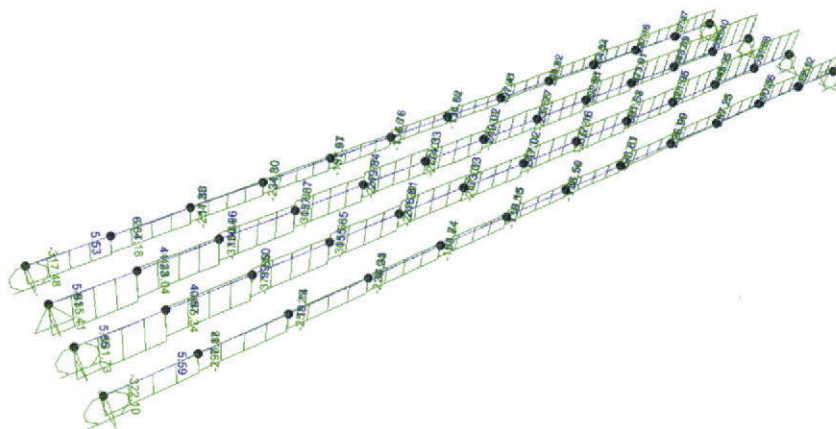


Figura 21 – Sollecitazione tagliante per schema di carico 1  $q_1$  [kN]



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	35 di 75

## 9 TRAVI CAP

### 9.1 Criteri di verifica

Si verifica lo stato tensionale delle due sezioni correnti più significative:

- sezione di mezzeria della trave di bordo, che risulta maggiormente sollecitata a flessione per carichi fissi;
- sezione di mezzeria della trave centrale, che risulta maggiormente sollecitata a flessione per carichi variabili;
- sezione corrente vicino all'appoggio (sezione distante 1.70 m dall'asse appoggio), nei confronti delle possibili trazioni ad estradosso trave;
- Sezione in appoggio, che risulta maggiormente sollecitata.

Di seguito si farà riferimento alla seguente tipologia per i casi di carico elementari:

#### Combinazioni di carico

G1 (Pesi propri strutturali)

G2 (Permanenti non strutturali)

q1 (carichi accidentali)

q2 (variabili)

e1 (precompressione)

e2 (effetti reologici)

e3 (cadute di tensione)

In particolare le combinazioni che massimizzano l'effetto di momento flettente nella trave più sollecitata è la seguente:

- Combinazione caratteristica rara:  $1.0 \cdot G_1 + 1.0 \cdot G_2 + 1.0 \cdot Q_1 + 1.0 \cdot Q_2 + 1.0 \cdot \varepsilon_1 + 1.0 \cdot \varepsilon_2$ ;
- Combinazione quasi permanente:  $1.0 \cdot G_1 + 1.0 \cdot G_2 + 1.0 \cdot \varepsilon_1 + 1.0 \cdot \varepsilon_2$ ;



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	36 di 75

## 9.2 Trave di bordo

### 9.2.1 Verifica tensionale in mezzzeria ( $x=11.80$ m)

Si riportano i valori caratteristici delle sollecitazioni flettenti agenti in corrispondenza della sezione di verifica:

**M [kN m]**

PPT = peso proprio trave => 883 kNm

PPS = peso proprio soletta +traverso => 1388 kNm

SPP = sovraccarichi permanenti portati => 1391 kNm

VAR. = azioni variabili => 2352 kNm

Allo stato di sollecitazione esterno sono sommati gli effetti della precompressione e dei fenomeni reologici.

Per le fasi di calcolo si considerano quelle descritte in §9.2 della seguente relazione.

Di seguito si espongono le caratteristiche geometriche della sezione reagente durante le diverse fasi di calcolo, a breve e lungo termine.

In particolare, il calcolo delle cadute di tensione in Fase 2 è stato condotto con riferimento al cavo risultante.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	37 di 75

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

<b>Trave prefabbricata</b>			
$A_p$	5015.0 cm <sup>2</sup>	Area	
$Y_{gp}$	72.9 cm	Y baricentro	
$J_{gp}$	14 091 017 cm <sup>4</sup>	Momento di inerzia baricentrico	
$h_b$	140 cm	Altezza trave	
$b$	16 cm	Larghezza in corrisp. del baricentro	
$A^*$	2498 cm <sup>2</sup>	Area della trave al di sopra del baricentro	
$S_{xgp}$	123 801 cm <sup>3</sup>	Momento statico baricentrico	
<b>Getto in opera</b>			
$b_{sol}$	175 cm	Larghezza soletta	
$h_{sol}$	25 cm	Altezza soletta	
$Y_{sol inf}$	140 cm	Quota intradosso soletta	
<b>Ritiro</b>			
$\epsilon_r$ soletta	0.000368553		
$\epsilon_r$ Trave	0.00048775		
$\epsilon_{rel}$ trave	0.4	% $\epsilon_r$ scontata al momento del getto soletta	
$\epsilon_r$ totale	7.5903E-05	ritiro differenziale totale	
<b>Trave prefabbricata + armatura</b>			
$n$	6	Coeff. omog. arm.	
$A_{po}$	5 358 cm <sup>2</sup>	Area	
$S_{xpo}$	369 512 cm <sup>3</sup>	Momento statico (y=0)	
$Y_{gpo}$	69.0 cm	Y baricentro	
$J_{gpo}$	15 314 813 cm <sup>4</sup>	Momento di inerzia baricentrico	
$W_{inf po}$	222 067 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente inferiore	
$W_{sup po}$	215 595 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente superiore	
$W_a po$	263 498 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente fibra cavo eq.	
$W_{...}$	222 067 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente fibra cavo inf.	
<b>Trave prefabbricata + soletta + armatura</b>			
Breve Termine	$n$	0.93	Coeff. omogen. soletta
	$A_s$	4 153 cm <sup>2</sup>	Area omogen. soletta
	$S_{xs}$	633 616 cm <sup>3</sup>	Momento statico soletta (y=0)
	$Y_{gs}$	152.6 cm	Y baricentro
	$A_{to}$	9 511 cm <sup>2</sup>	Area
	$S_{xto}$	1 003 128 cm <sup>3</sup>	Momento statico (y=0)
	$Y_{gto}$	105.5 cm	Y baricentro
	$J_{gto}$	31 875 621 cm <sup>4</sup>	Momento di inerzia baricentrico
	$W_{inf to}$	302 230 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente inferiore
	$W_{sup to}$	923 074 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente superiore
	$W_{sol, inf to}$	923 074 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente inf. soletta
	$W_{sol, sup to}$	535 436 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente sup. soletta
	$W_a to$	336 865 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente fibra cavo eq.
	$S_{xg to}$	228 199 cm <sup>3</sup>	Momento statico baricentrico
<b>Trave prefabbricata + soletta + armatura</b>			
Lungo termine	$n$	1.06	Coeff. omogen. soletta
	$A_s$	4 734 cm <sup>2</sup>	Area omogen. soletta
	$S_{xs}$	722 135 cm <sup>3</sup>	Momento statico soletta (y=0)
	$Y_{gs}$	152.6 cm	Y baricentro
	$A_{to}$	10 092 cm <sup>2</sup>	Area
	$S_{xto}$	1 091 648 cm <sup>3</sup>	Momento statico (y=0)
	$Y_{gto}$	108.2 cm	Y baricentro
	$J_{gto}$	33 115 969 cm <sup>4</sup>	Momento di inerzia baricentrico
	$W_{inf to}$	306 139 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente inferiore
	$W_{sup to}$	1 040 504 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente superiore
	$W_{sol, inf to}$	1 040 504 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente inf. soletta
	$W_{sol, sup to}$	582 752 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente sup. soletta
	$W_a to$	340 246 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente fibra cavo eq.
	$S_{xg to}$	235 936 cm <sup>3</sup>	Momento statico baricentrico



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	38 di 75

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

<b>Trefoli</b>					
Trefolo 0.6"		A <sub>trefolo</sub> 1.39		cm <sup>2</sup>	
y	n	n	A	n	Sx (y=0)
cm	cavi	cavi attivi	cm <sup>2</sup>	cavi in guaina	cm <sup>3</sup>
<b>6</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	15.29	0	92
<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	15.29	0	168
<b>16</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	12.51	0	200
10.7	32	31	43.09	0	460

<b>Trefoli</b>		
S <sub>0</sub>	1420 MPa	Tiro iniziale
f <sub>ptk</sub>	1860 MPa	Tens. caratt. di rottura
C <sub>ril</sub>	<b>0.052</b>	Coeff. rilassamento
E <sub>acc</sub>	<b>205000</b> MPa	Modulo el. acciaio
σ <sub>ril</sub>	73.8 MPa	Perdita per rilassamento
σ <sub>rit</sub>	<b>51.3</b> MPa	Perdita per ritiro (3%%)
σ <sub>vis</sub>	<b>299</b> MPa	Perdita per viscosità
σ <sub>ril'</sub>	56.8 MPa	Perdita per rilassamento ridotta
σ <sub>perd</sub>	407.4 MPa	Perdita totale
σ <sub>finale</sub>	1 013 MPa	Tensione residua nel cavo risultante

<b>Calcestruzzi</b>		
R <sub>ckj</sub>	- N/mm <sup>2</sup>	Rck trave al taglio dei trefoli
R <sub>ck trave</sub>	55 N/mm <sup>2</sup>	Rck trave
R <sub>ck soletta</sub>	40 N/mm <sup>2</sup>	Rck soletta
E <sub>trave</sub>	36304 N/mm <sup>2</sup>	
E <sub>sol</sub>	33643 N/mm <sup>2</sup>	
φ <sub>trave</sub>	2.2978	
φ <sub>sol</sub>	1.8848	
E <sub>trave LT</sub>	11008 N/mm <sup>2</sup>	
E <sub>sol LT</sub>	11662 N/mm <sup>2</sup>	

A seguire si riporta il riepilogo con lo stato tensionale nella sezione per le varie condizioni di carico, con riferimento alla seguente simbologia:

σ<sub>inf</sub> = tensione al lembo inferiore della trave prefabbricata;

σ<sub>sup</sub> = tensione al lembo superiore della trave prefabbricata;

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	39 di 75

$\sigma_{sol,inf}$  = tensione al lembo inferiore della soletta;

$\sigma_{sol,sup}$  = tensione al lembo superiore della soletta;

$\sigma_{cavo,eq}$  = tensione nell'armatura da precompressione;

$\sigma_b$  = tensione al baricentro della trave prefabbricata;

$t_b$  = tensione tangenziale al baricentro della trave prefabbricata.

Condizioni elementari	N [kN]	M [kN.m]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sol,sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sol,inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{cavo,eq}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$T_{bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
1) Precompressione t=0	-6119	-3571	-27.6	5.1	-	-	-25.1	-12.2	0.0
2) Peso proprio trave	0	883	4.0	-4.1	-	-	3.4	0.0	0.0
3) Perdite	1349	787	6.1	-1.1	-	-	5.5	2.7	0.0
4) Peso soletta	0	1388	6.3	-6.4	-	-	5.3	0.0	0.0
5) Sovraccarichi perm.	0	1391	4.6	-1.3	-2.5	-1.4	4.1	1.6	0.0
6) Sovraccarichi acc.	0	2352	7.8	-2.5	-4.1	-2.4	7.0	2.7	0.0
7) Ritiro	-1880	833	0.9	-2.7	0.8	0.8	0.6	-0.9	0.0

Nel grafico che segue è rappresentato il diagramma di sollecitazione in funzione dell'altezza della sezione in solo cap per le diverse fasi considerate:

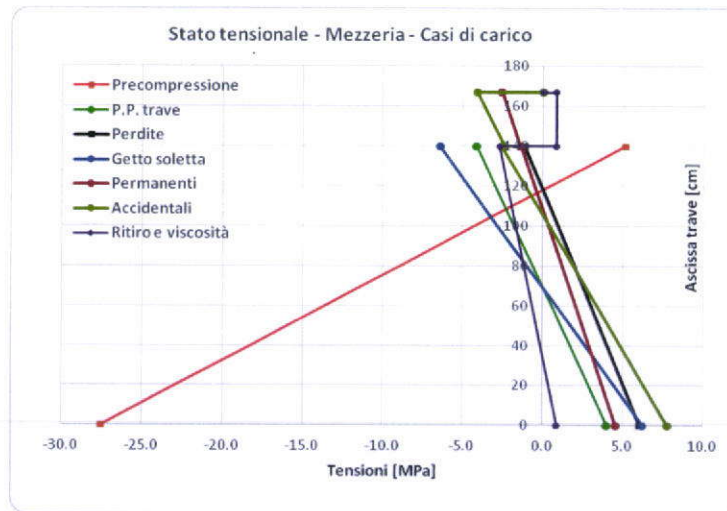


Figura 22 – Andamento tensioni per combinazioni elementari di carico [MPa]

A seguire si riporta il riepilogo con lo stato tensionale nella sezione per le varie combinazioni di carico. In questa fase sono state calcolate anche le tensioni principali lungo l'asse baricentrale della trave in capo:

Combinazioni	N [kN]	M [kN.m]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sol,sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sol,inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{cavo,eq}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$T_{bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{I,bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{II,bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
A) 1+2	-6118.78	-2687.69	-23.57	1.04	-	-	-21.69	-12.20	0.00	0.00	-12.20
B) 1+2+3	-4770.06	-512.63	-11.23	-6.54	-	-	-10.87	-9.51	0.00	0.00	-9.51
C) 1+2+3+4	-4770.06	878.37	-6.67	-7.87	-2.53	-1.42	-6.76	-7.86	0.00	0.00	-7.86
D) 1+2+3+4+5+6	-4770.06	3230.37	1.13	-10.42	-6.60	-3.78	0.25	-5.16	0.00	0.00	-5.16
E) 1+2+3+4+5+6+7	-6650.46	4063.68	1.99	-13.09	-5.80	-2.97	0.84	-6.04	0.00	0.00	-6.04



Nel grafico che segue è rappresentato lo stato tensionale nelle diverse combinazioni di carico:

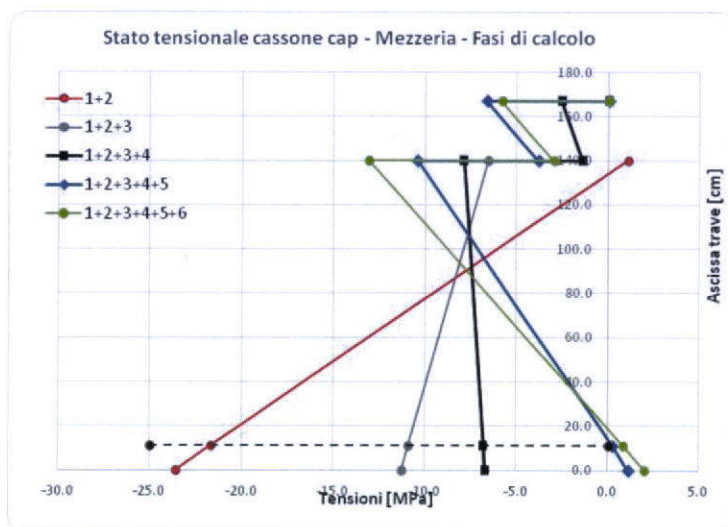


Figura 23 – Andamento tensioni per combinazioni di carico [MPa]

La verifica è soddisfatta, in quanto i limiti esposti in precedenza sono rispettati. Inoltre, si evince che la massima tensione di compressione della trave è pari a  $\sigma_{sup} = 13.09 \text{ MPa}$ , e la tensione di trazione pari a  $\sigma_{inf} = 1.99 \text{ MPa}$ .

### 9.2.2 Verifica tensionale sezione corrente in appoggio ( $x=1.70 \text{ m}$ )

Si riportano i valori caratteristici delle sollecitazioni flettenti agenti in corrispondenza della sezione di verifica:

**M [kN m]**

PPT = peso proprio trave => 256 kNm

PPS = peso proprio soletta +traverso => 259 kNm

SPP = sovraccarichi permanenti portati => 560 kNm

VAR. = azioni variabili => 620 kNm

In particolare, il calcolo delle cadute di tensione è effettuato con gli stessi criteri descritti per la sezione di mezzeria.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	41 di 75

La sezione di verifica in esame è in corrispondenza del punto da cui alcuni trefoli vengono inguainati fino al termine della trave. In particolare si tratta di 4 trefoli per le prime due file di armatura di precompressione, e 2 trefoli per l'ultima fila.

Trefoli					
Trefolo	0.6"	$A_{\text{trefolo}} = 1.39 \text{ cm}^2$			
y	n	n	A	n	$S_x (y=0)$
cm	cavi	cavi attivi	$\text{cm}^2$	cavi in guaina	$\text{cm}^3$
<b>6</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	9.73	4	58
<b>11</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	9.73	4	107
<b>16</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	9.73	3	156
11.0	32	21	29.19	11	321

Configurazione con 21 trefoli

A seguire si riporta il riepilogo con lo stato tensionale nella sezione per le varie condizioni di carico, con riferimento alla seguente simbologia:

$\sigma_{\text{inf}}$  = tensione al lembo inferiore della trave prefabbricata;

$\sigma_{\text{sup}}$  = tensione al lembo superiore della trave prefabbricata;

$\sigma_{\text{sol,inf}}$  = tensione al lembo inferiore della soletta;

$\sigma_{\text{sol,sup}}$  = tensione al lembo superiore della soletta;

$\sigma_{\text{cavo,eq}}$  = tensione nell'armatura da precompressione;

$\sigma_{\text{b}}$  = tensione al baricentro della trave prefabbricata;

$t_{\text{b}}$  = tensione tangenziale al baricentro della trave prefabbricata.

Condizioni elementari	N [kN]	M [kN.m]	$\sigma_{\text{inf}}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{\text{sup}}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{\text{sol,sup}}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{\text{sol,inf}}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{\text{cavo,eq}}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{\text{bar}}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$T_{\text{bar}}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
1) Precompressione t=0	-4145	-2438	-19.2	3.5	-	-	-17.4	-8.3	0.0
2) Peso proprio trave	0	256	1.2	-1.2	-	-	1.0	0.0	0.6
3) Perdite	975	573	4.5	-0.8	-	-	4.1	1.9	0.0
4) Peso soletta	0	259	1.2	-1.2	-	-	1.0	0.0	0.7
5) Sovraccarichi perm.	0	560	1.9	-0.5	-1.0	-0.6	1.7	0.7	0.5
6) Sovraccarichi acc.	0	610	2.1	-0.7	-1.1	-0.6	1.9	0.7	1.9
7) Ritiro	-387	169	0.2	-0.5	0.2	0.2	0.1	-0.2	0.0



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	42 di 75

A seguire si riporta il riepilogo con lo stato tensionale nella sezione per le varie combinazioni di carico. In questa fase sono state calcolate anche le tensioni principali lungo l'asse baricentrale della trave in cap:

Combinazioni	N [kN]	M [kN m]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sol, sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sol, inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{cavo eq}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$T_{bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{I bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{II bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
A) 1+2	-4144.98	-2181.68	-17.97	2.33	-	-	-16.37	-8.27	0.64	0.05	-8.31
B) 1+2+3	-3170.00	-1349.29	-12.26	0.29	-	-	-11.28	-6.32	1.30	0.26	-6.58
C) 1+2+3+4	-3170.00	-789.29	-10.38	-0.25	-1.03	-0.57	-9.58	-5.64	1.82	0.53	-6.18
D) 1+2+3+4+5+6	-3170.00	-179.29	-8.30	-0.91	-2.09	-1.18	-7.72	-4.93	3.67	1.95	-6.89
E) 1+2+3+4+5+6+7	-3557.27	-10.32	-8.12	-1.46	-1.93	-1.02	-7.99	-5.11	3.67	1.91	-7.03

La verifica è soddisfatta, in quanto i limiti esposti in precedenza sono rispettati. Inoltre, si evince che la tensione di compressione al lembo superiore della trave pari a  $\sigma_{sup} = 1.46$  MPa.

### 9.2.3 Verifica tensionale sezione di testata ( $x=0$ m)

Si riportano i valori caratteristici delle sollecitazioni flettenti agenti in corrispondenza della sezione di verifica:

V [kN]

PPT = peso proprio trave => 152 kN

PPS = peso proprio soletta +traverso => 222 kN

SPP = sovraccarichi permanenti portati =>256 kN

VAR. = azioni variabili => 322 kN

Di seguito si espongono le caratteristiche geometriche della sezione reagente durante le diverse fasi di calcolo, a breve e lungo termine.

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	43 di 75

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

<b>Trave prefabbricata</b>		
$A_p$	9800.0 cm <sup>2</sup>	Area
$Y_{gp}$	70.0 cm	Y baricentro
$J_{gp}$	16 006 666 cm <sup>4</sup>	Momento di inerzia baricentrico
$h_p$	140 cm	Altezza trave
$b$	70 cm	Larghezza in corrisp. del baricentro
$A^*$	4900 cm <sup>2</sup>	Area della trave al di sopra del baricentro
$S_{xgp}$	171 500 cm <sup>3</sup>	Momento statico baricentrico

<b>Getto in opera</b>		
$b_{sol}$	175 cm	Larghezza soletta
$h_{sol}$	25 cm	Altezza soletta
$Y_{sol inf}$	145 cm	Quota intradosso soletta

<b>Ritiro</b>		
$f_r$ soletta	0.000368553	
$f_r$ Trave	0.00048775	
$\% \epsilon_{tr}$	0.3	$\% \epsilon_{tr}$ scontata al momento del getto soletta
$f_r$ totale	2.7128E-05	ritiro differenziale totale

<b>Trave prefabbricata + armatura</b>		
$n$	5.35	Coeff. omog. arm.
$A_{po}$	9 934 cm <sup>2</sup>	Area
$S_{xpo}$	687 608 cm <sup>3</sup>	Momento statico (y=0)
$Y_{gpo}$	69.2 cm	Y baricentro
$J_{gpo}$	16 460 082 cm <sup>4</sup>	Momento di inerzia baricentrico
$W_{inf po}$	237 803 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente inferiore
$W_{sup po}$	232 544 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente superiore
$W_a po$	282 735 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente fibra cavo eq.
$W_{...}$	237 803 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente fibra cavo inf

<b>Trave prefabbricata + soletta + armatura</b>			
Breve Termine	$n$	0.93	Coeff. omogen. soletta
	$A_s$	4 104 cm <sup>2</sup>	Area omogen. soletta
	$S_{x_s}$	646 301 cm <sup>3</sup>	Momento statico soletta (y=0)
	$Y_{g_s}$	157.5 cm	Y baricentro
	$A_{to}$	14 038 cm <sup>2</sup>	Area
	$S_{x_{to}}$	1 333 910 cm <sup>3</sup>	Momento statico (y=0)
	$Y_{g_{to}}$	95.0 cm	Y baricentro
	$J_{g_{to}}$	39 304 117 cm <sup>4</sup>	Momento di inerzia baricentrico
	$W_{inf to}$	413 621 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente inferiore
	$W_{sup to}$	873 900 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente superiore
	$W_{sol, inf to}$	786 467 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente inf. soletta
	$W_{sol, sup to}$	524 226 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente sup. soletta
	$W_a to$	467 770 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente fibra cavo eq.
	$S_{xg to}$	301 414 cm <sup>3</sup>	Momento statico baricentrico

<b>Trave prefabbricata + soletta + armatura</b>			
Lungo termine	$n$	1.06	Coeff. omogen. soletta
	$A_s$	4 684 cm <sup>2</sup>	Area omogen. soletta
	$S_{x_s}$	737 723 cm <sup>3</sup>	Momento statico soletta (y=0)
	$Y_{g_s}$	157.5 cm	Y baricentro
	$A_{to}$	14 618 cm <sup>2</sup>	Area
	$S_{x_{to}}$	1 425 331 cm <sup>3</sup>	Momento statico (y=0)
	$Y_{g_{to}}$	97.5 cm	Y baricentro
	$J_{g_{to}}$	41 510 007 cm <sup>4</sup>	Momento di inerzia baricentrico
	$W_{inf to}$	425 721 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente inferiore
	$W_{sup to}$	976 827 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente superiore
	$W_{sol, inf to}$	873 991 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente inf. soletta
	$W_{sol, sup to}$	572 593 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente sup. soletta
	$W_a to$	479 855 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente fibra cavo eq.
	$S_{xg to}$	313 902 cm <sup>3</sup>	Momento statico baricentrico

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N702	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	44 di 75

Trefoli					
Trefolo 0.6"		A <sub>trefolo</sub> 1.39		cm <sup>2</sup>	
y	n	n	A	n	Sx (y=0)
cm	cavi	cavi attivi	cm <sup>2</sup>	cavi in guaina	cm <sup>3</sup>
<b>6</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	0.0139	9.99	0
<b>11</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	0.0139	9.99	0
<b>16</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	0.0139	9.99	0
11.0	30	0.03	0.0417	29.97	0

Trefoli		
S0	1395 MPa	Tiro iniziale
f <sub>ptk</sub>	1860 MPa	Tens. caratt. di rottura
C <sub>ril</sub>	<b>0.052</b>	Coeff. rilassamento
E <sub>acc</sub>	<b>205000</b> MPa	Modulo el. acciaio
σ <sub>ri</sub>	72.5 MPa	Perdita per rilassamento
σ <sub>rit</sub>	<b>61.5</b> MPa	Perdita per ritiro (3‰)
σ <sub>vis</sub>	<b>0</b> MPa	Perdita per viscosità
σ <sub>ri'</sub>	64.5 MPa	Perdita per rilassamento ridotta
σ <sub>perd</sub>	126.2 MPa	Perdita totale
σ <sub>finale</sub>	1 269 MPa	Tensione residua nel cavo risultante

Calcestruzzi		
R <sub>ckj</sub>	35 N/mm <sup>2</sup>	Rck trave al taglio dei trefoli
R <sub>ck trave</sub>	55 N/mm <sup>2</sup>	Rck trave
R <sub>ck soletta</sub>	40 N/mm <sup>2</sup>	Rck soletta
E <sub>trave</sub>	36304 N/mm <sup>2</sup>	
E <sub>sol</sub>	33643 N/mm <sup>2</sup>	
φ <sub>trave</sub>	2.30	
φ <sub>sol</sub>	1.88	
E <sub>trave LT</sub>	11008 N/mm <sup>2</sup>	
E <sub>sol LT</sub>	11662 N/mm <sup>2</sup>	

Configurazione trave di bordo in appoggio

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
N7D2 01 D 78 CL OC 02 00 002 A 45 di 75

Condizioni elementari	N [kN]	M [kN m]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sol, sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sol, inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{cavo eq}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$T_{bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
1) Precompressione t=0	-6	-3	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	0.0
2) Peso proprio trave	0	1	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	0.2
3) Perdite	1	0	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	0.0
4) Peso soletta	0	1	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	0.3
5) Sovraccarichi perm.	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
6) Sovraccarichi acc.	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
7) Dittori	-138	83	0.1	-0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0

A seguire si riporta il riepilogo con lo stato tensionale nella sezione per le varie combinazioni di carico. In questa fase sono state calcolate anche le tensioni principali lungo l'asse baricentrale della trave in cap:

Combinazioni	N [kN]	M [kN m]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sol, sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sol, inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{cavo eq}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$T_{bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{1 bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{2 bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
A) 1+2	-5.82	-2.39	-0.02	0.00	-	-	-0.01	-0.01	0.23	0.22	-0.23
B) 1+2+3	-5.29	-1.08	-0.01	0.00	-	-	-0.01	-0.01	0.56	0.55	-0.56
C) 1+2+3+4	-5.29	-0.08	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.83	0.83	-0.84
D) 1+2+3+4+5+6	-5.29	0.92	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.19	1.18	-1.19
E) 1+2+3+4+5+6+7	-143.70	83.96	0.10	-0.18	0.06	0.06	0.07	-0.04	1.19	1.17	-1.21

Dalla verifica di cui sopra, si evince che:

$$\text{ctg } \theta^i = 1.01$$

dove  $\theta^i$  è il rapporto tra la tensione tangenziale baricentrale e la tensione principale di trazione baricentrale.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	46 di 75

### 9.2.4 Verifica flessionale allo SLU ( $x=11.90$ )

Il momento flettente sollecitante massimo è pari a:

$$M_{Sd} = 8536 \text{ kNm.}$$

Nelle verifiche si trascura il contributo dell'armatura lenta.

Nel caso in esame la sezione ha un momento resistente **pari a 10285 kNm**, con rottura lato calcestruzzo e trefoli snervati.

Pertanto la verifica risulta soddisfatta in quanto  $M_{Sd} < M_{Rd}$ .

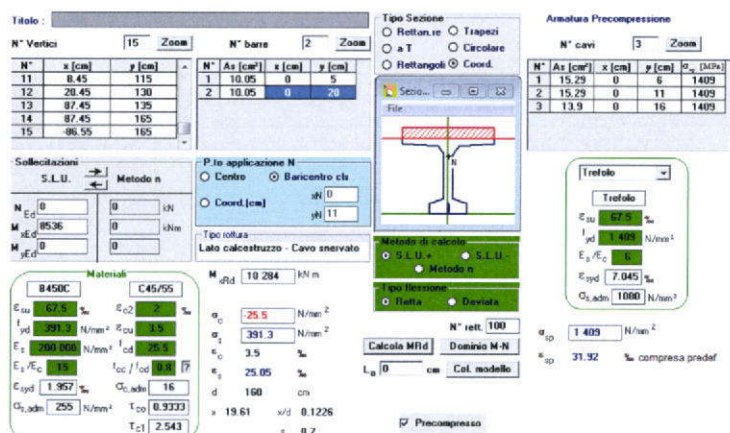


Figura 24 – Verifica a momento ultimo in mezzeria



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12  
 RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	47 di 75

### 9.2.5 Verifica a taglio allo SLU ( $x=0$ )

A favore di sicurezza per il calcolo del taglio sollecitante si considera il valore del taglio massimo, ovvero in asse appoggio. La disposizione dei carichi accidentali è tale da massimizzare il valore delle azioni in oggetto.

$$V_{sd} = 1356.90 \text{ kNm.}$$

A favore di sicurezza si considera solo il contributo dell'anima della trave in cap.

Nella verifica si considera lo sforzo della precompressione a caduta di tensioni avvenute ( $N_0 = 4924 \text{ kN}$ ). Inoltre si verifica che :

$$\text{ctg } \theta^i < \text{ctg } \theta$$

dove  $\theta^i$  è il rapporto tra la tensione tangenziale baricentrale e la tensione principale di trazione baricentrale.

Si adottano staffe a 2 braccia  $\phi 12/200\text{mm}$ :

#### Calcestruzzo

Tipo	C45/55	
$R_{ck}$	55	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	45.7	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$\alpha_{cc}$	0.85	
$f_{cd}$	25.9	N/mm <sup>2</sup>

#### Acciaio

$f_{yk}$	540	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	1.15	
$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>

#### Sollecitazioni

Sollecitazioni		V
$V_{Ed}$	kN	1357
$N_{Ed}$	kN	4924

#### Armatura a taglio

Diametro	mm	14
Numero barre		2
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	3.08
Passo s	cm	20
Angolo $\alpha$	°	90

#### Armatura longitudinale

$n_1$		-
$\phi_1$	mm	-
$n_2$		-
$\phi_2$	mm	-
$A_{sl}$	cm <sup>2</sup>	-

$b_w$	cm	70
H	cm	140
c	cm	5
d	cm	135
k	N/mm <sup>2</sup>	1.38
$V_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.39
$\rho$		0.0000
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	5.02
$\alpha_c$		1.19

#### Resistenza senza armatura a taglio

$V_{Rd}$	kN	1 076
----------	----	-------

#### Resistenza con armatura a taglio

Inclinazione puntone $\theta$	°	26
$V_{Rsd}$	kN	1501
$V_{Rcd}$	kN	5176
$V_{Rd}$	kN	1501





LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

**PROGETTO DEFINITIVO**

Opera di scavalco Ramo 12

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	48 di 75

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

**9.2.6 Verifica a fessurazione in mezzeria ( $x=11.90$ )**

Si emettono le verifiche a fessurazione allo SLE<sub>frequente</sub> in quanto la massima tensione di trazione allo SLE<sub>rara</sub> è minore del limite imposto dalla Normativa di riferimento di:

$$f_{ctm}/1.2 = 3.00 \text{ MPa.}$$



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	49 di 75

### 9.3 Trave centrale

#### 9.3.1 Verifica tensionale in mezzera ( $x=11.90$ m)

Si riportano i valori caratteristici delle sollecitazioni flettenti agenti in corrispondenza della sezione di verifica:

**M [kN m]**

PPT = peso proprio trave => 883 kNm

PPS = peso proprio soletta +traverso => 947 kNm

SPP = sovraccarichi permanenti portati => 905 kNm

VAR. = azioni variabili => 2800 kNm

Allo stato di sollecitazione esterno sono sommati gli effetti della precompressione e dei fenomeni reologici.

Per le fasi di calcolo si considerano quelle descritte in §9.2 della seguente relazione.

A seguire si riporta il riepilogo con lo stato tensionale nella sezione per le varie condizioni di carico, con riferimento alla seguente simbologia:

$\sigma_{inf}$  = tensione al lembo inferiore della trave prefabbricata;

$\sigma_{sup}$  = tensione al lembo superiore della trave prefabbricata;

$\sigma_{sol,inf}$  = tensione al lembo inferiore della soletta;

$\sigma_{sol,sup}$  = tensione al lembo superiore della soletta;

$\sigma_{cavo,eq}$  = tensione nell'armatura da precompressione;

$\sigma_b$  = tensione al baricentro della trave prefabbricata;

$t_b$  = tensione tangenziale al baricentro della trave prefabbricata.

Nel grafico che segue è rappresentato il diagramma di sollecitazione in funzione dell'altezza della sezione in solo cap per le diverse fasi considerate:

Condizioni elementari	N [kN]	M [kN m]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sol,sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sol,inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{cavo eq}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$T_{bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
1) Precompressione t=0	-6316	-3671	-28.3	5.2	-	-	-25.7	-12.6	0.0
2) Peso proprio trave	0	883	4.0	-4.1	-	-	3.4	0.0	0.0
3) Perdite	1392	809	6.2	-1.2	-	-	5.7	2.8	0.0
4) Peso soletta	0	947	4.3	-4.4	-	-	3.6	0.0	0.0
5) Sovraccarichi perm.	0	905	3.0	-0.9	-1.6	-0.9	2.7	1.1	0.0
6) Sovraccarichi acc.	0	2800	9.3	-3.0	-4.8	-2.8	8.3	3.2	0.0
7) Ritiro	-387	172	0.2	-0.5	0.2	0.2	0.1	-0.2	0.0

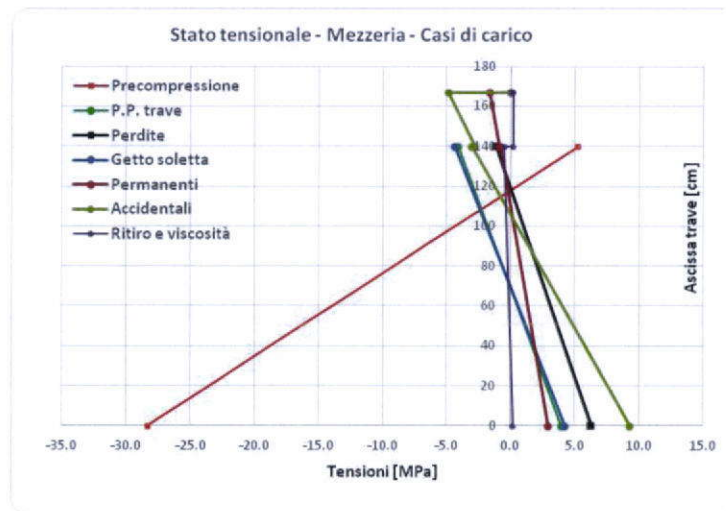


Figura 25 – Andamento tensioni per combinazioni elementari di carico [MPa]

A seguire si riporta il riepilogo con lo stato tensionale nella sezione per le varie combinazioni di carico. In questa fase sono state calcolate anche le tensioni principali lungo l'asse baricentrale della trave in cap:

Combinazioni	N [kN]	M [kN m]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sol,sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sol,inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{cavo eq}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$T_{bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{I bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{II bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
A) 1+2	-6118.78	-2687.69	-23.57	1.04	-	-	-21.69	-12.20	0.00	0.00	-12.20
B) 1+2+3	-4770.06	-953.75	-13.22	-4.49	-	-	-12.55	-9.51	0.00	0.00	-9.51
C) 1+2+3+4	-4770.06	-48.75	-10.26	-5.36	-1.65	-0.92	-9.88	-8.44	0.00	0.00	-8.44
D) 1+2+3+4+5+6	-4770.06	2751.25	-0.97	-8.39	-6.50	-3.73	-1.54	-5.23	0.00	0.00	-5.23
E) 1+2+3+4+5+6+7	-6650.46	3584.56	-0.11	-11.06	-5.69	-2.92	-0.94	-6.10	0.00	0.00	-6.10

Nel grafico che segue è rappresentato lo stato tensionale nelle diverse combinazioni di carico:

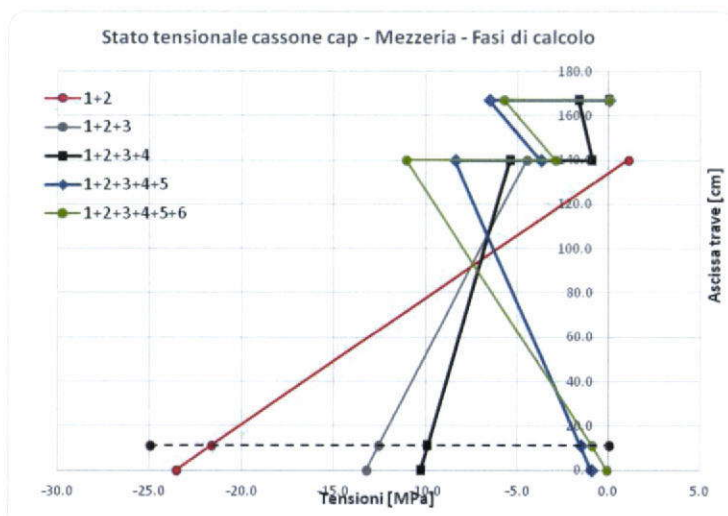


Figura 26 – Andamento tensioni per combinazioni di carico [MPa]

La verifica è soddisfatta; in quanto i limiti esposti in precedenza sono rispettati. Inoltre, si evince che la massima tensione di compressione della trave è pari a  $\sigma_{\text{sup}} = 11.06 \text{ MPa}$ , e la tensione minima di compressione nella soletta pari a  $\sigma_{\text{sol,inf}} = 2.92 \text{ MPa}$ . (la sezione risulta interamente reagente in fase finale).

### 9.3.2 Verifica tensionale sezione corrente in appoggio ( $x=1.70 \text{ m}$ )

Si riportano i valori caratteristici delle sollecitazioni flettenti agenti in corrispondenza della sezione di verifica:

#### M [kN m]

PPT = peso proprio trave => 256 kNm

PPS = peso proprio soletta +traverso => 259 kNm

SPP = sovraccarichi permanenti portati =>240 kNm

VAR. = azioni variabili => 1062 kNm

In particolare, il calcolo delle cadute di tensione è effettuato con gli stessi criteri descritti per la sezione di mezzeria.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 N7D2 01 D 78 CL OC 02 00 002 A 52 di 75

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

La sezione di verifica in esame è in corrispondenza del punto da cui alcuni trefoli vengono inguainati fino al termine della trave. In particolare si tratta di 4 trefoli per le prime due file di armatura di precompressione, e 3 trefoli per l'ultima fila.

Trefoli					
Trefolo	0.6"		A <sub>trefolo</sub>	1.39	cm <sup>2</sup>
y	n	n	A	n	Sx (y=0)
cm	cavi	cavi attivi	cm <sup>2</sup>	cavi in guaina	cm <sup>3</sup>
6	11	7	9.73	4	58
11	11	7	9.73	4	107
16	10	7	9.73	3	156
11.0	32	21	29.19	11	321

Configurazione con 21 trefoli

A seguire si riporta il riepilogo con lo stato tensionale nella sezione per le varie condizioni di carico, con riferimento alla seguente simbologia:

- $\sigma_{inf}$  = tensione al lembo inferiore della trave prefabbricata;
- $\sigma_{sup}$  = tensione al lembo superiore della trave prefabbricata;
- $\sigma_{sol,inf}$  = tensione al lembo inferiore della soletta;
- $\sigma_{sol,sup}$  = tensione al lembo superiore della soletta;
- $\sigma_{cavo,eq}$  = tensione nell'armatura da precompressione;
- $\sigma_b$  = tensione al baricentro della trave prefabbricata;
- $t_b$  = tensione tangenziale al baricentro della trave prefabbricata.

Condizioni elementari	N [kN]	M [kN m]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sol,sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sol,inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{cavo,eq}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$T_{bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
1) Precompressione t=0	-4145	-2438	-19.2	3.5	-	-	-17.4	-8.3	0.0
2) Peso proprio trave	0	256	1.2	-1.2	-	-	1.0	0.0	0.6
3) Perdite	975	573	4.5	-0.8	-	-	4.1	1.9	0.0
4) Peso soletta	0	259	1.2	-1.2	-	-	1.0	0.0	0.7
5) Sovraccarichi perm.	0	240	0.8	-0.2	-0.4	-0.2	0.7	0.3	0.5
6) Sovraccarichi acc.	0	1062	3.6	-1.1	-1.9	-1.1	3.2	1.2	1.9
7) Ritiro	-1880	820	0.9	-2.7	0.8	0.8	0.6	-0.9	0.0

A seguire si riporta il riepilogo con lo stato tensionale nella sezione per le varie combinazioni di carico. In questa fase sono state calcolate anche le tensioni principali lungo l'asse baricentrale della trave in cap:



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI – COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	53 di 75

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

Combinazioni	N [kN]	M [kN m]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sol, sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sol, inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{cavo eq}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	T <sub>bar</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{t bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{tt bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
A) 1+2	-4144.98	-2181.68	-17.97	2.33	-	-	-16.37	-8.27	0.64	0.05	-8.31
B) 1+2+3	-3170.00	-1349.29	-12.26	0.29	-	-	-11.28	-6.32	1.30	0.26	-6.58
C) 1+2+3+4	-3170.00	-1109.29	-11.45	0.06	-0.44	-0.24	-10.55	-6.03	1.82	0.50	-6.54
D) 1+2+3+4+5+6	-3170.00	-47.29	-7.84	-1.09	-2.30	-1.31	-7.31	-4.79	3.67	1.99	-6.78
E) 1+2+3+4+5+6+7	-3557.27	121.68	-7.65	-1.64	-2.13	-1.14	-7.18	-4.97	3.67	1.94	-6.92

La verifica è soddisfatta, in quanto i limiti esposti in precedenza sono rispettati. Inoltre, si evince che la tensione di compressione al lembo superiore della trave pari a  $\sigma_{sup} = 1.65$  MPa.

### 9.3.3 Verifica tensionale sezione di testata (x=0 m)

Si riportano i valori caratteristici delle sollecitazioni flettenti agenti in corrispondenza della sezione di verifica:

V [kN]

PPT = peso proprio trave => 152 kN

PPS = peso proprio soletta +traverso => 147 kN

SPP = sovraccarichi permanenti portati => 136 kN

VAR. = azioni variabili => 535 kN

Di seguito si espongono le caratteristiche geometriche della sezione reagente durante le diverse fasi di calcolo, a breve e lungo termine.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
N7D2 01 D 78 CL OC 02 00 002 A 54 di 75

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

<b>Trave prefabbricata</b>		
$A_p$	9800.0 cm <sup>2</sup>	Area
$Y_{gp}$	70.0 cm	Y baricentro
$J_{gp}$	16 006 666 cm <sup>4</sup>	Momento di inerzia baricentrico
$h_p$	140 cm	Altezza trave
$b$	70 cm	Larghezza in corrisp. del baricentro
$A^*$	4900 cm <sup>2</sup>	Area della trave al di sopra del baricentro
$S_{xgp}$	171 500 cm <sup>3</sup>	Momento statico baricentrico

<b>Getto in opera</b>		
$b_{sol}$	175 cm	Larghezza soletta
$h_{sol}$	25 cm	Altezza soletta
$Y_{sol inf}$	145 cm	Quota intradosso soletta

<b>Ritiro</b>		
$r_{r soletta}$	0.000368553	
$r_{r Trave}$	0.00048775	
$\%c_{tr}$	0.3	$\%c_{tr}$ scontata al momento del getto soletta
$r_{r totale}$	2.7128E-05	ritiro differenziale totale

<b>Trave prefabbricata + armatura</b>		
$n$	5.35	Coeff. omog. arm.
$A_{po}$	9 934 cm <sup>2</sup>	Area
$S_{xpo}$	687 608 cm <sup>3</sup>	Momento statico (y=0)
$Y_{gpo}$	69.2 cm	Y baricentro
$J_{gpo}$	16 460 082 cm <sup>4</sup>	Momento di inerzia baricentrico
$W_{inf po}$	237 803 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente inferiore
$W_{sup po}$	232 544 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente superiore
$W_{a po}$	282 735 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente fibra cavo eq.
$W_{...}$	737 803 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente fibra cavo inf.

<b>Trave prefabbricata + soletta + armatura</b>			
Breve Termine	$n$	0.93	Coeff. omogen. soletta
	$A_s$	4 104 cm <sup>2</sup>	Area omogen. soletta
	$S_{x_s}$	646 301 cm <sup>3</sup>	Momento statico soletta (y=0)
	$Y_{g_s}$	157.5 cm	Y baricentro
	$A_{t,so}$	14 038 cm <sup>2</sup>	Area
	$S_{x_{t,so}}$	1 333 910 cm <sup>3</sup>	Momento statico (y=0)
	$Y_{g_{t,so}}$	95.0 cm	Y baricentro
	$J_{g_{t,so}}$	39 304 117 cm <sup>4</sup>	Momento di inerzia baricentrico
	$W_{inf t,so}$	413 621 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente inferiore
	$W_{sup t,so}$	873 900 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente superiore
	$W_{sol,inf t,so}$	786 467 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente inf. soletta
	$W_{sol,sup t,so}$	524 226 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente sup. soletta
	$W_{a t,so}$	467 770 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente fibra cavo eq.
	$S_{x_{t,so}}$	301 414 cm <sup>3</sup>	Momento statico baricentrico

<b>Trave prefabbricata + soletta + armatura</b>			
Lungo termine	$n$	1.06	Coeff. omogen. soletta
	$A_s$	4 684 cm <sup>2</sup>	Area omogen. soletta
	$S_{x_s}$	737 723 cm <sup>3</sup>	Momento statico soletta (y=0)
	$Y_{g_s}$	157.5 cm	Y baricentro
	$A_{t,so}$	14 618 cm <sup>2</sup>	Area
	$S_{x_{t,so}}$	1 425 331 cm <sup>3</sup>	Momento statico (y=0)
	$Y_{g_{t,so}}$	97.5 cm	Y baricentro
	$J_{g_{t,so}}$	41 510 007 cm <sup>4</sup>	Momento di inerzia baricentrico
	$W_{inf t,so}$	425 721 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente inferiore
	$W_{sup t,so}$	976 827 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente superiore
	$W_{sol,inf t,so}$	873 991 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente inf. soletta
	$W_{sol,sup t,so}$	572 593 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente sup. soletta
	$W_{a t,so}$	479 855 cm <sup>3</sup>	Modulo resistente fibra cavo eq.
	$S_{x_{t,so}}$	313 902 cm <sup>3</sup>	Momento statico baricentrico



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	55 di 75

**Trefoli**

Trefolo 0.6"		A <sub>trefolo</sub> 1.39		cm <sup>2</sup>	
y	n	n	A	n	Sx (y=0)
cm	cavi	cavi attivi	cm <sup>2</sup>	cavi in guaina	cm <sup>3</sup>
<b>6</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	0.0139	9.99	0
<b>11</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	0.0139	9.99	0
<b>16</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	0.0139	9.99	0
11.0	30	0.03	0.0417	29.97	0

**Trefoli**

S0	1395 MPa	Tiro iniziale
f <sub>ptk</sub>	1860 MPa	Tens. caratt. di rottura
C <sub>nl</sub>	<b>0.052</b>	Coeff. rilassamento
E <sub>acc</sub>	<b>205000</b> MPa	Modulo el. acciaio
σ <sub>nl</sub>	72.5 MPa	Perdita per rilassamento
σ <sub>rit</sub>	<b>61.5</b> MPa	Perdita per ritiro (3%)
σ <sub>vis</sub>	<b>0</b> MPa	Perdita per viscosità
σ <sub>nl'</sub>	64.5 MPa	Perdita per rilassamento ridotta
σ <sub>perd</sub>	126.2 MPa	Perdita totale
σ <sub>finale</sub>	1 269 MPa	Tensione residua nel cavo risultante

**Calcestruzzi**

R <sub>ckj</sub>	35 N/mm <sup>2</sup>	Rck trave al taglio dei trefoli
R <sub>ck trave</sub>	55 N/mm <sup>2</sup>	Rck trave
R <sub>ck soletta</sub>	40 N/mm <sup>2</sup>	Rck soletta
E <sub>trave</sub>	36304 N/mm <sup>2</sup>	
E <sub>sol</sub>	33643 N/mm <sup>2</sup>	
φ <sub>trave</sub>	2.30	
φ <sub>sol</sub>	1.88	
E <sub>trave LT</sub>	11008 N/mm <sup>2</sup>	
E <sub>sol LT</sub>	11662 N/mm <sup>2</sup>	

*Configurazione trave di bordo in appoggio*



Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
N7D2 01 D 78 CL OC 02 00 002 A 56 di 75

Condizioni elementari	N [kN]	M [kN.m]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sol,sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sol,inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{cavo\ eq}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$T_{bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
1) Precompressione t=0	-6	-3	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	0.0
2) Peso proprio trave	0	1	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	0.2
3) Perdite	1	0	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	0.0
4) Peso soletta	0	1	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	0.2
5) Sovraccarichi perm.	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
6) Sovraccarichi acc.	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
7) Dittini	-138	83	0.1	-0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0

A seguire si riporta il riepilogo con lo stato tensionale nella sezione per le varie combinazioni di carico. In questa fase sono state calcolate anche le tensioni principali lungo l'asse baricentrale della trave in cap:

Combinazioni	N [kN]	M [kN.m]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sol,sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{sol,inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{cavo\ eq}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$T_{bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{I\ bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{II\ bar}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
A) 1+2	-5.82	-2.39	-0.02	0.00	-	-	-0.01	-0.01	0.23	0.22	-0.23
B) 1+2+3	-5.29	-1.08	-0.01	0.00	-	-	-0.01	-0.01	0.45	0.44	-0.45
C) 1+2+3+4	-5.29	-0.08	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.59	0.59	-0.59
D) 1+2+3+4+5+6	-5.29	0.92	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.18	1.18	-1.18
E) 1+2+3+4+5+6+7	-143.70	83.96	0.10	-0.18	0.06	0.06	0.07	-0.04	1.18	1.16	-1.20

Dalla verifica di cui sopra, si evince che:

$$\text{ctg } \theta^i = 1.01$$

dove  $\theta^i$  è il rapporto tra la tensione tangenziale baricentrale e la tensione principale di trazione baricentrale.

### 9.3.4 Verifica flessionale allo SLU ( $x=11.90$ )

Il momento flettente sollecitante massimo è pari a:

$$M_{sd} = 7749.90 \text{ kNm.}$$

Nelle verifiche si trascura il contributo dell'armatura lenta.

Nel caso in esame la sezione ha un momento resistente **pari a 10285 kNm**, con rottura lato calcestruzzo e trefoli snervati.

### 9.3.5 Verifica taglio allo SLU ( $x=0$ )

A favore di sicurezza per il calcolo del taglio sollecitante si considera il valore del taglio massimo, ovvero in asse appoggio. La disposizione dei carichi accidentali è tale da massimizzare il valore delle azioni in oggetto.

$$V_{sd} = 1350 \text{ kNm.}$$

A favore di sicurezza si considera solo il contributo dell'anima della trave in cap.

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	57 di 75

Nella verifica si considera lo sforzo della precompressione a caduta di tensioni avvenute ( $N_o = 4924$  kN). Inoltre si verifica che :

$$\text{ctg } \theta^i < \text{ctg } \theta$$

dove  $\theta^i$  è il rapporto tra la tensione tangenziale baricentrale e la tensione principale di trazione baricentrale.

Si adottano staffe a 2 braccia  $\phi 12/200$ mm:

**Calcestruzzo**

Tipo	C45/55	
$R_{ck}$	55	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	45.7	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$\alpha_{cc}$	0.85	
$f_{cd}$	25.9	N/mm <sup>2</sup>

**Acciaio**

$f_{tk}$	540	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	1.15	
$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>

**Sollecitazioni**

		<b>V</b>
$V_{Ed}$	kN	<b>1350</b>
$N_{Ed}$	kN	<b>4924</b>

**Armatura a taglio**

Diámetro	mm	14
Numero barre		2
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	3.08
Passo s	cm	20
Angolo $\alpha$	°	90

**Armatura longitudinale**

$n_1$		-
$\varnothing_1$	mm	-
$n_2$		-
$\varnothing_2$	mm	-
$A_{sl}$	cm <sup>2</sup>	-

$b_w$	cm	70
H	cm	140
c	cm	5
d	cm	135
k	N/mm <sup>2</sup>	1.38
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.39
$\rho$		0.0000
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	5.02
$\alpha_c$		1.19

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	<b>1 076</b>
----------	----	--------------

**Resistenza con armatura a taglio**

Inclinazione puntone $\theta$	°	26
$V_{RSd}$	kN	1501
$V_{RCd}$	kN	5176
$V_{Rd}$	kN	<b>1501</b>

**9.3.6 Verifica a fessurazione in mezzeria ( $x=11.90$ )**

Si emettono le verifiche a fessurazione allo SLE frequente in quanto la massima tensione di trazione allo SLE rara è minore del limite imposto dalla Normativa di riferimento di:

$$f_{ctm}/1.2 = 3.00 \text{ MPa.}$$



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

**PROGETTO DEFINITIVO**

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	58 di 75

**9.3.7 Verifica armatura di connessione trave-soletta**

Per la verifica dell'armatura di connessione tra trave e soletta si adotta la formula contenuta in UNI EN 1992-1-1 al punto 6.2.5, di seguito riportata. Si considera il valore dello scorrimento all'interfaccia, dovuto ai carichi permanenti portati, carichi accidentali. Il calcolo dello scorrimento non tiene conto del taglio dovuto ai pesi propri (sia della trave prefabbricata che della soletta), poiché tali carichi agiscono in una fase in cui il collegamento tra trave e soletta non è ancora funzionante, e viene effettuato nell'ipotesi che le azioni connesse al ritiro differenziale della soletta e alla termica differenziale si esauriscano nei primi 5 m (20% della luce) di trave.

**GEOMETRIA SEZIONI DI PROGETTO**

$x =$  ascissa sezione da asse appoggio m 0.00

$G_2 =$  sovraccarichi permanenti portati  $\Rightarrow$  136 kN

$Q_1 =$  azioni variabili  $\Rightarrow$  535 kN

$e_2 =$  azione da ritiro  $\Rightarrow$  387.3 kN

$e_3 =$  azione termica  $\Rightarrow$  1326 kN

**TENSIONI TANGENZIALI**

$V_2 =$  Forza di taglio per la verifica kN 2346

$\tau_{Edi} =$  tensione tangenziale cls agente - interfaccia trave-soletta MPa 2.01

$\tau_{Rdi} =$  tensione tangenziale cls resistente - interfaccia trave-soletta MPa 2.11

**ARMATURA TRASVERSALE DI CUCITURA**

*base*

$p =$  interasse tra due armature trasversali consecutive cm 10

$n \emptyset =$  numero bracci totali 4

$\emptyset =$  diametro ferri mm 16

$A_s =$  area staffe  $cm^2$  8.0



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	59 di 75

### RESISTENZA A TAGLIO ALL'INTERFACCIA TRAVE-SOLETTA

	$\tau_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{yd} (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0.5 \cdot v \cdot f_{cd}$	MPa	2.01
c =	fattore di scabrezza 1 - superficie molto liscia		0.25
$\mu$ =	fattore di scabrezza 2 - superficie molto liscia		0.5
$f_{ctd}$ =	resistenza di progetto a trazione - cls soletta	MPa	1.45
$\sigma_n$ =	tensione normale interfaccia (comp.>0)	MPa	0
$\rho$ =	$A_s/A_l$		0.009
$A_s$ =	area armatura	cm <sup>2</sup>	8.04
$A_l$ =	area giunto	cm <sup>2</sup>	900
$f_{yd}$ =	resistenza di progetto acciaio	MPa	391
$\alpha$ =	angolo di inclinazione armatura	deg	90
v =	coefficiente di riduzione della resistenza		0.5
$f_{cd}$ =	resistenza di progetto a compressione - cls soletta	MPa	18.81

### GEOMETRIA SEZIONI DI PROGETTO

x = ascissa sezione da asse appoggio m 5.00

G2 = sovraccarichi permanenti portati => 98.00 kN

Q1 = azioni variabili => 254.00 kN

e2 = azione da ritiro => 0 kN

e3 = azione termica => 0 kN

### TENSIONI TANGENZIALI



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

**PROGETTO DEFINITIVO**

Opera di scavalco Ramo 12

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	60 di 75

**RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO**

$V_2 =$	Forza di taglio per la verifica	kN	490
$\tau_{Edi} =$	tensione tangenziale cls agente - interfaccia trave-soletta	MPa	0.42
$\tau_{Rdi} =$	tensione tangenziale cls resistente - interfaccia trave-soletta	MPa	0.82

**ARMATURA TRASVERSALE DI CUCITURA**

*base*

$p =$	interasse tra due armature trasversali consecutive	cm	20
$n \emptyset =$	numero bracci totali		2
$\emptyset =$	diametro ferri	mm	16
$A_s =$	area staffe	cm <sup>2</sup>	2.01

**RESISTENZA A TAGLIO ALL'INTERFACCIA TRAVE-SOLETTA**

$$\tau_{Rdi} = c f_{ctd} + \mu \sigma_n + \rho f_{yd} (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0.5 \cdot v \cdot f_{ctd} \quad \text{MPa} \quad 0.72$$

$c =$	fattore di scabrezza 1 - superficie molto liscia		0.25
$\mu =$	fattore di scabrezza 2 - superficie molto liscia		0.5
$f_{ctd} =$	resistenza di progetto a trazione - cls soletta	MPa	1.45
$\sigma_n =$	tensione normale interfaccia (comp.>0)	MPa	0
$\rho =$	$A_s/A_i$		0.002
$A_s =$	area armatura	cm <sup>2</sup>	2.01
$A_i =$	area giunto	cm <sup>2</sup>	900
$f_{yd} =$	resistenza di progetto acciaio	MPa	391
$\alpha =$	angolo di inclinazione armatura	deg	90
$v =$	coefficiente di riduzione della resistenza		0.5
$f_{cd} =$	resistenza di progetto a compressione - cls soletta	MPa	18.81



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12  
 RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	61 di 75

#### 9.4 Verifica deformabilità impalcato

La massima freccia in mezzeria dovuta alla combinazione caratteristica (rara), come si evince dal seguente diagramma, è pari a 27.05 mm, valore inferiore al limite di  $L/700$  (34.00 mm).

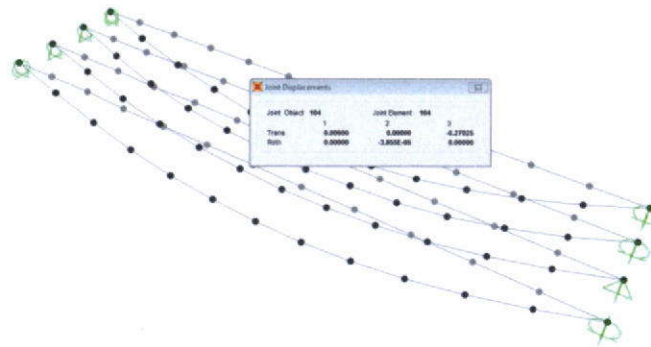


Figura 27 – Deformazione per SLE rara

## 10 TRAVERSI

Nel seguito si esamina il traverso di testata che risulta maggiormente sollecitato. In particolare, si riportano le verifiche agli stati limite e la verifica tensionale nei confronti della condizione di sollevamento.

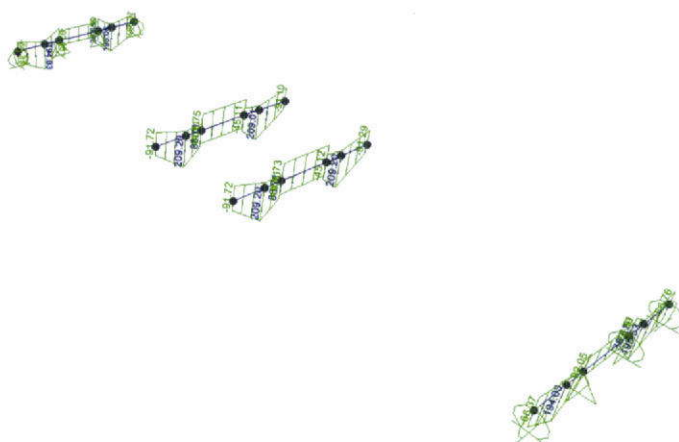


Figura 28 – Sollecitazione flessionale per carichi mobili

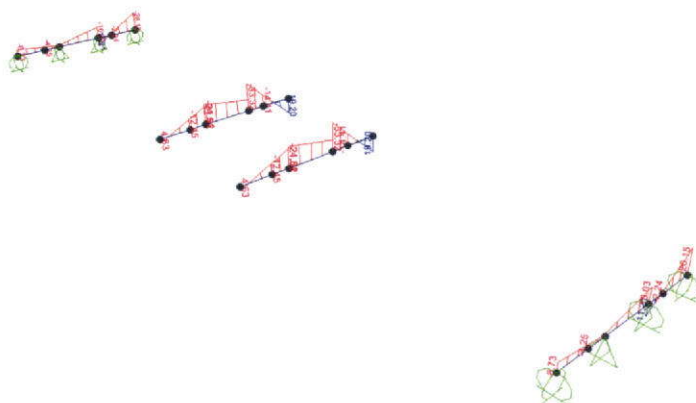


Figura 29 – Sollecitazione flessionale per carichi portati

## 10.1 Verifica agli stati limite

Di seguito si riportano le verifiche dei traversi agli stati limiti. A vantaggio di sicurezza si considera un calcestruzzo di classe inferiore (C30/37).

### Verifica a flessione

$$M_{Ed} = 335 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 425.70 \text{ kNm}$$

$$c.s. = 1.27$$

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

N° figure elementari  Zoom  N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	80	25	1	8.04	4.8
2	30	120	2	6.28	126
			3	8.04	21
			4	6.28	30

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 - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>  kNm

Materiali: B450C C30/37

ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  ‰  
σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  ‰  
τ<sub>c1</sub>  ‰

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
σ<sub>s</sub>  N/mm²  
ε<sub>c</sub>  ‰  
ε<sub>s</sub>  ‰  
d  cm  
x  x/d   
δ

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

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

Tipo flessione:  
 Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd  Dominio M-N

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

Precompresso

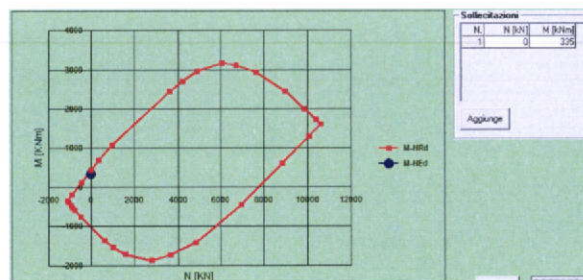


Figura 30 - Dominio M-N traverso

### Verifica a taglio

$$V_{Ed} = 470 \text{ kN}$$

$V_{Rsd} = 600 \text{ kN}$ . Il traverso viene armato a taglio con staffe a due braccia  $\phi 14/20$ .





LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	64 di 75

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

Calcestruzzo		Solicitazioni		V
Tipo	C30/37	$V_{Ed}$	kN	<b>470</b>
$R_{ck}$	37 N/mm <sup>2</sup>	$N_{Ed}$	kN	<b>0</b>
$f_{ck}$	30.7 N/mm <sup>2</sup>	<b>Armatura a taglio</b>		
$\gamma_c$	1.5	Diametro	mm	14
$\alpha_{cc}$	0.85	Numero barre		2
$f_{cd}$	17.4 N/mm <sup>2</sup>	$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	3.08
<b>Acciaio</b>		Passo s	cm	20
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>	Angolo $\alpha$	°	90
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>	<b>Armatura longitudinale</b>		
$\gamma_s$	1.15	$n_1$		2.0
$f_{yd}$	391 N/mm <sup>2</sup>	$\varnothing_1$	mm	20
		$n_2$		-
		$\varnothing_2$	mm	-
		$A_{sl}$	cm <sup>2</sup>	6.28
		$b_w$	cm	30
		H	cm	145
		c	cm	5.6
		d	cm	139.4
		k	N/mm <sup>2</sup>	1.38
		$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.31
		$\rho$		0.0015
		$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
		$\alpha_c$		1.00
<b>Resistenza senza armatura a taglio</b>				
		$V_{Rd}$	kN	<b>131</b>
<b>Resistenza con armatura a taglio</b>				
		Inclinazione puntone $\theta$	°	45
		$V_{Rsd}$	kN	756
		$V_{Rcd}$	kN	1637
		$V_{Rd}$	kN	<b>756</b>



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI – COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12  
 RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	65 di 75

### Verifiche S.L.E.

Si riporta la verifica agli SLE per la combinazione caratteristica (rara).

$$M_{Ed} = 278 \text{ kNm}$$

The screenshot shows a software interface for structural analysis. It includes several panels:

- Section Properties:** A table with columns for N°, b [cm], and h [cm]. Values: 1 (80, 25), 2 (30, 120).
- Reinforcement Properties:** A table with columns for N°, As [cm²], and d [cm]. Values: 1 (8.04, 4.8), 2 (6.28, 126), 3 (8.04, 21), 4 (6.28, 30).
- Sollecitazioni (Loads):** Input fields for N<sub>Ed</sub> (0), M<sub>Ed</sub> (278), and M<sub>yEd</sub> (0). Units are kN and kNm.
- Material Properties:** Two materials are defined: B450C and C30/37. Properties include E<sub>cu</sub>, E<sub>c2</sub>, E<sub>s</sub>, E<sub>y</sub>/E<sub>c</sub>, E<sub>syd</sub>, σ<sub>s,adm</sub>, σ<sub>c,adm</sub>, τ<sub>c1</sub>, τ<sub>c2</sub>, and τ<sub>c3</sub>.
- Calculation Results:** Shows maximum compression stress σ<sub>c</sub> = -2.364 N/mm² and maximum tension stress σ<sub>s</sub> = 237 N/mm². Other parameters like ε<sub>s</sub>, d, x, and δ are also displayed.
- Verification Panel:** A 'Verifica' button and a field for 'N° Iterazioni' (5).

La verifica tensionale è soddisfatta, in quanto i limiti di Normativa sono rispettati. Dalla verifica di cui sopra si evince che la massima tensione di compressione è pari a  $\sigma_{sup} = 2.37 \text{ MPa}$ , e la tensione massima di trazione nell'armatura è pari a  $\sigma_{sol,inf} = 237 \text{ MPa}$ .

Il momento di fessurazione del traverso è pari a  $M_{fess} = 304 \text{ kNm}$ , pertanto la sezione non risulta fessurata.

## 10.2 Verifica a sollevamento dell' impalcato

Nel seguito si esamina il traverso di testata che risulta maggiormente sollecitato durante la fase di sollevamento.

Il traverso è stato modellato come una trave su due appoggi che simulano i martinetti necessari al sollevamento dell'impalcato. La trave è stata quindi caricata con forze pari alle reazioni vincolari dovute al peso proprio e ai permanenti non strutturali.

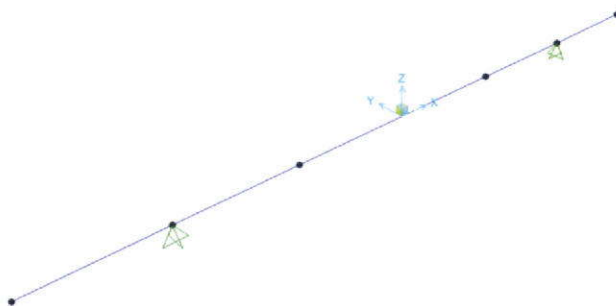


Figura 31 - Modellazione traverso per fase di sollevamento

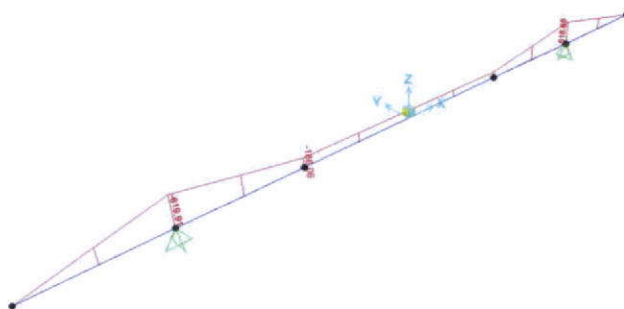


Figura 32 - Sollecitazione flessionale per fase di sollevamento

In esercizio occorre considerare la sezione del traverso comprensiva della larghezza collaborante di soletta. In particolare, si considera un'ala di larghezza pari allo spessore della soletta.

$A's = 2\phi 20$  Armatura inferiore traverso

$A_s = 2\phi 20$  Armatura superiore traverso

$A_s = \phi 16/20$  Armatura soletta

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	67 di 75

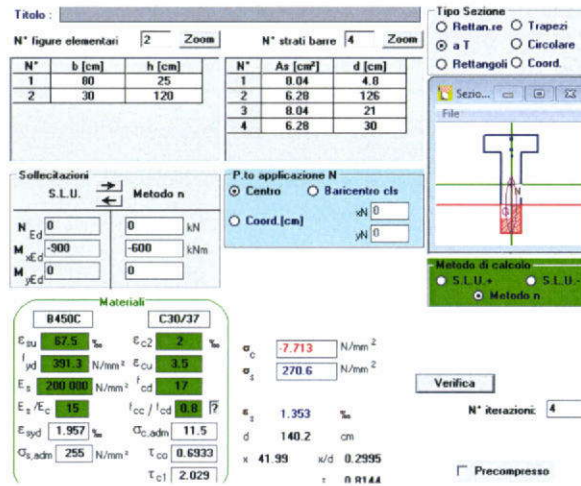


Figura 33 – Sezione di verifica del traverso durante la fase di sollevamento

La verifica è soddisfatta, in quanto i limiti esposti in precedenza sono rispettati. Inoltre, si evince che la massima tensione di compressione è pari a  $\sigma_{sup} = 7.72 \text{ MPa}$ , e la tensione massima di trazione nell'armatura della soletta è pari a  $\sigma_{sol} = 270.6 \text{ MPa}$ .

## 11 SOLETTA

Nel seguito si esamina la soletta in direzione trasversale. L'analisi strutturale è stata effettuata su una striscia di larghezza unitaria modellata come trave continua su più appoggi i quali simulano l'asse delle travi principali.

I carichi applicati al modello sono:

- Peso proprio;
- Carichi fissi;
- Vento;
- Azioni variabili da traffico.
- Urto da svio

### 11.1 Modellazione agli E.F.

Per le verifiche, sono state individuati i casi più gravosi per gli schemi di carico, sfruttando la doppia simmetria geometrica e meccanica dell'impalcato. In particolare, è stata considerata una diffusione di  $45^\circ$  attraverso la pavimentazione (sp.10 cm) e la soletta (25cm). Pertanto, per lo schema di carico 1 sono state considerate 2 forze da 150 kN e 2 da 100 kN, poste a distanza 3.00 m, distribuite su  $0.7225 \text{ m}^2$ . Per lo schema 2 sono invece state considerate 2 forze da 200 kN, distribuite su  $1.00 \text{ m}^2$ .

Nelle combinazioni di carico è stato poi considerato l'Inviluppo per cogliere il massimo delle sollecitazioni.

### 11.2 Inviluppo sollecitazioni

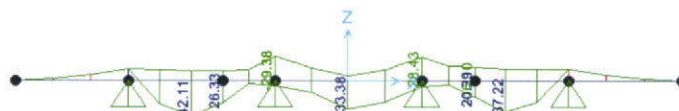


Figura 34 - Combinazione SLE(RARA): involuppo dei momenti flettenti -

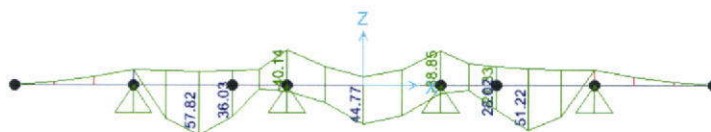


Figura 35 - Combinazione SLU: involuppo dei momenti flettenti -

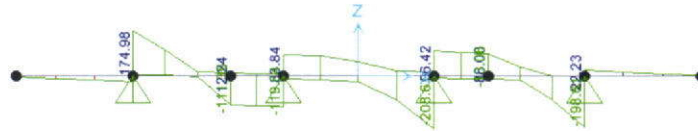


Figura 36 - Combinazione SLU : inviluppo degli sforzi di taglio -

### 11.3 Verifiche allo SLU

Di seguito si riportano le verifiche strutturali della soletta. La sezioni della soletta maggiormente sollecitate risultano essere quelle in corrispondenza dello sbalzo e della campata centrale, per differenti combinazioni di carico.

Msd (INV\_SLU) = 57.80 kNm

La sezione di verifica ha dimensioni  $b=100$  cm,  $h=25$  cm, armata simmetricamente con  $\phi 16/20$ .

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	25	1	10.05	4
			2	10.05	21

N <sub>Ed</sub>	0	0	kN
M <sub>xEd</sub>	57.80	0	kNm
M <sub>yEd</sub>	0	0	

M <sub>xRd</sub>	79.15	kNm
$\sigma_c$	-17	N/mm²
$\sigma_s$	391.3	N/mm²
$\epsilon_c$	3.5	‰
$\epsilon_s$	17.31	‰
d	21	cm
x	3.532	x/d 0.1682
$\delta$	0.7	

$\epsilon_{su}$	67.5	‰	$\epsilon_{c2}$	2	‰
$f_{yd}$	391.3	N/mm²	$\epsilon_{cu}$	3.5	‰
$E_s$	200 000	N/mm²	$f_{cd}$	17	‰
$E_s/E_c$	15		$f_{cc}/f_{cd}$	0.8	
$\epsilon_{syd}$	1.957	‰	$\sigma_{c,adm}$	11.5	
$\sigma_{s,adm}$	255	N/mm²	$T_{co}$	0.6933	
			$T_{c1}$	2.029	

Figura 37 - Verifica SLU - Soletta centrale

Tale valore risulta inferiore al valore di momento resistente  $MRd(-) = 79.15$  kNm.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 N7D2 01 D 78 CL OC 02 00 002 A 70 di 75

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

In accordo a §3.6.3.3.2. del D.M. 14.01.2008, nel progetto è stata considerata una condizione di carico eccezionale nella quale è stata considerata una forza orizzontale equivalente di collisione di 100 kN, considerata agente 100 cm sopra il livello del piano di marcia.

$M_{sd} (Ad) = 65 \text{ kNm}$

$N_{sd} = 50 \text{ kN (Trazione)}$

**Titolo:** [ ]

N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	25	1	10.05	4
			2	10.05	21

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. Metodo n  
 N<sub>Ed</sub> -50 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> -65 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 0

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

**Materiali**  
 B450C C30/37  
 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> 17 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.9  
 ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 11.5 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.6933  
 τ<sub>c1</sub> 2.029 N/mm²

**Calcolo**  
 M<sub>xRd</sub> -74.7 kNm  
 α<sub>c</sub> -17 N/mm²  
 α<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
 ε<sub>s</sub> 18.13 ‰  
 d 21 cm  
 x 3.398 x/d 0.1618  
 δ 0.7

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

**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

Figura 38 –Verifica SLU – Sbalzo



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12  
 RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	71 di 75

### 11.4 Verifiche allo SLE

Di seguito si riporta la verifica tensionale per la combinazione caratteristica (rara).

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	25

N° strati barre  Zoom

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	4
2	10.05	21

Rettang. re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni**

S.L.U.  Metodo n

N <sub>Ed</sub>	-50	0	kN
M <sub>xEd</sub>	-65	42.10	kNm
M <sub>yEd</sub>	0	0	

**P.to applicazione N**

Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm]

xN   
 yN

**Materiali**

B450C	C30/37
E <sub>su</sub> 67.5 ‰	E <sub>c2</sub> 2 ‰
f <sub>yd</sub> 391.3 N/mm²	E <sub>cu</sub> 3.5 ‰
E <sub>s</sub> 200 000 N/mm²	f <sub>cd</sub> 17
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> 11.5
σ <sub>s,adm</sub> 255 N/mm²	τ <sub>co</sub> 0.6933
	τ <sub>c1</sub> 2.029

**Metodo di calcolo**

S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Verifica**

N° iterazioni:

Precompresso

σ<sub>c</sub> -6.236 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 224.5 N/mm²  
 ε<sub>s</sub> 1.123 ‰  
 d 21 cm  
 x 6.175 x/d 0.2941  
 δ 0.8076

La verifica tensionale è soddisfatta, in quanto i limiti di Normativa sono rispettati. Inoltre, si evince che la massima tensione di compressione è pari a  $\sigma_{sup} = 6.24 \text{ MPa}$ , e la tensione massima di trazione nell'armatura della soletta è pari a  $\sigma_{sol} = 224.5 \text{ MPa}$ .

Di seguito si riporta la verifica a fessurazione per la combinazione caratteristica (rara).





LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	72 di 75

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

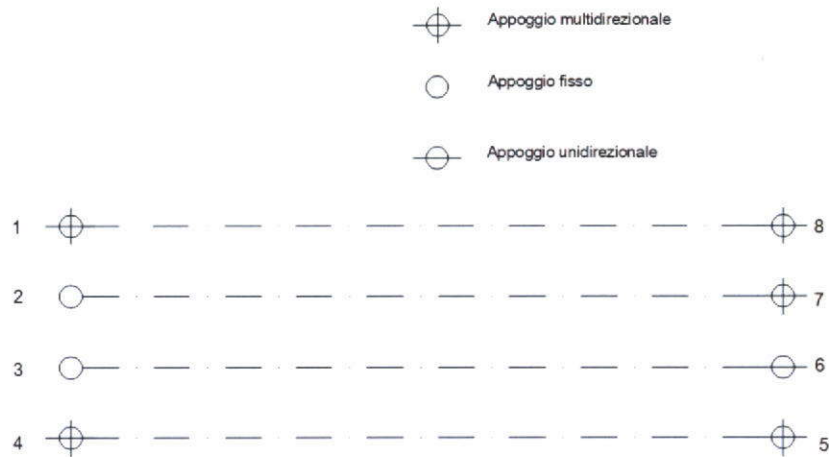
**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	26	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	36	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e (M_{fess})$	$\infty$	cm	
	$u (M_{fess})$	$\infty$	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	2.9		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	15.2	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y (M_{fess})$	15.5	cm	
	$\beta_1$	1		
	$\beta_2$	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	$\epsilon_{sm}$	2.3E-05		
Copriferro netto	$c'$	3.2	cm	
Altezza efficace	$d_{eff}$	15.2	cm	
Area efficace	$A_{Ceff}$	1520	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	$A_{S_{eff}}$	10.1	cm <sup>2</sup>	
	$\rho_r$	0.00661		
Distanza tra le barre	$s$	20.0	cm	
	$K_2$	0.4		
	$K_3$	0.125		
Distanza media tra le fessure	$s_{fm}$	22.5	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	$w_m$	0.01	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	$w_k$	0.01	mm	

La verifica a fessurazione è soddisfatta.

## 12 AZIONI SUGLI APPOGGI ED ESCURSIONI

Nel seguito si riepilogano i valori delle azioni sugli appoggi per effetto dei carichi descritti in precedenza. Per la determinazione dei valori complessivi delle azioni sugli appoggi si rimanda alla relazione di calcolo delle sottostrutture.



Nelle tabelle che seguono si fa riferimento alla figura sopra riportata, dove la spalla A è quella a sinistra, e gli appoggi sono numerati a partire dall'alto.

Spalla A (fissa)	Appoggio 1 (Multi)			Appoggio 2 (Fisso)			Appoggio 3 (Fisso)			Appoggio 4 (Multi)		
	Fz	Fy	Fx	Fz	Fy	Fx	Fz	Fy	Fx	Fz	Fy	Fx
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
G1 (P.p. trave)	166.75	-	-	166.75	0.00	0.00	166.75	0.00	0.00	166.75	-	-
G1 (Soletta+traversi)	250.10	-	-	171.95	0.00	0.00	171.95	0.00	0.00	250.00	-	-
G2 (Permanenti)	292.00	-	-	127.50	0.00	0.00	130.30	0.00	0.00	176.00	-	-
q1 (carichi mobili, schema di carico 1)	369.65	-	-	663.50	0.00	0.00	667.45	0.00	0.00	365.65	-	-
q3 (frenatura)	0.00	-	-	0.00	213.00	0.00	0.00	213.00	0.00	0.00	-	-
q5 (vento)	0.00	-	-	0.00	0.00	68.50	0.00	0.00	68.50	0.00	-	-
q6,x (azione sismica)	0.00	-	-	0.00	1935.00	0.00	0.00	1935.00	0.00	0.00	-	-
q6,y (azione sismica)	0.00	-	-	0.00	0.00	1290.00	0.00	0.00	1290.00	0.00	-	-
q7 (Resistenza parassita dei vincoli)	-	-	53.93	-	-	56.49	-	-	56.82	-	-	47.92

Pila 1 (mobile)	Appoggio 5 (Multi)			Appoggio 6 (Uni)			Appoggio 7 (Multi)			Appoggio 8 (Multi)		
	Fz	Fy	Fx	Fz	Fy	Fx	Fz	Fy	Fx	Fz	Fy	Fx
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
G1 (P.p. trave)	166.75	-	-	166.75	-	0.00	166.75	-	-	166.75	-	-
G1 (Soletta+traversi)	250.10	-	-	171.95	-	0.00	171.95	-	-	250.00	-	-
G2 (Permanenti)	292.00	-	-	127.50	-	0.00	130.30	-	-	176.00	-	-
q1 (carichi mobili, schema di carico 1)	369.65	-	-	663.50	-	0.00	667.45	-	-	365.65	-	-
q3 (frenatura)	0.00	-	-	0.00	-	0.00	0.00	-	-	0.00	-	-
q5 (vento)	0.00	-	-	0.00	-	68.50	0.00	-	-	0.00	-	-
q6,x (azione sismica)	0.00	-	-	0.00	-	0.00	0.00	-	-	0.00	-	-
q6,y (azione sismica)	0.00	-	-	0.00	-	1290.00	0.00	-	-	0.00	-	-
q7 (Resistenza parassita dei vincoli)	-	-	53.93	-	-	56.49	-	-	56.82	-	-	47.92



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di scavalco Ramo 12

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 02 00 002	A	74 di 75

Di seguito le azioni trasmesse agli appoggi per i diversi involucri di carico:

Involucro	Appoggio Multi			Appoggio 6 (Uni)			Appoggio 2 (Fisso)		
	Fz	Fy	Fx	Fz	Fy	Fx	Fz	Fy	Fx
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
SLU	1550.00	-	-	1550.00	-	102.75	1550.00	287.55	102.75
SLE	1130.00	-	-	1130.00	-	68.50	1130.00	213.00	68.50
SLV	780.00	-	-	780.00	-	1290.00	780.00	1935.00	1290.00

La valutazione delle corse degli apparecchi di appoggio e delle escursioni del giunto sulle sottostrutture per le quali è stato definito uno schema di vincolo di tipo mobile è stata eseguita sommando allo spostamento dovuto alle variazioni termiche, lo spostamento al suolo per effetto del sisma.

Per valutare l'escursione totale dei giunti e degli apparecchi d'appoggio si fa riferimento alla seguente espressione:

$$E_L = k_1 \times k_2 \times (E_1 + E_2 + E_3) \quad \text{direzione longitudinale}$$

$$E_L \geq E_i \text{ con } i=1,2,3 \rightarrow E_L = \max (E_L, E_1, E_2, E_3)$$

$$E_T = k_1 \times k_2 \times (E_{2,trasv} + E_{3,trasv}) \quad \text{direzione trasversale}$$

$$E_T \geq E_i \text{ con } i=2,3 \rightarrow E_T = \max (E_T, E_{2,trasv}, E_{3,trasv})$$

con:

$E_1 = 2 \times D_t$ , spostamento dovuto alla variazione termica uniforme;

$E_2 = 2 \times D_e$  spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica in direzione longitudinale;  $E_{2,trasv} = 2 \times D_{e,trasv}$  spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica in direzione trasversale;

$E_3 = 2 \times D_{RL}$  spostamento fra le fondazioni di strutture non collegate dovuto all'azione sismica in direzione longitudinale;

$E_{3,trasv} = D_{RT}$  spostamento fra le fondazioni di strutture non collegate dovuto all'azione sismica in direzione trasversale;

$k_1 = 0.7$  - coefficiente che tiene conto della non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo;

$k_2 = 0.65$  - coefficiente che tiene conto della effettiva probabilità che si verifichi il moto in opposizione di fase dei due elementi indipendenti;

$D_t = L \times \alpha \times \Delta T$  dilatazione termica in direzione longitudinale

La corsa degli apparecchi d'appoggio non deve essere inferiore a  $\pm EL/2$ , inoltre, al fine di scongiurare la caduta dell'impalcato, deve essere garantito un ulteriore franco di corsa pari a  $EL/8$ .

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI</b> <b>VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA</b> <b>VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO</b> <b>PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Opera di scavalco Ramo 12 RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA N7D2	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO OC 02 00 002	REV. A	FOGLIO 75 di 75

In direzione trasversale si assume un valore di corsa degli apparecchi d'appoggio non inferiore a  $\pm ET/2$ .

Il varco da prevedere fra le testate delle travi, a temperatura media ambiente, dovrà essere non inferiore a:  $V \geq EL/2 + V_0$

Con  $V_0 = 20\text{mm}$

I dispositivi di fine corsa longitudinale dovranno essere posti ad una distanza dal bordo della trave supportata dal vincolo mobile pari a:

$$d = V - V_0/2$$

Lo spostamento dovuto alle variazioni termiche è stato calcolato come:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T = 10^{-5} 2500 25 = 0.625 \text{ cm}$$

Lo spostamento al suolo, in fase sismica, invece, è stato valutato nel modo seguente:

- per le spalle e per la componente rigida dello spostamento delle pile, lo spostamento al suolo in fase sismica:

$$1.25 d_g = 1.25 \times 0.025 \times 0.30 \times (\%g) 0.52 \times 2.46 = 0.12 \text{ cm}$$

- per la componente elastica dello spostamento delle pile è stato considerato uno schema di mensola, caricata dalla forza di inerzia applicata in testa; si è ottenuto uno spostamento di 0.08 cm.

Il valore di EL, dunque, è pari a:

$$E_L = k_1 \times k_2 \times (E_1 + E_2 + E_3) = \mathbf{74.56 \text{ cm.}}$$